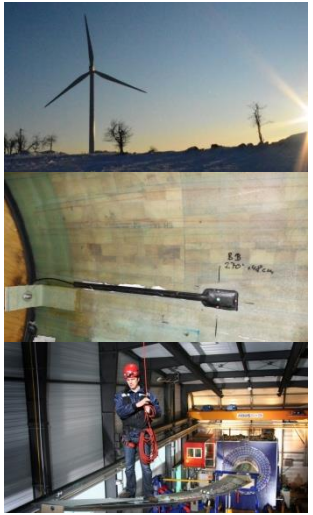
Zustandsüberwachung und Betriebsoptimierung

mit faseroptischen Sensoren im Rotorblatt



25. Spreewindtage – Sonne, Wind & Wärme Forum, 9.11.2016

CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY
Any use of this material without specific permission of fos4X GmbH is strictly prohibited

Wir arbeiten eng mit Anlagenherstellern zusammen, aber unterstützen auch Betreiber bei der Optimierung von bestehenden Windparks

Unser Windportfolio

- fos4X ist ein internationaler Experte für Blattlastmessungen in Windenergieanlagen
- Wir bieten spezielle faseroptische Messsysteme und Zubehör für Windenergieanlagen an
- Innerhalb der Windenergiebranche adressieren wir drei verschiedene Segmente mit Produkten und Service

Serienintegration (über OEMs)
- Blatteiserkennung
- Aktive Lastreduktion

Blatt R&D (haupts. OEMs)
- Operative Lastmessung
- Prototypen-Test

Bestehende Windparks (hautps. Betreiber)
- Blattlastmessung
- Zustandsüberwachung

Ein Messsystem für Blattlasten und Vibrationen muss verlässlich und höchst verfügbar sein

Anforderungen an Messsysteme

Performance

- Stabilität — Geringer Sensordrift
- Abtastrate — entsprechend IEC 61400-13
- Genauigkeit — Unterdrückung von Temperatureffekten

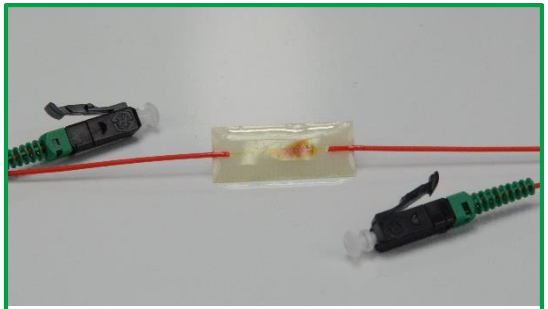
Verlässlichkeit

- Lastzyklen — $>10^8$ Lastzyklen über die Lebenszeit
- Anti-aliasing — Frequenzbandlimitierung
- Wartbarkeit — Hoher Schutz gegen äußere Einflüsse

Verfügbarkeit

- Immer “an” — Unabhängig von den Wetterbedingungen
- Blitzschlag — Hohe Wahrscheinlichkeit für Blitzeinschläge
- Echtzeit — Niedrige Totzeiten und hohe Synchronität

Sensorportfolio

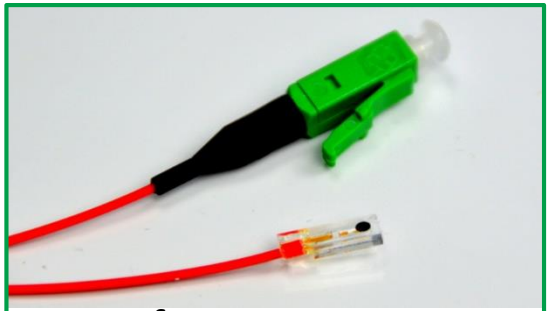


fos4Strain

fos4Strain expert

fos4Twist

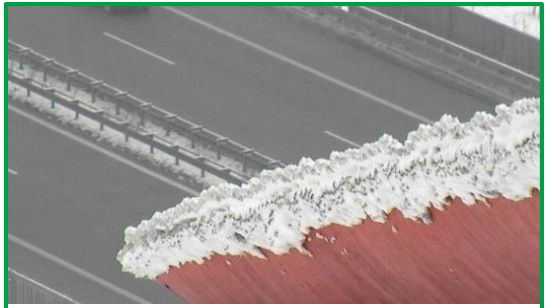
fos4Acc 2D



fos4Pressure

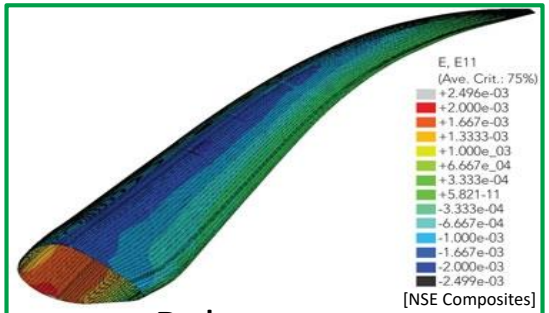
fos4Acoustic emission

Zustände am Rotorblatt bei denen der Betrieb optimiert werden kann



Eisansatz

Schäden



Belastungen

Kürzere Stillstandszeiten, Planung von Installationsintervallen, Lebensdauerüberwachung

Eine Kombination aus Dehnung und Schwingung ist eine geeignete Lösung für intensive Zustandsüberwachung von Rotorblättern

fos4Acc
2D Beschleunig-
ungssensor

fos4Strain expert
Dehnungssensor

Heavy-duty
Blatt-Nabe
Verbindung

fos4Test *wind*
Messeinheit

Schaltschrank in
Nabe

Diese zertifizierte Kombination ermöglicht

- Aktive Lastreduktion
- Blatteiserkennung
- Blattzustandüberwachung

DNV·GL

Unser durchdachtes fos4Blade IceDetection System ist durch den DNV GL zertifiziert und bietet höchste Genauigkeiten

fos4Blade IceDetection

- Durch unabhängigen Gutachter zertifizert (DNV-GL)
- Schlüsselfertige Lösung für den Retrofit
- Hohe Genauigkeit
  - Präzise Vibrationsmessung durch faseroptische Sensorik
  - Anspruchvolle Algorithmen zur Datenverarbeitung
  - Fähigkeit zum automatischen Restart
- Serienintegration für neue Anlagen mit Senvion

Type Certificate

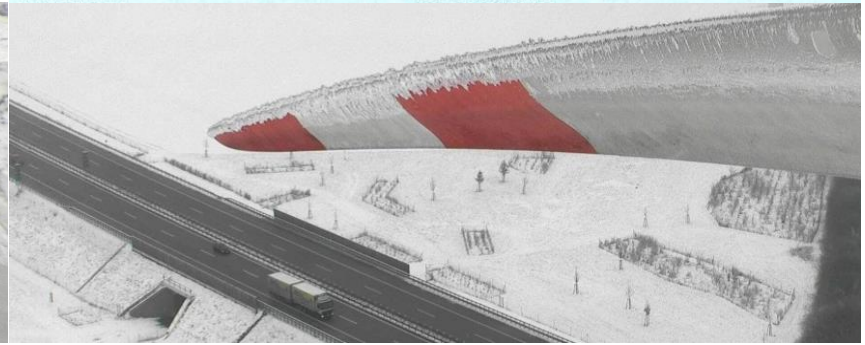
GL

GL Renewables Certificate No. TC-GL-013A-2014

This Type Certificate of the Ice Detection System

fos4IceDetection

is issued to fos4X GmbH



Validierung des fos4Blade IceDetection Systems

Validierung auf 14 Anlagen in 2014

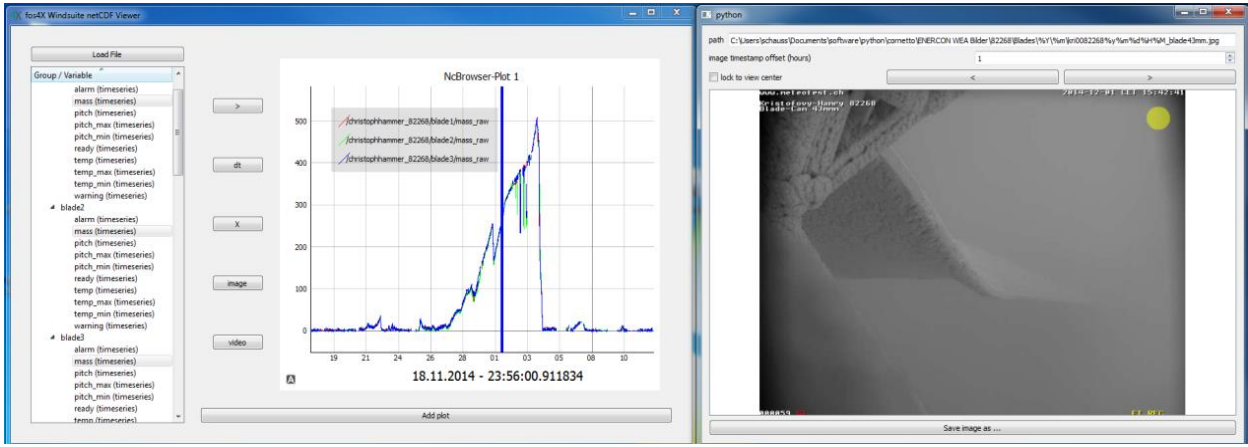
- Jede ausgestattet mit Referenzsystem
- mit/ohne Getriebe
- mit/ohne Blattheizung
- verschiedene Länder – Kanada, Europa
- verschiedene Blatthersteller
- verschiedene Anlagenhersteller
- verschiedene Anlagentypen

Detaillierte unabhängige Analyse der Ergebnisse durch OEM, fos4X, 3rd Party

- Alle OEMs testeten auch die Marktbegleiter

⇒ **Jeder Partner entschied auf der Basis dieser Ergebnisse**

- das fos4X system in die Serie zu integrieren
- eine 3rd-Party die Anlagen auch für automatisches Wiederanfahren zertifizieren zu lassen



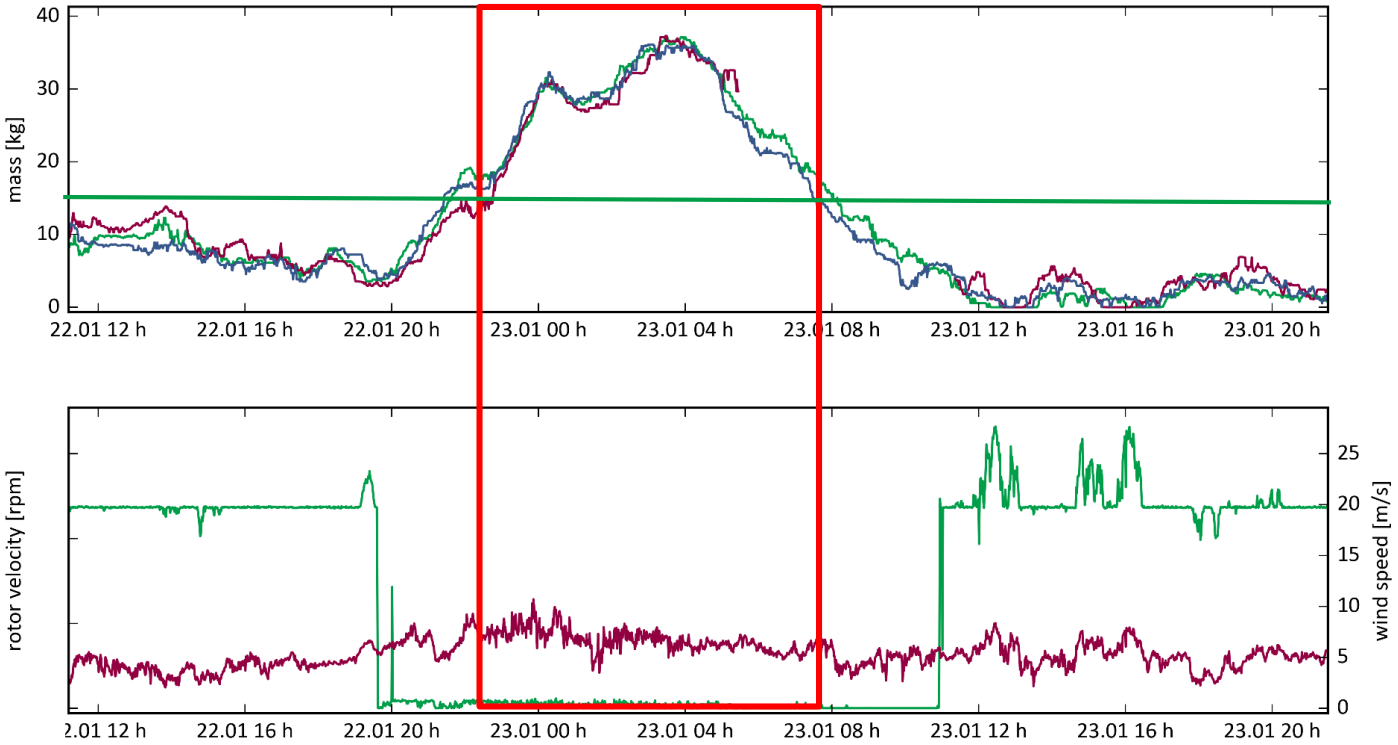
Das fos4Blade IceDetection System misst mit hoher Genauigkeit Eismassen ab 10 kg auch bei niedrigen Windgeschwindigkeiten

Wir analysierten intensive die Felddaten verschiedenster Standorte und Anlagentypen um unser Eiserkennungssystem zu validieren.

Kriterium	Unit	Extr. wenig	Sehr wenig	Wenig	Mittel	Hoch
Eismasse	kg	<10 ✓	10…25 ✓	25…50 ✓	50…100 ✓	>100 ✓
Wind	m/s	<3 ✗	3…8 ✓	8…12 ✓	12…25 ✓	>25 ✓
Temperatur	°C	<-30 ✓	-30…-10 ✓	-10…0 ✓	0…10 ✓	>10 ✓
Pitchwinkel	°	90 ✓		30…80 ✓	0…30 ✓	
Rotordrehzahl	rpm	<0.2 ✓		0.2…10 ✓	10…20 ✓	

fos4Blade IceDetection ist sicher einsatzbereit in allen relevanten Betriebs-bereichen

fos4Blade IceDetection misst auf allen drei Blättern mit hoher Verlässlichkeit und erlaubt automatisches Wiederanfahren



- Rot, grün und blau sind die drei verschiedenen Rotorblätter
- Alle drei Blätter zeigen nahezu gleichen Eisansatz
- Die Erkennung der Eismasse ist stabil über den gesamten Zeitraum
- Anlage durch gondelbasiertes System gestoppt und nach visueller Inspektion gestartet

Jahresenergieertrag kann um > 3000 Euro pro MW installierter Leistung und Jahr gesteigert werden mit Blatteiserkennung

Ziel

- Ersetzen des gondelbasierten Eiserkennungssystems in zwei Parks mit Anlagen der 3 MW Klasse
- Berechnung des optimierten Potenzials während eines Winters (1)

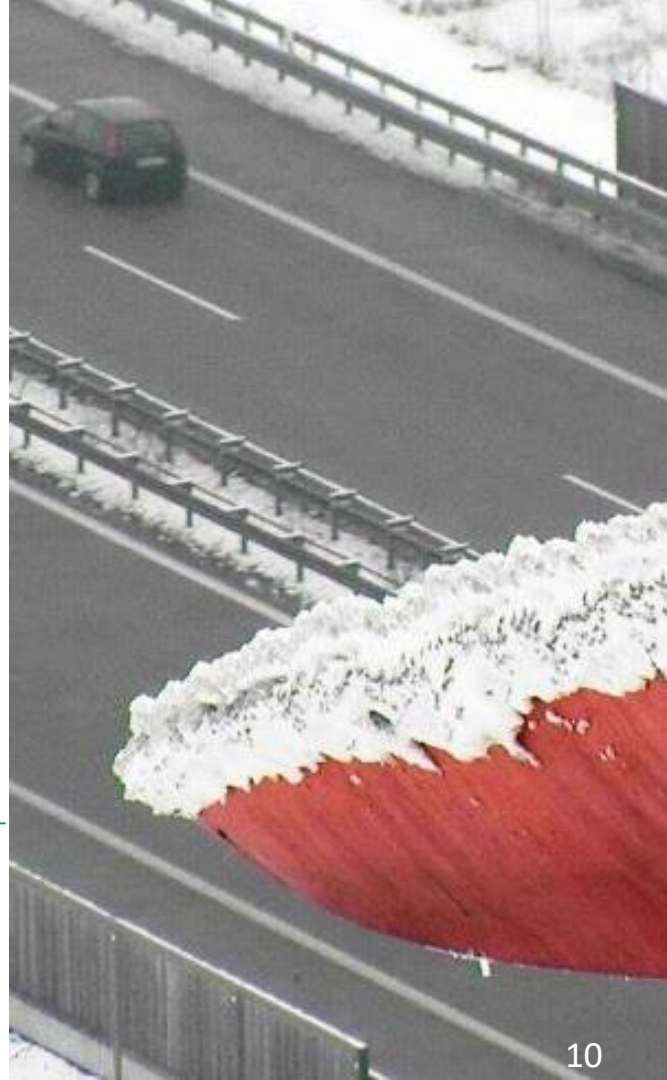
Berechnung

- Unterschied zwischen dem Verlust durch die existierende Regelung und dem fos4Blade Eissignal („Ertragspotenzial “)
- Erhöhung innerhalb des Testintervalls
- Erhöhung über ein gesamtes Jahr(2)

Ergebnisse

Park	Mittl. Jahres-Ertrag (MWh)	Mittl. Ertrags-pot.(MWh)	Erhöhung im Testintervall	Erhöhung Jahresertrag
1	3.131	128	4,1%	2,3%
2	2.587	198	7,5%	4,2%

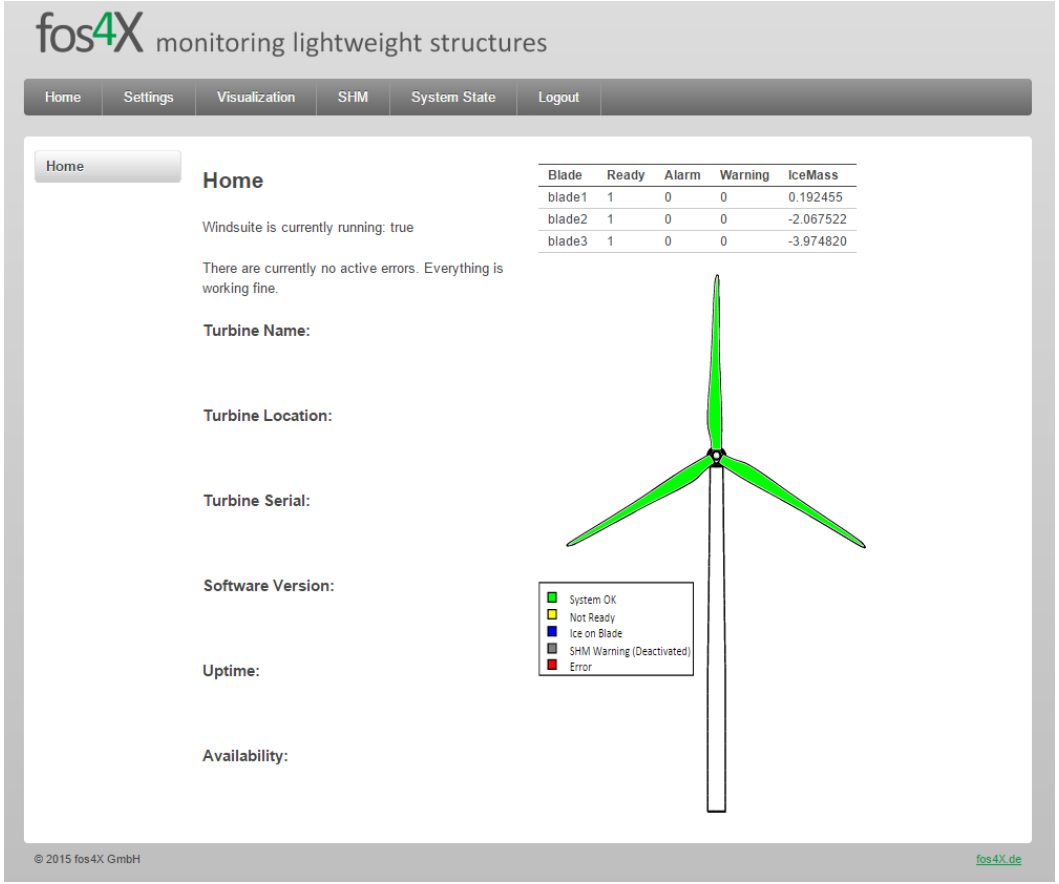
- Blattbasierte Eiserkennung erhöht den Jahresenergieertrag um typischerweise **40 MWh pro MW installierter Leistung pro Jahr**(3)



(1) November bis März (2) Basierend auf einem 10-Jahres Mittel im Inland

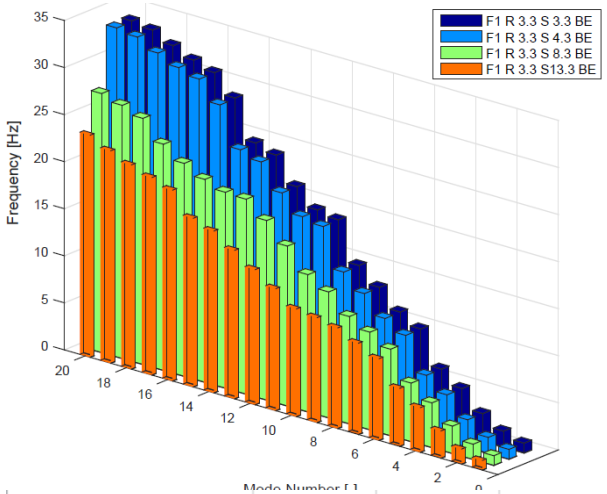
(3) Auswirkungen variieren je nach Standort

Unser integrierter Webserver ermöglicht Statusüberprüfung, Datenvisualisierung und Updates per Fernzugriff



- In jedem System verfügbar
- Zustand graphisch visualisiert
- Fernzugriff über Webinterface
- Funktioniert mit jedem Browser

Die Eigenfrequenz ist eine wichtige Messgröße für die Identifikation von Schäden



Eigenfrequency			
Nr.	Nominal	with failure	deviation
1	1.05	1.03	-2%
2	1.70	1.63	-4%
3	2.93	2.92	-1%
4	4.97	4.76	-4%
5	6.40	6.23	-3%
6	10.03	9.20	-9%
7	11.20	10.37	-8%
8	13.19	11.41	-16%
9	14.89	13.39	-11%
10	19.11	14.59	-31%

Verschiebung der Eigenfrequenz
Schwere Cracks resultieren in einer Verschiebung der Eigenfrequenz deutlich **oberhalb von 2 %**

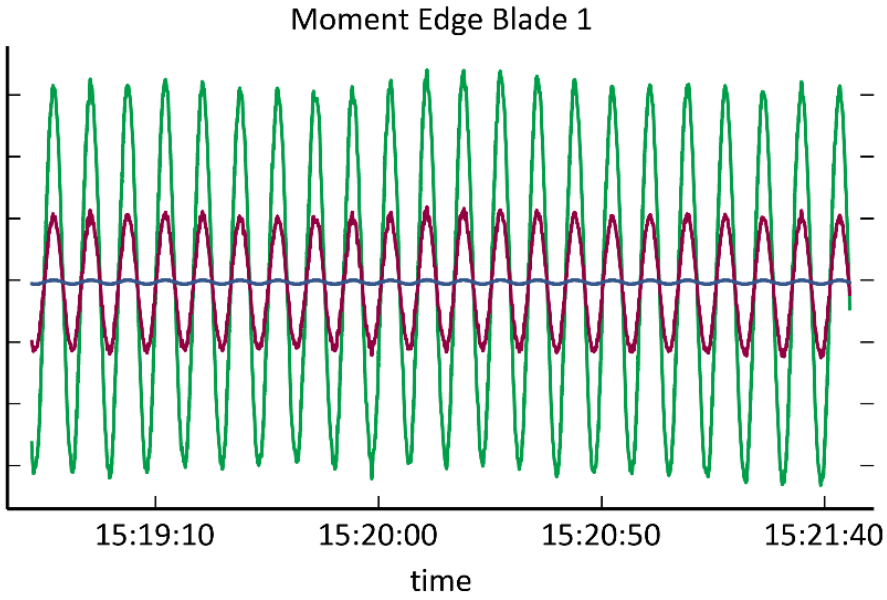
Auflösung
Die Auflösung der Eigenfrequenz mit fos4Blade liegt bei **0,1 %**

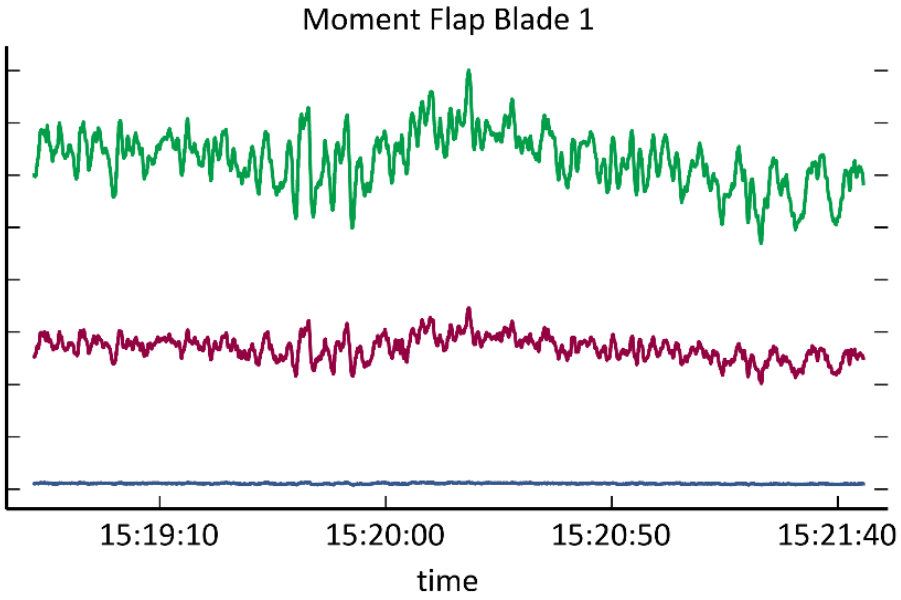
⇒ **Das System kann die modellierten Schäden mit hoher Genaugikeit erkennen**

*(Details hierüber sind im Bericht über die Parameterstudie dokumentiert, „Blade Defect Parameter Study Preliminary Results Dr. -Ing. Mark Capellaro, 13. August 2015”)

Ergebnisse einer kalibrierten Lastmessung mit verteilten fos4Strain expert Sensoren

Vergleich mehrerer Schnitte auf einem Blatt





Für weiterführende Informationen:

Bernd Kuhnle
+49 89 999542-17
bernd.kuhnle@fos4x.de