



Weidmüller 

Let's connect!

Willkommen.

Sie betreiben Windenergieanlagen.

Sie machen Betriebsführung für Windenergieanlagen.

Sie sorgen dafür, dass so viel Energie wie möglich erzeugt wird bei gleichzeitig möglichst geringem Lebensdauerverbrauch der Anlagen.

Kurz: Ihr Ziel ist es, die Anlagen optimal zu betreiben.



Weidmüller 

BLADEcontrol[®]
CONDITION MONITORING SYSTEM

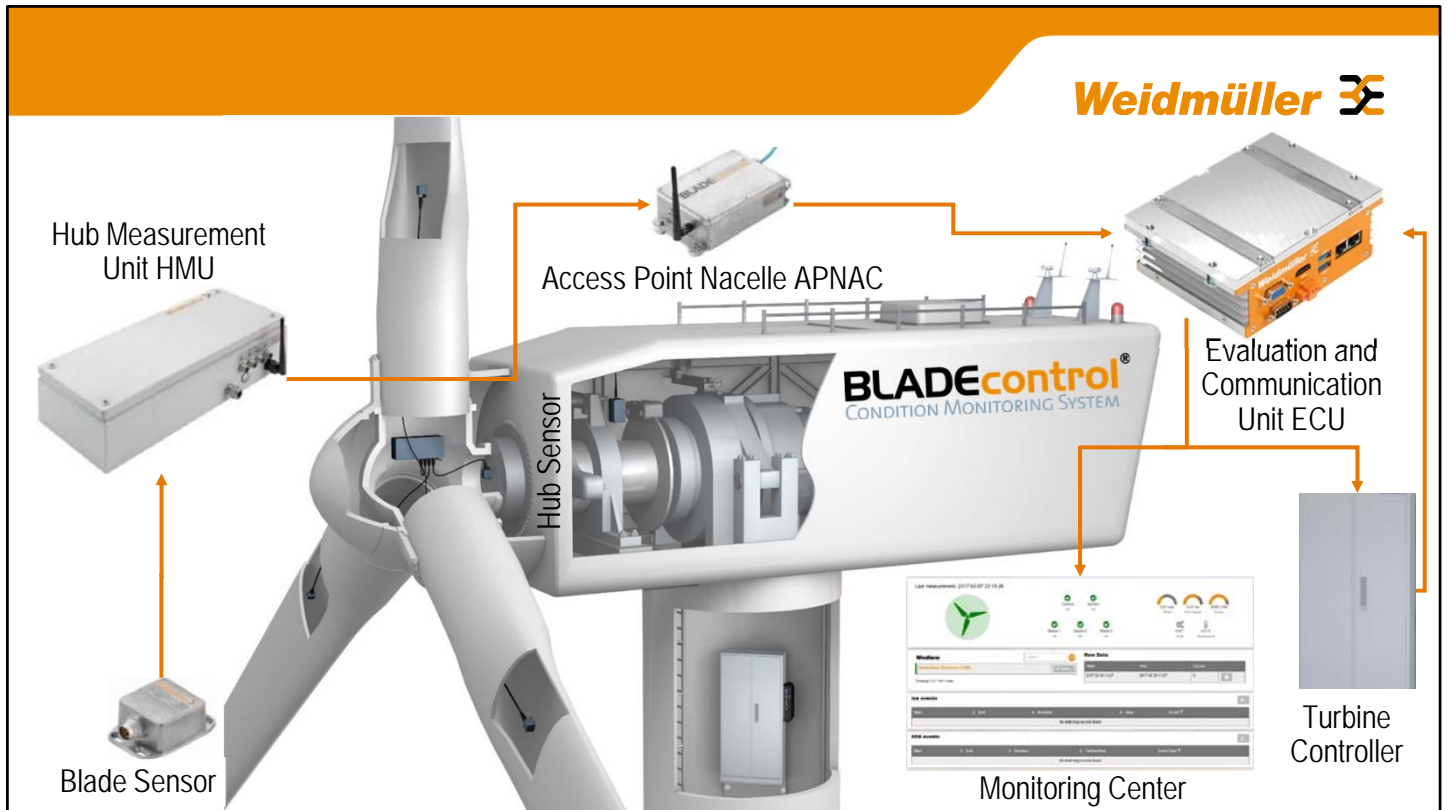
Kontinuierliche Blattüberwachung zur Ertragssteigerung Ihrer Windenergieanlage

28. Windenergietage, Potsdam, 6. November 2019

Sie können aber gar nicht alles sehen, was an Ihrer Anlage nicht optimal läuft.

Die Auflösung der SCADA-Daten ist meist so gering – Stichwort 10-Minuten-Mittelwerte, – dass kleine Suboptimalitäten an Ihnen vorbeigehen, weil sie weder in der Leistungskurve noch in den Ertragswerten zu sehen sind. Das liegt an der großen Streuung dieser Werte.

Ich zeige Ihnen heute, wie man das verbessern kann.



Ich denke, dass ich nicht allzu viel über die Funktionsweise von BLADEcontrol erzählen muss. Ganz kurz zusammengefasst handelt es sich um ein auf Beschleunigungssensoren in den Blättern basierendes Zustandsüberwachungssystem für die Rotorblätter, das ursprünglich zur Detektion von Schadzuständen und Eisansatz erdacht wurde. Die Schwingungen der Rotorblätter werden in den Blättern aufgenommen, in der Nabe digitalisiert, in die Gondel übertragen und in der Anlage ausgewertet. Die Ergebnisse werden an die Steuerung und ins Monitoring-Center übertragen, wo weitere Auswertungen vorgenommen und Trends gebildet werden.

Heute geht es nicht um die Arten von Schäden, die das System erkennen kann, sondern darum, wie BLADEcontrol die Erträge Ihrer Anlage steigern kann.

Semantisch exakt müsste man eigentlich sagen: Wie verhindert BLADEcontrol, dass Ihre Anlage unbemerkt weniger Ertrag erzeugt, als sie könnte, denn natürlich kann man den Ertrag nur steigern, wenn er derzeit nicht optimal ist.

Individuelle Abschaltung und Wiederinbetriebnahmen bei Eisansatz



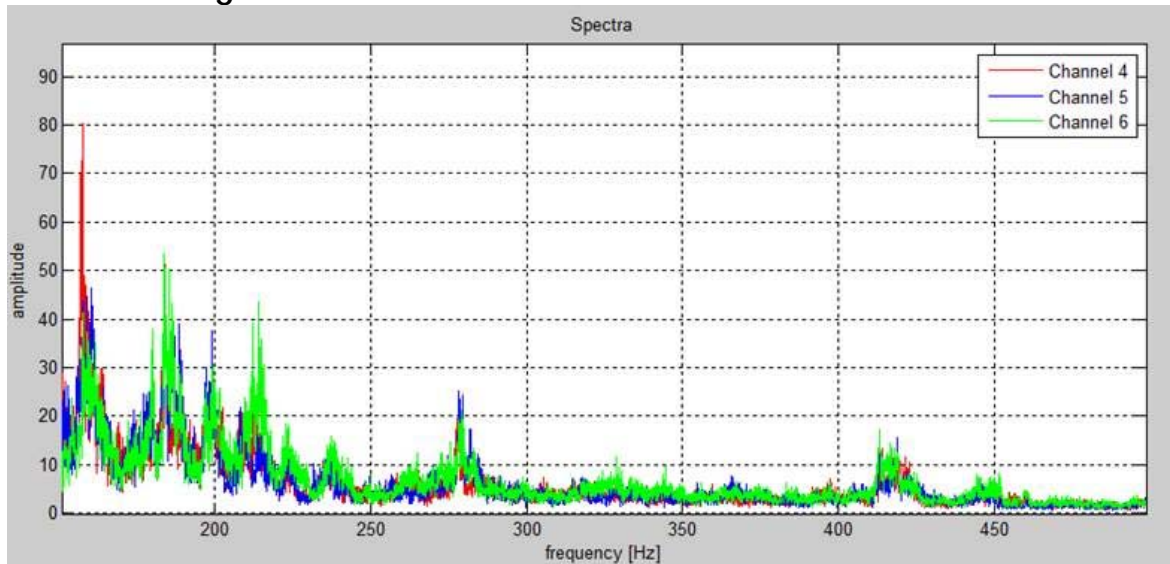
06.11.2019 Kontinuierliche Blattüberwachung zur Ertragssteigerung Ihrer Windenergieanlage | © 2019 Weidmüller Monitoring Systems GmbH | Alle Rechte vorbehalten

Zur Erläuterung ein Beispiel aus der Eisdetektion:

Das Bild zeigt fünf Anlagen im selben Park und ihre individuellen Vereisungstrends. Die Punkte, wo die Anlagen aufgrund der Dicke des anhaftenden Eises abzuschalten sind, unterscheiden sich in diesem Beispiel um bis zu viereinhalb Stunden. In viereinhalb Stunden kann man bisweilen schon eine ganze Menge Strom produzieren...

Nicht alle Anlagen auszustatten bedeutet auch, nicht alle Anlagen automatisch wieder in Betrieb nehmen zu können: Das bedeutet unnötige Stillstandszeiten und damit Ertragsverlust, der vermieden werden könnte. Das kann man auch als Steigerungspotential verstehen.

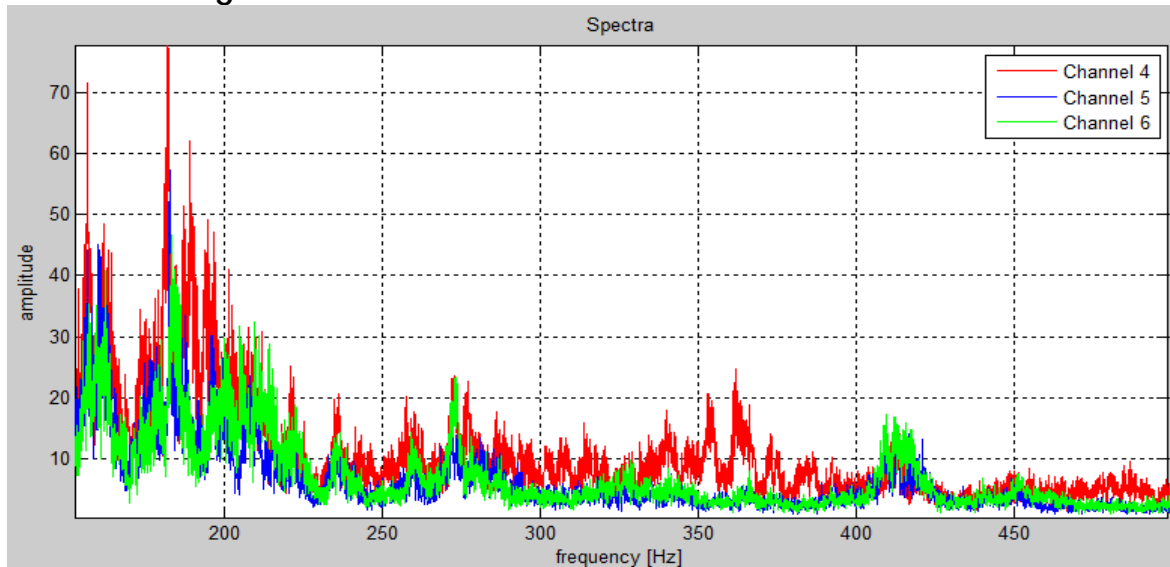
Havarievermeidung



06.11.2019 Kontinuierliche Blätterüberwachung zur Ertragssteigerung Ihrer Windenergieanlage | © 2019 Weidmüller Monitoring Systems GmbH | Alle Rechte vorbehalten

Und natürlich ist auch die rechtzeitige Erkennung von Schadzuständen eine Maßnahme zur Stillstandsvermeidung.
Hier: Blatt in Ordnung

Havarievermeidung



06.11.2019

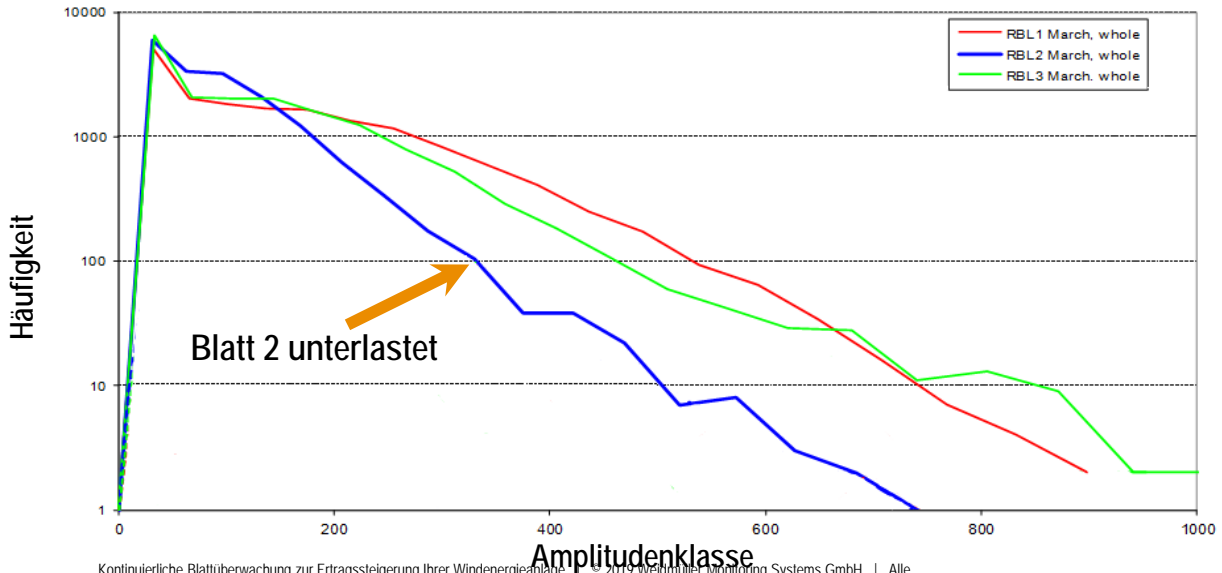
Kontinuierliche Blattüberwachung zur Ertragssteigerung Ihrer Windenergieanlage | © 2019 Weidmüller Monitoring Systems GmbH | Alle Rechte vorbehalten

Hier: Blatt nicht mehr in Ordnung.

Halbe Stunde später: Blatt abgebrochen.

Das hätte verhindert werden können, wenn man nicht zu geizig gewesen wäre, die Schadensdetektion bei uns zu kaufen.

Dynamische Lastmessung

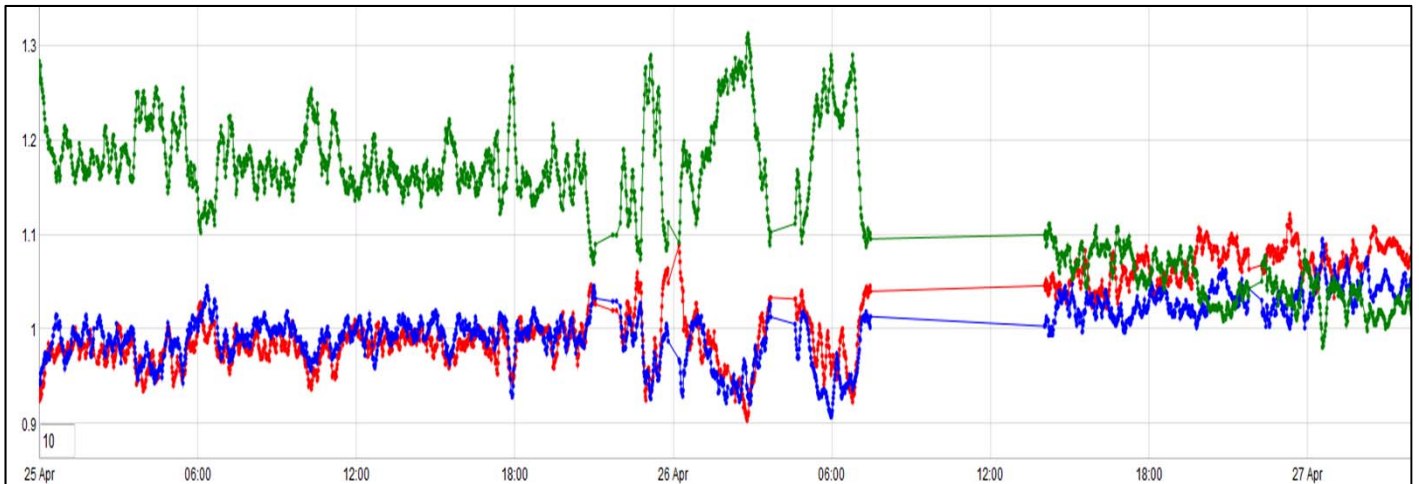


06.11.2019

Kontinuierliche Blattüberwachung zur Ertragssteigerung Ihrer Windenergieanlage | © 2019 Weidmüller Monitoring Systems GmbH | Alle Rechte vorbehalten

Dass BLADEcontrol mehr kann als Schäden und Eis zu erkennen, wissen wir schon lange: Dieses Bild zum Beispiel ist älter als zehn Jahre, hat aber nichts von seiner Aktualität eingebüßt : Das Ergebnis einer Lastaufnahme über viele Tage, das eine Ungleichbelastung der Blätter zutage förderte, welche sich als Pitchfehlerstellung entpuppte.

Pitchwinkelfehler eines Blattes

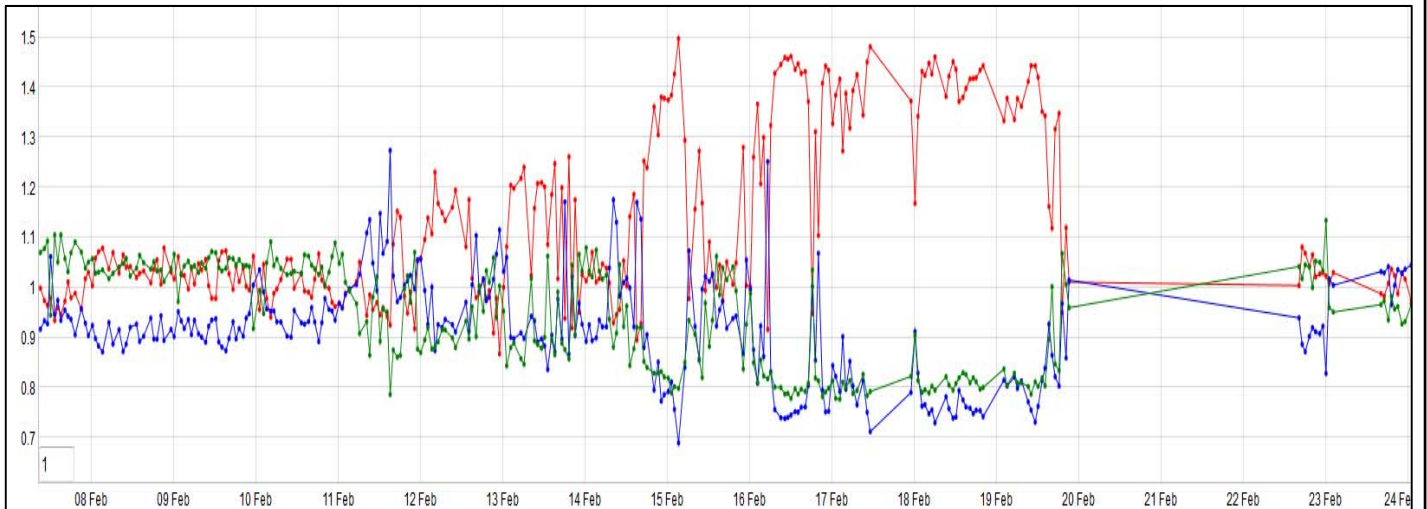


06.11.2019

Kontinuierliche Blattüberwachung zur Ertragssteigerung Ihrer Windenergieanlage | © 2019 Weidmüller Monitoring Systems GmbH | Alle Rechte vorbehalten

Mittlerweile können wir Pitchwinkelfehler auch mit angepassten Indikatoren der Schadenerkennung sehen: Der Pitchwinkelfehler an Blatt 3 (grüne Linie) gegenüber den anderen beiden Blättern betrug in diesem Beispiel 1 Grad. Diese Ansicht ist nicht über irgendwelche Parameter normalisiert worden. Daher sind die Ausschläge nicht konstant über die Zeit. Was man aber gut erkennen kann, ist, wie sich die Ausschläge nach der Korrektur (waagerechte Linienabschnitte) wieder angleichen.

Erratische Fehlstellung eines Blattes



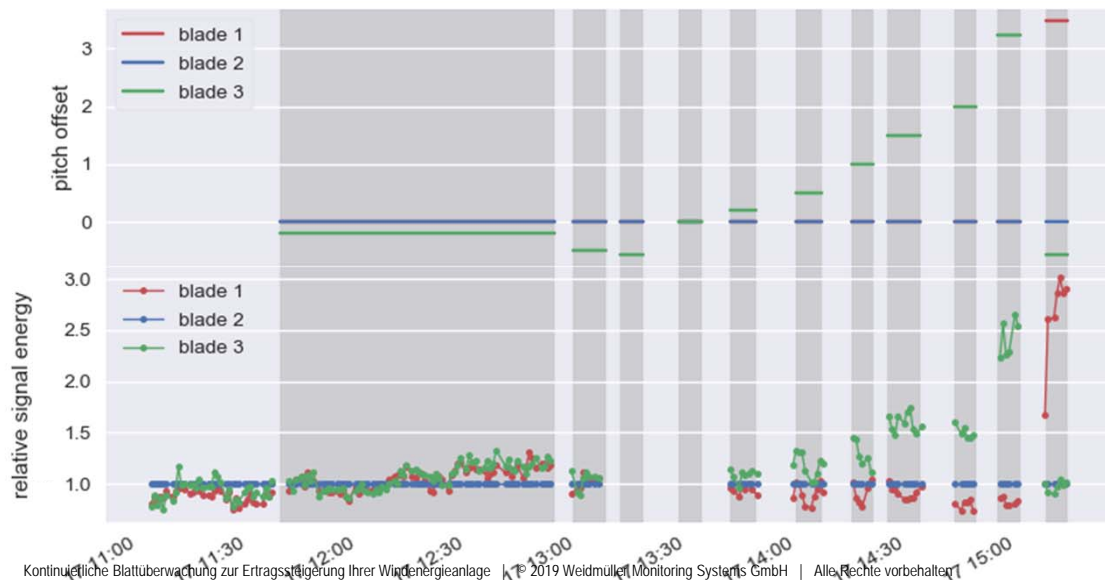
06.11.2019

Kontinuierliche Blattüberwachung zur Ertragssteigerung Ihrer Windenergieanlage | © 2019 Weidmüller Monitoring Systems GmbH | Alle Rechte vorbehalten

Übrigens ist eine Pitchfehlstellung durchaus nicht in jedem Fall statisch wie in dem Beispiel eben.

In diesem Beispiel führte ein defekter Pitchwinkelsensor zu unregelmäßigen Fehlstellungen des Blattes, die sich in zeitweise unauffälligen Signalen zeigen.

Pitchwinkel: Fehlstellung einzelner Blätter



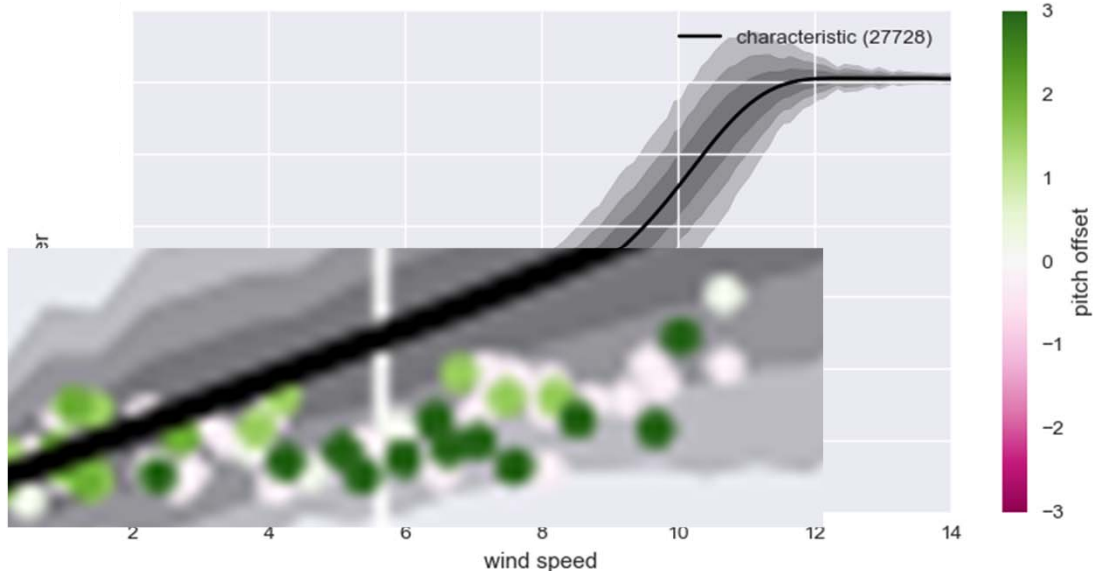
06.11.2019

Kontinuierliche Blätterüberwachung zur Ertragssteigerung Ihrer Windenergieanlage | © 2019 Weidmüller Monitoring Systems GmbH | Alle Rechte vorbehalten

Um herauszufinden, ob man Pitchfehlstellungen nicht nur identifizieren, sondern auch quantifizieren kann, haben wir einen Test mit einem Anlagenhersteller gefahren: Es wurden einzelne Blätter für kurze Zeiträume um definierte Winkel Richtung Pitch verstellt. Die Zeiträume mit Fehlstellung sind die dunkelgrauen, die hellgrauen sind die Stillstände, in denen die Pitchwinkel verstellt wurden. Man kann schon in dieser Auswertung sehen, dass die Messwerte sehr gut mit den Verststellungen korrelieren.

Wenn man die Umgebungsparameter wie Windgeschwindigkeit, Temperatur und Leistung mit in die Berechnung einfließen lässt, werden die Ergebnisse nochmals besser. Es werden Fehlstellungen bis hinunter zu 0,1 Grad erkannt.

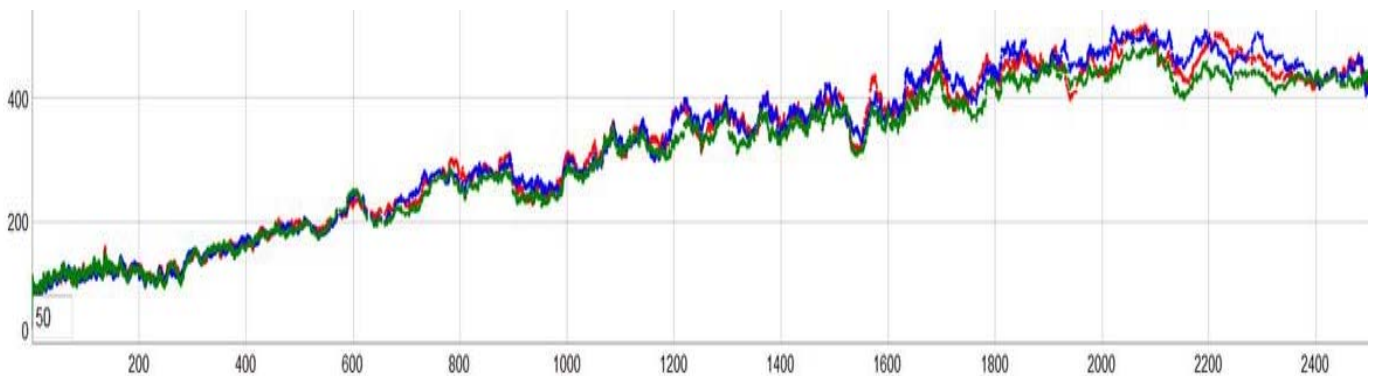
Ertragsverlust durch Pitchfehler



06.11.2019 Kontinuierliche Blattüberwachung zur Ertragssteigerung Ihrer Windenergieanlage | © 2019 Weidmüller Monitoring Systems GmbH | Alle Rechte vorbehalten

Nun sagen die gezeigten Messwerte noch herzlich wenig über den tatsächlich in solchen Situationen entgangenen Ertrag aus. Wir haben deshalb die Messwerte bei einem anderen Anlagentyp mit den Leistungskurven verglichen. Das Ergebnis zeigt, dass die Werte unter den erwarteten Leistungskurven liegen. Leider haben wir nur Messwerte bei niedrigen Windgeschwindigkeiten, weil die künstlich herbeigeführte aerodynamische Unwucht die Anlagen nicht über Gebühr belasten sollte. Hier sind wir auf Simulationen angewiesen, die Schwingungsdaten aufgrund von Blattmodellen und Windmodellen simulieren. Diese Daten werden dann von uns mit den Algorithmen ausgewertet.

Schräganströmung

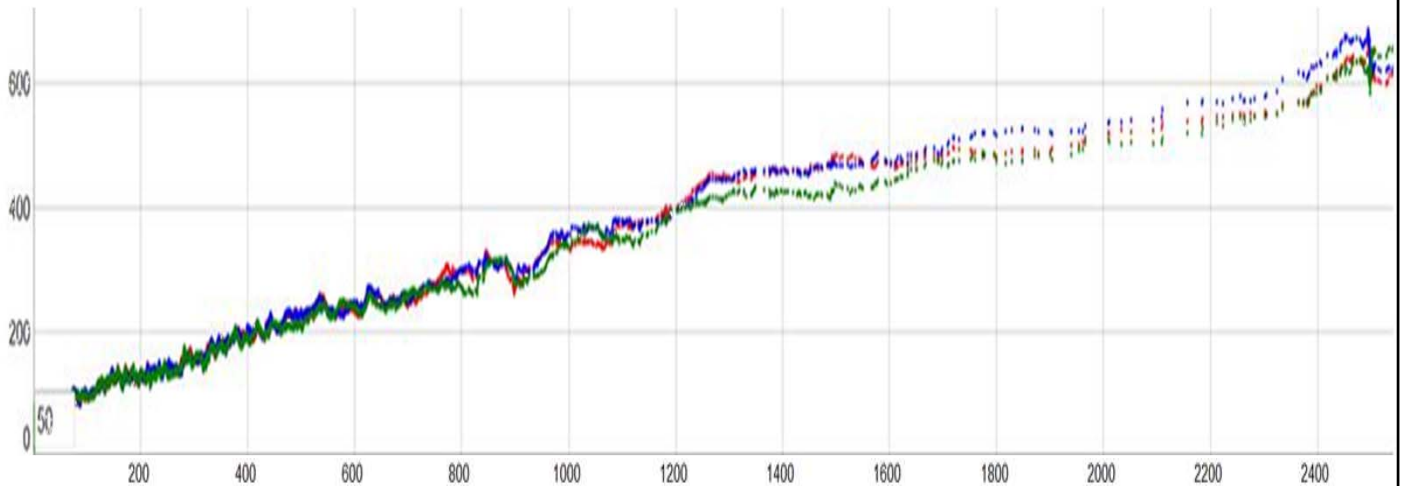


06.11.2019 Kontinuierliche Blattüberwachung zur Ertragssteigerung Ihrer Windenergieanlage | © 2019 Weidmüller Monitoring Systems GmbH | Alle Rechte vorbehalten

Neben verstellten Pitchwinkeln ist die Schräganströmung einer der Ertragsfresser. Ich habe diverse Fachartikel gesichtet und Messkampagnen anderer Unternehmen ausgewertet: Die Ergebnisse unterscheiden sich durchaus quantitativ, aber nicht sehr stark qualitativ: Etwa jede zweite WEA hat eine Schräganströmung oberhalb von 4 Grad. Nun sind sowohl die Nachfahralgorithmen der Anlagentypen unterschiedlich und es gibt auch Anlagen, die etwas schräg angeströmt werden *sollen* – aber das ist erstens nicht die Mehrzahl und zweitens in den Messkampagnen berücksichtigt.

Ich habe Ihnen hier mal ein Bild ohne Schräganströmung mitgebracht, das die Stärke der Schwingungen der drei Rotorblätter über die Leistung abträgt.

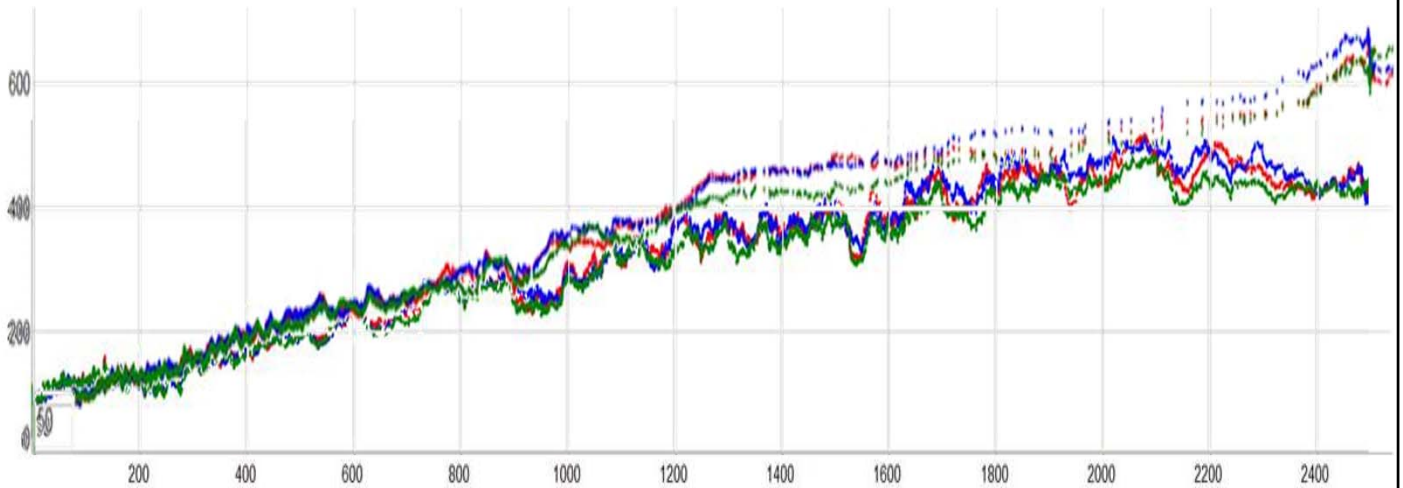
Schräganströmung



06.11.2019 Kontinuierliche Blattüberwachung zur Ertragssteigerung Ihrer Windenergieanlage | © 2019 Weidmüller Monitoring Systems GmbH | Alle Rechte vorbehalten

Dieses Bild zeigt dieselbe Anlage mit einer definierten Schräganströmung, wobei ich hier weder die Richtung noch die Stärke verraten darf. Seien Sie aber versichert, dass die Stärke so klein ist, dass Sie sie nicht wahrnehmen werden, wenn Sie sich im Windpark befinden. Und über die SCADA-Daten sehen Sie es auch nicht.

Schräganströmung



06.11.2019 Kontinuierliche Blattüberwachung zur Ertragssteigerung Ihrer Windenergieanlage | © 2019 Weidmüller Monitoring Systems GmbH | Alle Rechte vorbehalten

So richtig sehen, wie sich die Bilder unterscheiden, können Sie erst, wenn ich die Bilder übereinander lege.
Die Schwingungen sind bei Schräganströmung stärker, und die Abweichung nimmt mit steigender Leistung zu.

Und wie viel ist das jetzt in Euro?

- Ein Prozent Mehrertrag
- 3-MW-WEA
- 2.200 Volllaststunden
- 80 EUR/MWh

→ 5.280 €

Alles schön und gut. Was Sie aber am meisten interessiert: Wie viel bringt das?
Dazu hier eine kurze Abschätzung.

Übrigens: Bei einer 6 MW Offshoreanlage mit 3.800 Volllaststunden und 18 Cent pro Kilowattstunde sind ein Prozent über 40.000 EUR im Jahr – pro Anlage!

Und wie viel ist das jetzt in Euro?

- Eisdetektion: 1.000 bis 15.000 € pro Jahr
- Schräganströmung über **alle** WEA: 1,7% bis 2,1% AEP je nach Studie
- Pitchwinkelfehler: ??? € **plus** ersparte höhere Lasten
plus ersparter Lebensdauerverbrauch
- Frühe Schadendetektion = ersparte Stillstände + geringere Reparaturkosten

→ lohnt sich!

Die Studien zur Schräganströmung sind unterschiedlich in ihrer Quantifizierung der Auswirkungen.

Interessant ist aber, dass besonders kleinere Schräganströmungen, die Sie im SCADA und in der Leistungskurve nicht sehen können besonders verbreitet sind und Ihnen einen Schaden zufügen, den Sie gar nicht bemerken. Er ist aber trotzdem da!



Weidmüller 

Sie finden uns am Stand 122A am oberen Ende der Rampe.

Let's connect!

Dr. John Reimers
Weidmüller Monitoring Systems GmbH
john.reimers@weidmueller.com
M: +49 163 331 86 68