

Qualitätssicherung auf See

# Kabelprüfung und Teilentladungsmessung an Offshore-Windenergieanlagen

Damit die Verfügbarkeit eines Windparks – und somit der Ertrag aus der Stromerzeugung – über Jahrzehnte sichergestellt ist, müssen alle Phasen des Projekts genauestens geplant und überwacht werden. Daher legt RE Power, Hersteller und Errichter der Windenergieanlagen für Thornton Bank, auf die abschließenden Kontrollen großen Wert. Auch die Turmverkabelung wird getestet, bevor die Generatoren der Windenergieanlagen den ersten Strom liefern. Die Besonderheit ist, dass hierbei nicht nur das Kabel und der Kabelmantel geprüft werden. Das Turmkabel wird zudem auf Teilentladungen untersucht.

Im Juli 2013 hat die RE Power Systems SE die letzte Anlage des Offshore-Windparks Thornton Bank errichtet (Bild 1 und 2). Der Park setzt sich aus insgesamt 48 Anlagen vom Typ 6 M mit einer Nennleistung von je 6,15 MW aus den letzten beiden Ausbauphasen sowie sechs Anlagen des Vorgängermodells 5 M mit je 5 MW Nennleistung aus der ersten Ausbauphase zusammen. Nach dem Abschluss aller drei Ausbauphasen hat der Windpark eine Gesamtleistung von 325 MW. Dabei gilt Thornton Bank wegen seiner Größe und der vielen Beteiligungsgesellschaften als Leuchtturmprojekt der europäischen Offshore-Windindustrie. Kunde des Projekts ist die belgische Offshore-Projektentwicklungsgesellschaft C-Power, an der neben vier belgischen Investoren die Kunden der RE Power – RWE Innogy und EDF EN – beteiligt sind.

Die RE Power 6 M hat einen Rotordurchmesser von 126 m und ist für den Einsatz in tiefen Gewässern konzipiert. Ihre Errichtung in 14 bis 27 m Wassertiefe war daher problemlos möglich. Zugunsten einer hohen Verfügbarkeit werden die wichtigsten Komponenten der Windenergieanlagen (WEA) mit redundant ausgelegter Sensorik überwacht, so dass die Betriebszustände der Anlagen aus der Ferne überwacht werden können. Auch in anderer Hinsicht wurden die WEA auf Langlebigkeit ausgelegt, zum Beispiel profitiert der Generator von einer technisch ausgefeilten Kühlung, damit er auch bei Dauerbetrieb Maximalleistung erbringen kann.

Der Turm der WEA, der die Nabe 90 bis 95 m über dem Wasserspiegel trägt, besteht aus zwei Teilen. Dadurch wird

eine einfachere Aufstellung möglich. Diese geteilte Konstruktion bringt mit sich, dass auch die Turmverkabelung – die die Schaltanlage im Turmfuß mit dem Transformator in der Gondel verbindet – aus zwei Abschnitten besteht. Die kunststoffisolierten 33-kV-Kabel zur Stromeinspeisung sind in den Turmhälften vormontiert und werden mit einer Muffe verbunden.

## Hoher Qualitätsanspruch bei der Turmverkabelung

Zwar befindet sich die Muffe im wettergeschützten Turm, doch salzhaltige Meeresluft, größere Temperaturunter-

schiede als bei einem erdverlegten Kabel und die Luftfeuchtigkeit können bei mangelhafter Montage zu einem Ausfall führen. »Um alle Risiken auszuschließen, findet eine aufwendigere Endkontrolle der Verkabelung statt, als bei den meisten Windenergieanlagen«, so Arne Rickling, Teamleiter Technisches Projektmanagement bei der RE Power Systems in Hamburg. »Aus diesem Grund wird die Kabelprüfung und -messung an der Turmverkabelung nicht durch den installierenden Betrieb, sondern durch ein anderes Unternehmen durchgeführt.«

Ein weiterer Grund für die aufwendige Endkontrolle ist, dass gravierende Fehler



Bild 1. Im Juli 2013 hat RE Power die letzte Anlage des Offshore-Windparks Thornton Bank errichtet.



Quelle: RE Power Systems

Bild 2. Der Offshore-Windpark Thornton Bank besteht aus insgesamt 48 Anlagen vom Typ 6 M mit einer Nennleistung von je 6,15 MW aus den letzten beiden Ausbauphasen sowie sechs Anlagen des Vorgängermodells 5 M mit je 5 MW Nennleistung aus der ersten Ausbauphase.

nicht nur die WEA selbst, sondern auch die Nachbaranlagen gefährden können. »Durch die netzinterne Verkabelung hat jede Anlage zu ihren Nachbarn Kontakt. Ein Fehler in der Turmverkabelung könnte daher im schlimmsten Fall Folgeschäden an den benachbarten Turbinen hervorrufen.«

Die Abschlussprüfung hat RE Power der Elektroanlagenbau Wenzel übertragen. Die Wahl fiel aufgrund der hohen Expertise bei der Prüfung von Offshore-WEA auf das Unternehmen. Dies war für Teamleiter Rickling angesichts der rauen Bedingungen auf See entscheidend: »So konnte ich sichergehen, dass die Arbeiten und der

damit verbundene Zeitaufwand realistisch eingeschätzt werden.« Der Grund: Auf See dauern selbst vergleichsweise einfache Arbeiten wie die Kabelprüfung um ein Vielfaches länger als Arbeiten an Land. Bereits die Anreise zum Arbeitsort ist aufwendig: Zunächst müssen die Messtechniker vom Wohnquartier zum Hafen in Ostende. Von dort benötigt das Schiff noch rund eine Stunde bis zum Einsatzort.

### Zeitaufwendige Kabelprüfung

Im Windpark angekommen, ist allerdings noch nicht sichergestellt, dass die Arbeiten wie geplant durchgeführt werden können: »Das Übersetzen und Verladen unserer Ausrüstung gelingt nur bei moderatem Wellengang«, begründet Christian Wenzel, dessen Mannschaft einen Sicherheitslehrgang für die Arbeiten an Thornton Bank absolvierte. »Wenn das Schiff neben der Anlage mehrere Meter auf- und abtanzt, ist es einfach zu gefährlich, die Plattform zu besteigen.« Einige Male mussten die Messtechniker daher unverrichteter Dinge zurückfahren und auf besseres Wetter am Folgetag hoffen.

Aufgrund der rauen Nordsee ist der Zeitplan für die Prüfung und Messung großzügig angesetzt: Je Offshore-WEA rechnet das Team mit rund zwei Tagen. Geht jedoch alles glatt, ist eine Anlage innerhalb weniger Stunden geprüft und gemessen. Dazu gehört die Kabelprüfung bei 0,1 Hz nach DIN VDE 0276 Teil 620. Hierbei wird die Anlage je 1 min der einfachen und doppelten Kabelnennspannung (Rechteckform) zwischen Leiter und Erde ( $U_0$ ) ausgesetzt, anschließend 60 min lang der dreifachen Nennspannung. Eine Ausnahme ist die Prüfung einschließlich Schaltanlage, die bei 42,3 kV (statt 54 kV) stattfindet, um die Anlage nicht zu beschädigen.

### Automatischer Prüf- und Messablauf

Das Team von Wenzel setzt dabei das Messgerät Viola der Baur Prüf- und Messtechnik ein (Bild 3). Es ist für den Einsatz bei  $-10$  bis  $+50$  °C ausgelegt, spritzwassergeschützt und lässt sich in zwei Teile zerlegen. Letztgenanntes erleichtert den Transport sowie das Herausnehmen aus der Kunststoffbox mit der Messtechnik. An einem Stück ließe sich das 75 kg schwere Gerät kaum von Hand heben. Das Messgerät Viola ist seit mehreren Jahren Bestandteil der drei unternehmenseigenen Kabeldiagnose- und Messwagen. Seitdem es zum Gerätepark gehört, können die Elektriker zum Beispiel

Quelle: Elektroanlagenbau Wenzel



Bild 3. Philipp Himmelreich und Norbert Röper führen ergänzend zur Kabel- und Mantelprüfung eine Teilentladungsmessung an der Turmverkabelung durch, um eventuelle Montagefehler an Muffen und Endverschlüssen ausschließen zu können.

Fehler analysieren, orten und beheben sowie die abschließende Kabelprüfung vornehmen.

Zur Kabelprüfung an der RE Power 6 M werden Prüfadapter in die Endverschlüsse geschraubt, das Turmkabel angeschlossen und der Erdungspunkt von Viola mit der Erde der Schaltanlage verbunden. Dann läuft alles automatisch: Alle drei Kabeladern werden parallel geprüft. Die Prüfspannung mit höchstens 60 kV erzeugt Viola selbst, wahlweise in der laut VDE geforderten Rechteckform oder als Sinus. Nach einer guten Stunde ist die Kabelprüfung abgeschlossen und das Gerät zeichnet ein Protokoll auf. »Am Gerät ist der Prüfstatus sofort sichtbar, so dass wir eine Unregelmäßigkeit bemerken würden«, sagt Philipp Himmelreich, der zusammen mit Norbert Röper die meisten der Turmkabel geprüft hat. »Über einen USB-Stick können die Ergebnisse exportiert und für den Protokollausdruck auf einen PC übertragen werden.« Dies ist auch bei der Mantelprüfung möglich, die Viola automatisch durchführt, in diesem Fall bei 5 kV Gleichstrom über 5 min. Auf der To-do-Liste steht außerdem das Messen des Erdwiderstands: Er soll  $< 2 \Omega$  sein.

#### Teilentladungen decken eventuelle Montagefehler auf

Eher ungewöhnlich ist, dass auch Teilentladungen auf dem Turmkabel gemessen werden. Typischerweise würde ein neues, kunststoffisoliertes Kabel keine auffälligen Teilentladungen haben. Allerdings geht es bei der Prüfung nicht um das Kabel, sondern um die Muffen, die an der Verbindungsstelle des zweigeteilten Turms montiert wurden. »Sollten die Kollegen beim Montieren der Muffen einen Fehler gemacht haben, würden wir das mit der Teilentladungsmessung erkennen«, sagt Himmelreich. Erhöhte Teilentladungen an Muffen und Endverschlüssen deuten meistens auf einen Montagefehler hin, zum Beispiel ein falsches Aufschrupfen oder eine nicht perfekte Isolation. Dies sind meist Fehler, die nicht in den ersten Jahren auffällig werden. Unter Einfluss von Feuchtigkeit und mit zunehmendem Alter können diese Schwachstellen jedoch zu Ausfällen führen. »Bei einer Anlage, die Jahrzehnte in Betrieb sein soll und an der Reparaturen nur schwierig und teuer durchzuführen wären, möchten wir dieses Risiko ausschließen«, sagt Rickling.

#### Messungen mit Brief und Siegel

Nach Abschluss der Messungen auf Teilentladung, des Erdungswiderstands und

der Kabel- beziehungsweise Mantelprüfung erhält RE Power zu jeder WEA ein Protokoll. Es weist neben diesen Ergebnissen auch Hinweise auf eventuelle Nacharbeiten aus. Durch diese Qualitätssicherung ist die Verkabelung dreifach geprüft: Beim Kabelhersteller, durch das Montageteam und schließlich im Zuge der Prüfung.

Im Juli 2013 konnten die letzten Messungen abgeschlossen werden. So wurde sichergestellt, dass alle jüngst errichteten Windenergieanlagen planmäßig in Betrieb gehen konnten. Nach der Inbetrieb-

nahme des letzten Bauabschnitts liefert der in drei Zeitabschnitten errichtete Windpark genug Strom, um eine Stadt wie Stuttgart mit Elektrizität zu versorgen.

>> Ralf Dunker, Fachjournalist, München

>> [www.baur-germany.de](http://www.baur-germany.de)  
[www.elektroanlagenbau-wenzel.de](http://www.elektroanlagenbau-wenzel.de)  
[www.c-power.be](http://www.c-power.be)  
[www.repower.de](http://www.repower.de)

42110

Anzeige

**FACTOR**   
Gemeinsam weiter

## PROZESS- UND IT-KNOW-HOW AUS EINER HAND

Besuchen Sie uns an unserem Stand  
auf der E-world 2014 in Essen

[www.factor.de](http://www.factor.de)