

Nachrüst- und Serienlösung für langlebigere Windenergieanlagen (WEA)

PC-based Control optimiert die Anlagenlebensdauer unterstützt durch Sensorik- und WEA-Know-how

Mitte 2020 hat die weltweit installierte Windenergiekapazität bereits die beeindruckende Leistung von 650 GW überschritten. Der langjährige erfolgreiche Einsatz von Windenergieanlagen birgt allerdings auch eine Herausforderung: In den nächsten fünf Jahren erreicht mehr als ein Drittel der installierten Anlagen in Deutschland, Dänemark und Spanien das Ende ihrer ausgelegten Lebensdauer. Entsprechend wichtig sind Optimierungsmaßnahmen zur Verlängerung der Einsatzbereitschaft, wie sie von fos4X und aerodyn als ein Retrofit für Pitch-Systeme mit integriertem Condition Monitoring der Rotorblätter entwickelt wurden.

Die Münchner fos4X GmbH ist etablierter Spezialist für datengetriebene Ansätze wie z. B. maschinelles Lernen, um Bestands- und Neuanlagen zu digitalisieren und zu optimieren. Die intelligenten Lösungen basieren auf robuster faseroptischer Rotorblattsensorik und werden in den erfolgreichsten Anlagen der aktuellen Generation genutzt. Die aerodyn Energiesysteme GmbH, Rendsburg, entwickelt als Ingenieurbüro Windenergieanlagen bzw. Rotorblätter und bietet WEA-Redesigns oder -Optimierungen sowie Lizenzen zu bestehenden Anlagendesigns an. Die Basis bildet dabei die modulare aeroMaster-Technologie, eine Dreiblattanlage mit elektrischer Einzelblattverstellung und drehzahlvariablem Generator-/Umrichtersystem.

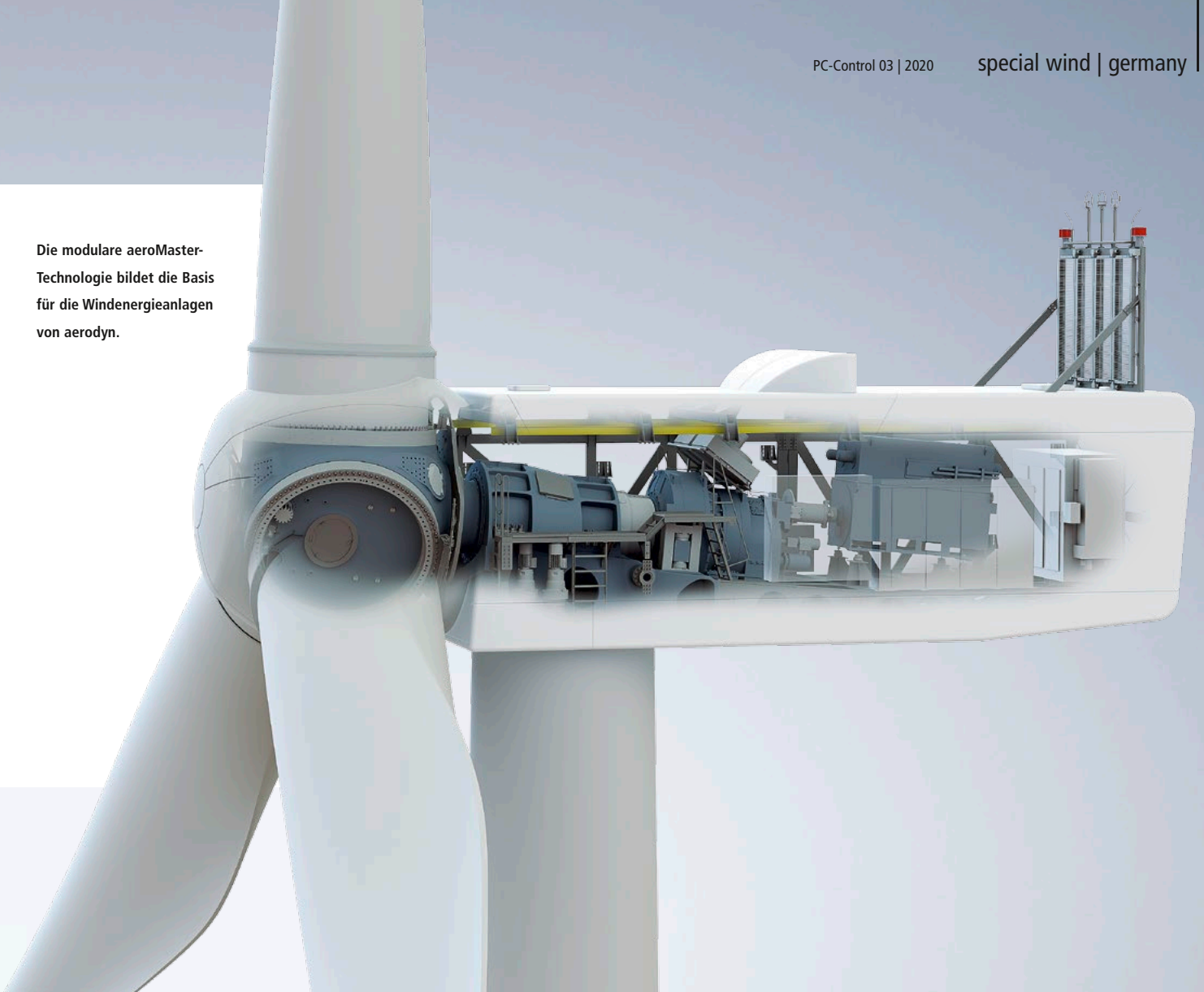
End-of-Life-Lösungen für maximale Anlageneffizienz

Sogenannte End-of-Life-Lösungen tragen dazu bei, die Lebensdauer von Windturbinen zu verlängern und den Gesamtenergieertrag deutlich zu steigern. Insbesondere an Standorten, an denen ein Repowering beispielsweise aus auflagenrechtlichen Gründen nicht infrage kommt, ist eine längere Betriebsdauer die einzige Möglichkeit zum Erhalt des Windparks. Weiterhin führt eine längere Betriebsdauer sowohl zu einer deutlich erhöhten finanziellen Attraktivität von Windenergieprojekten als auch zu sinkenden Energiekosten. Dies verdeutlichen nicht zuletzt die folgenden Zahlen zu Reparaturen und Ausfällen von Anlagenkomponenten sowie zu deren finanziellen Auswirkungen:

- Rotorblattfehler machen etwa 7 % der gesamten Fehlfunktionen von Windenergieanlagen aus. Ihre Reparaturen können Ausfallzeiten von mehreren Wochen verursachen.
- Erfahrungen in der Praxis haben gezeigt, dass die Komponenten von Windturbinen voraussichtlich früher ausfallen werden als ihre prognostizierte Lebensdauer reicht, sodass meist ein entsprechendes Reparaturbudget vorgesehen ist.
- Bei durchschnittlich 2 % der Windturbinen war über einen Zeitraum von zehn Jahren Dauerbetrieb ein vollständiger Austausch der Rotorblätter erforderlich. Die Überwachung des strukturellen Zustands der Rotorblätter gewinnt daher an Bedeutung, zumal ihre Anschaffungskosten 15 bis 20 % der WEA-Gesamtkosten ausmachen.

Letztendlich ist entscheidend, welchen finanziellen Vorteil ein Projekt zur Verlängerung der Anlagenlebensdauer generieren kann. Eine mögliche Maßnahme, um die Lebensdauer im Vergleich zur Entwurfslebensdauer zu verlängern, ist das Verringern der Lasten auf die Hauptkomponenten und damit das Erreichen von relativ mehr Lebenszeit bei gleichbleibendem Ertrag. So führt eine Reduzierung der schadenäquivalenten Lasten im Rotorblattfuß um 10 % zu einer um 50 % längeren Lebensdauer. Wenn das System z. B. im zehnten Betriebsjahr entsprechend ausgerüstet wird, beträgt die zusätzliche Lebensdauer fünf Jahre.

Die modulare aeroMaster-Technologie bildet die Basis für die Windenergieanlagen von aerodyn.



Eine umfassende Belastungsüberwachung im Windpark beispielsweise bietet eine einheitliche Sicht auf die Auswirkungen, die isolierte Ereignisse auf die Lebensdauer der Rotorblätter haben. Dieselben Indikatoren können den Betreibern als Maßstab dienen, um das unterschiedliche Verhalten der Turbinen in einem Windpark zu verstehen. Erkennbar wären somit Wake-Effekte (durch Nachlaufströmungen im Anlagenwindschatten) bei Turbinen mit höheren Ermüdungserscheinungen, Schäden durch Nachführungsschwankungen in den Eigenfrequenzen der Rotorblätter sowie Gier- und Blattverstellungsfehler aufgrund ungleichmäßiger Rotorbelastung.

Know-how in gemeinsamer Lösung gebündelt

Das Unternehmen fos4X bietet Lösungen an, um die Energiegestehungskosten von Windturbinen zu senken, und zwar durch:

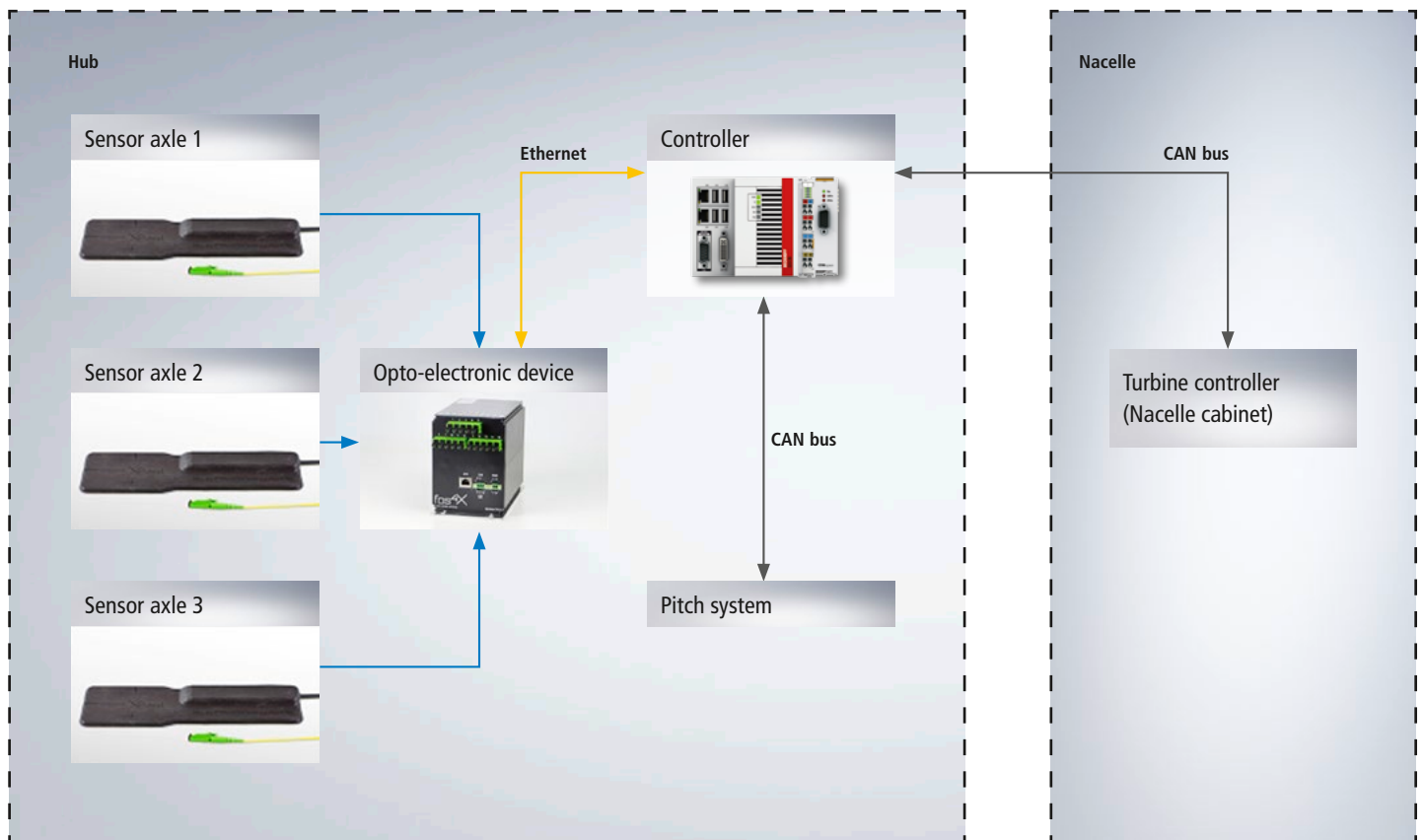
- Steigerung der jährlichen Energieproduktion,
- Senkung von Betriebskosten,
- Minimierung von Risiken im Betrieb,
- Erhöhung der Anlagenlaufzeit.

Der Fokus liegt dabei auf Sensoren und Data Analytics rund um die Rotorblätter. Bernd Kuhnle, Chief Sales Officer bei fos4X, ergänzt dazu: „Bei der gemeinsam mit aerodyn umgesetzten Lösung liefern wir die Hardware-Plattform sowie Streaming Analytics, welche die Grundlage für verschiedene Ansätze zur Be-



Für Bernd Kuhnle, Chief Sales Officer bei fos4X, spielt insbesondere die Offenheit von PC-based Control eine wichtige Rolle.

triebsoptimierung und Lebensdauererlängerung von Windenergieanlagen bilden. Hierfür werden die Windturbinen mit unserem bewährten Sensorsystem ausgestattet, d. h. im Inneren der Rotorblätter installiert und so vor Umwelteinflüssen geschützt. Die Sensoren liefern über die gesamte WEA-Lebensdauer hinweg verlässlich hochwertige Informationen.“



Einbindung der fos4X-Lösung in die Turbinensteuerung

Die Lösung wird durch die eigens von fos4X entwickelten Algorithmen autonom während des normalen Anlagenbetriebs kalibriert. Ähnlich einem digitalen Zwilling erzeugt fos4X höherwertige Daten, die für die weitere Verarbeitung notwendig sind. Die gesammelten und generierten Echtzeitdaten werden dann von aerodyn ausgelesen und über einen eigens entwickelten Ansatz zur individuellen Regelung der Anstellwinkel jedes Rotorblattes genutzt, dem Individual Pitch Control.

Zusätzlich zu dem von aerodyn entwickelten Verfahren für Individual Pitch Control bietet das System einen noch größeren Mehrwert: In der Grundversion werden nur Lasten gemessen, ergänzend lässt sich aber auch eine Lasthistorie über die gesamte Restlebensdauer des Systems generieren. Darüber hinaus werden Yaw- und Pitchfehler von fos4X über die gemessenen Lastdaten erkannt. Deren Korrektur führt zu einer höheren Energieausbeute und zu reduziertem Verschleiß. Die Lösung bietet zusätzlich die Möglichkeit, den Zustand des Blattes im Hinblick auf Schäden und Eisansatz zu überwachen. Die vollumfängliche Lösung ist somit die weltweit erste zum ganzheitlichen Monitoring von Rotorblättern, die auch als wichtige Datenquelle für digitale Zwillinge und prädiaktive Wartung dient.

Individual Pitch Control konkret umgesetzt

Für die konkrete Umsetzung müssen zunächst Daten erfasst werden. Hierzu zählen die auf die Windturbine wirkenden Kräfte, die am besten direkt an den Rotorblättern gemessen werden sollten. Zu diesem Zweck installiert fos4X seine Sensorik in den Blättern der Windenergieanlagen, wofür in der Regel nur ein Tag aufgewendet werden muss. Anschließend

lassen sich die Lastdaten kontinuierlich erfassen und an die Pitch-Regelung von aerodyn übertragen.

Dieses Nachrüstsystem stellt über den speziellen Rechenalgorithmus sicher, dass jedes Rotorblatt individuell und in Echtzeit auf die unterschiedlich auftretenden Belastungen reagiert und so die Lasten kompensiert. Dadurch kann die aufgebrachte Last erheblich reduziert werden, was sich entsprechend positiv auf den Verschleiß und die Lebensdauer der verschiedenen Komponenten auswirkt. Zum Einsatz kommt dabei das Lastregelungsverfahren aeroBalance, das die notwendigen Anstellwinkel kontinuierlich anhand der Blattlasten ermittelt. Dazu erläutert Timm Danke, Load, Tower Design bei aerodyn: „Selbstüberwachungsroutinen stellen sicher, dass die Lasten in jedem Fall reduziert werden oder zumindest nicht die Werte ohne Individual Pitch Control übersteigen. Aus diesem Grund ist keine Neuzertifizierung der Windturbine erforderlich. Ein Ändern der Regelparameter der Windturbine ist ebenfalls nicht notwendig. Das Laststeuerungsverfahren läuft über die nicht-sichere Buskommunikation zwischen dem Turbinenregler und dem Pitchsystem ab, sodass das sich bei etwaigen internen Systemfehlern der Betrieb der Windturbine durch automatische Aktivierung der Bypass-Modi aufrechterhalten lässt.“

Im Steuerungssystem integriertes Condition Monitoring

Um tatsächlich auf das Steuerungssystem der Windturbine zugreifen zu können, muss auch die Kommunikation mit diesem gesichert sein. Hier kommt – so Bernd Kuhnle – Beckhoff als strategischer Partner hinzu, wobei insbesondere die Offenheit von PC-based Control eine wichtige Rolle spielt. Denn vor allem bei den bestehenden, inhomogenen Windenergieanlagen mit Kompo-

nenten verschiedener Hersteller ist die Integration in das vorhandene System von großer Bedeutung. PC-based Control ermöglicht hier als offene Plattform und mit der Unterstützung aller marktüblichen Feldbusse wie z. B. EtherCAT, CANopen, PROFIBUS und PROFINET eine einfache und flexible Integration in jegliches System. Mit der modularen Hardware sowie der leistungsfähigen und hinsichtlich der Topologie äußerst flexiblen EtherCAT-Kommunikation kann das System optimal an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden.

Die Lösung von fos4X fungiert als EtherCAT-Slave und kann somit sehr einfach in PC-based Control integriert werden. Einbinden lässt sie sich aber ebenso gut in beliebige andere Steuerungen, sodass sowohl für den Retrofit existierender Anlagen als auch für Neuanlagen alle Wege offenstehen. Zudem lässt sich das System modular und ganz nach Bedarf durch das EtherCAT-Klemmensystem von Beckhoff erweitern, beispielsweise um die Erfassung von Dehnungen, Schwingungen oder Temperaturen.

Der von aerodyn entwickelte Regler ist als TwinCAT-TcCOM-Modul konzipiert und kann daher auf jedem Embedded- oder Schaltschrank-PC mit TwinCAT 3 ablaufen. Entsprechend einfach gestaltet sich in TwinCAT auch die Verknüpfung mit den Sensoren von fos4X. Die Erweiterung durch TwinCAT 3 Functions z. B. für OPC UA, IoT und die Datenbankanbindung ermöglicht ohne großen Aufwand die Integration z. B. in ein vorhandenes Scada-System.

weitere Infos unter:

www.aerodyn.de

www.fos4x.com

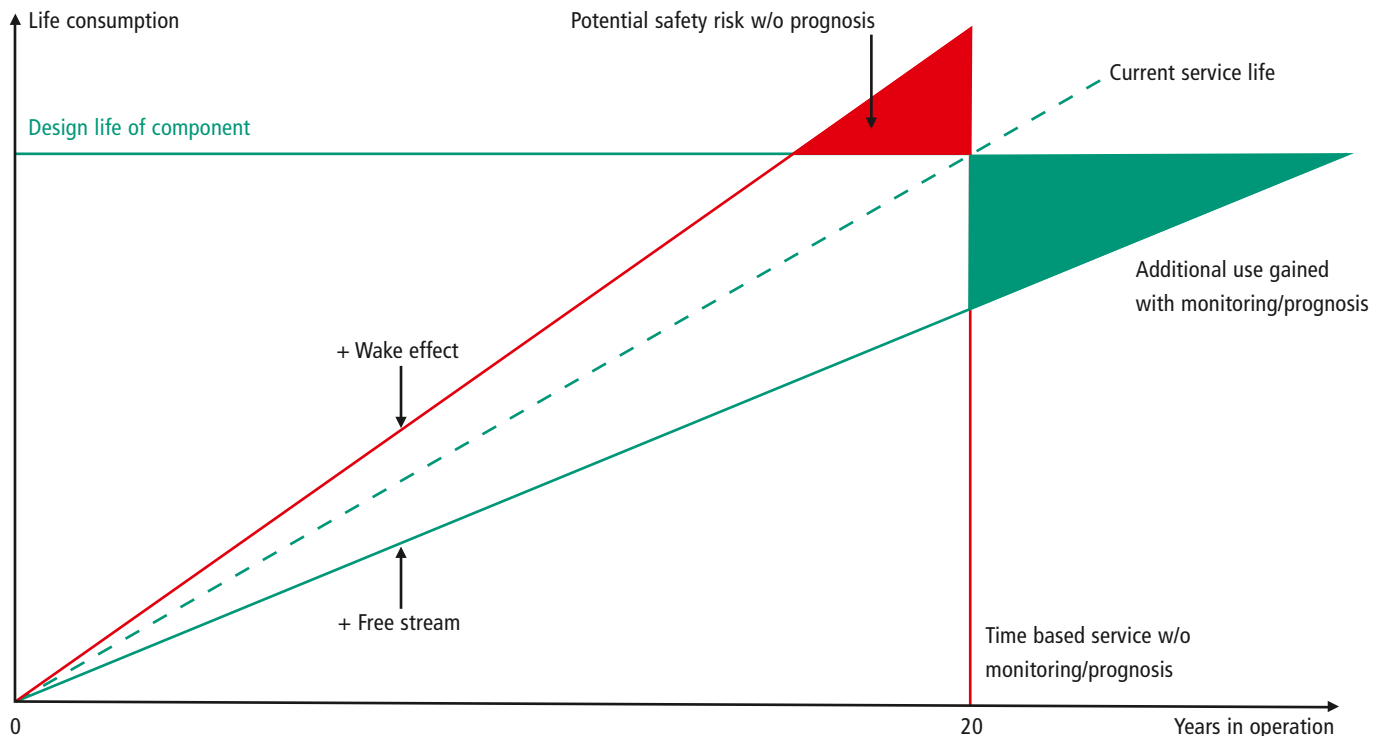
www.beckhoff.de/wind

Modernes aerodyn-Anlagenkonzept mit TwinCAT Wind Framework

Die bereits 2014 in einem ersten Projekt umgesetzte aeroMaster 5.0 von aerodyn ist die erste Windenergieanlage, bei der die Softwaregeneration TwinCAT 3 und das neue TwinCAT Wind Framework von Beckhoff eingesetzt werden. Die Steuerungssoftware auf Basis des Wind Framework unterstützt durch ihre Modularität optimal das modulare Hardware-Design der Anlage, bei dem sich beispielsweise Pitch, Umrichter und Generator von unterschiedlichen Anbietern wählen lassen. Denn Steuerungstechnologie und Branchen-Know-how werden mit dem TwinCAT 3 Wind Framework in gekapselten Modulen und einem Applikations-Template bereitgestellt. Die Module bieten umfassende Dienste für die Automatisierung von Windenergieanlagen sowie einen Echtzeitzugriff auf alle Daten und die dauerhafte Datenhaltung in einer Datenbank. Mit dem Applikations-Template steht eine modulare Architektur zur Verfügung, die dem Anwender einen schnellen Einstieg sowie effizientes und zielgerichtetes Engineering ermöglicht.

weitere Infos unter:

www.beckhoff.de/twincat-wind



Vorteile einer kontinuierlichen Überwachung mit der fos4X-Blattsensoren: verschiedene lineare Lebensdauererbräuche über die Betriebszeit einer Komponente (gestrichelte Linie), einschließlich des potenziellen Sicherheitsrisikos und des zusätzlichen Nutzens, der mit oder ohne Überwachung gewonnen wird.