



Projekt: ReStrok

Stromgestehungskosten von Onshore-Windenergieanlagen reduzieren

Reduktion der Stromgestehungskosten unter Nutzung von historischen und aktuellen Betriebs- und Servicedaten von Onshore-Windenergieanlagen

Im Rahmen des Projekts ‚ReStrok‘ werden die Stromgestehungskosten von Onshore-Windenergieanlagen durch die Optimierung der Wartungs- und Instandhaltungsaktivitäten, der Restlebensdauer und der Betriebsführung reduziert. Das Projekt versetzt dadurch KMU in die Lage, das volle Potenzial ihrer Windparks auszuschöpfen und so auch nach Ende der im Erneuerbare-Energien-Gesetz festgelegten 20-jährigen Dauer der Mindestvergütung mit anderen Energieerzeugungsmethoden erfolgreich zu konkurrieren. Ab Beginn des Jahres 2021 verlieren rund 6.000 Windenergieanlagen (WEA) ihren Förderanspruch. Bis 2026 steigt diese Zahl auf 14.000 WEA an.¹ Diese Anlagen werden sich dann ohne Subventionierung am Markt behaupten müssen.² Zwar sind die WEA mittlerweile abgeschrieben, jedoch verursachen Wartung und Instandsetzung erhebliche Kosten. Wie gut sich Windstrom EEG-frei vermarkten lässt, hängt also von den Betriebskosten und somit stark von den Instandhaltungskosten der WEA ab.³ Das Projekt ‚ReStrok‘ (Förderkennzeichen EU-2-2-029) wird in Zusammenarbeit mit dem Center for Wind Power Drives (CWD), dem Institute for Power Generation and Storage Systems (PGS), dem Bürgerwindpark Bürgerwindräder Rheinberg, psm WindService sowie psm Nature Power Service & Management durchgeführt.

Primäres Ziel des Projekts ‚ReStrok‘ ist es, die Stromgestehungskosten von Onshore-Windenergieanlagen zu reduzieren. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Reduktion der Betriebs- und Instandhaltungskosten, da diese etwa 25 Prozent der Gesamtkosten pro Kilowattstunde ausmachen.⁴ Um Betriebskosten zu reduzieren, sind vor allem bessere Kenntnisse über den Anlagenzustand von hoher Bedeutung. Mithilfe besserer Kenntnisse über den Anlagenzustand kann anstelle der heute zumeist präventiv vorausbestimmten Instandhaltungsstrategie eine zustandsorientierte Instandhaltungsstrategie verfolgt werden. Während bei der vorausbestimmten Instandhaltung Wartungen regelmäßig in festen Intervallen durchgeführt werden, erfolgen Wartungen bei der zustandsorientierten Instandhaltung in Abhängigkeit des Zustands.⁵ Damit eine zustandsorientierte Instandhaltung umgesetzt werden kann, müssen die von den Serviceunternehmen gesammelten Zustandsdaten sowie die

Wartungshistorien (Ereignisdaten) der Windenergieanlagen nutzbar gemacht und ausgewertet werden. Heute werden Auffälligkeiten im Rahmen der Wartung zwar in Serviceberichten vermerkt, jedoch dienen diese in erster Linie zur Dokumentation und werden nicht immer für weitergehende Analysen verwendet. Die Heterogenität der vorhandenen Daten, zu denen vor allem von zahlreichen Sensoren an den Anlagen erhobene SCADA(*supervisory control and data acquisition*)- und CMS(*condition monitoring system*)-Daten zählen, erschwert es KMU, diese zu nutzen und daraus einen Mehrwert zu generieren.

Im Projekt ‚ReStrok‘ liegt der Fokus daher auf der übergreifenden und umfangreichen Betrachtung und Analyse sowohl technischer Datensätze als auch historischer Serviceberichte sowie allgemeiner Anlagenkonfigurationen, um die anvisierte Senkung der Stromgestehungskosten zu erreichen. Hierfür ist entscheidend,

das implizit vorhandene Wissen, d. h. das Erfahrungswissen der Servicetechniker, für die Optimierung von Wartungen nutzbar zu machen, das implizite Wissen mit der formalen Anlagenstruktur in Verbindung zu bringen und aus den so gewonnenen Erkenntnissen Handlungsempfehlungen für Servicetechniker und Betriebsführung abzuleiten. Die Handlungsempfehlungen müssen in eine intuitiv anwendbare Form überführt werden, sodass der wirtschaftliche Aufwand ihrer Anwendung für Serviceunternehmen vertretbar ist und eine Integration in die vorhandenen Serviceprotokolle erfolgen kann. Unbedingt erforderlich ist hierfür die Integrierbarkeit in bestehende IT-Systeme und Prozesse der Serviceunternehmen. Experten zufolge müsse dabei die Kom-

¹ S. CZECHANOWSKY 2018

² S. WETZEL 2018

³ S. BUNDESVERBAND WINDENERGIE 2018

⁴ S. MORTHORST ET AL. 2009, S. 204

⁵ S. GROTHE 2018



Bild 1: Vereinfacht dargestellter Planungs- und Durchführungsprozess der Wartung (eigene Darstellung)

plexität bei der Umsetzung geringgehalten werden, da verschiedene Kunden unterschiedliche Schwerpunkte legen würden und entsprechend unterschiedliche Vorstellungen über Aufbau und Layout eines Service-Berichts hätten. Aus der Kombination von Kundenwünschen und Anlagentypen resultierte die Vielzahl der unterschiedlichen Wartungsprotokolle. Daher sollte der Aufbau des Wartungsprotokolls modular erfolgen, sodass Checklisten vor dem Einsatz flexibel unter Einbezug vorangegangener Einsätze zusammengestellt werden könnten. Um die Integrierbarkeit in bestehende IT-Systeme und Prozesse der Serviceunternehmen sicherzustellen, wurde der Planungs- und Durchführungsprozess einer Wartung aufgenommen und visualisiert (s. Bild 1).

Der dargestellte Wartungsprozess wird durch eine Meldung des IT-Systems initiiert, welches automatisch eine Packliste mit den benötigten Materialien und Werkzeugen erstellt. Diese Liste wird an die Kommissionierung weitergeleitet, welche die aufgelisteten Materialien und Werkzeuge im Lager zusammenstellt und an einem bestimmten Ablageort deponiert. Anschließend wird die Einsatzleitung über die Fertigstellung der Kommissionierung und den genauen Ablageort der Materialien und Werkzeuge informiert. Die Einsatzleitung holt sodann die Zustimmung der Betriebsführung ein, dass die Wartung durchgeführt werden

kann. Liegt die Zustimmung vor, wird der Auftrag mithilfe einer unternehmensinternen Software einem Zweierteam von Servicetechnikern zugewiesen. Die Servicetechniker holen die bereitgestellten Materialien und Werkzeuge sowie ein ausgedrucktes Wartungsprotokoll ab, überprüfen, ob Spezialwerkzeuge notwendig sind, und fahren dann zur wartenden Windenergieanlage. Dort angekommen melden sich die Servicetechniker bei der Betriebsführung an und schalten die Windenergieanlage aus, um die Wartungsarbeiten durchzuführen. Sind die Wartungsarbeiten abgeschlossen, wird die Anlage wieder eingeschaltet und es wird vor Ort mithilfe von Laptops ein Wartungsbericht geschrieben. Dieser Wartungsbericht wird direkt an eine weitere unternehmensinterne Software übertragen und an die Einsatznachbereitung gesendet. Die Einsatznachbereitung prüft den Bericht und bereitet ihn auf. Mit der Weiterleitung des fertigen Wartungsberichts an die Betriebsleitung ist der Wartungsprozess abgeschlossen.

Um den beschriebenen Wartungsprozess, insbesondere die Tätigkeiten des Servicetechnikers betreffend, zu verbessern, wurde zunächst mithilfe einer ABC-Analyse Transparenz über besonders instandhaltungsintensive Systeme geschaffen. Diese Systeme bieten folglich auch das größte Potenzial zur Kostensenkung. Als

Datengrundlage dienten dabei Statusdaten von 25 Anlagen über einen Zeitraum von 14 Jahren. Über diesen Zeitraum generierten die betrachteten Anlagen jeweils um die 40 000 Statusdaten, sodass insgesamt etwa 1 000 000 Statusmeldungen ausgewertet wurden.

Dazu wurde zunächst ein detaillierter Strukturbaum einer Windenergieanlage (WEA) erarbeitet (s. Bild 2, S. 14). Dieser Strukturbaum wurde im zweiten Schritt mit Daten aus sogenannten Logbüchern über Fehler und Ausfälle während der Lebensdauern der Windenergieanlagen kombiniert. In den Logbüchern werden die vom SCADA-System gesammelten Statusdaten, die den Zustand einer Windenergieanlage als Momentaufnahmen beschreiben, über die gesamte Lebensdauer einer Anlage gesammelt. Diese Statusdaten geben Auskunft darüber, ob eine Anlage sich zu einem bestimmten Zeitpunkt im normalen Leistungsbetrieb befindet oder nicht. Steht eine Anlage aufgrund eines Fehlers still, so geben die Logbücher zusätzlich einen Fehlercode an. Jeder dieser Fehlercodes beschreibt ein Ereignis, das zu dem vorliegenden fehlerhaften Zustand, d. h. zu dem Ausfall der Anlage führt. Die Fehlercodes wurden unter Einbeziehung des Expertenwissens der Projektpartner den Systemen des Strukturbaums zugeordnet.

Mithilfe der anhand des Strukturbaums erfassten Fehler und eines Algorithmus

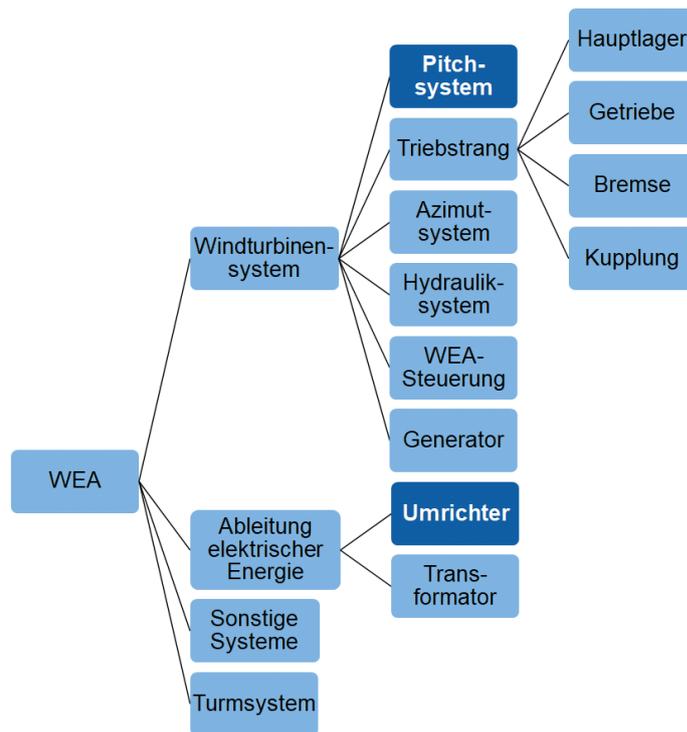


Bild 2: Vereinfachte Darstellung des erarbeiteten Strukturbaums einer Windenergieanlage (WEA); dunkelblaue Felder kennzeichnen besonders instandhaltungsintensive Systeme (eigene Darstellung)

wurden zunächst getrennt die Fehlerhäufigkeiten und die Fehlerdauern sowohl in Abhängigkeit von der Fehlerart als auch vom den Fehler meldenden System ausgewertet. Anschließend wurden Fehlerdauer und -häufigkeiten kombiniert betrachtet. Sowohl die systemabhängige Auswertung als auch die fehlerartabhängige Auswertung zeigen, dass Pitchsystem und Umrichter bzw. Pitchfehler und Umrichterfehler besonders große Bedeutung zukommt. Das Pitchsystem (dt. Blattverstellungssystem) verstellt die Rotorblätter einer Windenergieanlage, um die Leistung zu regulieren, den Wind möglichst effizient zu nutzen und die Rotorblätter und damit die gesamte Windenergieanlage bei starkem Wind vor Überlastung zu schützen. Der Umrichter passt die durch die Windenergieanlage gewonnene elektrische Energie an Netzfrequenz, Phasenlage und Spannung des Stromnetzes an, in welches der Strom eingespeist wird. Die Auswertung der Fehler ergab, dass das Pitchsystem und der Umrichter die zwei fehleranfälligsten Subsysteme sind. Fehler am Pitch- und am Umrichtersystem führen zu insgesamt 70 Prozent der fehlerbedingten Stillstandzeit. Somit wird ein

besonderer Fokus bei der Optimierung der Instandhaltung zur Senkung der Betriebs- und Instandhaltungskosten auf diesen als besonders anfällig identifizierten Systemen liegen.

Im weiteren Projektverlauf werden Anlagen- und Betriebsdaten gemeinsam mit den Serviceprotokollen aus Wartung und Instandsetzung untersucht. Die im Wartungsprozess erstellten Serviceprotokolle enthalten Freitextfelder, die weiter Aufschluss über Fehleruntersuchung und -behebung sowie Auffälligkeiten bei der Wartung geben. Diese bisher kaum genutzten Informationen, insbesondere bezüglich Auffälligkeiten, liegen in nichtstandardisierter Form vor und sollen gezielt mit den technischen Daten verknüpft werden. Dazu müssen diese Informationen zunächst in eine maschinenlesbare Form überführt werden, welche algorithmisch verarbeitet werden kann. Über den bereits entwickelten Strukturbaum der Windenergieanlage, welcher bezüglich Funktionsabhängigkeiten erweitert wird, kann anschließend eine Verknüpfung zwischen Fehlern und Inhalten der Serviceberichte erfolgen. Dadurch kön-

nen die entsprechenden Serviceberichte zu Hinweisen auf zukünftige Fehler untersucht werden. Die Auswertung soll automatisiert erfolgen und für zukünftige Anwendungen verwendbar sein. Auf diese Weise können verborgene Systematiken in der Fehlerentstehung erkannt, vorbeugende Maßnahmen für spezifische Fehlerfälle entwickelt und im Wartungsprotokoll verankert werden. Durch die Nutzung von bislang noch unzureichend eingesetzten Informationen aus dem Serviceprozess kann somit die Instandhaltung von Windenergieanlagen nachhaltig verbessert und die Wettbewerbsfähigkeit von Windenergie im Vergleich zu anderen Energieträgern dadurch gesteigert werden.

Literatur

CZECHANOWSKY, T.: 14.000 MW Windkraft fallen aus der EEG-Förderung. *Energate messenger online*, 19.09.2018. <https://www.energate-messenger.de/news/186187/14-000-mw-windkraft-fallen-aus-der-eeg-foerderung> (Link zuletzt geprüft: 16.06.2020)

BUNDESVERBAND WINDENERGIE (HRSG.): WARTUNG UND INSTANDHALTUNG. SICHERER BETRIEB DURCH WARTUNG UND INSTANDHALTUNG. BERLIN, 2018. [HTTPS://WWW.BVW.DE/](https://www.bvew.de/)

WIND-ENERGIE.DE/THEMEN/ANLAGENTECHNIK/BETRIEB/WARTUNG-UND-INSTANDHALTUNG/ (LINK ZULETZT GEPRÜFT: 16.06.2020)

GROTHER, S.: [Pressemitteilung] BWE-Hintergrundpapier Sicherheit von Windenergieanlagen. Hrsg.: Bundesverband WindEnergie e. V. Berlin, Oktober 2018. https://www.wind-energie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/pressemitteilungen/2018/20181009_BWE_Hintergrundpapier_Sicherheit_von_Windenergieanlagen_01.pdf (Link zuletzt geprüft: 16.06.2020)

MORTHORST, P.E.; AUER, H.; GARRAD, A.; BLANCO, I.: The economics of wind power: Wind Energy, the facts. Hrsg.: The European wind energy association. 2009. <https://www.wind-energy-the-facts.org/images/chapter3.pdf> (Link zuletzt geprüft: 16.06.2020)

WETZEL, D.: Der letzte Schrei in der Öko-stromszene. Welt online, 13.09.2018. <https://www.welt.de/wirtschaft/article181515450/Erneuerbare-Energien-WPD-kauf-Windparks-nach-Ende-der-EEG-Foerderung.html> (Link zuletzt geprüft: 16.06.2020)

Ansprechpartner:



Martin Lenart, M.Sc.
FIR e. V. an der RWTH Aachen
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Bereich Dienstleistungsmanagement
Tel.: +49 241 47705-231
E-Mail: Martin.Lenart@fir.rwth-aachen.de



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung



EFRE.NRW
Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung

Projekttitle: ReStrok

Forschungs-/Projekträger: LeitmarktAgentur.NRW – Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH

Förderkennzeichen: EU-2-2-029

Projektpartner: Bürgerwindräder Rheinberg GmbH & Co KG; CWD – Center for Wind Power Drives der RWTH Aachen; Institute for Power Generation and Storage Systems (PGS); psm Nature Power Service & Management GmbH & Co. KG

Internet: restrok.fir.de & projekt-restrok.de