

Abs	Neue Energie (1 / 2016)	Joule (3 / 2016)	Abs
	<b>Ansätze gegen Eis</b> (Sascha Rentzing)	<b>Dem Eis auf der Spur</b> (Sascha Rentzing)	
0	Legen <b>vereiste Rotorblätter</b> eine Windturbine lahm, drohen Betreibern hohe Kosten. <b>Neue Sensortechnik</b> kann Eis zuverlässiger detektieren und Stillstandzeiten <b>verkürzen</b> .	<b>Vereiste Rotorblätter</b> können eine Windturbine tagelang lahmlegen. <b>Mit neuester Sensortechnik</b> lassen sich Ausfälle <b>verkürzen</b> .	0
1	Wenn in Schweden <b>der Winter</b> einkehrt, stehen viele <b>Windturbinen-Betreiber</b> vor einem <b>Problem</b> : 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.	Ist <b>der Winter</b> kalt und frostig, haben <b>Windanlagenbetreiber</b> ein <b>Problem</b> .	1
2	Ob sich der Ansatz durchsetzt, ist fraglich, doch er verdeutlicht die Herausforderung.		
	<b>Windturbinen mit vereisten Rotorblättern</b> müssen abgeschaltet werden, da das <b>zusätzliche Gewicht</b> <b>schädliche Vibrationen</b> verursacht und <b>herabfallende Eisbrocken</b> Mensch und Umwelt gefährden können. <b>Produziert ein Windpark über Tage oder sogar Wochen keinen Strom</b> , kann der Ertragsausfall in die Tausende Euro gehen. <b>Und das Problem könnte noch wachsen</b> . In Deutschland werden zunehmend Projekte im Binnenland und damit in <b>kälteren Höhenlagen</b> und <b>Mittelgebirgen</b> realisiert. Außerdem verlagert sich die <b>expandierende Windbranche</b> immer mehr auch in die <b>kälteren Regionen Nordamerikas</b> sowie <b>Nord- und Osteuropas</b> . Gleichzeitig steigt in Märkten wie Deutschland durch Umstellung des Vergütungssystems auf Ausschreibungen der Kostendruck.	<b>Turbinen mit vereisten Rotorblättern</b> müssen abgeschaltet werden, da das <b>zusätzliche Gewicht</b> <b>schädliche Vibrationen</b> verursacht und <b>herabfallende Eisbrocken</b> Mensch und Umwelt gefährden können. <b>Produziert ein Windpark über Tage oder sogar Wochen keinen Strom</b> , kann der Ertragsausfall in die Tausende Euro gehen. <b>Und das Problem könnte noch zunehmen</b> : In Deutschland werden immer mehr Projekte im Binnenland und damit in <b>kälteren Höhenlagen</b> und <b>Mittelgebirgen</b> verwirklicht. Außerdem verlagert sich die <b>expandierende Windbranche</b> immer mehr auch in die <b>kälteren Regionen Nordamerikas</b> sowie <b>Nord- und Osteuropas</b> .	
	<b>Der Bedarf an Detektoren, die teure Eispausen verkürzen, sowie an effizienten Blattheizungen dürfte demnach deutlich steigen.</b>	<b>Der Bedarf an Detektoren, die teure Eispausen verkürzen, sowie an effizienten Blattheizungen dürfte demnach deutlich steigen.</b>	
3	<b>Die verfügbare Sensortechnik</b> stellt die Branche aber noch <b>nicht zufrieden</b> . „Es lässt sich keine 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 <b>Ultraschall-Sensoren</b> auf dem <b>Maschinenhaus</b> der Turbinen <b>platziert, um</b>	<b>Die heute verfügbare Sensortechnik</b> stellt die Branche nicht zufrieden. „Es lässt sich keine 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 <b>Ultraschall-Sensoren</b> auf dem <b>Maschinenhaus</b> platziert, um <b>Vereisung zu</b>	2

Abs	Neue Energie (1 / 2016)	Joule (3 / 2016)	Abs
	Vereisung zu erkennen.	erkennen.	
	Das Prinzip: Ist der Sensor mit Eis bedeckt, ändert sich die Frequenz. Das Gerät wird dann kurz erhitzt, sodass das Eis schmilzt.	Das Prinzip: Ist der Sensor mit Eis bedeckt, ändert sich die Frequenz. Das Gerät wird 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.	Gefriert seine Oberfläche erneut, besteht Vereisungsgefahr und die Turbine muss vorübergehend abgeschaltet werden. Nachteilig ist, dass die Rotorblätter in höhere und kältere Bereiche ragen und das Maschinenhaus zudem Wärme abgibt —genaue Messungen sind nach dieser 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.	„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. Wertvolle Zeit geht verloren.	
4	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.	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 Firmenangaben schon vor Eis warnt, bevor es sich bildet. So könnten Turbinen abgeregelt werden, ehe Eiswurf und Unwuchten drohten.	
	„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.	„Unser System erfasst Temperatur und 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.	
	<b>Wie schwingt das Blatt?</b>	<b>Wie stark schwingt der Flügel?</b>	
5	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 einfaches physikalisches Grundprinzip: Ein durch Eisansatz schwerer gewordenen Blatt schwingt langsamer.	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 im Flügelinneren nutzen die Firmen ein einfaches physikalisches Grundprinzip: Ein durch Eisansatz schwerer gewordenen Blatt schwingt langsamer.	3
	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	Die Sensoren erfassen diese Veränderungen. Die Systeme „Bladecontrol“ von Bosch Rexroth und „IDD. Blade“ etwa detektierten durch Messung der Eigenfrequenz bereits wenige Millimeter starkes Eis, heißt es bei den Unternehmen.	

Abs	Neue Energie (1 / 2016)	Joule (3 / 2016)	Abs
	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.	Damit arbeiteten die Sensoren genauer als auf der Gondel angebrachte Detektoren. Die Daten aus den Rotorblättern werden über 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.	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.	
6	„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.	„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.	4
7	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.	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 die Flügel verlegt werden müssen.	5
	Außerdem ist Licht unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Feldern, und Glasfasern leiten keinen Strom. „Damit ist Blitzschlag kein Thema“, sagt Eichhorn.	Außerdem ist Licht unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Feldern, und Glasfasern leiten keinen Strom. „Damit ist Blitzschlag kein Thema“, sagt Eichhorn.	
8	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:	Betreiber und Betriebsführer zeigen bereits Interesse an den neuen Sensoren für die Flügelintegration. Nicht nur, weil sie zuverlässiger Eis detektieren können, sondern auch aus einem weiteren wichtigen Grund:	6
	Die Systeme können neben der Eiserkennung die gesamte Strukturüberwachung der Rotorblätter 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	Die Systeme können daneben auch die gesamte Strukturüberwachung der Rotorblätter 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	

Abs	Neue Energie (1 / 2016)	Joule (3 / 2016)	Abs
	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.	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.	
		<b>Im Gespräch mit den Herstellern</b>	
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.“	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.“	7
10	In der Tat erproben die Hersteller schon seit einigen Jahren Techniken, die Ausfälle durch Eis reduzieren. Dabei konzentrieren sie sich nicht nur auf die reine Eiserkennung, sondern auf komplette Enteisungssysteme, 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.	In der Tat erproben die Hersteller schon seit einigen Jahren Techniken, die Ausfälle durch Eis reduzieren. Dabei konzentrieren sie sich nicht nur auf die reine Eiserkennung, sondern auf komplette Enteisungssysteme, 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 % gegenüber Maschinen, die nicht mit einem Enteisungssystem ausgestattet sind, heißt es bei Nordex.	8
11	Enercon arbeitet wiederum mit einem System 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	Enercon arbeitet wiederum mit einem System 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	9

Abs	Neue Energie (1 / 2016)	Joule (3 / 2016)	Abs
	<p>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>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>	
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, Stillstandzeiten 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, Stillstandzeiten 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
		<b>KURZ &amp; KNAPP:</b>	
		- Bildet sich Eis auf den Rotorblättern, müssen Windturbinen abgeschaltet werden. Die daraus resultierenden Stillstände verursachen Windbetreibern oft immense Einbußen.	
		- Die bisher auf der Gondel eingesetzten Ultraschallsensoren arbeiten nicht zuverlässig genug und sollen durch Geräte ersetzt werden, die kleinste Schwingungen direkt im Flügel messen.	
		- Ihr Vorteil ist, dass sie neben der Eiserkennung die gesamte Strukturüberwachung der Rotorblätter übernehmen und somit Schäden schon in der Entstehung erfassen können.	
		- Hersteller zeigen Interesse an der neuen Technik. Ob sie sie künftig direkt in ihre Flügel einbauen, ist derzeit noch nicht absehbar.	