

Wind Turbine Inspection

New Methods of Remote Non-destructive Inspection of Rotorblades

Inspektion von Windkraftanlagen

Neue Möglichkeit der berührungslosen
Überprüfung von Rotorblättern



H. Zell

H. Zell, V. Carl; Heliscan GmbH

EXTERNAL ARTICLE

ENGLISH - DEUTSCH

Wind turbines are constantly exposed to extreme environmental conditions. The traces of this stress - visible and invisible - have a considerable effect on the system's productivity and service life. The rotor blades in particular are at risk from storms, ice, UV radiation, lightning strikes, hail and heavy rain. A new problem has been encountered that affects offshore wind turbines - erosion of the rotor blades by salt crystals. It can cause further damage up to possibly total loss of the system, if this damage causes moisture to diffuse inside the rotor blades.

Wind turbines can only deliver an optimum yield with carefully-coordinated inspection and maintenance concepts, as pointed out in an article in DEWI Magazine 39. This is essential to ensure that the rotor blades deliver their expected service life of 20 years [2].

Inspection Today

The state of the art method currently is a manual and visual inspection of the rotor blades by rope access technicians (Fig. 1 and 2). Special working platforms are also used in some cases with onshore wind turbines. In both cases, the results of the time-consuming inspection depend entirely on the technicians' ability to spot damage with the naked

Windenergieanlagen unterliegen einer permanenten Belastung durch Umwelteinflüsse. Dies hinterlässt sichtbare und unsichtbare Spuren, die sich erheblich auf Ertrag und Lebensdauer der Anlagen auswirken. Besonders die Rotorblätter sind durch Stürme, Frost, UV-Strahlen, Blitzeinschlag, Hagel und Starkregen gefährdet. Bei Offshore betriebenen WEA bestätigt sich mittlerweile ein weiteres Problem, nämlich die durch Salzkristalle verursachte Erosion der Rotorblätter. Dringt durch diese Schäden Feuchtigkeit in die Rotorblätter ein, kann es zu Folgeschäden bis zum Totalverlust der Anlage kommen.

Wie in einem Beitrag im DEWI Magazin 39 bereits dargelegt wurde, können WEA nur durch entsprechend abgestimmte Inspektions- und Wartungskonzepte optimalen Ertrag liefern, und die Rotorblätter tatsächlich die prognostizierte Lebensdauer von 20 Jahren erreichen [2].

Inspektion heute

Stand der Technik ist eine manuelle und visuelle Überprüfung der Rotorblätter durch Industriekletterer, die sich an den Rotorblättern abseilen (Abb. 1 und 2). Bei landgestützten WEA werden z. T. spezielle Arbeitsbühnen eingesetzt. In beiden Fällen sind die Ergebnisse der zeitaufwendigen



Fig. 1: Industrial climber on the wind turbine
Abb.1: Industriekletterer an WKA



Fig. 2: Industrial climber offshore
Abb.2: Industriekletterer auf See

eye. The inspection is therefore limited to the surface of the rotor blade. Additionally the technician tries to gain an impression of the condition of its inner structure by tapping on the rotor blade. Any damage discovered is documented using simple digital images and a written report. Attempts are being made to automate this rotor blade inspection process. These involve passing suitable measurement technology, such as a robot, over the rotor. These approaches have been unable to establish themselves on the market until today [1]. For this reason, there is an urgent need for an alternative method that allows carrying out these inspections quicker, more effectively and with valid documentation.

Alternative Inspection Methods

All non-destructive inspection methods aim to inspect the object without destroying it to allow further utilization of the test object after its inspection. Preferably, the inspection is carried out by non-contact methods. There are various established inspection methods that have become common practice in the industry today.

X-ray technology uses radioactive sources that penetrate the object being checked and are indicated as intensity.

Überprüfung alleine von der Fähigkeit des Technikers abhängig, Beschädigungen mit bloßem Auge zu erkennen und deshalb auf die Blattoberfläche begrenzt. Durch Abklopfen versuchen die Techniker einen Eindruck über den Zustand der inneren Blattstruktur zu gewinnen. Die Dokumentation der gefundenen Schäden folgt über einfache Digitalbilder und einen schriftlichen Bericht. Es gibt Versuche, diese Überprüfung der Rotorblätter zu automatisieren. Hierbei soll entsprechende Messtechnik, z. B. mit einem Roboter, über das Blatt geführt werden. Diese Lösungsansätze haben sich bisher nicht im Markt etablieren können [1]. Aus diesem Grunde besteht ein dringender Bedarf an einem alternativen Verfahren, welches diese Inspektionen schneller, effektiver und mit einer verwertbaren Dokumentation durchführt.

Alternative Prüfverfahren

Alle zerstörungsfreien Prüfmethode haben zum Ziel, den Prüfgegenstand möglichst berührungsfrei, aber auf jeden Fall ohne Zerstörung zu prüfen, um den Prüfling nach der Untersuchung weiter verwenden zu können. Es gibt verschiedene, etablierte Prüfverfahren, die sich in der Industrie heutzutage durchgesetzt haben.

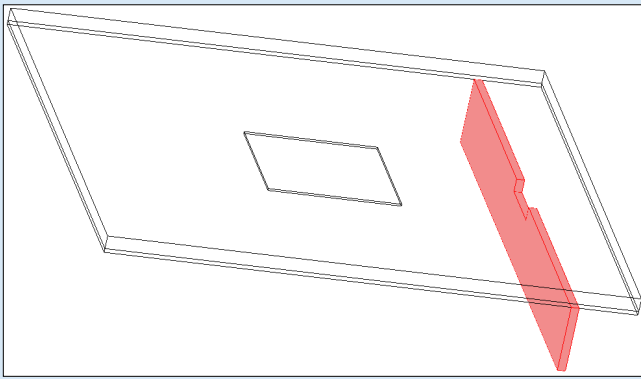


Fig. 3: Simulation model of a rotor blade
 Abb. 3: Simulationsmodell Rotorblatt

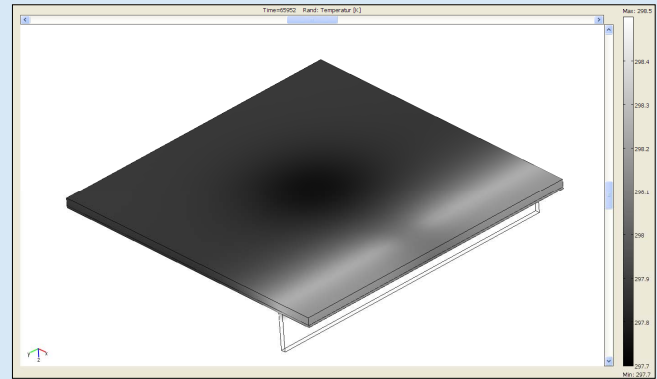


Fig. 4: Result of the simulation: Material flaws are essentially detectable shortly after the day minima or maxima are passed through the material heats up differently, depending on its thickness.
 Abb. 4: Ergebnis der Simulation: Materialfehler sind grundsätzlich kurz nach dem Durchschreiten der Tagesminima oder -maxima erkennbar, je nach Materialdicke erwärmt sich das Material unterschiedlich stark.



Fig. 5: Test piece (a) visible light (b) infrared with size comparison
 Fig. 5a: Visible light, heavy soiling, no direct damage detectable
 Fig. 5b: Thermographic picture: no detection visible without information of the blade interior
 Abb. 5: Teststück (a) sichtbar (b) infrarot mit Größenvergleich
 Abb. 5a: Optisch, starke Verschmutzung, keine direkten Beschädigungen erkennbar
 Abb. 5b: Thermographisch: keine Auffälligkeiten, ohne Kenntnis des Blattinneren

Weakness or homogeneity of the material is therefore represented with this method as variations in the intensity (shadows). This method can only be used for smaller objects and is not suitable for inspecting rotor blades mounted onto operational wind turbines.

Ultrasonic technology is based on the time taken for an ultrasonic wave to travel through material. The thickness of the material is then determined according to the known ultrasonic speed. Defects alter this speed and can be detected on comparison with an ideal control test subject. With this technique, there must be contact between the ultrasonic transducer and receiver and the test object. Given the size of the rotor blades, this is only possible with extreme effort.

The **eddy current testing method** used in metallurgy induces a magnetic field in the test subject which can in turn be measured with a great degree of precision. Different penetrating depths are compared with reference measurements, thereby providing information about the quality of the test subject. This method is currently not suitable for use on the composite materials used in rotor blades.

Recent advances in thermal sensors have also allowed **active thermography** to become an established inspection method. With this technique, a heat flow is induced (usually artificially) and the transfer of heat into the material is measured using a high-resolution infrared camera. The heat is introduced either on a pulsed, constant or harmonic

Röntgentechnik arbeitet mit radioaktiven Strahlungsquellen, die den Prüfkörper durchdringen und als Intensität diktiert werden. Materialschwächung oder Homogenität werden auf diese Weise als Schattierung in der Intensität wiedergegeben. Dieses Verfahren kann nur bei vergleichsweise kleinen Werkstücken eingesetzt werden und ist für eine Überprüfung von Rotorblättern vor Ort nicht geeignet.

Ultraschalltechnik basiert auf der Laufzeit des ausgesendeten Schalls. Mit der bekannten Schallgeschwindigkeit wird dann die Dicke des Materials ermittelt. Störungen wirken sich auf die Laufzeit aus und können beim Vergleich zum idealen Prüfkörper erkannt werden. Bei dieser Technik muss ein Kontakt von Schallgeber und Empfänger mit dem Prüfgegenstand hergestellt werden. Dies ist bei der Größe der Rotorblätter nur mit einem sehr großen Aufwand möglich.

Das in der Metallurgie verwendete **Wirbelstromverfahren** induziert in dem Prüfkörper ein Magnetfeld, welches wiederum sehr genau gemessen werden kann. Unterschiedliche Eindringtiefen werden mithilfe von Referenzmessungen verglichen und ergeben so eine Aussage über die Qualität des Prüflings. Dieses Verfahren ist für die derzeit in Rotorblättern verbauten Composite-Werkstoffe nicht einsetzbar. In jüngster Zeit hat sich mit der Weiterentwicklung von thermischen Sensoren auch die **aktive Thermographie** als Prüfverfahren etabliert. Hierbei wird ein Wärmefluss (meist künstlich) induziert und der eingesetzte Wärmetransport in

Your gateway to the world of wind energy.

The global on- & offshore expo

Hamburg, 23–26 September 2014

SAVE THE DATE!

Subscribe to our newsletter and take advantage of our early bird booking offers.

windenergyhamburg.com

 **Hamburg Messe**

 **WindEnergy
Hamburg**

basis. Flaws in the material or different wall thicknesses affect the transfer of heat and can be imaged using a variety of selection processes. Heat is induced and the resulting heat flow is then measured.

Composite materials (rotor blades) have until now – so experts believe – been impossible to measure since the fibreglass, balsa wood and carbon mixture's heat conductivity is extremely poor. Inhomogeneous material thicknesses of a few millimetres to 12 cm in the flange area of the rotor blade rendered this inspection technique useless. However, the results of research [2] over recent years have illustrated that the opposite is true. Thermography has proven to be a useful tool for quality control in the production of rotor blades.

The rotor blade's extremely poor heat conductivity, where there is active thermal stimulus of the surface – for example with lamps, radiant heat sources or hot gases – results in extremely long measuring times. These requirements, taking into account the rotor blade's dimensions, make the classical form of this impulse thermography economically unviable and almost impossible from a technical perspective as a method for use in field inspections.

Innovative Solution to the Problem

A new approach is based on the fact that the natural day/night rhythm can be used for the heat input. This should

das Material mit einer hochauflösenden Infrarotkamera gemessen. Die Einkopplung von Wärme geschieht dabei entweder impulsartig, stetig oder harmonisch. Fehler im Werkstoff oder unterschiedliche Wandstärken beeinflussen den Wärmetransport und können über verschiedene Auswahlverfahren bildhaft dargestellt werden. Wärme wird induziert und der einsetzende Wärmefluss anschließend gemessen.

Composite-Werkstoffe (Rotorblätter) waren bisher – so schien der Fachwelt – unmöglich zu prüfen, da die Wärmeleitfähigkeit des Glasfaser-, Balsa- und Karbongemisches denkbar schlecht ist. Inhomogene Materialstärken von wenigen Millimetern bis zu 12 cm im Flanschbereich des Rotorblattes, waren Ausschlusskriterien für diese Prüftechnik. Die Forschungsergebnisse [2] der letzten Jahre haben jedoch das Gegenteil bewiesen. Die Thermographie hat sich in der Qualitätskontrolle in der Produktion von Rotorblättern bewährt.

Die sehr schlechte Wärmeleitung des Rotorblattes, bei einer aktiven thermischen Anregung der Oberfläche, zum Beispiel über Lampen, Heizstrahler oder heiße Abgase, führt zu sehr langen Messzeiten. Diese Anforderungen, unter Berücksichtigung der Dimensionen eines Rotorblattes, machen die klassische Art dieser Impulsthermographie für den Einsatz als Prüftechnik im Feld wirtschaftlich uninteressant und technisch kaum umsetzbar.

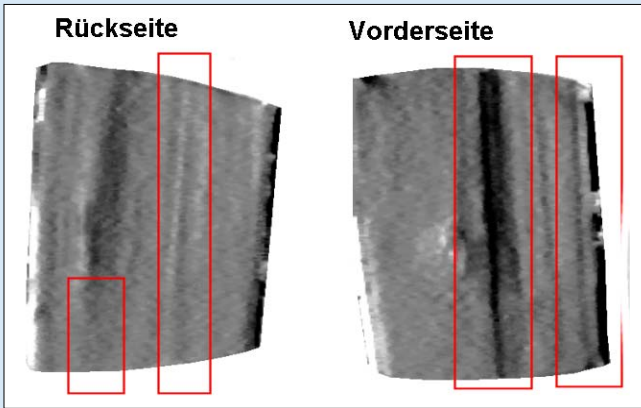


Fig. 6 Analysis image of the test piece with internal damage (left: rear, right: front)

Abb. 6: Analysebild des Teststückes mit inneren Schäden

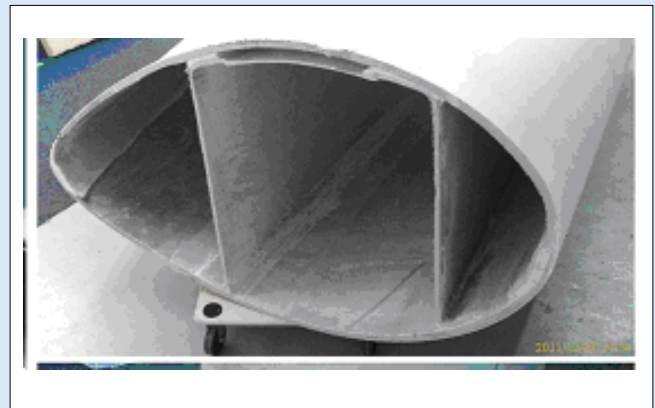


Fig. 7: Test piece, cross-sectional image (bonding defect on the stringer)

Abb. 7: Teststück, Schnittbild (Klebefehler am Stringer)



Fig. 8: Measurement technology in the helicopter

Abb. 8: Messtechnik im Hubschrauber



Fig. 9: Helicopter in measuring flight

Abb. 9: Hubschrauber im Messflug

allow - using theoretical calculations - a penetration depth of up to 12 cm, which are found in the rotor blade's flange area. There are also indications that the self-heating of the generator nacelle during operation of the wind turbine can produce an adequate thermal difference in the blade. Finite simulation calculations indicate that this method could be used as a valuable tool for inspecting materials. If classical lock-in thermography is used, and if the period used is the day/night rhythm and a typical temperature difference of around just 5°C is achieved, usable values can be obtained. Based on a heat conductivity of 0.8 W/mK, a heat capacity of 1200 J/(KgK) and a density of around 2100 kg/m³, theoretical calculations yield a thermal penetration depth μ of around 9 cm from an amplitude perspective and around 18 cm from a phase perspective. This highly simplified model made from fibreglass-reinforced plastic (Fig. 3) represents a section of a blade with a shear web glued to it. For the purposes of the simulation, an area was cut out on the inside of the shear web in order to simulate delami-

Innovative Problemlösung

Ein neuer Ansatz geht davon aus, dass für die Wärmeeinkopplung der natürliche Tag-Nacht-Rhythmus ausgenutzt werden kann. Allein daraus ergeben sich anhand theoretischer Berechnungen Eindringtiefen von bis zu 12 cm, die im Flanschbereich des Rotorblattes zu finden sind. Dazu gibt es Hinweise, dass die Eigenerwärmung in der Generatorgondel durch den Betrieb der WEA einen ausreichend großen thermischen Unterschied im Blatt hervorrufen kann. Finite Simulationsrechnungen zeigen die Möglichkeiten einer aussagekräftigen Materialuntersuchung auf.

Setzt man die klassische Lock-in-Thermografie an und benutzt als Periodenlänge den Tag-Nacht-Rhythmus und eine typische Temperaturdifferenz von etwa nur 5°C, lassen sich brauchbare Werte erzielen. Bei einer Wärmeleitfähigkeit von 0,8 W/mK, einer Wärmekapazität von 1200 J/(KgK) und der Dichte von etwa 2100 kg/m³ resultiert aus theoretischen Berechnungen eine thermische Eindringtiefe μ von

nation (Fig. 4). In reality, soiling, sunlight and the individual rotor blade geometry can result in false inspection results. Only by comparing thermography with the image from a high-resolution camera can adequate reliability of the data be ensured (Fig. 5). A clear discontinuity is visible if we look at the cross-section. A fully intact blade would show two vertical, dark areas that result from the higher temperature conductivity into the blade's shear web. Such a massive detachment of a shear web will seriously decrease the rotor blade's stability. This can be spotted using the developed method and documented within a few minutes. (Fig. 6 and 7).

Reality Check

Based on the theoretical and experimental investigations, the method was subjected to a practical test. A helicopter was equipped with suitable measurement technology for this test. It was mounted onto a special bracket in order to compensate vibrations and oscillations (Fig.8). The inspection was carried out under extremely poor weather conditions. A conventional inspection of the rotor blades by industrial climbers would not have been possible for safety reasons due to the squally wind and wind speeds of more than 10 m/s.

Despite all the adverse conditions, the helicopter and the new, innovative testing method allowed four wind turbines to be inspected within one day. An initial statement about a possible discontinuity of a rotor blade can even be made in fly-by mode. The wind turbine does not even need to be stopped. A detailed check can be carried out at short notice, if a discontinuity is detected. This check allows localising and evaluating the damage accurately. The starting point for the analysis is an individual image from the recorded sequence of the rotating blade suspected of having a problem. The results of the measurements can be merged with the real data and analysed even during the flight (Fig. 10).

The detailed analysis, including the detection of surface erosion, is always carried out with the rotor blade stationary. When the wind turbine has been stopped, the rotor blades are inspected on both sides. These three movements for each blade and the adjustment of the blades to achieve the best possible position for measurement can be carried out in a very short time. Inspection of the stopped wind turbine can be carried out in less than one hour (Fig. 11). This field test confirmed entirely the results of the simulation and preliminary experimental tests.

Summary

The innovative method described above, which is subject of an international patent application [3], allows a fast and efficient inspection of rotor blades for the preventive detection of internal and external damage. A reliable diagnosis of damage can be achieved thanks to the combination of thermography and high-resolution camera technology. A helicopter takes the sensitive measuring equipment, generally unaffected by the weather, right to the wind turbine. It is independent from the geographic location, thus enabling easy offshore inspection. Seamless, valid

ca. 9 cm bei Amplitudebetrachtung und ca. 18 cm bei Phasenbetrachtung. Dieses stark vereinfachte Modell aus GFK (Abb. 3) repräsentiert einen Ausschnitt des Flügels mit verklebtem Steg. Es wurde für die Simulation in der Mitte des Steges ein Bereich auf der Innenseite ausgespart, um eine Delamination zu simulieren (Abb. 4). In der Realität können Verunreinigung, Sonneneinstrahlung und die individuelle Rotorblattgeometrie das Untersuchungsergebnis verfälschen. Erst durch einen Abgleich der Thermographie mit dem Bild einer hochauflösenden Kamera, kann eine ausreichende Verlässlichkeit der Daten gewährleistet werden (Abb. 5). Wird jedoch der Schnitt betrachtet, ist eine eindeutige Unstetigkeit zu erkennen. Das völlig intakte Blatt würde zwei vertikale, dunkle Bereiche zeigen, die aus der höheren Temperaturableitung in den Steg des Blattes resultieren. Eine solche massive Ablösung eines Steges bedeutet eine gravierende Schwächung der Stabilität des Rotorblattes. Dies kann durch das entwickelte Verfahren innerhalb weniger Minuten erkannt und dokumentiert werden (Abb. 6 und 7).

Realitätscheck

Basierend auf den theoretischen und experimentellen Untersuchungen, wurde das Verfahren einem Praxistest unterzogen. Für diesen Test wurde ein Helikopter mit umfangreicher Messtechnik ausgestattet. Diese wurde auf eine spezielle Halterung montiert, um Vibrationen und Schwingungen auszugleichen (Abb.8). Die Wetterbedingungen unter denen die Inspektion durchgeführt wurde, waren

airborne windfarm inspection



heliscan GmbH

Düsseldorfer Str. 171
D-45481 Mülheim an der Ruhr Germany
Tel.: +49 208 437 81 88 - Fax: 437 81 89
www.heliscan.de - info@heliscan.de

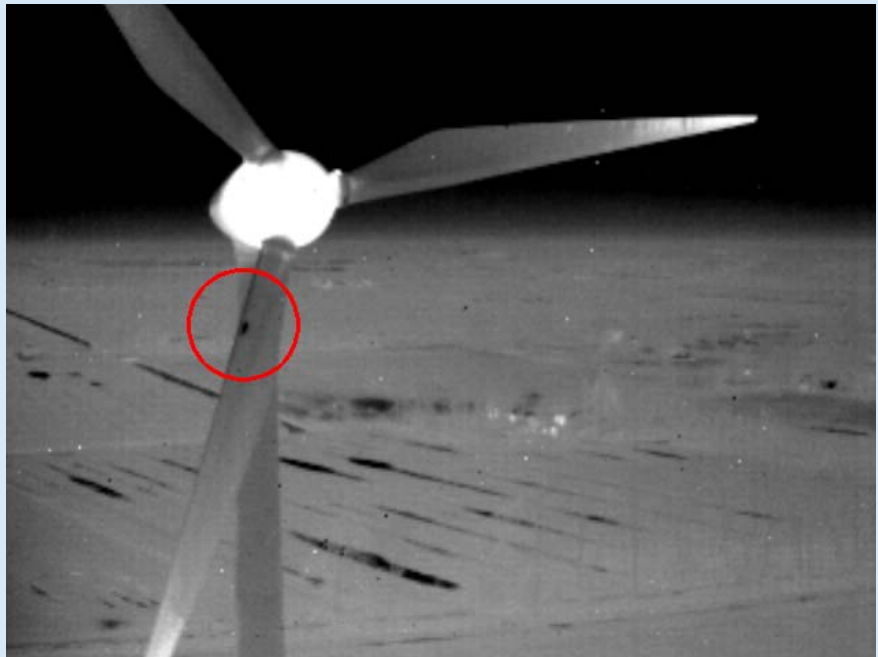


Fig. 10: Temperature image of the rotating rotor blade with point of damage

Abb. 10: Temperaturbild des drehenden Rotorblattes mit Schadenstelle

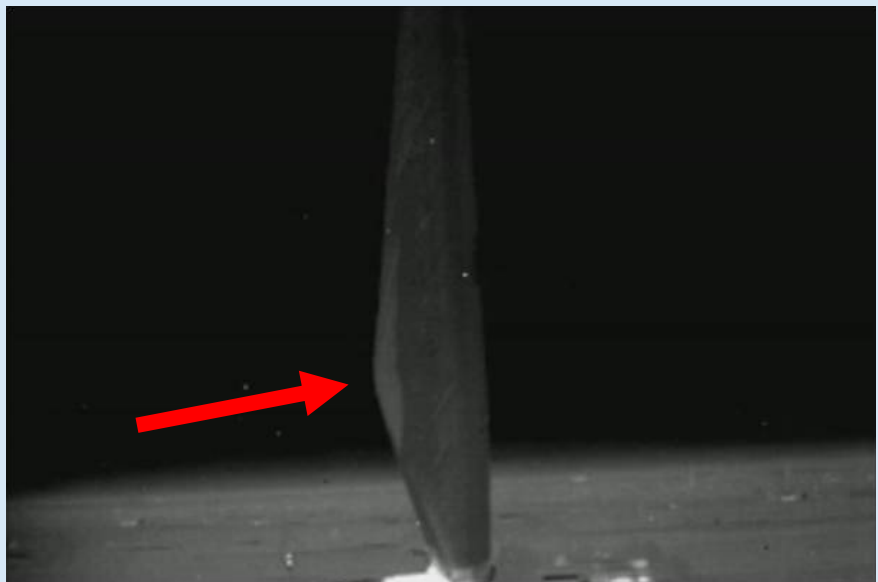


Fig. 11: Internal damage, possibly a delamination at the rear edge

Abb. 11: Innerer Schaden, evtl. eine Delamination an der hinteren Kante

documentation delivers security for plant operators, manufacturers, investors and insurers.

Industrial climbers are no longer used for the inefficient inspection of rotor blades, but for carrying out specifically required repairs. Any unnecessary downtime for the wind turbine, with the resulting loss of production, can be avoided. Intensive research and development work of the described techniques will enhance its future abilities and reach.

Further information can be obtained from info@heliscan.de and by visiting www.heliscan.de

denkbar schlecht. Bei böigem Wind und Windgeschwindigkeiten von mehr als 10 m/s wäre eine herkömmliche Begutachtung der Rotorblätter durch Industriekletterer aus Sicherheitsgründen nicht durchführbar gewesen!

Trotz aller Widrigkeiten konnten mit dem Helikopter und dem neuen, innovativen Prüfverfahren innerhalb eines Tages vier Windenergieanlagen inspiziert werden. Eine erste Aussage, über eine eventuelle Unstetigkeit eines Rotorblattes, kann bereits im Vorbeiflug getroffen werden. Hierzu muss die WEA nicht angehalten werden. Wird eine Unstetigkeit erkannt, kann kurzfristig eine detaillierte Prüfung stattfinden. Durch diese Prüfung kann der Schaden genau lokalisiert und bewertet werden. Ausgangspunkt der Analyse ist ein Einzelbild aus der Aufnahmesequenz am rotierenden Blatt, welches eine Auffälligkeit zeigt. Die Messergebnisse können schon während des Fluges mit den Realdaten zusammengeführt und analysiert werden (Abb. 10).

**Call for Papers
see page 80**



**7 - 8 November 2012
Bremen, Germany**

DEWEK 2012
11th German Wind Energy Conference

Two days of concentrated wind energy technology and research with focus on multi-megawatt wind turbines and the German far-offshore wind energy application.

- . Up to 105 oral presentations
- . 650 participants (expected)
- . Technical Excursion
- . 60 exhibitors (expected)

Deadline for submission of abstracts: 25 April 2012

Source / Quellennachweis:

All figures and illustrations in this article are the property of heliscan GmbH, Mülheim an der Ruhr, except Fig. 1 and 2.

Alle Abbildungen dieses Artikels sind Eigentum der heliscan GmbH, Mülheim an der Ruhr, ausgenommen Abb. 1 und 2.

References / Literatur:

- [1] RIWEA, robots for inspecting the rotor blades of wind turbines using thermography and ultrasound; IDASWIND GECKO, automatic inspection system for wind turbine rotor blades
- [2] Hilario C., Wind Turbine Inspection, a Strategic Service?, DEWI Magazin 39, 2011, page 56-65
Beattie et al. / AIAA 99-0046, Non-Destructive Evaluation of Wind Turbine Blades Using an Infrared Camera, Sandia National Laboratories, Albuquerque, USA
Peter Meinschmidt, Jochen Aderhold, XP-002525978, Thermographic Inspection of Rotor Blades, Fraunhofer-Institute. Braunschweig, Germany
Krstulovic-Opara et al., A non-destructive wind turbine blade analysis based on the Thermal Stress Analysis, University of Split, HR-21000 Split, Croatia
Busse, G. ; Wu, D. ; Karpen, W.: Thermal Wave Imaging with Phase Sensitive Modulated Thermography. In: Journal of Applied Physics 71 (1992), S. 3962-3965
BMBF geförderten Verbundprojekts ‚KombiTherm‘ (Förderkennzeichen 02PD2205)
Vavilov V., Thermal Characterization of Material Defects Using Transient Infrared Thermography, TOMOS 1993, Tomsk Russia
Carl V., Quantitative Wall Thickness Measurement with Impulse Video Thermography, Proceedings of the 7th European Conference on Non Destructive Testing Copenhagen, May 1998 Automatic System, Vol 2, pp. 1918-1924
- [3] DE10 2010 048 400 A1, PCT/DE2011/000041 / WO2011/113402 A1

Die detaillierte Analyse, inklusive Erosionserkennung der Oberfläche, erfolgt immer am stehenden Rotorblatt. Bei stillstehender Windenergieanlage erfolgt die Inspektion der Rotorblätter sowohl von den beiden flachen als auch von der führenden Seite des Blattes. Diese drei Bewegungen pro Blatt und das Verstellen der Blätter, um die optimale Position für die Messung zu erreichen, erfolgt in sehr kurzer Zeit. Eine Inspektion der abgeschalteten Windenergieanlage ist in weniger als einer Stunde möglich (Abb. 11). Durch diesen Feldversuch konnten die Berechnungen der Simulation und experimentellen Ergebnisse der Vorversuche im vollen Umfang bestätigt werden.

Fazit

Das vorgestellte innovative und bereits zum internationalen Patent angemeldete Verfahren [3] ermöglicht die schnelle und effiziente Inspektion von Rotorblättern zur vorbeugenden Erkennung innerer und äußerer Schäden einzusetzen. Durch die Kombination von Thermographie mit einer hochauflösenden Kameratechnik ergibt sich eine sichere Schadensdiagnose. Ein Helikopter bringt die sensible Messtechnik weitestgehend wetterunabhängig vor Ort. Auch ein Einsatz Offshore ist so problemlos möglich. Eine lückenlose, valide Dokumentation gibt Sicherheit für Anlagenbetreiber, Hersteller, Investoren und Versicherer. Industriekletterer werden nicht mehr für eine ineffiziente Inspektion der Rotorblätter eingesetzt, sondern erledigen zielgerichtet notwendige Reparaturen. Unnötiger Stillstand der Windenergieanlagen und die damit verbundenen Produktionsausfälle werden vermieden. Intensive Forschungsarbeiten werden die Möglichkeiten dieser Verfahren noch weiter ergänzen und verbessern.

Weitere Information erhalten Sie unter info@heliscan.de und www.heliscan.de

Impressum: DEWI-Magazin. Windenergie - Wind Energy - Énergie Éolienne - Energia Eólica - Energía Eólica, 21. Jahrgang 2012, ISSN 0946-1787

Herausgeber:	DEWI GmbH - Deutsches Windenergie-Institut
Verantwortlicher Redakteur:	Jens Peter Molly
Redaktion:	Jens Peter Molly, Carsten Ender, Bernd Neddermann
Seitenlayout:	Carsten Ender
Übersetzungen:	Barbara Jurok (Englisch)
Erscheinungsweise:	2 x jährlich
Bezug:	DEWI GmbH - Deutsches Windenergie-Institut, Ebertstraße 96, 26382 Wilhelmshaven, Telefon: 04421/4808-0, Telefax: 04421/4808-843 Email: dewi@dewi.de , Internetadresse: http://www.dewi.de
Druck und Gesamtherstellung:	Steinbacher Druck GmbH, Anton-Storch-Straße 15, 49080 Osnabrück
Titellayout:	Treibwerk Integriertes Design, Wunstorfer Str. 39a; 30453 Hannover www.treibwerk.com
Copyright:	Die Vervielfältigung, der Nachdruck, die Übersetzung oder das Kopieren von ganzen Artikeln, Textabschnitten oder einzelnen Abbildungen in jeglicher Form wird hiermit untersagt bzw. ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung durch die DEWI GmbH - Deutsche Windenergie-Institut erlaubt. Zuwiderhandlungen werden strafrechtlich verfolgt.
Anzeigen:	Es gilt die Anzeigenpreisliste, die beim DEWI erhältlich ist.
Fremdartikel:	Im DEWI-Magazin können auch institutsfremde Fachartikel veröffentlicht werden. Die Redaktion behält sich die Auswahl der Artikel und eine Begutachtung durch anerkannte Fachleute vor. Für die Inhalte der Fremdartikel, die nicht unbedingt die Meinung der Redaktion wiedergeben, sind die jeweiligen Autoren verantwortlich.