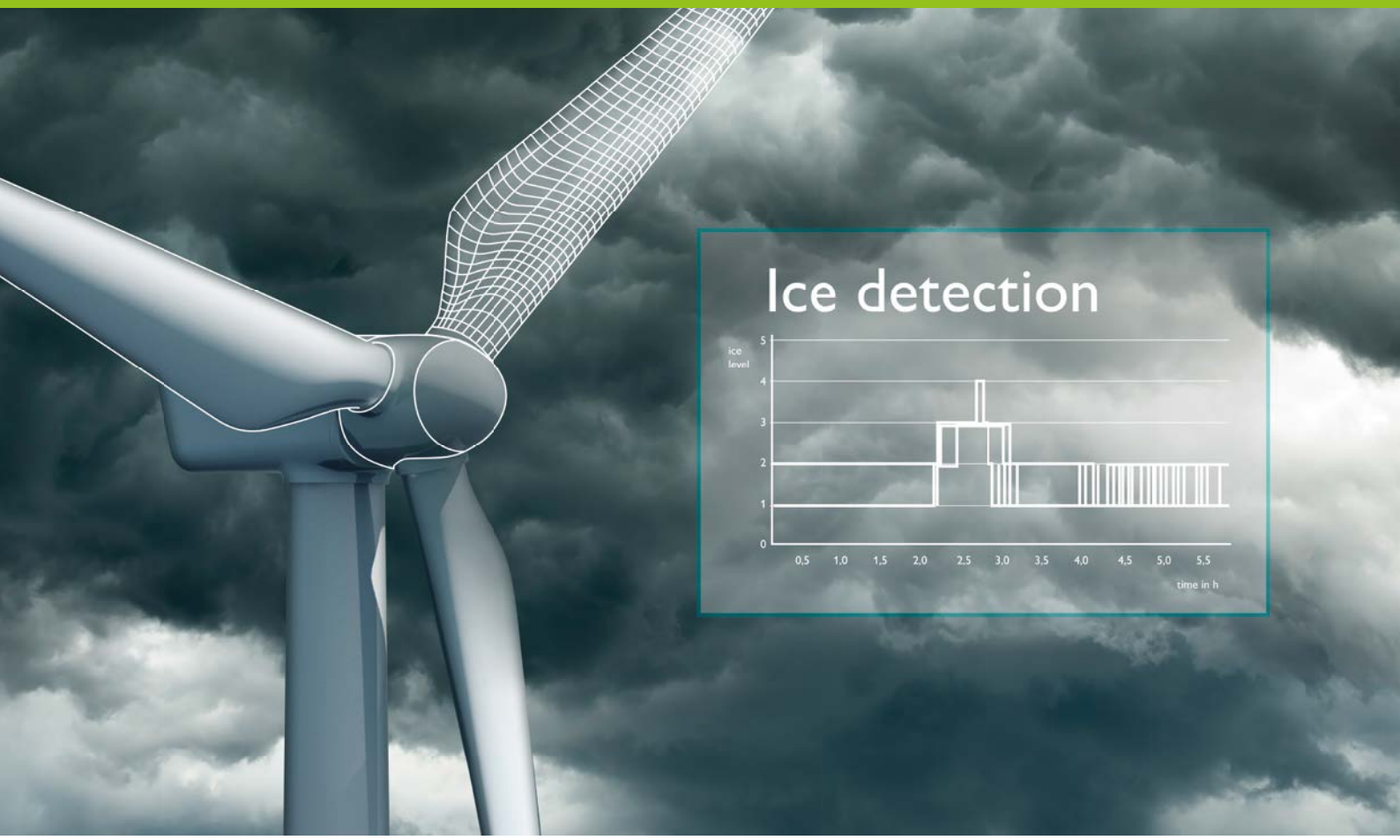
Whitepaper



Eiserkennung

Mehr Effizienz für Ihre Windenergieanlagen

Erfahren Sie mehr darüber, wie Sie

- mit exakter Eisdetektion die Stillstandszeiten Ihrer Windenergieanlage um bis zu 80 % pro Jahr reduzieren
- die Effizienz und die Lebensdauer der Windenergieanlage erhöhen können
- dank der Reduktion von Stillstandszeiten eine Einsparung von ca. 48.000 € pro Jahr haben

PHOENIX CONTACT

Einleitung

Die Energie des Winds macht sich der Mensch seit Jahrhunderten zunutze. Heute sind die großen Windenergieanlagen, die weltweit zum Einsatz kommen, ein wichtiger Bestandteil im Energiemix, wobei der Anteil der erneuerbaren Energien kontinuierlich zunimmt. Damit eine sichere Energieversorgung geleistet werden kann, ist es wichtig, dass die Anlagen zu jeder Zeit sicher betrieben werden.

Dafür muss die Windenergieanlage (WEA) vor Ausfällen durch Eis geschützt werden. Windenergieanlagen werden deshalb bereits seit vielen Jahren mit Eiserkennungssystemen ausgestattet. Somit werden Stillstandszeiten der Windenergieanlage minimiert und die Lebensdauer der Anlage verlängert.

Erfahren Sie auf den folgenden Seiten, welche verschiedenen Technologien zur Eiserkennung an Rotorblättern genutzt werden und welche Vorteile Ihnen ein blattbasiertes System bietet. Darüber hinaus möchten wir Ihnen zeigen, wie die Daten eines solchen Systems optimal ausgewertet und genutzt werden können.

Inhalt

Einsatz von Eiserkennungssystemen	3
Vorstellung der Systeme	6
Gondelbasierte Systeme	8
Blattbasierte Systeme	8
Die Systeme im Vergleich	8
Ganzheitliche Lösung zur Überwachung des Rotorblattes	10
Fazit	12
Literaturverzeichnis	14
Kontakt	15

1 Einsatz von Eiserkennungssystemen

Wann ist der Einsatz eines Eiserkennungssystems sinnvoll?

Damit Windenergieanlagen den optimalen Ertrag liefern können müssen Stillstandszeiten minimiert werden. Der Stillstand durch Eisansatz auf den Rotorblättern kann dabei bis zu 10 % des Jahresertrags[1] ausmachen. Für diesen Ertragsverlust gibt es mehrere Ursachen. Der wahrscheinlich größte Faktor ist die Abschaltung aufgrund behördlicher Auflagen. In vielen Gebieten der Welt muss eine WEA zwingend gestoppt werden, wenn die Gefahr besteht, dass sich an der Oberfläche der Rotorblätter Eis gebildet hat. Hierbei steht vor allem die Sicherheit im Vordergrund.

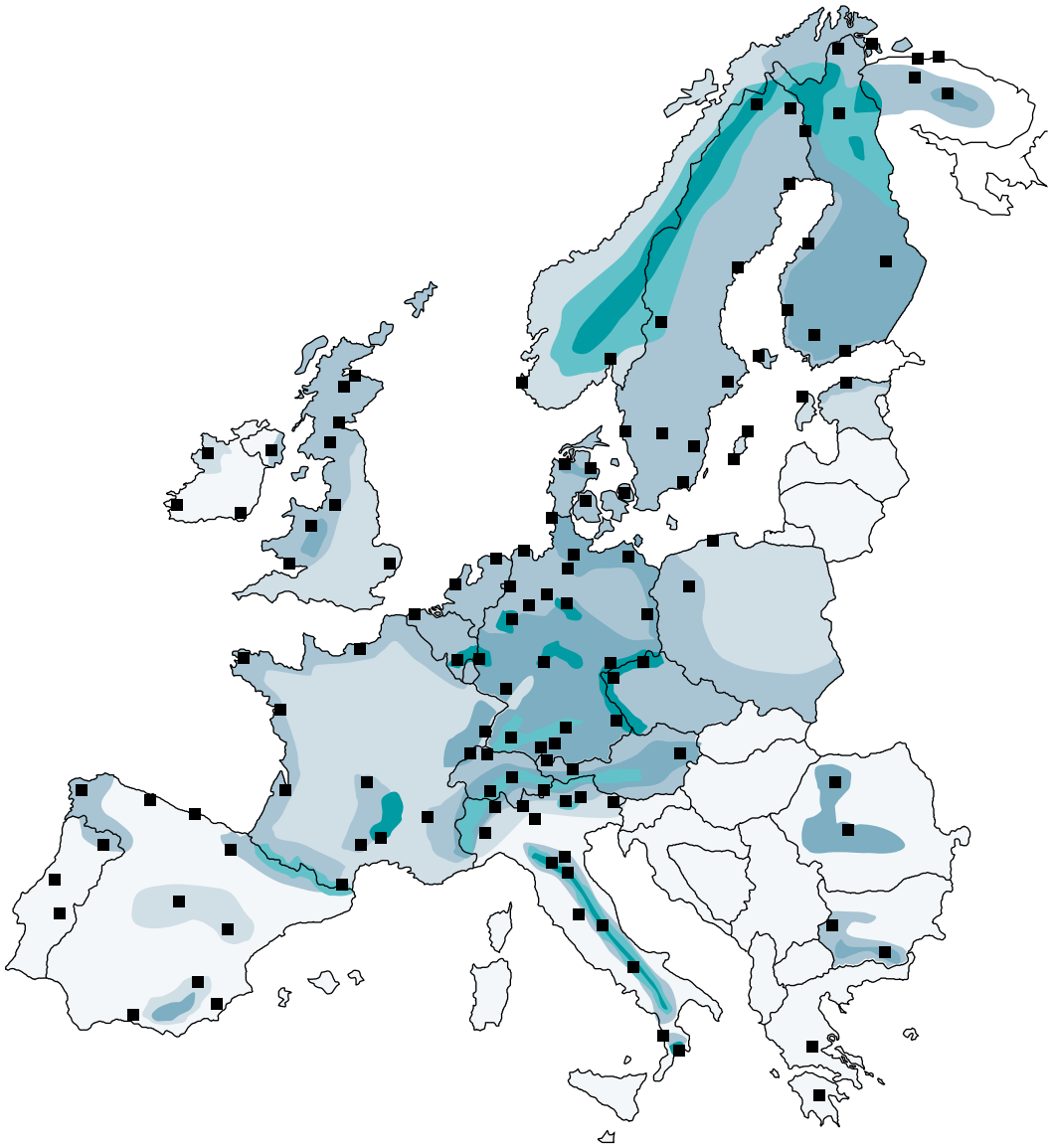
Ein weiterer nicht zu vernachlässigender Grund für die Stillsetzung von vereisten Anlagen ist die Auswirkung des Eises auf die Aerodynamik des Rotorblattes. Durch das Eis kommt es zu Unwuchten und Schwingungen. Die Anlage liefert nicht mehr den optimalen Ertrag und hat durch die erhöhte Belastung gleichzeitig einen deutlich höheren Verschleiß.

Regionen

Bei der Vereisung von Windenergieanlagen gibt es regional große Unterschiede. Insbesondere in sogenannten Cold-Climate-Gebieten muss eine WEA optimal auf die Vereisung der Rotorblätter vorbereitet sein. Viele Hersteller bieten für diese Gebiete eine spezielle Cold-Climate-Variante ihrer Anlage an. Diese ist dann für den Einsatz bei niedrigen Temperaturen optimal ausgestattet, auch unter -10 °C. Mit einer Rotorblattheizung z. B. wird auch bei extremen Bedingungen ein sicherer Betrieb der Anlage gewährleistet.

Wind- und Solarenergie nehmen im Energiemix der Zukunft eine zunehmend wichtigere Rolle ein.

Bei Cold-Climate-Gebieten wird nach zwei verschiedenen Varianten unterschieden. In einigen Gebieten treten besonders tiefe Temperaturen auf. In anderen Gebieten kommen verstärkt atmosphärische Vereisungen vor. Um einordnen zu können mit welcher Vereisung zu rechnen ist, werden die Vereisungsklassen der IEC herangezogen[2].



2 Vorstellung der Systeme

Anwendung und Varianten von Eiserkennungssystemen

Die Vereisung der Rotorblätter einer Windenergieanlage ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Neben dem Standort ist die Vereisung der Anlage auch von vielen Faktoren der WEA selbst abhängig. Der Unterschied zwischen der Vereisung am Rotorblatt und der Vereisung auf der Gondel ist häufig größer als man gemein hin erwartet. Durch Faktoren wie Geometrie, Abmessung, Bewegung und Strömungsgeschwindigkeit herrschen am Blatt klimatische Einflüsse, die in der Form am Wettermast der Gondel fehlen. Um sicherzustellen, dass ein Messverfahren wirklich sicher den Vereisungszustand angibt, muss auch immer beachtet werden an welcher Stelle das System angebracht ist. Neben dem Betreiberinteresse zu einem sicheren Betrieb der Anlage muss auch berücksichtigt werden, dass es viele Gebiete bzw. Länder gibt, in denen ein Eiserkennungssystem gesetzlich vorgeschrieben ist. Insbesondere in diesen Regionen empfiehlt sich der Einsatz eines zertifizierten Systems (z. B. nach DNV-GL), damit das Genehmigungsverfahren reibungslos ablaufen kann.

Eine Besonderheit bieten Eiserkennungssysteme, die für den automatischen Wiederanlauf zertifiziert sind. Bei diesen Systemen kann eine zusätzliche Prüfung der Eisfreiheit vor Ort entfallen. Auf diese Weise werden die Ausfallzeiten minimiert und der Ertrag der Anlage optimiert. Diese Systeme bieten sich insbesondere in Regionen mit häufigen Vereisungsvorkommen an, da dort der Kontrollaufwand und die damit verbundenen Verzögerungen beim Wiederanlauf relativ hoch sind.

Dank moderner Eiserkennungssysteme können Stillstandszeiten der Windenergieanlage im direkten Vergleich zu älteren Windenergieanlagen deutlich verkürzt werden. In vielen Fällen kann es daher Sinn machen, ein entsprechendes System nachzurüsten, da es sich je nach Standort in relativ kurzer Zeit amortisiert. Hierbei muss beachtet werden, dass nicht jedes System für die Nachrüstung geeignet ist bzw. nicht jedes System mit jedem Anlagentyp kompatibel ist. Im Idealfall nutzt als Retrofit ein System, das komplett autark arbeiten kann und nicht auf Daten aus der Anlagensteuerung angewiesen ist.

Die einzelnen Systeme zur Eiserkennung basieren dabei auf unterschiedlichen Technologien:

- Umgebungstemperatur
- Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit
- Anemometer-Vergleich
- Kamerasysteme
- Veränderung der Leistungskennlinie
- Messung auf dem Rotorblatt

Techniker bei der nachträglichen Installation von Sensoren zur Eiserkennung außen am Rotorblatt

Aufgrund der Tatsache, dass die genannten Systeme sich stark in ihrer Genauigkeit unterscheiden, haben sie zum einen Einfluss auf den Ertrag, spielen aber auch in der Betrachtung der Sicherheit der Anlage eine wichtige Rolle. Aus diesem Grund haben sich am Markt insbesondere zwei technische Lösungen etabliert: die gondelbasierte Eiserkennung und die blattbasierte Eiserkennung.

Gondelbasierte Eiserkennung

Gondelbasierte Systeme sind klassischerweise am Wettermast der WEA montiert und messen bestimmte meteorologische Parameter, um die Möglichkeit von Eisansatz zu ermitteln. Dabei kommen unterschiedliche Technologien zum Einsatz, wie z. B. der Vergleich zweier Anemometer oder die ultraschallbasierte Eisdetektion. Egal, welche Variante zum Einsatz kommt, allen ist gemein, dass sie den Eisansatz nicht am Rotorblatt messen, sondern an einer Stelle, an der völlig andere Bedingungen herrschen. Trotz der hohen Ungenauigkeiten kommen auch heute noch gondelbasierte Systeme zum Einsatz. Der niedrige Preis und die geringen Installationskosten wirken sich positiv auf die Initialkosten der WEA aus, so dass die Anfangsinvestition attraktiver wird. In Gebieten mit seltenen Vereisungen an Windenergieanlagen kann ein gondelbasiertes System durchaus sinnvoll sein. Allerdings werden durch immer leistungsstärkere Anlagen auch kurze Ausfälle teurer.

Blattbasierte Eiserkennung

Im Unterschied zur gondelbasierten Messung wird bei der blattbasierten Messung die Vereisung direkt an den Rotorblättern gemessen. Dabei werden zwei Messvarianten unterschieden. Zum einen die Messung außen am Rotorblatt zum anderen die Messung innen am Blatt, wobei der Eisansatz über die Änderungen des Schwingungsverhaltens berechnet wird.

Bei der Nutzung eines Eiserkennungssystems direkt auf der Blattoberfläche können **Stillstandszeiten um bis zu 80 % jährlich reduziert** werden. Bei einer Reduktion der Stillstandszeiten um 200 Stunden pro Jahr führt dies z. B. zu einer **Einsparung von 48.000 Euro pro Jahr**, wenn man von einer Windenergieanlage mit 3 MW Nennleistung, 4.000 Volllaststunden pro Jahr und 8 Cent Vergütung pro kWh ausgeht.[3]

Vergleich der Systeme

Wie bereits beschrieben herrschen am Rotorblatt andere Bedingungen als am Wettermast der Gondel. Für die Auslegung des Systems bedeutet das, dass die Messung auf der Gondel deutlich konservativer ausgerichtet sein muss als am Rotorblatt. Dieses kann dazu führen, dass die Anlage deutlich früher abgeschaltet werden muss und entsprechend höhere Ertragsverluste entstehen. Insbesondere im Zug der immer länger werdenden Rotorblätter ist der zu beobachtende Unterschied zwischen gondelbasierter und blattbasierter Messung ein nicht zu vernachlässigender Faktor.

Aufgrund der unterschiedlichen Bedingungen ist mit gondelbasierten Systemen auch nicht möglich, sicher die Eisfreiheit der Rotorblätter nachzuweisen. Daher kommen für den automatischen Wiederanlauf auch nur am Blatt installierte Systeme zum Einsatz. Bei der Planung, welches Eiserkennungssystem man verwenden möchte, sollte man deshalb auch immer im Blick behalten, wie man einen schnellen Wiederanlauf der Anlage gewährleisten kann.

Tabelle 1 zeigt einen Überblick über die geläufigsten Systeme am Markt

Eiserkennungssystem	PxC BI	LID-3300IP	fos4ice	IDD Blade	Blade Control
Eigenschaften					
Technische Lösung	Kapazitive Sensorik	gondelbasiert	Faseroptische Vibrations-sensorik	Beschleunigungs-sensoren	Beschleunigungs-sensoren
Funktion					
Stopp bei Eis	ja	ja	ja	ja	ja
Automatischer Wiederanlauf	ja ab 0 m/s	Nein	ja ab 3 m/s	ja ab 2-3 m/s	ja ab 2 m/s
Technik					
Sensorinstallation	außen getaped	Gondel verschraubt	innen geklebt	innen geklebt	innen geklebt
Elektrische Verkabelung im Blatt	Nein	Gondel	ja	ja	ja
Position der Sensoren	Vorderkante	Gondel	1/3 des Blattradius	12-18 m von der Wurzel entfernt	1/3 des Blattradius
Anzahl der Sensoren	min. 2 pro Blatt	n. a.	min. 1 pro Blatt	min. 1 pro Blatt	min. 1 pro Blatt
Min. benötigte Windgeschwindigkeit	0 m/s	0 m/s	3 m/s	2-3 m/s	2 m/s
SCADA-Daten notwendig	nein	nein	ja	ja	ja
Was wird gemessen?					
Rotor Icing	ja	nein	ja	ja	ja
Instrumental Icing	nein	ja	nein	nein	nein
Temperaturmessung der Blattoberfläche	ja	nein	nein	nein	nein
Installation und Sonstiges					
Installationsaufwand	gering	mittel	mittel	mittel	mittel
Wartungsaufwand	keiner	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Retrofit möglich	ja	ja	ja	ja	ja
App-Unterstützung	ja	nein	nein	nein	nein
Kalibrierungsaufwand	keiner	keiner	n. a.	n. a.	n. a.

Blade Intelligence zur ganzheitlichen Überwachung des Rotorblattes

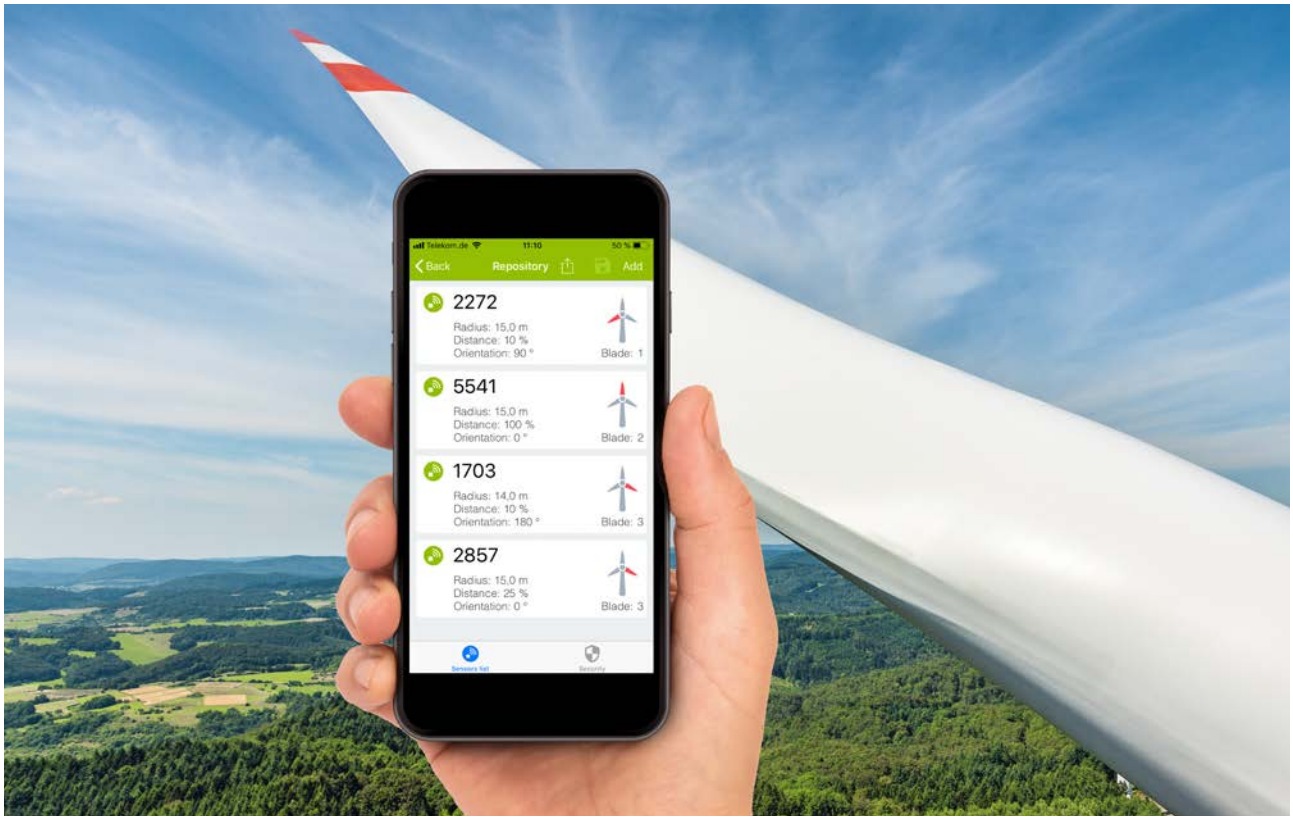
Moderne Blatt-Monitoring-Systeme können deutlich mehr, als nur Eis zu erkennen. Sie haben das Ziel, das Rotorblatt vollumfänglich zu überwachen. Phoenix Contact bietet mit dem Blade Intelligence eine solche Rundumlösung an, die auch ein leistungsstarkes Eiserkennungssystem beinhaltet. Bei dem blattbasierten System werden die Sensoren zur Eiserkennung außen auf das Rotorblatt geklebt.

Ein Sensor außen auf dem Rotorblatt bietet folgende Vorteile:

- Keine Verkabelung für die Installation
- Minimaler Wartungsaufwand
- Autarke Energieversorgung

Diese Aufgabe kann ein Kletterteam in wenigen Tagen erledigen. Durch die Messung des Eises außen am Rotor hat man ein besonders zuverlässiges System zur Erkennung von Vereisungen. Da das System auch für den automatischen Wiederanlauf zertifiziert ist, kann der Stillstand der Anlage durch Eisansatz auf ein absolutes Minimum reduziert werden.

Ein weiterer Vorteil ist die einfache Einrichtung der Sensoren per App. Sie führt die Monteure vor Ort durch die Installation. Die Mitarbeiter können den korrekten Einbau der Sensoren per Foto dokumentieren. Aus den Bildern extrahiert die App zudem die wichtigsten Sensordaten und überträgt sie dann an die Auswerteeinheit der WEA. Auf diese Weise wird die Einrichtung stark vereinfacht und dem Techniker wird zeitraubende Arbeit abgenommen.



Um den immer höheren Ansprüchen an das Monitoring der Windenergieanlagen gerecht zu werden, nutzt das Blade-Intelligence-System von Phoenix Contact einen leistungsfähigen PLCnext Controller. Seine offene Struktur erlaubt eine flexible Gestaltung der jeweiligen Lösung. So kann diese Lösung nicht nur für die Eiserkennung genutzt werden, sondern bietet auch die Möglichkeit der Lastüberwachung und der Blitzüberwachung.

Wenn alle drei Lösungen zum Einsatz kommen, hat der Betreiber einen optimalen Überblick über den Zustand der Rotorblätter seiner WEA. Neben der leistungsstarken und hochflexiblen Steuerung ist ein weiterer Vorteil, dass das System auf nahezu jeder Anlage nachgerüstet werden kann.

3 Fazit

Fazit

Je genauer eine Eiserkennung arbeitet, desto exakter kann die WEA gesteuert werden. Die Stillstandszeiten können auf ein Minimum reduziert werden, wenn das Eis konkret erkannt wird. Optimalerweise wird die konkrete Schichtdicke des Eises gemessen, um die Stillstände so exakt wie möglich zu steuern. Im Idealfall ist das System für den automatischen Wiederanlauf zertifiziert, damit die WEA nach einem Stillstand durch Eisansatz so schnell wie möglich wieder angefahren werden kann.

Durch die Möglichkeiten von ganzheitlichen Überwachungssystemen am Rotorblatt entstehen dabei Synergieeffekte, die zur optimierten Regelung genutzt werden können. Dabei ergibt sich aus der Kombination von verschiedenen Überwachungssystemen (z. B. zusätzliche Lastüberwachung) ein deutlich genaueres Bild über den Zustand der Flügel.

Bei der Auswahl eines Eiserkennungssystems sollte man sich immer darüber im Klaren sein, was das System leisten muss und welchen Nutzen man daraus ziehen kann. Auf die folgenden Punkte sollten Sie dabei ein besonderes Augenmerk richten:

Wartungsfrei:
die laufenden Kosten werden niedrig gehalten

Zertifiziertes System:
Sicherheit, Arbeitserleichterung, weniger Aufwand mit Umsetzung

Zuverlässigkeit und Qualität der technischen Lösung:
Mehr Ertrag und geringere operative Kosten, Steigerung der Effizienz der Anlage, Wiederanlaufen der Anlage, erhöht Lebensdauer der WEA

Keine Kalibrierung und Verkabelung notwendig:
System ist schnell im Einsatz

Exakte Eisdetektion:
Reduziert Ihre Stillstandszeiten um bis zu 80 % pro Jahr

Flexible und modulare Lösung:
Sie kaufen was Sie brauchen und erweitern nach Bedarf
(z. B. weitere Module zur Überwachung)

Literaturverzeichnis

[1] Vgl. Deutschlandfunk (2014): Mit Hubschraubern gegen die Vereisung, bezogen unter: https://www.deutschlandfunk.de/windenergieanlagen-mit-hubschraubern-gegen-dievereisung.676.de.html?dram:article_id=281006 (Zugriff 02.02.2020)

[2] Vgl. IEC (2019): Wind energy generation systems – Part 1: Design requirements, bezogen unter: https://webstore.iec.ch/publication/26423 (Zugriff 14.04.2020)

[3] Vgl. eologix Whitepaper Eisdetektion

Kontakt

Sichern Sie sich jetzt einen Beratungstermin.

Sie wünschen Informationen zum Einsatz unserer Eiserkennung an Ihrer Windenergieanlage? Schreiben Sie uns. Wir setzen uns schnellstmöglich mit Ihnen in Verbindung.

windenergy@phoenixcontact.com

VMM03-21.000.L3