

Projekt: LBM<sup>2</sup>

## Load-based Monitoring-Maintenance (LBM<sup>2</sup>)

Optimierung des Betriebs von Onshore-Windenergieanlagen durch ein lastgeführtes Überwachungssystem mittels Drehmomentsensoren

Ziel des Forschungsprojekts 'LBM<sup>2</sup>' ist die Entwicklung eines kostengünstigen und leicht zu bedienenden Überwachungssystems für Windenergieanlagen (WEA). Mittels Lastfassung durch Drehmomentsensoren und der darauf basierenden Ermittlung von Restlebensdauern sollen der Betrieb und die Instandhaltungsplanung des gesamten Windparks (WP) optimiert werden. Dazu wurde in Zusammenarbeit mit einem Sensorhersteller eine Technik zur Messung der realen Lasten an der Hauptwelle für die Applikation in einem Windpark des Projektpartners Innogy SE entwickelt. Parallel wurden Instandhaltungstätigkeiten im Windpark erfasst, prozessual abgebildet und wesentliche Kostentreiber identifiziert. Die Bearbeitung des Projekts erfolgt gemeinsam durch das *Center for Wind Power Drives (CWD)* aus Aachen und den *FIR e. V. an der RWTH Aachen*. Das IGF-Vorhaben 20028 N der Forschungsvereinigung *FIR e. V. an der RWTH Aachen*, Campus-Boulevard 55, 52074 Aachen wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der *industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)* vom *Bundesministerium für Wirtschaft und Energie* aufgrund eines Beschlusses des *Deutschen Bundestages* gefördert.

**D**er Betrieb und die Instandhaltung von WEA sind aktuell mit einem hohen Planungsaufwand, je nach Art des auftretenden Schadens, mit langen Warte- oder Stillstandzeiten und folglich auch mit hohen Kosten für den Betreiber verbunden. Im internationalen Vergleich liegen die Betriebskosten von Onshore-WEA in Deutschland im oberen Mittelfeld.<sup>1</sup> Zusätzlich ist der Windenergiemarkt fortlaufenden Änderungen politischer Rahmenbedingungen ausgesetzt. Insbesondere die sukzessive Reduzierung der zugesicherten Einspeisevergütung hat direkte Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit von WEA und verschärft damit erheblich die Marktsituation vor allem für kleinere Betreiber.

Die größte Hebelwirkung zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit von KMU stellt die fortlaufende Reduktion der Lebenszykluskosten von WEA dar. Mit bis zu 44 Prozent bilden die Instandhaltungskosten den größten Anteil an den Betriebskosten.<sup>2</sup> Weiterhin zeigen Schadenstatistiken, dass bis zu 66 Prozent der auftretenden Mängel an WEA auf Schäden am elektromechanischen Antriebsstrang zurückzuführen sind. Zur Überwachung des

Antriebsstrangs stehen bereits Condition-Monitoring-Systeme zur Verfügung, die allerdings wiederum mit hohen Richtlinien-Anforderungen bzw. Anschaffungs- und Betriebskosten verbunden sind.<sup>3</sup>

Im Projekt 'LBM<sup>2</sup>' wird hierzu eine günstige, leicht anzuwendende Alternative untersucht. In Zusammenarbeit mit einem Sensorhersteller wurde dafür im bisherigen Arbeitsverlauf eine kostengünstige Messtechnik spezifiziert, die Lasten an der Hauptwelle einer WEA ermitteln und in hohen Frequenzen dem Anlagenbetreiber bereitstellen kann. Zum Einsatz kommen u. a. Dehnungsmessstreifen, die an drei Messpunkten um jeweils 120 Grad versetzt an der Hauptwelle appliziert werden (s. Bild 1, S. 19). Über mitrotierende Sendemodule mit langer Batterielebensdauer erfolgt die Bereitstellung der Lastdaten an ein Empfangsmodul, sodass die Daten über die vorhandenen SCADA-Systeme abgerufen werden können.

Als Einsatzort der Messtechnik wurden im projektbegleitenden Ausschuss acht WEA im Windpark des Projektpartners *Innogy SE* in Bedburg ausgewählt. Die Auswahl der Referenzanlagen erfolgte unter Beachtung

verschiedener Restriktionen wie z. B. der geographischen Lage im Windpark, um eine aussagekräftige Untersuchung der Lastmessung an gleichen Anlagentypen über einen Zeitraum von einem Jahr vornehmen zu können.

Zur Abbildung allgemeiner Instandhaltungstätigkeiten bzw. -kosten in einem Windpark wurde ein Referenzprozess erstellt und in Anlehnung an die DIN 31051 in die Teilbereiche Inspektion, Wartung, Instandsetzung und Verbesserung unterteilt. Für die einzelnen Teilbereiche wurden jeweils die beteiligten Mitarbeiter bzw. Serviceteams, durchzuführende Tätigkeiten sowie prozessrelevante Kennzahlen (Stillstandszeiten, Ersatzteilkosten etc.) erhoben und in einem Referenzprozessmodell visualisiert. Der Referenzprozess dient im Weiteren als Grundlage zur Ausgestaltung von Simulationen für die Instandhaltung im Windpark in Bedburg.

Im weiteren Projektverlauf werden die Lastdaten aus der Messung im Wind-

<sup>1</sup> S. LÜERS ET AL. 2014, S. 31

<sup>2</sup> S. ROHRIG 2014, S. 41

<sup>3</sup> S. MUUSS U. DALHOFF 2007, S. 4

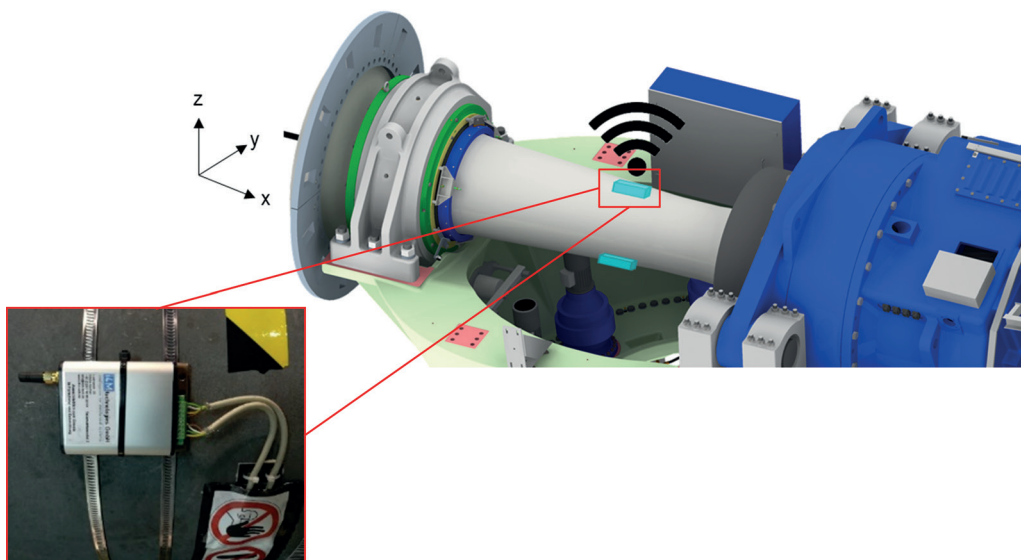


Bild 1: Spezifizierte Lastsensoren an der Hauptwelle einer Windenergieanlage (Die Abbildung rechts oben entstand in der Zusammenarbeit des begleitenden Projektausschusses LBM<sup>2</sup>, 2018)

park in Bedburg über eine Cloud den Forschungseinrichtungen CWD und FIR an der RWTH Aachen zur Verfügung gestellt. Diese Daten bilden die Grundlage für zwei softwarebasierte Module, die zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit des Betriebs von WEA beitragen sollen. Im ersten Modul erfolgt die Ermittlung des Abnutzungsvorrats von WEA-Komponenten, wie z. B. der Hauptlagerung und Bereitstellung von Informationen zum optimalen Betriebspunkt einer Anlage. Dazu werden die Lastdaten über ein Jahr mit den Auslegungslastkollektiven der betrachteten WEA verglichen, sodass die Restlebensdauern der Komponenten mit höherer Genauigkeit simuliert werden können. Auf Basis der Restlebensdauern wird ein zweites Modul zur optimierten Instandhaltungsplanung von WEA entwickelt. Unter Beachtung kosten-treibender Tätigkeiten (z. B. Wechsel von Getriebekomponenten) und Informationen über die Restlebensdauern können prädiktive Handlungsmaßnahmen vorgeschlagen werden, die die Verfügbarkeit der Anlage erhöhen und die Kosten für ungeplante Reparaturen minimieren sollen.

Im nächsten Schritt erfolgt die Applikation der Messtechnik auf den ausgewählten WEA im Windpark in Bedburg. Nach Sicherstellung der Funktionalitäten werden die Lastdaten ausgewertet, Restlebensdauern der Komponenten simuliert und damit Inputdaten für eine prädiktive Instandhaltungsplanung generiert.

### Literatur

Fraunhofer IWES, Stuttgart 2014. [https://wind-pool.iee.fraunhofer.de/opencms/export/sites/WiND-Pool/img/Offshore-WMEP\\_Abschlussbericht\\_Anlage\\_4\\_Windenergie\\_Report\\_2013.pdf](https://wind-pool.iee.fraunhofer.de/opencms/export/sites/WiND-Pool/img/Offshore-WMEP_Abschlussbericht_Anlage_4_Windenergie_Report_2013.pdf) (Link zuletzt geprüft: 09.05.2019)

LÜERS, S.; ZENGEN, C. V.; REHFELDT, K.: *Kostensituation der Windenergie an Land. Internationaler Vergleich. Eine Studie der Deutsche WindGuard GmbH im Auftrag des BWE und des VDMA. Deutsche WindGuard GmbH, Varel, 03.04.2014.* <https://publikationen.windindustrie-in-deutschland.de/kostensituation-der-windenergie-an-land-internationaler-vergleich/54436233> (Link zuletzt geprüft: 09.05.2019)

MUUSS, T.; DALHOFF, P.: *Richtlinie für die Zertifizierung von Condition-Monitoring-Systemen für Windenergieanlagen.* Hrsg.: Germanischer Lloyd AG. Hamburg 2007. <http://docplayer.org/62974673-Richtlinie-fuer-die-zertifizierung-von-condition-monitoring-systemen-fuer-windenergieanlagen.html> (Link zuletzt geprüft: 09.05.2019)

ROHRIG, K. (HRSG.): *Windenergiereport Deutschland 2013.* Unter Mitarbeit von Volker Berkhout, Stefan Faulstich, Philip Görg, Berthold Hahn, Katrin Linke, Moritz Neuschäfer, Sebastian Pfaffel, Khalid Rafik, Kurt Rohrig; Renate Rothkegel und Mark Zieße. Fraunhofer IWES, Kassel und Stuttgart 2014. [http://publica.fraunhofer.de/eprints/urn\\_nbn\\_de\\_0011-n-283735-27.pdf](http://publica.fraunhofer.de/eprints/urn_nbn_de_0011-n-283735-27.pdf) (Link zuletzt geprüft: 10.07.2019)

### Ansprechpartner:



Lennard Holst, M.Sc.  
FIR e. V. an der RWTH Aachen  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Bereich Dienstleistungsmanagement  
Tel.: +49 241 47705-206  
E-Mail: Lennard.Holst@fir.rwth-aachen.de

Projekttitel: LBM<sup>2</sup>

Projekt-/Forschungsträger: BMWi; AiF

Förderkennzeichen: 20028 N

Internet: [lbm2.fir.de](http://lbm2.fir.de)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages