

Dem Riss auf der Spur

Das Fundament ist einer der wichtigsten Bestandteile einer Windturbine. Was tun, wenn Risse, Betonabplatzungen und eindringende Feuchtigkeit die Dauerhaftigkeit der Anlage gefährden? Ein neuer Leitfaden des Bundesverbands WindEnergie hilft, Schäden richtig zu bewerten und stellt Sanierungs- und Prophylaxekonzepte vor.

Von Sascha Rentzing

Fegt der Wind über das Land, sind die Turbinenbetreiber glücklich. Ihre Anlagen kommen richtig auf Touren und fahren hohe Erträge ein. Doch der Wind bringt auch Probleme mit sich. Starke aerodynamische Kräfte wirken an den Rotorblättern, die über die langen Hebel der Türme mit erheblichen Kräften auf die Fundamente einwirken. Ist das Fundament nicht in einem optimalen Zustand, kann der Beton geschädigt werden. Sind Risse, Abplatzungen und Bewegungen zu groß, müssen die Sanierer ran. Dringt zum Beispiel Wasser ins Fundament, kann die Stahlbewehrung korrodieren – die Tragfähigkeit der Konstruktion wird beeinträchtigt.

„Bei rund einem Viertel der in den vergangenen Jahren gebauten Anlagenfun-

„Viele Folgeschäden ließen sich vermeiden, wenn Schäden früher erkannt und fachgerecht behandelt würden.“

Claus Goralski, H+P Ingenieure

damente besteht Ausbesserungsbedarf“, sagt Klaus Deininger, Geschäftsführer der KTW Umweltschutztechnik aus Mellingen bei Weimar. Seit 2005 befassen sich die Betonspezialisten von KTW auch mit dem Betonfuß von Windturbinen. Über 3500 Gründungen haben sie bisher untersucht, davon versiegelten oder ertüchtigten sie etwa 1000. Die Ursache der Schäden ist unterschiedlich und kann zum einen Konstruktionsdetails betreffen, zum anderen an einer schlechten Bauausführung liegen.

„Häufig wurden Fugen zwischen Turm und Beton nicht dauerelastisch ausgebildet oder der Beton unter dem Flansch des Fundamenteinbauteils nicht richtig verdichtet“, erklärt Deininger. Dabei gibt er zu bedenken, dass der Fundamentbau heute weiter entwickelt ist als früher. „Mängel, mit denen damals nicht zu rechnen war, können durch die Erfahrung heute vermieden werden.“

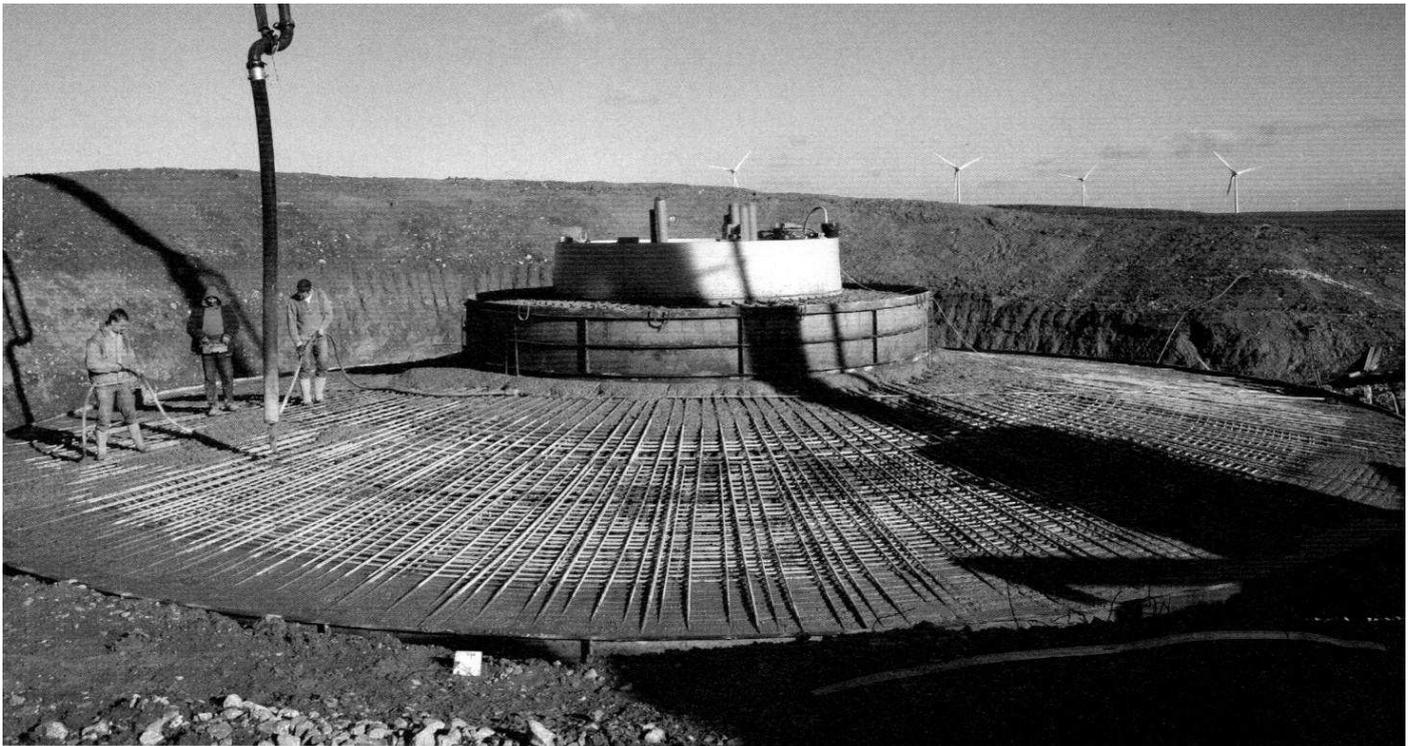
Der Bauingenieur Claus Goralski vom Ingenieurbüro H+P Ingenieure sieht eine weitere wichtige Aufgabe: „Den Bestandsfundamenten fehlt es an Aufmerksamkeit. Viele Folgeschäden ließen sich vermeiden, wenn Schäden und Schadensursachen früher erkannt und fachgerecht behandelt würden.“ Goralski plädiert deshalb dafür, spezielle Inspektions- und Wartungsexperten für

Türme und Gründungen anzulernen. „Wir haben viele Fachleute für die Maschinen und die Rotorblätter, nicht aber für das Fundament.“ Dabei benötigt die Gründung ebenso viel Expertise. Kein anderes seriell geplantes Bauteil ist derartigen Belastungen ausgesetzt. Das Fundament muss über die kalkulierte 20-jährige Betriebszeit einer Windmühle im Durchschnitt sieben bis zehn Millionen Lastwechsel durch die Bewegung des Turmes aushalten. Das ständige Hin und Her zerrt vor allem an der Verbindung zwischen Turm und Fundament, die in vielen Fällen über das so genannte Fundamenteinbauteil erfolgt, ein senkrecht einbetoniertes Stahlsegment. „Die Entkopplung

und Abdichtung zwischen Stahleinbauteil und Fundament ist ein wichtiges Element. Funktioniert dieses nicht, können durch die Stahldehnung Risse und Abplatzung im Übergang zwischen Stahlurm und Beton auftreten. Dort und über die Fuge zwischen Turm und Beton kann Wasser ins Fundament gelangen und Schäden verursachen“, erklärt Goralski.

Häufig kam es in der Vergangenheit zu Schäden bei so genannten Doppel-Flansch-Systemen. Flansche ragen im rechten Winkel aus dem Stahlzylinder des Einbauteils und haben die Aufgabe, die Last in den Beton einzuleiten. Werden zwei Flansche verwendet, einer im oberen und einer im unteren Bereich, bildeten sich dort oft Risse. Besonders der obere Flansch bewegt sich und lässt die geringe Betonabdeckung platzen. Weitere Bewegungen im Fundament können dann das System schwächen. Aber auch bei Ankerkorb-Lösungen, der Alternative zu Einbauteilen, drohen Schäden. Der Ankerkorb besteht aus einem oberen und einem unteren Ringflansch, die durch Gewindestangen miteinander verbunden sind. Mit ihrer Hilfe wird der Turm auf das Fundament aufgespannt. Als Widerlager dient der untere Anker aus Stahl. Die Konstruktion soll die Bewegungen des Turms besser aufnehmen können als das Flanschsystem. „Die Gefahr von Rissen ist dadurch aber nicht komplett gebannt“, sagt Goralski.

Obwohl kaputte Gründungen die Branche seit einiger Zeit bewegen, berichten viele Gutachter, Windmüller, Fundament-



Die Basis muss stimmen: Durch Kontrollen der Fundamentarbeiten lassen sich viele Ausführungsfehler vermeiden.

bauer und Juristen nur sehr vorsichtig von ihren Erlebnissen. Ein Teil hat sich gegenüber den beteiligten Herstellern zu Stillschweigen verpflichtet – aufgrund eines schwebenden Verfahrens oder im Rahmen einer außergerichtlichen Einigung. Streit darüber, wer die Instandsetzung innerhalb der Gewährleistung oder bei besonderen vertraglichen Situationen auch außerhalb dieses Zeitfensters zahlt, gibt es oft. „Die Haftungsfrage ist bei Fundamentschäden komplex. Sie sollte zukünftig aufgrund der damit verbundenen Risiken schon beim Vertragsschluss präzise geregelt und eine ausreichend lange Mängelrechtefrist vereinbart werden, erklärt Martina Beese, Rechtsanwältin der Kanzlei Engemann & Partner und Sprecherin im Arbeitskreis Fundamente des Bundesverbands Wind-Energie (BWE).

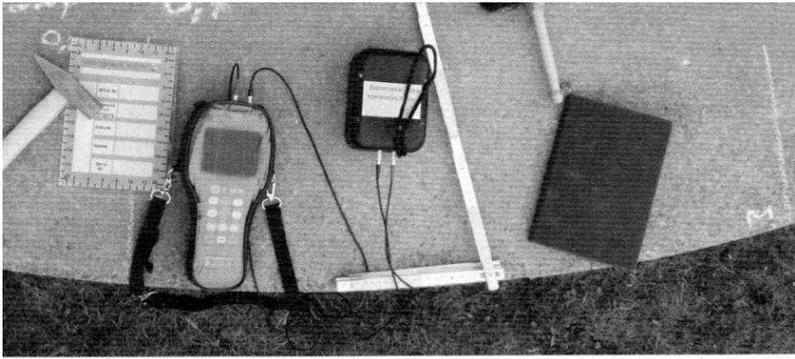
Aufgrund der Komplexität und des Umfangs des Fundamente-Themas hat der Arbeitskreis nun einen neuen BWE-Ratgeber „Umgang mit Schäden an Fundamenten von Windenergieanlagen – Onshore-Inspektion-Bewertung-Sanierung“ veröf-

fentlicht. Ab wann sind Risse und Abplatzungen bedenklich? Und wie und mit wessen Hilfe lässt sich ihrer Ursache auf die Spur kommen? Der Ratgeber bringt Licht ins Untergeschoss von Windturbinen. „Er dient insbesondere dazu, Betreibern und Betriebsführern eine Übersicht zum Themenkomplex Fundamentschäden und deren Vermeidung zu liefern“, erklärt Beese. Die wesentlichen Aspekte und Handlungsschritte zu diesem Problem findet der Leser in einer kommentierten und erläuterten Form. „Er hat so die Möglichkeit, die Maßnahmen zur Einordnung des Schadenfalls zu erkennen und die notwendigen Arbeitsschritte mit Fachleuten zu ermitteln, festzulegen, einzuleiten und umzusetzen“, so Juristin Beese.

Erste wichtige Maßnahme, damit Fachleute, Gutachter und Sanierer Fundamentschäden bewerten können: Betreiber müssen alle Unterlagen zu Konstruktion, Errichtung, Betrieb, Kontrolle, Instandsetzung und zu Veränderungen der Turbine vorlegen, dazu gehören Genehmigungsunterlagen, Prüfberichte, Pläne und Gutachten so-

wie Daten aus der Anlagensteuerung – eine genaue Dokumentation hilft den Experten bei der Einordnung auftretender Probleme. Im Hauptteil stellt der Leitfaden die notwendigen Schritte zur Schadenbewertung vor. Dabei nimmt die Messung der so genannten Relativbewegung zwischen Fundamenteinbauteil und Beton einen hohen Stellenwert ein. Aus Sicht der BWE-Experten muss sie nach klaren Regeln ablaufen. „Aus der Praxis zeigt sich, dass die vertikale und eventuell die horizontale Messung zur Erlangung belastbarer Werte in der Regel im Rahmen einer Außenmessung durch je drei bis vier Aufnehmer und ergänzend durch zwei bis vier Dehnungsmesser erfolgen kann“, heißt es im Ratgeber.

Zwei Messmethoden haben sich bewährt: Einmalmessungen werden über kurze Zeiträume vorgenommen. Dabei werden wichtige Betriebszustände der Anlage simuliert. Damit ist im ersten Schritt eine Einschätzung des Anlagenzustands möglich. Langzeitüberwachungen hingegen erfassen über einen längeren Zeitraum so viele Betriebszustände wie möglich und ▶



Wartungswerkzeug: Experten müssen regelmäßig überprüfen, ob sich Risse im Beton des Fundaments gebildet haben.

kommen damit dem Realbetrieb einer Anlage sehr nahe. Aus Sicht der BWE-Spezialisten kann die Dauermessung deutliche Vorteile bringen, denn sie liefert mehr Daten und bietet somit bessere und genauere Bewertungsmöglichkeiten. Dafür ist sie aufwendiger und teurer als die Einmalmessung. Ein eindeutiges Votum für die eine oder die andere Methode gibt der Ratgeber daher nicht ab.

Als wesentlicher gilt die fachgerechte Ausführung der Messung. „Der Messvorgang an sich muss nicht zertifiziert sein. Entscheidend ist vielmehr, dass die Auswertung und Bewertung der Ergebnisse in den Händen von Fachleuten liegt“, betont Beese. Der Betreiber übernimmt bei der Messung die Aufgabe des Qualitätsmanagers. Er muss laut BWE-Ratgeber bei der Vorbereitung der Bewegungsüberprüfung

einer deutlichen Betonschädigung des Lasteinleitungsbereichs auszugehen. „In einem solchen Fall ist umgehend ein Sanierungsverfahren zur Fixierung des Fundamenteinbauteils durch Fachleute aus dem Bereich Tragwerksplanung, -statik und Sanierung zu planen und umzusetzen“, raten die BWE-Experten.

Das gilt auch für den Fall zu großer Risse und Abplatzungen. Deren Begutachtung ist für die Schadensbewertung ebenfalls von hoher Bedeutung. Am Turm und an den Gründungsbauteilen gelten Rissbreiten von bis zu 0,2 Millimeter als unkritisch. Bei Werten darüber rät der Leitfaden, einen Sachverständigen zur Klärung der Ursache und weiterer Schritte hinzuzuziehen.

Je nach Ursprung und Grad der Schädigung können verschiedene Sanierungsverfahren zum Einsatz kommen. Der Arbeitskreis Fundamente nennt in seinem Ratgeber die wichtigsten. Häufig ist die Fuge zwischen Stahleinbauteil und Fun-

dament defekt. Sie entkoppelt die beiden Komponenten und entlastet so die unbewehrte Betonkante des Fundaments. Um die Hohlkehle zu reparieren, können Fachleute die defekten Fugenbereiche abdichten oder – bei größerem Schaden – großflächig dünne Weichschichten zur Entkoppelung verlegen. Hat wiederum die Bewegungsmessung zu viel Spiel des Fundamenteinbauteils ergeben, rät der BWE-Leitfaden zu Injektagen und Sonderverfahren zur Stabilisierung des Fundamenteinbauteils. Dafür kommen verschiedene Materialien wie Zementsuspensionen, Epoxid- und Polyurethanharze zur Anwendung. Für die Injektagen sind Bohrungen nötig, die sich aber im Rahmen halten müssen, damit die vorhandene Bewehrung im Fundament so wenig wie möglich beeinträchtigt wird.

Im letzten Kapitel des Ratgebers „Prävention: Anforderungen für den Bau und die Überwachung für WEA“ weisen die

immer auf die Besonderheiten seiner Anlage achten, etwa, ob das Fundament mit oder ohne Auftrieb berechnet wurde. Außerdem sollte er sich gültige Prüfzeugnisse für die Messgeräte zeigen lassen und unter Mitwirkung von Fachleuten Fragen zum Inhalt der Messungen stellen und das damit verbundene Ziel definieren. Geht es darum, Grenzwertüberschreitungen festzustellen, Schädigungsgrade einzuordnen oder um einen Kontrollcheck nach einer Instandsetzung oder Sanierung?

Sind alle Messdaten da, geht es an die Schadensanalyse. Zur Beurteilung haben sich drei Bewegungsabstufungen etabliert. Liegt die gemessene Relativbewegung unter 0,5 Millimeter, ist die Verbindung zwischen Flansch und Beton intakt. Bei Werten über 0,5 Millimeter muss von einer Lockerung ausgegangen werden. Für diesen Fall rät der Leitfaden, die Ursache und weitere Maßnahmen gutachterlich abzustimmen. Liegt zwischen Flansch und Beton mehr als 1,5 Millimeter Spiel, ist von

BWE-Experten noch mal auf die hohe Bedeutung der Qualität in der Errichtungsphase und die Verantwortung der Betreiber hin. Durch Kontrollen der Fundamentarbeiten können sie eine Vielzahl von Ausführungsfehlern vermeiden, heißt es. Zudem sollten sie helfen, dass ein Abgleich

„Wir werden heute nicht mehr nur gerufen, um zu reparieren, sondern auch, um zu schützen.“

Klaus Deininger, KTW Umweltschutztechnik

der Beteiligten am Bau stattfindet – so werden Kompetenzen ausgetauscht, die Qualität der Arbeit wird besser.

Offensichtlich ist das Fundament-Thema bei den Betreibern angekommen. Betonspezialist Deininger berichtet, dass die Nachfrage nach Prophylaxemaßnahmen wie die Erneuerung der Fuge oder Injektagen zur Stabilisierung des Einbauteils steigt. „Wir werden heute nicht mehr nur gerufen, um zu reparieren, sondern auch, um zu schützen.“ ◀