

Abs	Neue Energie (1 / 2016)	ee-news (12.1.2016)	Abs
	<p style="text-align: center;">Ansätze gegen Eis (Sascha Rentzing)</p>	<p style="text-align: center;">Windkraft: <u>Eisbedingten Stillstand verkürzen</u> (Sascha Rentzing)</p>	
0	<p>Legen vereiste Rotorblätter eine Windturbine lahm, drohen Betreibern hohe Kosten.</p>	<p>(©SR) Im Winter drohen vielen Windbetreibern Schwierigkeiten. Turbinen mit vereisten Rotorblättern müssen abgeschaltet werden, da das zusätzliche Gewicht schädliche Vibrationen verursacht und herabfallende Eisbrocken Mensch und Umwelt gefährden können. Vereiste Rotorblätter können eine Windturbine tagelang lahmlegen.</p>	0
	<p>Neue Sensortechnik kann Eis zuverlässiger detektieren und Stillstandzeiten verkürzen.</p>	<p>Mit neuester Sensortechnik lassen sich Ausfälle verkürzen.</p>	
1	<p>Wenn in Schweden der Winter einkehrt, stehen viele Windturbinen-Betreiber vor einem Problem: Hunderte Anlagen im Norden des Landes müssen abgeschaltet werden, weil vereiste Rotorblätter einen sicheren Betrieb unmöglich machen. Die Firma H Gedda Consulting aus dem schwedischen Boden will nun Abhilfe schaffen. Sie bietet Betreibern an, ihre Anlagen von einem Hubschrauber aus zu enteisen. Dafür werden die Flügel der Reihe nach mit der Spitze zum Boden mit heißem Wasser abgespritzt. „Das dauert anderthalb Stunden. Wenn die Maschinen danach mindestens drei Tage lang laufen, lohnt sich die Maßnahme“, erklärt Firmenchef Hans Georg Gedda.</p>		
2	<p>Ob sich der Ansatz durchsetzt, ist fraglich, doch er verdeutlicht die Herausforderung. Windturbinen mit vereisten Rotorblättern müssen abgeschaltet werden, da das zusätzliche Gewicht schädliche Vibrationen verursacht und herabfallende Eisbrocken Mensch und Umwelt gefährden können.</p>		
	<p>Produziert ein Windpark über Tage oder sogar Wochen keinen Strom, kann der Ertragsausfall in die Tausende Euro gehen.</p>	<p>Produziert ein Windpark über Tage oder sogar Wochen keinen Strom, kann der Ertragsausfall in die Tausende Euro oder Franken gehen.</p>	1
	<p>Und das Problem könnte noch wachsen. In Deutschland werden zunehmend Projekte im Binnenland und damit in kälteren Höhenlagen und Mittelgebirgen realisiert. Außerdem verlagert sich die expandierende Windbranche immer mehr auch in die kälteren Regionen Nordamerikas sowie Nord- und Osteuropas. Gleichzeitig steigt in Märkten wie Deutschland durch Umstellung des Vergütungssystems auf Ausschreibungen der Kostendruck.</p>	<p>Und das Problem könnte noch zunehmen. In Deutschland werden zunehmend Projekte im Binnenland und damit in kälteren Höhenlagen und Mittelgebirgen realisiert. Ausserdem verlagert sich die expandierende Windbranche immer mehr auch in die kälteren Regionen Nordamerikas sowie Nord- und Osteuropas.</p>	
	<p>Der Bedarf an Detektoren, die teure Eispausen verkürzen, sowie an effizienten Blattheizungen dürfte demnach deutlich steigen.</p>	<p>Der Bedarf an Detektoren, die teure Eispausen verkürzen, sowie an effizienten Blattheizungen dürfte demnach deutlich steigen.</p>	
		<p>Sensortechnik noch nicht zufriedenstellend</p>	
3	<p>Die verfügbare Sensortechnik stellt die Branche aber noch nicht zufrieden. „Es lässt sich keine</p>	<p>Die verfügbare Sensortechnik stellt die Branche aber noch nicht zufrieden. „Es lässt sich keine</p>	2

Abs	Neue Energie (1 / 2016)	ee-news (12.1.2016)	Abs
	<p>uneingeschränkte Empfehlung aussprechen. Selbst ein Basic wie die sichere Erkennung von Eisansatz ist nicht wirklich zufriedenstellend gelöst", sagt Gerald Riedel, Gesellschafter des Kieler Windprojektierers Getproject und Vorsitzender des Betriebsführerbeirats im Bundesverband WindEnergie. So werden heute meistens Ultraschall-Sensoren auf dem Maschinenhaus der Turbinen platziert, um Vereisung zu erkennen. Das Prinzip: Ist der Sensor mit Eis bedeckt, ändert sich die Frequenz. Das Gerät wird dann kurz erhitzt, sodass das Eis schmilzt. Gefriert seine Oberfläche erneut, besteht Vereisungsgefahr und die Turbine muss vorübergehend abgeschaltet werden. Der Nachteil ist jedoch, dass die Rotorblätter in höhere und kältere Bereiche ragen und das Maschinenhaus zudem Wärme abgibt — genaue Messungen sind nach der gängigen Methode also kaum möglich. „Da sichere Informationen fehlen, können wir Anlagen nicht von der Leitwarte aus, sondern erst nach einer Begutachtung vor Ort wieder in Betrieb nehmen", erklärt Konrad Iffarth, Geschäftsführer der Sparte Energiedienst des Energieunternehmens Enertrag. Dadurch gehe wertvolle Zeit verloren.</p>	<p>uneingeschränkte Empfehlung aussprechen. Selbst ein Basic wie die sichere Erkennung von Eisansatz ist nicht wirklich zufriedenstellend gelöst“, sagt Gerald Riedel, Gesellschafter des Kieler Windprojektierers Getproject und Vorsitzender des Betriebsführerbeirats im Bundesverband WindEnergie. So werden heute meistens Ultraschall-Sensoren auf dem Maschinenhaus der Turbinen platziert, um Vereisung zu erkennen. Das Prinzip: Ist der Sensor mit Eis bedeckt, ändert sich die Frequenz. Das Gerät wird dann kurz erhitzt, so dass das Eis schmilzt. Gefriert seine Oberfläche erneut, besteht Vereisungsgefahr und die Turbine muss vorübergehend abgeschaltet werden. Der Nachteil ist jedoch, dass die Rotorblätter in höhere und kältere Bereiche ragen und das Maschinenhaus zudem Wärme abgibt – genaue Messungen sind nach der gängigen Methode also kaum möglich. „Da sichere Informationen fehlen, können wir Anlagen nicht von der Leitwarte aus, sondern erst nach einer Begutachtung vor Ort wieder in Betrieb nehmen“, erklärt Konrad Iffarth, Geschäftsführer der Sparte Energiedienst des Energieunternehmens Enertrag. Dadurch gehe wertvolle Zeit verloren.</p>	
		Runterregeln vor Eisbildung	
4	<p>Technische Neuentwicklungen, die derzeit auf den Markt kommen, könnten die Ausfallzeiten verkürzen — denn sie versprechen eine zuverlässigere Eisdetektion. Die Firma Leine & Linde aus Hamburg etwa hat einen meteorologischen Sensor entwickelt, der nach eigenen Angaben schon vor Eis warnt, bevor es sich bildet. So könnten Turbinen heruntergeregelt werden, ehe Eiswurf und Unwuchten drohten.</p>	<p>Technische Neuentwicklung, die derzeit auf den Markt kommen, könnten die Ausfallzeiten verkürzen – denn sie versprechen eine zuverlässigere Eisdetektion. Die Firma Leine Linde Systems aus Hamburg etwa hat einen meteorologischen Sensor entwickelt, der nach eigenen Angaben schon vor Eis warnt, bevor es sich bildet. So könnten Turbinen herunter geregelt werden, ehe Eiswurf und Unwuchten drohten.</p>	3
	<p>„Unser System erfasst die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit und ermittelt aus den Umgebungsbedingungen die Wahrscheinlichkeit für Vereisung“, erklärt Verkaufs- und Marketing-Manager Jürgen Millhoff. Bei Gefahr erhalte der Betreiber automatisch eine Warnung. Mithilfe einer zusätzlichen Kamera auf dem Maschinenhaus könnten die Informationen aus der Ferne überprüft werden. „Das erhöht die Sicherheit“, sagt Millhoff.</p>	<p>„Unser System erfasst die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit und ermittelt aus den Umgebungsbedingungen die Wahrscheinlichkeit für Vereisung“, erklärt Verkaufs- und Marketing-Manager Jürgen Millhoff. Bei Gefahr erhalte der Betreiber automatisch eine Warnung. Mithilfe einer zusätzlichen Kamera auf dem Maschinenhaus könnten die Informationen aus der Ferne überprüft werden. „Das erhöht die Sicherheit“, sagt Millhoff.</p>	
	Wie schwingt das Blatt?	Erfassung direkt am Rotorblatt	
5	<p>Andere Anbieter wie Bosch Rexroth, Wölfel aus Würzburg oder Fos4X aus München gehen noch einen Schritt weiter und erfassen die Eisbildung direkt an den Rotorblättern, also unmittelbar am Ort des Geschehens. Bei der Messung tief im Inneren der Flügel nutzen die Firmen ein</p>	<p>Andere Anbieter wie Bosch Rexroth, Wölfel aus Würzburg oder Fos4X aus München gehen noch einen Schritt weiter und erfassen die Eisbildung direkt an den Rotorblättern, also unmittelbar am Ort des Geschehens. Bei der Messung tief im Inneren der Flügel nutzen die Firmen ein</p>	4

Abs	Neue Energie (1 / 2016)	ee-news (12.1.2016)	Abs
	<p>einfaches physikalisches Grundprinzip: Ein durch Eisansatz schwerer gewordenes Blatt schwingt langsamer. Die Sensoren erfassen diese Veränderungen. Die Systeme „Bladecontrol“ von Bosch Rexroth und „IDD.Blade“ etwa detektierten durch Messung der Eigenfrequenz bereits Eis mit einer Stärke von wenigen Millimetern, heißt es bei den Unternehmen. Damit arbeiteten die Sensoren genauer als auf der Gondel angebrachte Detektoren. Die Daten aus den Rotorblättern werden über spezielle Schnittstellen an die Anlagensteuerung übertragen. Beide Systeme seien auch für den automatischen Neustart der Turbine zugelassen, da die Sensoren präzise auch bei ruhenden Flügeln messen können. Teure Kontrollfahrten werden somit überflüssig.</p>	<p>einfaches physikalisches Grundprinzip: Ein durch Eisansatz schwerer gewordenes Blatt schwingt langsamer. Die Sensoren erfassen diese Veränderungen. Die Systeme „Bladecontrol“ von Bosch Rexroth und „IDD.Blade“ etwa detektierten durch Messung der Eigenfrequenz bereits Eis mit einer Stärke von wenigen Millimetern, heißt es bei den Unternehmen. Damit arbeiteten die Sensoren genauer als auf der Gondel angebrachte Detektoren. Die Daten aus den Rotorblättern werden über spezielle Schnittstellen an die Anlagensteuerung übertragen. Beide Systeme seien auch für den automatischen Neustart der Turbine zugelassen, da die Sensoren präzise auch bei ruhenden Flügeln messen können. Teure Kontrollfahrten werden somit überflüssig.</p>	
6	<p>„Fos4IceDetection“ von Fos4X funktioniert nach einem ähnlichen Prinzip: Zunächst wird das System über einige Wochen auf der eisfreien Anlage kalibriert, anschließend könnten die Sensoren bereits zusätzliche Massen von zehn Kilogramm erkennen, erklärt Vertriebs- und Marketingchef Stefan Eichhorn. Allerdings kommen bei Fos4X faseroptische statt elektronischer Sensoren zum Einsatz, die Signale mit Glasfasern übertragen.</p>	<p>„Fos4IceDetection“ von Fos4X funktioniert nach einem ähnlichen Prinzip: Zunächst wird das System über einige Wochen auf der eisfreien Anlage kalibriert, anschliessend könnten die Sensoren bereits zusätzliche Massen von zehn Kilogramm erkennen, erklärt Vertriebs- und Marketingchef Stefan Eichhorn. Allerdings kommen bei Fos4X faseroptische statt elektronischer Sensoren zum Einsatz, die Signale mit Glasfasern übertragen.</p>	5
		Zwei Sensoren pro Rotorblatt	
7	<p>Pro Rotorblatt werden zwei Sensoren benötigt. Der Signalgeber sendet Lichtwellen an ein sogenanntes Faser-Bragg-Gitter in der Flügelspitze, eine Art Spiegel, der das Licht reflektiert. Bei einer Dehnung der Glasfaser am Gitter, die bei Eisbildung auftritt, verschiebt sich die reflektierte Wellenlänge. Aus den Daten errechnet ein Algorithmus die Veränderungen, über festgelegte Parameter in der Anlagensteuerung wird die Turbine automatisch aus- und wieder angeschaltet. Der Vorteil des Fos4X-Systems: Die optische Messtechnik benötigt keine elektrische Energie, sodass keine zusätzlichen Stromleitungen in den Flügeln verlegt werden müssen. Außerdem ist Licht unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Feldern, und Glasfasern leiten keinen Strom. „Damit ist Blitzschlag kein Thema“, sagt Eichhorn.</p>	<p>Pro Rotorblatt werden zwei Sensoren benötigt. Der Signalgeber sendet Lichtwellen an ein sogenanntes Faser-Bragg-Gitter in der Flügelspitze, eine Art Spiegel, der das Licht reflektiert. Bei einer Dehnung der Glasfaser am Gitter, die bei Eisbildung auftritt, verschiebt sich die reflektierte Wellenlänge. Aus den Daten errechnet ein Algorithmus die Veränderungen, über festgelegte Parameter in der Anlagensteuerung wird die Turbine automatisch aus- und wieder angeschaltet. Der Vorteil des Fos4X-Systems: Die optische Messtechnik benötigt keine elektrische Energie, sodass keine zusätzlichen Stromleitungen in den Flügeln verlegt werden müssen. Ausserdem ist Licht unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Feldern, und Glasfasern leiten keinen Strom. „Damit ist Blitzschlag kein Thema“, sagt Eichhorn.</p>	6
		Auch Schäden an den Rotorblättern erkennen	
8	<p>Betreiber und Betriebsführer zeigen bereits Interesse an den neuen Sensoren für die Flügelintegration. Nicht nur, weil sie damit zuverlässiger Eis detektieren können, sondern auch aus einem weiteren wichtigen Grund: Die Systeme können neben der Eiserkennung die gesamte Strukturüberwachung der Rotorblätter</p>	<p>Betreiber und Betriebsführer zeigen bereits Interesse an den neuen Sensoren für die Flügelintegration. Nicht nur, weil sie damit zuverlässiger Eis detektieren können, sondern auch aus einem weiteren wichtigen Grund: Die Systeme können neben der Eiserkennung die gesamte Strukturüberwachung der Rotorblätter</p>	7

Abs	Neue Energie (1 / 2016)	ee-news (12.1.2016)	Abs
	übernehmen und damit Schäden schon in der Entstehung erfassen. Noch ist eine Zustandsüberwachung, ein Condition Monitoring der Flügel zwar nicht üblich und derzeit auf den Triebstrang beschränkt. Doch sie könnte sich lohnen, denn mit zunehmend größeren und schlankeren Blättern treten Effekte auf, die bisher weniger relevant waren. So steigt etwa die Flatterneigung der Blattspitzen, wodurch das Schadensrisiko zunimmt. Sensoren könnten mit ihren kontinuierlichen Daten helfen, schädliche Mechanismen frühzeitig zu erkennen. „Die neuen Systeme sind deshalb auf jeden Fall eine Option für uns“, sagt Enertrag-Experte Iffarth.	übernehmen und damit Schäden schon in der Entstehung erfassen. Noch ist eine Zustandsüberwachung, ein Condition Monitoring der Flügel zwar nicht üblich und derzeit auf den Triebstrang beschränkt. Doch sie könnte sich lohnen, denn mit zunehmend grösseren und schlankeren Blättern treten Effekte auf, die bisher weniger relevant waren. So steigt etwa die Flatterneigung der Blattspitzen, wodurch das Schadensrisiko zunimmt. Sensoren könnten mit ihren kontinuierlichen Daten helfen, schädliche Mechanismen frühzeitig zu erkennen. „Die neuen Systeme sind deshalb auf jeden Fall eine Option für uns“, sagt Enertrag-Experte Iffarth.	
9	Die Sensoranbieter sehen sich aber nicht nur im Nachrüstgeschäft. Sie wollen die Turbinen- und Rotorblatthersteller auch davon überzeugen, ihre Technik direkt ab Werk einzubauen. „Unsere Lichtsignalleiter mit einem oder mehreren Sensoren lassen sich sehr gut mit den Faserverbundstoffen in Windkraftanlagen kombinieren“, erklärt Eichhorn. Auch Wölfel strebt Kooperationen mit den Herstellern an und hatte bis Ende 2015 bereits einen exklusiven Vertrag mit Nordex. Allerdings stehe das Condition Monitoring der Rotorblätter bei den Anlagenherstellern derzeit noch weniger im Fokus, weil es als nicht so dringend angesehen werde, sagt Wölfel-Ingenieur Carsten Ebert. „Dafür nimmt die Eiserkennung einen hohen Stellenwert ein.“		
		Nordex: Heizelemente unter der Flügelkante	
10	In der Tat erproben die Hersteller schon seit einigen Jahren Techniken, die Ausfälle durch Eis reduzieren.	Auch die Turbinenhersteller haben ein Auge auf die Systeme geworfen,	8
	Dabei konzentrieren sie sich nicht nur auf die reine Eiserkennung, sondern auf komplette Enteisungssysteme, die auch eine Blattheizung integrieren.	wobei sie sich neben der reinen Eiserkennung auf komplette Enteisungssysteme konzentrieren, die auch eine Blattheizung integrieren.	
	Nordex etwa bietet ein System an, bei dem die aerodynamisch besonders wichtigen Vorderkanten der Rotorblätter mit Heizelementen erwärmt werden, die direkt unter den Flügelkanten angebracht sind. Sie werden sofort eingeschaltet, wenn die an den Flügeln angebrachten Wölfel-Sensoren Eis bemerken. Dadurch könne die Anlage gefahrlos durchlaufen und bringe einen Mehrertrag von 25 Prozent gegenüber Maschinen, die nicht mit einem Enteisungssystem ausgestattet sind, heißt es bei Nordex.	Nordex etwa bietet ein System an, bei dem die aerodynamisch besonders wichtigen Vorderkanten der Rotorblätter mit Heizelementen erwärmt werden, die direkt unter den Flügelkanten angebracht sind. Sie werden sofort eingeschaltet, wenn die an den Flügeln angebrachten Wölfel-Sensoren Eis bemerken. Dadurch könne die Anlage gefahrlos durchlaufen und bringe einen Mehrertrag von 25 Prozent gegenüber Maschinen, die nicht mit einem Enteisungssystem ausgestattet sind, heisst es bei Nordex.	
		Enercon: Heizwiderständen an der Rotorblattwurzel	
11	Enercon arbeitet wiederum mit einem System	Enercon arbeitet wiederum mit einem System	9

Abs	Neue Energie (1 / 2016)	ee-news (12.1.2016)	Abs
	<p>von Heizwiderständen an der Rotorblattwurzel, von dort wird die erwärmte Luft mit einem Ventilator durch das Rotorblatt geblasen. Dadurch steigt die Temperatur auf vier Grad Celsius, sodass die Eiskristalle zu Wasser werden. Die Eiserkennung funktioniert bei Enercon jedoch nicht mit Sensoren, sondern über den Vergleich von Leistungskurven. Bei Eisansatz an den Flügeln ändert sich das aerodynamische Profil und entspricht nicht mehr dem für einen maximalen Ertrag notwendigen Zustand — die Leistung der Turbine sinkt. Eine unter Vereisung aufgezeichnete Leistungskurve liegt demnach unterhalb der normalen Leistungskurve. Die Anlagensteuerung reagiert auf die Veränderung, indem sie die Heizung aktiviert. Experten sehen bei diesem Verfahren jedoch den Nachteil, dass bei einer abgeschalteten Anlage keine Daten generiert werden können. Wann ist die Maschine also wieder eisfrei und lässt sich in Betrieb nehmen? Um dies festzustellen, ist entweder ein Zweiterkennungssystem wie ein zusätzlicher Sensor oder eine Kontrolle vor Ort nötig. Allerdings ist Enercon offensichtlich dabei, das System zu optimieren. Sensoranbieter berichten, sie stünden mit Enercon in Kontakt.</p>	<p>von Heizwiderständen an der Rotorblattwurzel, von dort wird die erwärmte Luft mit einem Ventilator durch das Rotorblatt geblasen. Dadurch steigt die Temperatur auf vier Grad Celsius, sodass die Eiskristalle zu Wasser werden. Die Eiserkennung funktioniert bei Enercon jedoch nicht mit Sensoren, sondern über den Vergleich von Leistungskurven. Bei Eisansatz an den Flügeln ändert sich das aerodynamische Profil und entspricht nicht mehr dem für einen maximalen Ertrag notwendigen Zustand – die Leistung der Turbine sinkt. Eine unter Vereisung aufgezeichnete Leistungskurve liegt demnach unterhalb der normalen Leistungskurve. Die Anlagensteuerung reagiert auf die Veränderung, indem sie die Heizung aktiviert. Experten sehen bei diesem Verfahren jedoch den Nachteil, dass bei einer abgeschalteten Anlage keine Daten generiert werden können. Wann ist die Maschine also wieder eisfrei und lässt sich in Betrieb nehmen? Um dies festzustellen, ist entweder ein Zweiterkennungssystem wie ein zusätzlicher Sensor oder eine Kontrolle vor Ort nötig. Allerdings ist Enercon offensichtlich dabei, das System zu optimieren. Sensoranbieter berichten, sie stünden in Kontakt mit Enercon.</p>	
		Immer wichtiger	
12	<p>Angesichts wachsender Märkte auch in kälteren Regionen, strenger Sicherheitsauflagen und eines steigenden Kostendrucks dürften Systeme zur Eiserkennung und Blattenteisung an Bedeutung gewinnen. Neueste Sensortechnik und ausgeklügelte Algorithmen zur Auswertung der Signale könnten dazu beitragen, Stillstandszeiten zu reduzieren und Ertragsausfälle in Grenzen zu halten. Überwiegt ihr Nutzen die Kosten, könnten sich die Systeme auf breiter Front durchsetzen. Eine Enteisung mithilfe von Helikoptern dürfte dann kaum noch eine Option sein.</p>	<p>Angesichts wachsender Märkte auch in kälteren Regionen, strenger Sicherheitsauflagen und eines steigenden Kostendrucks dürften Systeme zur Eiserkennung und Blattenteisung an Bedeutung gewinnen. Neueste Sensortechnik und ausgeklügelte Algorithmen zur Auswertung der Signale könnten dazu beitragen, Stillstandszeiten zu reduzieren und Ertragsausfälle in Grenzen zu halten. Überwiegt ihr Nutzen die Kosten, könnten sich die Systeme auf breiter Front durchsetzen. Eine Enteisung mithilfe von Helikoptern dürfte dann kaum noch eine Option sein.</p>	10