Windindustrie in Deutschland

BWE BRANCHENREPORT 2021

ip INNOVATIVE PROJEKTE für den deutschen Windmarkt

Auf den folgenden Seiten präsentieren sich Unternehmen, die mit neuen Produkten, Verfahren oder Methoden für die Weiterentwicklung der Windindustrie sorgen.

Ein Auszug aus dem BWE-Branchenreport **„Windindustrie in Deutschland 2021“**

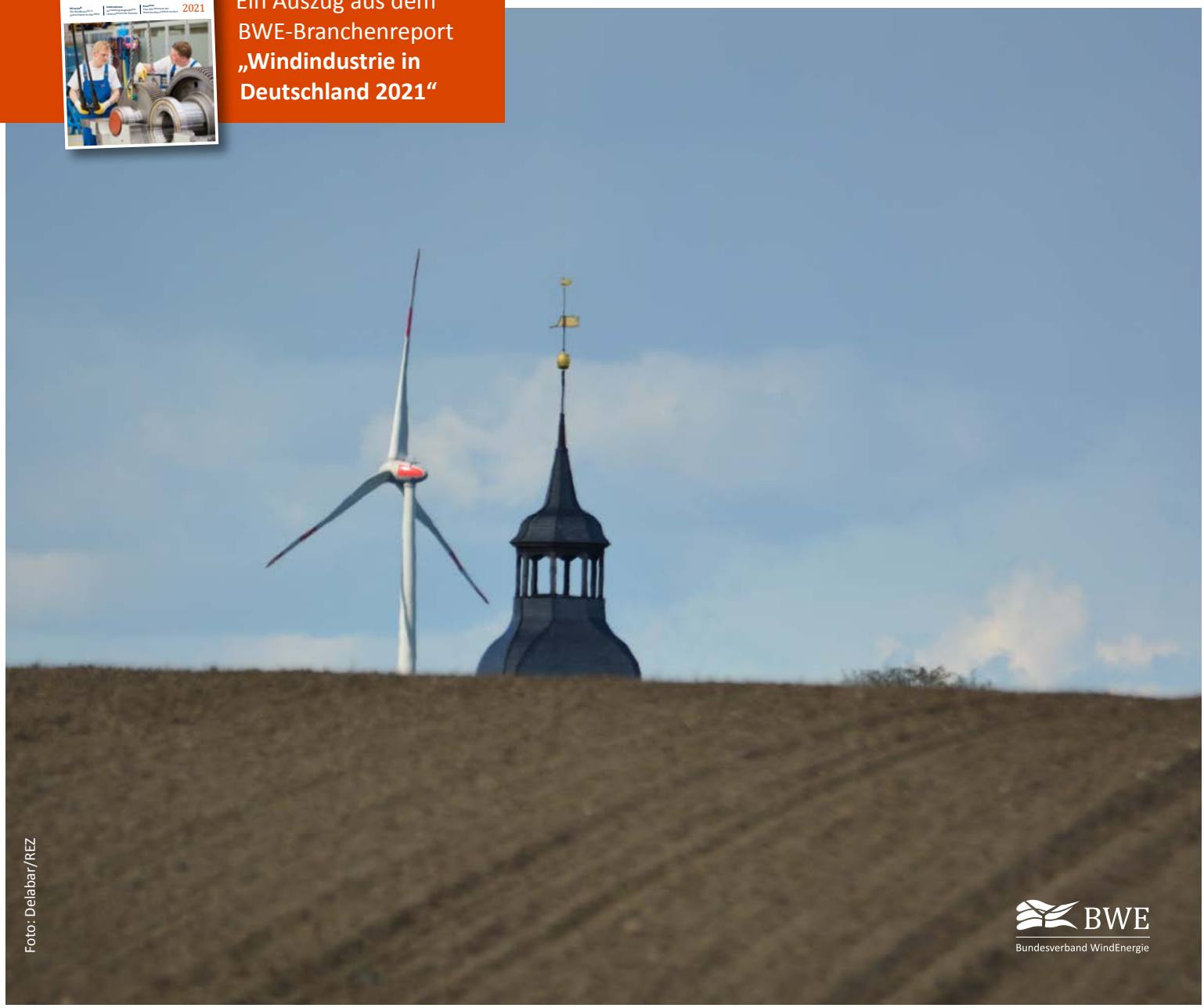


Foto: Delabar/REZ

BWE
Bundesverband WindEnergie

VORLÄUFER FÜR ERTRAGS- UND KOSTEN-OPTIMIERTE ANLAGENGENERATIONEN

ENERCONs neues Topmodell E-160 EP5 markiert den Einstieg des Unternehmens in die **große Rotorklasse mit Permanentmagnet-Generatortechnologie**. Auf ihrer Basis entwickelt ENERCON weitere Anlagentypen, die den steigenden „Cost of Energy"-Anforderungen Rechnung tragen.

ENERCONs neuer Anlagentyp E-160 EP5 ist ein wichtiger Eckpfeiler der neuen Produkt- und Marktstrategie, mit der das Unternehmen künftig noch stärker als bisher im internationalen Geschäft mitmischen will. Ein Großteil der geplanten Projekte weltweit basiert auf dieser neuen Turbine. Sie ist ENERCONs neues Topmodell mit dem größten Rotordurchmesser im Produktportfolio, die Schwachwindvariante der EP5-Plattform, zu der auch die E-147 EP5 für Standorte mit mittlerer Windgeschwindigkeit sowie die E-136 EP5 für Starkwindstandorte gehören. Im Juli 2020 wurde im Windenergietestfeld Wieringermeer in den Niederlanden der Prototyp installiert.

Prototyp der E-160 EP5 im Windenergietestfeld Wieringermeer in den Niederlanden.
Foto: Klaas Eissens

Der Prototyp der E-160 EP5 mit 4,6 MW Nennleistung wurde auf dem Testgelände auf einem modularen Stahlturm (MST-Turm) mit 120 Meter Nabenhöhe errichtet. Zu den besonderen Herausforderungen bei der Installation der ersten E-160 EP5 gehörten der Transport und das Handling der Rotorblätter. Mit ihren 78,3 Metern sind die Komponenten die aktuell längsten im ENERCON Portfolio. Zusammen mit dem Transportdienstleister wurde daher ein neues Logistikkonzept erstellt – inklusive Testverladung und Probefahrten mit dem vorgesehenen Transportequipment und einer detaillierten Streckenprüfung –, um den Direktlauf der Prototyp-Bauteile vom Werk zur Baustelle optimal vorzubereiten. Neu für ENERCON war auch das zur Einzelblattmontage verwendete Blade Hoisting Device – eine spezielle Halterung für das zu montierende Rotorblatt, die samt eingespanntem Blatt an den Kranhaken gehängt wird –, sowie das Hub Rotating Tool – ein auf den EP5-Anlagentyp abgestimmtes Montagehilfsmittel zum Drehen des Rotorkopfes während der Blattmontage.

Bei ENERCONs Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft WRD schreitet währenddessen die Entwicklung im EP5-Programm mit Hochdruck weiter voran. „Der in Wieringermeer errichtete Prototyp entspricht der E1-Version", erläutert ENERCON CTO Jörg Scholle. „Die E1 mit 4,6 MW Nennleistung ist für uns ein erster Schritt in die große Rotorklasse mit Permanentmagnet-Generatortechnologie. Wir nutzen diese Variante zur Validierung des technologischen Konzepts sowie zur Vermessung der Anlage unter Praxisbedingungen. Zugleich stellt die E1 für uns die Basis dar, auf der wir weitere Varianten mit größerer Nennleistung und Ertragsstärke entwickeln."

„Die E2 ist ENERCONs Antwort auf die weiter steigenden ‚Cost of Energy'-Anforderungen unserer Kunden. Der Kostendruck ist inzwischen in allen Marktregionen weltweit eine bestimmende Größe für die Anlagentechnologie. Wir müssen uns überall dem CoE-Diktum fügen."

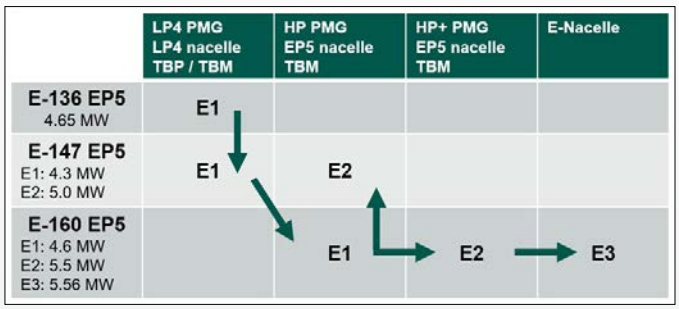
Jörg Scholle, CTO, ENERCON.

Diese Produktstrategie, die ENERCONs Streben nach niedrigeren „Cost of Energy"-Werten Rechnung trägt, konkretisiert sich im nächsten Schritt in Form der angekündigten E-160 EP5 E2. Die E2 ist die nächste Evolutionsstufe der E-160 EP5 mit einer deutlichen Performance-Steigerung: Ihre Nennleistung beträgt 5,5 MW, an Standorten mit einer Windgeschwindigkeit von 7,5 m/s in Nabenhöhe im Jahresmittel wird sie mehr als 21.534 Megawattstunden (MWh) als Jahresenergieertrag liefern. Das ist eine Steigerung gegenüber der E1 um rund 9 Prozentpunkte, die am gleichen Standort auf rund 19.615 MWh pro Jahr kommt.

Kostenoptimierte Rotornabe. Foto: Klaas Eissens

Auch für die Zeit nach der E2 haben die Entwickler bereits Ideen parat. „Wir verfolgen in der Forschung und Entwicklung kontinuierlich den Ansatz, das Anlagendesign sowie die Produktions-, Transport- und Aufbauprozesse weiter zu optimieren und zu vereinfachen, um somit zu einer weiteren Senkung der ‚Cost of Energy'-Werte beizutragen", sagt Jörg Scholle. „Das gilt auch für die EP5. Daher arbeiten wir bereits an innovativen Lösungen, die über den Entwicklungsstand der E2 hinausgehen."

Grobe Änderungshistorie der EP5 WEAs:



Neuer HP-Generator, neues Maschinenhaus-Design (schnellere Montage; mehr Gleichteile). Foto: Klaas Eissens

Projektübersicht

Initiator	**Enercon GmbH**
Zahlen, Daten, Fakten	**E-160 EP5** **Nennleistung: 4,6 MW** **Jahresenergieertrag (Windmittel 7,5 m/s): 19.615 MWh** **Nabenhöhen: 120 m, 166 m** **Länge Rotorblatt: 78,3 m** **Rotordurchmesser: 160 m** **Windklasse: IEC IIIa** **Generator: Direktangetriebener Permanentmagnet-Generator (PMG)**
Projektstatus	**Mechanische Installation abgeschlossen. Finale Inbetriebnahme am Standort Wieringermeer steht bevor. Anschließend Start F&E-Vermessungen.**
Standort	**Wieringermeer, Niederlande**

ENERCON
ENERGIE FÜR DIE WELT

Sie interessieren sich für das Projekt und wollen erfahren, wie Ihre Gemeinde oder Ihr Unternehmen davon profitieren kann? Sprechen Sie uns an. Unseren Kontakt finden Sie im **Firmenprofil auf S. 93.** ▶

ABSTRAHLREDUZIERTE BEFEUERUNGEN

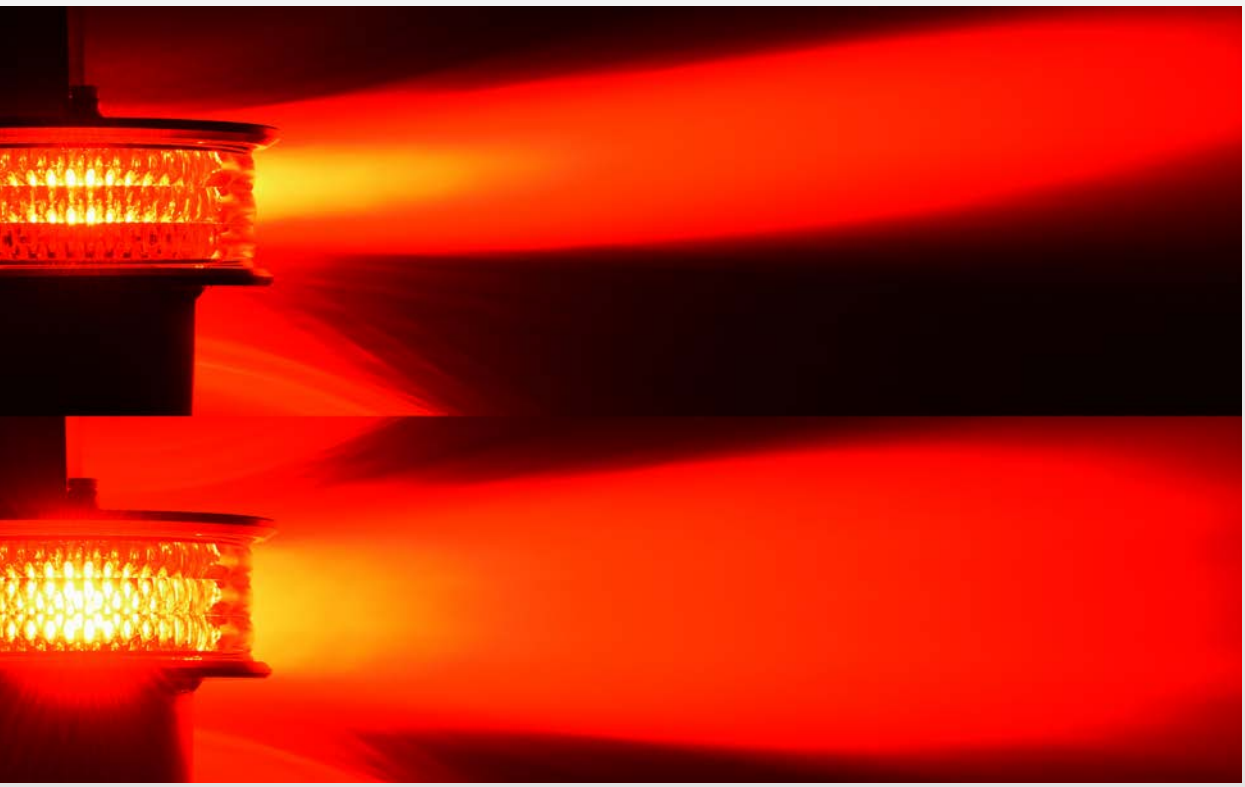
Die Akzeptanz der Windenergie hängt in hohem Maße auch von der Befeuerung ab. Nur unter Berücksichtigung dieses Aspektes kann ein weiterer Ausbau der Windenergie in Deutschland stattfinden

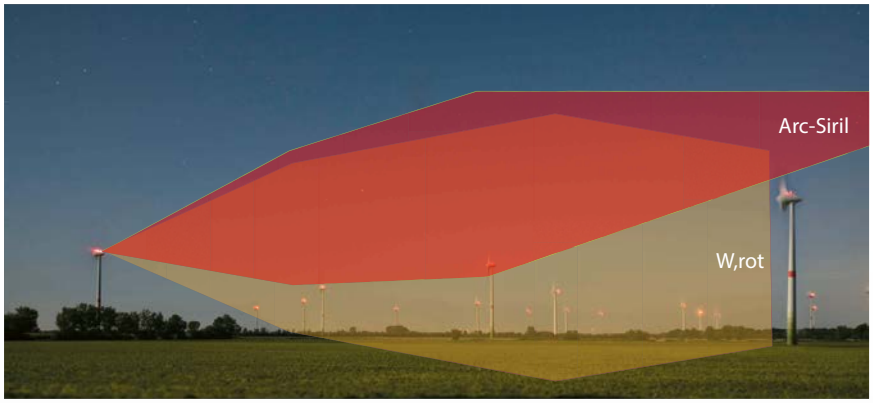
Die Anwohnerakzeptanz ist für Lanthan stets ein zentrales Leitmotiv unserer Entwicklungen und unseres Handelns. Zu unseren Erfolgen gehören die Einführung der Sichtweitenregelung und seit diesem Jahr die Einführung der Bedarfsgesteuerten Nachtkennzeichnung mittels Transpondertechnologie (BNK). In Gegenden, in denen eine Bedarfsgesteuerte Nachtkennzeichnung nicht anwendbar ist, ist eine abstrahlreduzierte Befeuerung eine anwohnerfreundliche Alternative.

Das Abstrahlreduzierte Befeuerungssystem ARC-SIRIL, ein Acronym für „Aviation Regulation Confomal Surface Intensity Reduced Intelligent Lighting" setzt durch ein anderes Funktionsprinzip an unser Leitmotiv an.

Die Befeuerung einer Windenergieanlage dient der Aufrechterhaltung der Sicherheit des Luftverkehrs. Die Anforderungen werden international von der ICAO definiert und von den jeweiligen Ländern in nationale Richtlinien überführt. In Deutschland wird dies durch die „Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen" geregelt.

Die Nachtkennzeichnung von Windenergieanlagen erfolgt dabei üblicherweise mit zwei Mittelleistungsgefahrenfeuern und einer oder mehrerer Turmebenen aus in der Regel je vier Feuern mit Hindernisfeuern. In Deutschland wie auch in einigen Nachbarländern kommt dabei das Feuer W, rot als Sonderweg zum Einsatz. Diese





Befeuerung verfügt über eine deutlich geringere Intensität, allerdings bei einer erheblich größeren Abstrahlung unterhalb des Horizontes in Richtung Boden.

Für die Entwicklung unserer abstrahlreduzierten Lösung ARC-SIRIL wurde zunächst der notwendig auszuleuchtende Raum analysiert. Anschließend wurde aus dem Zusammenwirken von Gondel und Turmbefeuerung die optimale Lichtabstrahlung bestimmt. Folgende Neuerungen konnten so erreicht werden:

- Es wird nur noch der relevante Luftraum durch das Kennzeichnungssystem beleuchtet.
- Piloten erreicht die sicherheitsrelevante Helligkeit der Befeuerung.
- Anwohner von Windparks werden von unnötigen Lichtemissionen verschont.

Die verminderten Lichtimmissionen in den Abend- und Nachtstunden, welche die Erdoberfläche erreichen, sorgen für eine nahezu Unsichtbarkeit der Windenergieanlagen in diesem Zeitraum. Die Grafik oben veranschaulicht die Wirkungsweise.

Es wird sehr deutlich, dass nicht nur insgesamt weniger Abstrahlung auf der Erdoberfläche auftritt, sondern auch, dass der für Anwohner relevantere Luftraum, hier dargestellt durch Häuser, vom Abstrahlwinkel nicht erfasst wird. Für sie ist die Hindernisbefeuerung so gut wie nicht mehr zu sehen. Das von Anwohnern monierte Blinken der Feuer wird somit unrelevant. Jedoch für Piloten bleibt bereits aus einer leicht erhöhten Position das Erkennen der Windenergieanlagen weiterhin mit unbeeinträchtigter Helligkeit sichtbar.

Fazit

Abstrahlreduzierte Systeme sind eine wirtschaftliche und anwohnerfreundliche Ergänzung zur Bedarfsgesteuerten Nachtkennzeichnung, welche auch auf andere nationale Richtlinien adaptierbar sind.
Das System läuft auf einer Einzelanlage am Bremer Kreuz und wird aktuell in Windparks im Raum Paderborn aufgebaut.

Location
Jakobistr. 25A, 28195 Bremen
Tel.: +49 (0)421 696465-0
Fax: +49 (0)421 696465-11
E-Mail: info@lanthan.eu
www.lanthan.eu

LANTHAN

Sie interessieren sich für das Projekt und wollen erfahren, wie Ihre Gemeinde oder Ihr Unternehmen davon profitieren kann? Sprechen Sie uns an. Unseren Kontakt finden Sie im
Firmenprofil auf S. 111. ▶

AKKU-DREHMOMENTSCHRAUBER MAD-S: INDUSTRIE 4.0 UND 1%-GENAUIGKEIT

M-PT Matjeschk-PowerTools hat einen sensorgesteuerten Akkuschrauber entwickelt. Maximale Prozesssicherheit wird durch das Einbinden in das Werkerleitsystem **ProTight™** sowie auch **BoltPilot®** gewährleistet.

Die neueste Entwicklung der Schraubtechnik auf dem Markt verspricht höchste Ergonomie, Arbeitssicherheit und Genauigkeit bei allen Schraubmontagen in der Windindustrie. Beim sensorgesteuerten Akku-Drehmomentschrauber MAD-S befindet sich der Drehmomentsensor am Getriebeausgang. Die Drehmomentgenauigkeit bleibt unberührt vom fortschreitenden Getriebeverschleiß. Anders ist es bei herkömmlichen sensorgesteuerten Schraubern, deren Drehmomentsensor sich in der Antriebsmaschine vor dem Getriebeeingang befindet. Denn diese werden mit Gebrauch des Schraubgerätes ungenau. Verschlissene Getriebeteile beeinflussen dabei das Verschraubungsergebnis.
Der MAD-S hat eine Genauigkeit von ±1,0 % über einem Drehmomentbereich von 70–1.400 Nm. Weitere Schraubermodelle bis 7.000 Nm sind derzeit in der Entwicklung.

Schraubfachingenieur (DSV)® Felix Hebestreit und Hard-/Software-Entwickler Peter Mirtschink bei einer Schraubfallanalyse vor Ort.

Sensorgesteuerter Akkuschrauber der Serie MAD-S.

Die Vorteile des MAD-S

- Sensorgesteuerte Drehmomentabschaltung über Dehnmessstreifen (DMS) am Vierkant
- Sensorgesteuerter Drehwinkelanzug
- Geeignet für Verschraubungen nach Kategorie A gemäß VDI/VDE 2862-2
- Digitales Einstellmenü
- Bürstenloser Elektromotor
- Einstellbare automatische Lastfreischaltung
- Inklusive Dokumentationssystem und Prüfprogramm

Mithilfe des von M-PT entwickelten Prüfprogramms kann der Akkuschrauber MAD-S Schraubverbindungen ohne ein Weiterdrehen der Schraube überprüfen. Das verhindert ein Überdrehen bereits fester Verbindungen.

Verschraubung im Werkerleitsystem ProTight™ mit Akkuschrauber MAD 20.

Vertikalflanschverschraubung im Turm mit sensorgesteuertem Akkuschrauber MAD 7-S.

ProTight™ Werkerleitsystem
In Kooperation mit der Entwicklungsabteilung von ProTight™ wurde die Elektronik des MAD-S hinsichtlich aller Kriterien und Anforderungen des Werkerleitsystems programmiert. Diese Software wird insbesondere an Montagearbeitsplätzen in der Produktion von Windenergieanlagen eingesetzt. Je nach Ausstattung werden IO-/NIO-Verschraubungen an großen LED-Signalleuchten angezeigt, das Verschraubungsergebnis als Barcode ausgedruckt und auf dem Bauteil angebracht. Des Weiteren können die zu bearbeitenden Schraubstellen als Bild oder Video auf dem Monitor angezeigt werden. Die ProTight™-Software kommuniziert dabei via Bluetooth mit dem Schraubgerät und übermittelt einzelne Drehmoment-/Drehwinkelwerte von Schraube zu Schraube.

BoltPilot® für den Einsatz auf der Baustelle
Für den Aufbau und die Wartung von Windenergieanlagen wurde der sensorgesteuerte Akkuschrauber MAD-S zusätzlich in die Software BoltPilot® eingebunden, da auf der Baustelle Monitore selten vorhanden sind. Alle Schraubvorgänge werden dokumentiert und mit BoltPilot® in einer Cloud abgespeichert. Der Montageleiter kann zeitgleich von einem anderen Ort die dokumentierten Verschraubungswerte einsehen. Dies erleichtert die Kommunikation zwischen dem Montageleiter und den Monteuren auf der Baustelle.

Fazit

Durch den Einsatz von Dehnmessstreifen am Getriebeausgang eines Schraubgerätes wird eine Genauigkeit von ±1,0 %, auch bei fortschreitendem Getriebeverschleiß, sichergestellt. Schraubverbindungen werden sicher und reproduzierbar hergestellt. WEA-Hersteller und deren Servicefirmen bringen gegenüber dem Kunden und der Qualitätssicherung den bestmöglichen Nachweis, dass alle Schrauben im vorgeschriebenen Bereich angezogen bzw. gewartet wurden.

Drehmomentschrauber mit ProTight™ auf einen Blick

- Akkuschrauber MAD (30–7.000 Nm)
- Sensorgesteuerter Akkuschrauber MAD-S (70-1.400 Nm)
- Elektroschrauber MED (65–11.000 Nm)
- Sensorgesteuerter Elektroschrauber MED-S (65–11.000 Nm)
- Elektroschrauber E-RAD BLU (135–16.500 Nm)
- Sensorgesteuerter Elektroschrauber E-RAD BLU-S (135–16.500 Nm)

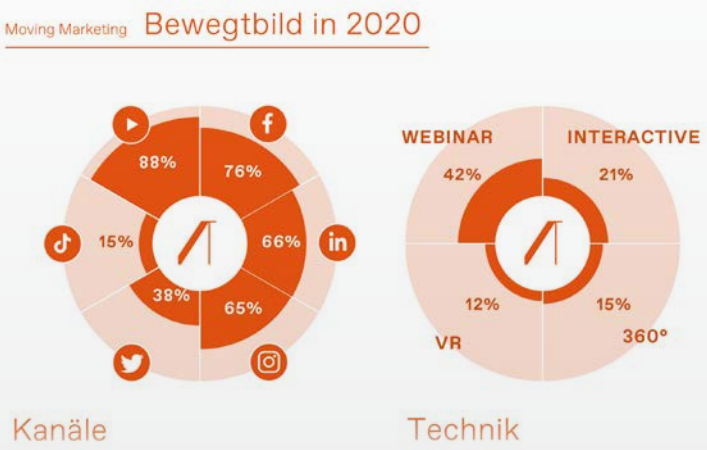
Projektübersicht

Initiator	**M-PT Matjeschk-PowerTools GmbH & Co. KG**
Durchführung	**M-PT Matjeschk-PowerTools GmbH & Co. KG, De Jaeger Automation BVBA und Texas Controls S.L.**
Zahlen, Daten, Fakten	**Entwicklung und Vertrieb sowie Vermietung von Drehmomentschraubern (Akku, Elektro, Pneumatik) und hydraulischen Schraubsystemen (Hydraulikschrauber, Spannzylinder und Aggregate). Reparatur und Kalibrierung aller Schraub-/ und Spanntechnik (auch anderer Hersteller).**
Projektstatus	**auf dem Markt seit April 2020**

Sie interessieren sich für das Projekt und wollen erfahren, wie Ihre Gemeinde oder Ihr Unternehmen davon profitieren kann? Sprechen Sie uns an. Unseren Kontakt finden Sie im **Adresseintrag auf S. 255.** ▶

MOVING MARKETING – VERTRIEB IN BEWEGUNG

Moving Marketing steht für den interaktiven Austausch von Wissen und für ein **durchgängiges Konzept digitaler Kommunikation**. Der Rezipient ist nicht mehr in der Rolle, Informationen nur aufzunehmen, er interagiert.



Marketing und Vertrieb – eine Einheit
Im *Moving Marketing* wachsen Marketing und Vertrieb noch enger zusammen. „Kunden suchen“, der altbekannte Weg der Neukundengewinnung, erweist sich als zunehmend arbeitsintensiv und zeichnet sich aus Marketingsicht durch hohe Streuverluste aus. *Moving Marketing* verändert die Neukundengewinnung fundamental, denn hier geht es darum, „gefunden zu werden“!

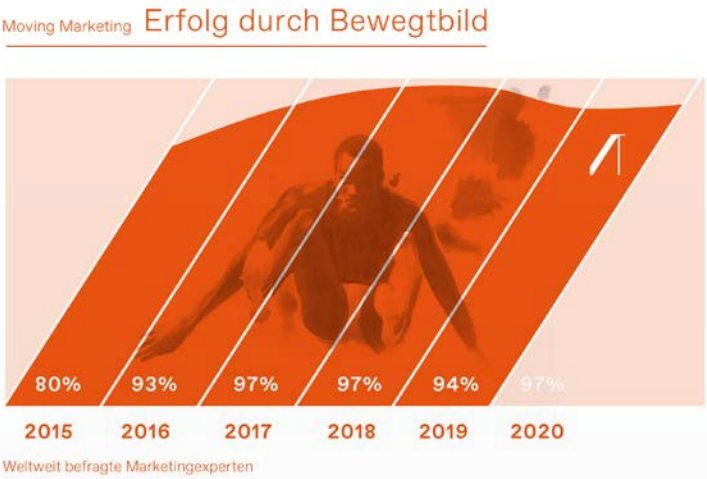
Bedarfsgerechte Kommunikation
Die digitalen Kommunikationswege erlauben, mehrere Zielgruppen auf einmal bedarfsgerecht anzusprechen. SEO, SEA und Social-Media-Plattformen schaffen bei überschaubaren Budgets eine hohe Sichtbarkeit. Gleichzeitig lässt sich präzises Zielgruppen-Marketing betreiben und der Erfolg einer Kampagne bis ins kleinste Detail nachvollziehen. Insbesondere bei Unternehmen der erneuerbaren Energien ist die Ansprache aufgrund der Vielfalt der Zielgruppen eine große Herausforderung. Das konnte die Nölting GmbH in den vergangenen 10 Jahren bei der Beratung unterschiedlichster Unternehmen aus der Branche analysieren und auswerten.

Das *Moving Marketing* fördert gezielt die Interaktion der User mit Medium, Botschaft und Inhalt. Darüber hinaus werden die unterschiedlichsten digitalen Sozial- und Informationsmedien in einem Gesamtkonzept gebündelt. Vorbei sind die Zeiten langweiliger und einseitig kommunizierender Newsletter!

Der *Moving Letter* bietet Interaktion zwischen Zielgruppe und Experten. Das *Moving Magazin* macht Botschaft und Wissen digital erlebbar. Unternehmenswebseiten erhalten interaktive Module. Eine enge Verknüpfung der Unternehmenskommunikation mit den erfolgreichen Plattformen YouTube, Facebook, Instagram oder LinkedIn wird zum potenzierenden Standard. Die Relevanz dieser Art der Inhaltsvermittlung hat nicht zuletzt eine Forbes-Studie bestätigt: 90 Prozent der Führungskräfte in US-Unternehmen sehen sich produktrelevante Videos auf YouTube an.

„Move out of your comfort zone“

Vincent Nölting



Design-Kommunikation
Beim Einsatz des *Moving Marketing*s spielt das Design eine bedeutsame Rolle. Es reicht nicht mehr aus, Bilder und Farbwelt in ein Design zu überführen. Es bedarf der konzeptionellen und technischen Fähigkeit, die Unternehmenskommunikation in Bewegung zu versetzen, um dem Benutzer während der Vermittlung von Markeninhalten ein Erlebnis zu verschaffen (UX).

Implementierung und Vorteile
Moving Marketing ist die Kombination zwischen User experience, bewegten Bild- und Designelementen und der dazugehörigen Textwelt. Dabei rückt neben den technisch relevanten Aspekten der Spaß in den Vordergrund.

Technische Produkte oder Dienstleistungen werden bisher meist statisch und anhand von Fakten beschrieben. Das *Moving Marketing* bietet die Möglichkeit, komplexe und fachspezifische Inhalte auch Einkäufern und Entscheidungsträgern zugänglich zu machen, die nicht über das nötige technische Fachwissen verfügen. Aus einem komplizierten Fachartikel wird greifbarer Wissenstransfer.

So stärkt das *Moving Marketing* durch einen ganzheitlichen digitalen Ansatz den Absatz und unterstützt langfristigen Erfolg.

Fazit

Das *Moving Marketing* ist die nächste Generation der Kommunikation. Es ermöglicht der vielseitigen Zielgruppe der Erneuerbaren Energien, Informationen nicht nur zu konsumieren, sondern sich mit ihnen zu verbinden. Es vermittelt Emotionen und Werte auf Basis eines einheitlichen digitalen Vermarktungskonzeptes.

Projektübersicht

Initiator	**Nölting GmbH, Experten für vertriebsunterstützende Kommunikation**
Durchführung	**Nölting GmbH und Nölting Network**

Moving Marketing Nölting GmbH

Sie möchten *Moving Marketing* in Ihre Marketing- und Vertriebskommunikation integrieren? Dann sprechen Sie uns an. Unseren Kontakt finden Sie im **Firmenprofil auf S. 178.** ▶

EFFIZIENTE ROTORBLATTÜBERWACHUNG

Betreiber sehen sich mit der Herausforderung konfrontiert, die Effizienz ihrer Windenergieanlagen stetig weiter erhöhen zu müssen. Dabei rückt das Rotorblatt in den Fokus, das neben den größten Herausforderungen auch Chancen birgt.

Bei der Entwicklung von Überwachungslösungen für Windenergieanlagen (WEA) ist in den letzten Jahren das Rotorblatt deutlich in den Mittelpunkt gerückt. Zum einen möchten die Betreiber wissen, ob es Ereignisse gegeben hat, die dem Rotorblatt schaden könnten. Zugleich werden die gemessenen Daten immer häufiger zur Anlagensteuerung verwendet. Idealerweise kommt daher eine Lösung in der WEA zum Einsatz, die unterschiedliche Bereiche des Rotorblatts kontrolliert und zudem offen für zukünftige Erweiterungen ist.

Das Blade Intelligence-System von Phoenix Contact kombiniert deshalb die Verfahren zur Blitzmessung, Eiserkennung und Lastüberwachung. Dabei ist die Lösung so ausgeprägt, dass der Betreiber nur die Funktion(en) auswählen kann, die er tatsächlich benötigt. Wünscht er zu einem späteren Zeitpunkt eine Erweiterung des Systems, lässt sich dies einfach realisieren.

„Die Eissensoren werden mit einer Folie auf das Rotorblatt aufgeklebt. Sie verfügen über eine Solarzelle und einen Speicher, sodass sie selbst in schattigen Regionen bis zu 1000 Stunden autark arbeiten können."

Oliver Pukall, Industriemanager Erneuerbare Energien

Die Lösung zur Eiserkennung ist in mehreren Ausbaustufen erhältlich. Je nach Erfordernis und regionaler Lage kann der Betreiber zwischen einer einfachen Eisdetektion wählen, welche die Anlage stoppt, wenn sich Eis auf den Rotorblättern befindet. Darüber hinaus steht ein Restart-Verfahren zur Verfügung, das die WEA selbstständig wieder anfährt, sofern kein Eis mehr auf den Blättern vorhanden ist. Das Basiskonzept lässt sich jederzeit zu einer Restart-Lösung ausbauen.

Das Blitzmesssystem LM-S wurde bereits in vielen WEA montiert. Es ermöglicht die Messung von Blitzen, die in die Ableiter der Rotorblätter einschlagen. Aus den erfassten Daten lassen sich wertvolle Informationen für den Service gewinnen. Auf deren Grundlage wird beispielsweise entschieden, ob und wann ein Flügel genauer untersucht werden muss. Blattwartungen sind also besser planbar und die Servicetechniker wissen schon vor ihrem Einsatz, was sie auf der WEA erwartet. Durch die Kombination mit anderen Blattüberwachungssystemen erhöht sich die Effizienz des LM-S weiter. Unter Hinzuziehung der Daten aus dem Lastmonitoring lassen sich zum Beispiel Veränderungen erkennen, die in einem zeitlichen Zusammenhang mit dem Blitzeinschlag stehen. Aufgrund von derartigen Optionen verbessern sich die Analysemöglichkeiten im Rahmen einer Fernüberwachung deutlich.

Bereits seit einigen Jahren werden in den Rotorblättern der WEA günstige Dehnungsmessstreifen (DMS) zur Lastmessung verwendet. Daher hat Phoenix Contact die DMS so in ein Gehäuse integriert, dass sie sogar dann robust genug für die Nutzung im Rotorblatt sind, wenn sie bei der Produktion nicht direkt einlaminiert werden. Das hat den Vorteil, dass sich die Sensoren bei einem Defekt einfach austauschen lassen. Außerdem kann das komplette Blade Intelligence-System später entsprechend nachgerüstet werden.

Wie die Eiserkennung ist auch die Lastmessung in verschiedenen Ausbaustufen verfügbar. Eine zusätzliche inertiale Messeinheit (IMU) im Blatt oder in der Nabe nimmt weitere Daten auf – beispielsweise Beschleunigung, Drehrate oder Temperatur – die zur Überwachung der WEA herangezogen werden können.

Fazit

Das Blade Intelligence-System macht die Ereignisse im Rotorblatt – sei es Blitzeinschlag, Eisansatz oder auffällige Lasten – für den Betreiber transparent. Er ist somit jederzeit über den aktuellen Status informiert. Die Lösung bietet sich dabei nicht nur für Neuanlagen, sondern ebenfalls zur Nachrüstung in älteren WEA an. Durch die nachträgliche Installation der jeweiligen Sensoren können die Bestandsanlagen auf den derzeitigen Stand der Technik gebracht werden, was ihre Leistung optimiert.

Projektübersicht

Initiator	**Phoenix Contact**
Durchführung	**Phoenix Contact Deutschland GmbH**
Zahlen, Daten, Fakten	**Rotorblattüberwachung mit Blade Intelligence aus Blitzstrommessung, Eiserkennung und Lastüberwachung**
Projektstatus	**Entwicklung abgeschlossen, Verkaufsstart erfolgt**
Standort	Das Projekt ist nicht standortgebunden. Das System kann deutschlandweit eingesetzt werden.

Sie interessieren sich für das Projekt und wollen erfahren, wie Ihre Gemeinde oder Ihr Unternehmen davon profitieren kann? Sprechen Sie uns an. Unseren Kontakt finden Sie im **Firmenprofil auf S. 118.** ▶

REPARATUR UND SCHUTZ MIT REWITEC

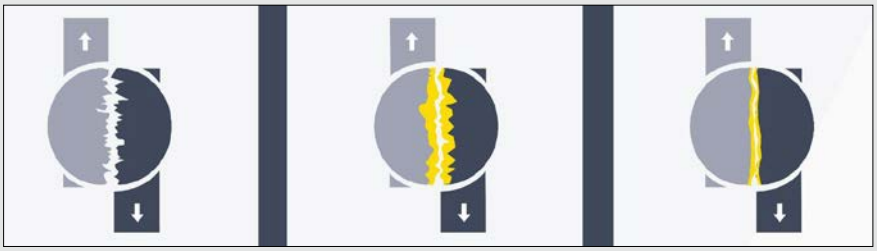
Steigerung der Lebensdauer und Effizienz von Lagern und Getrieben in Windenergieanlagen durch innovative Schichtsilikat basierte Additivierung für Öle und Schmierfette

Produktpalette basierend auf der REWITEC Technologie.

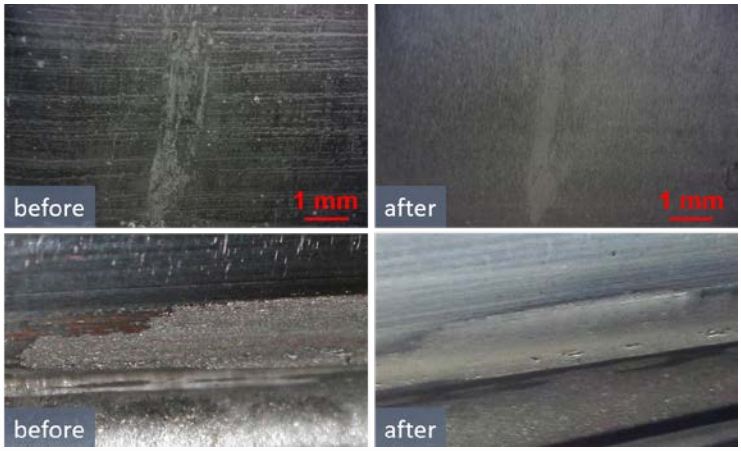
Die Anzahl der Windenergieanlagen weltweit steigt seit vielen Jahren kontinuierlich an. Dabei wächst nicht nur die Menge der Anlagen, sondern auch deren Leistung und Komplexität. Während die Leistung der noch vor einigen Jahren gebauten Anlagen nur 1 bis 2 MW betrug oder sogar noch im kW-Bereich lag, geht nun die Tendenz zu deutlich leistungsstärkeren und größeren Anlagen mit Leistungen von 8 MW und mehr. Laut WEA-Herstellern ist auch in den nächsten Jahren weiterhin mit dieser Tendenz zu rechnen, sodass die Technik immer mehr leisten muss.

Mit steigender Größe und Leistung wächst gleichzeitig auch die Belastung auf mechanische Bauteile wie Lager und Getriebe. Diese weisen schon nach wenigen Jahren Laufzeit zahlreiche mechanische Schäden auf und müssen oft vorzeitig ausgetauscht werden, was mit enormen Kosten verbunden ist. Eine Verbesserung der Lage ist allerdings nicht zu erwarten, da aus wirtschaftlichen Gründen die Mechanismen so klein wie möglich gehalten werden, sodass es zu enormen Belastungen der Kontaktoberflächen kommt, was schnell zu Materialermüdung und anderen Schäden führt. Diese Schäden können nach einer bestimmten Zeit einen Totalausfall des Systems verursachen, was wiederum zu teuren Reparaturen und unerwünschten Stillstandzeiten führt.

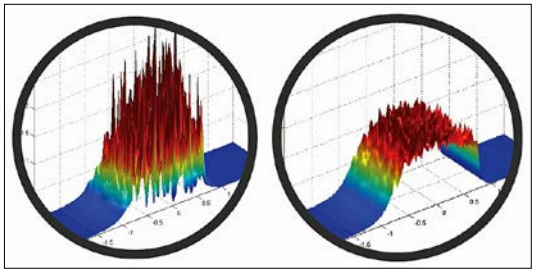
Die REWITEC GmbH, ein mittelständisches Unternehmen aus Lahnau, das zu dem englischen Chemiekonzern Croda gehört, bietet eine effiziente Lösung für das oben beschriebene Problem an. REWITEC entwickelt, produziert und vermarktet innovative Öl- und Schmierfettadditive, die eine schützende und reparierende Wirkung haben. Neben dem Oberflächenschutz sorgt die Technologie für eine Reibungs- und somit auch für eine Temperaturreduktion in Getrieben und Lagern. Auf diese Art und Weise werden



3 Schritte der Oberflächenmodifikation durch REWITEC, schematisch.



Mikroskopische (o.) und fotografische (u.) Aufnahmen einer Getriebezahnflanke vor und nach der REWITEC-Anwendung.



Lastverteilung auf der rauen Oberfläche vor der REWITEC Anwendung und auf der glatten, modifizierten Oberfläche nach der REWITEC Anwendung.

3 Schritte der Oberflächenreparatur in einem Hauptlager, Außenring (vor sowie 5 bzw. 12 Monate nach der Anwendung).

Effizienz und Lebensdauer der Bauteile signifikant erhöht.

Bei der Technologie handelt es sich um Schichtsilikate in Form von Mikro- und Nanoteilchen mit mehreren weiteren Zusätzen, die für die optimale Wirkung sorgen. Dabei wird der Schmierstoff von aktiven Teilchen als Träger benutzt, um die Oberflächen zu erreichen und sie durch Adsorption zu bedecken. Die aufgebaute Schicht wird bei Bedarf durch die im Schmierstoff verbliebenen Teilchen repariert, sodass eine lange und zuverlässige Wirkung gewährleistet ist. Die neue, modifizierte Oberfläche weist eine deutlich geringere Rauheit auf, was zu einer gleichmäßigeren Lastverteilung im System führt und dadurch die lokalen Belastungen erheblich reduziert. Diese innovative Technologie ist in Zusammenarbeit mit mehreren Universitäten und Hochschulen in zahlreichen Tests geprüft und durch entsprechende Patente geschützt. Aktuell wird das Produkt vor allem im Bereich der Windenergie mit einer steigenden Tendenz weltweit erfolgreich eingesetzt.

Fazit

Die Schichtsilikat basierten REWITEC-Additive können sowohl bei neuen als auch bei bereits gelaufenen Systemen den Zustand der Oberflächen aus tribologischer Sicht optimieren, sodass Reibung, Verschleiß, Oberflächenrauheit und Temperatur im System minimiert werden. Durch die Modifikation der Oberflächen werden die Bauteile repariert und für die Zukunft geschützt. Dies führt zu einer signifikanten Erhöhung der Lebensdauer, Zuverlässigkeit und Effizienz der Anlagen.

Projektübersicht

Initiator	**REWITEC GmbH**
Durchführung	**Pilot-Projekte mit repräsentativen Anlagetypen, erste Hauptlageranwendungen mit ersten Ergebnisanalysen**
Zahlen, Daten, Fakten	**über 3000 Getriebe- und Lageranwendungen in Windkraftanlagen**
Projektstatus	**andauernd**
Standort	**weltweit**

REWITEC
Part of Croda International Plc

Sie interessieren sich für das Projekt und wollen erfahren, wie Ihre Gemeinde oder Ihr Unternehmen davon profitieren kann? Sprechen Sie uns an. Unseren Kontakt finden Sie im **Firmenprofil auf S. 120.** ▶

NACHHALTIGE BETEILIGUNGEN

Beteiligungen für Anrainer von Windparks müssen fair und sozial sein. Die REZ hat in Zusammenarbeit mit Windparks der MLK Gruppe neue Konzepte entwickelt.

In the hood

Windparks kranken in vielen Fällen daran, dass ihre Betreiber ortsfremd sind und für die Anrainer nicht greifbar. Das wird sich auch durch Anrainerprojekte nicht wegdiskutieren lassen. Allerdings können solche Projekte, wenn sie konkret und einfach strukturiert sind, Anrainer darin bestärken, ihren Frieden mit der Windenergie zu machen und daraus Vorteile zu ziehen. Die mittelbaren wirtschaftlichen Vorteile für die Region, die mit dem Betrieb von Windparks zusammenhängen, sind im Gegenzug dazu kaum spürbar. Wenn die Erneuerbaren bei ihren Nachbarn ankommen wollen, müssen sie ihnen aber schon mehr bieten als Gewerbesteuern und Freibier auf dem Gemeindefest. Beteiligungskonzepte an Windparks zielen darauf, Anrainer wirtschaftlich am Erfolg zu beteiligen. In den frühen Jahren wurde das über Bürgerwindparks realisiert. Das Konzept Bürgerwindparks ist heute zwar gestorben, steuerlich und teilweise auch wirtschaftlich. In der Genossenschaft und in Crowdfunding-Modellen kehren Bürgerwindparks in anderem Gewand jedoch derzeit wieder zurück. Das unternehmerische Risiko, das mit einer Beteiligung an einem Windpark verbunden war, wird aber von den meisten Anlegern unterschätzt.

Sozialverträglich, konkret und risikoarm

REZ und MLK haben deshalb ihr Beteiligungskonzept radikal erweitert.
Anstelle bloß wirtschaftlicher Beteiligung wurde ein breiteres Spektrum von Beteiligungsformen eingesetzt, bei denen auch soziale Aspekte berücksichtigt und damit Bevölkerungsgruppen anvisiert werden, die keine eigenen freien Mittel zur Verfügung haben oder ihr eingesetztes Kapital nicht riskieren können.
Hinzu kommt, dass die MLK-Beteiligungsprojekte möglichst konkret und direkt spürbar sein sollen. Beteiligungen über oder Zahlungen an die Gemeinden wie etwa in Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg sind für weite Bevölkerungsgruppen nicht sichtbar.

Konkrete Angebote

Die bislang umgesetzten Projekte umfassen ein Anrainerstromangebot mit vergünstigten Tarifen, verschiedene Bürgersparprojekte mit attraktiven Zinsen und direkte Beteiligungsangebote an Windparks. Außerdem wurde ein Partnervertrag mit einer Kindertagesstätte geschlossen, in dem nicht nur gemeinsame Projekte vereinbart, sondern auch Ausstattungen zur Verfügung gestellt und die tägliche Versorgung der Kita mit Milch gesichert wurden. Zentral dabei ist, dass die persönliche Betreuung und der regelmäßige Kontakt aufrechterhalten werden, was für Planer, Betreiber und Betriebsführer einen außerordentlichen Aufwand bedeutet. Das aber lohnt sich, für beide Partner.

Für das Anrainerstromprojekt wurde an zwei Standorten gemeinsam mit Ökostromanbietern ein geförderter Tarif auf den Weg gebracht: Die beteiligten Windparks zahlen an den Stromanbieter für jeden Vertrag einen jährlichen Zuschuss zwischen 156 und 180 Euro im Jahr. Außerdem gibt es in einem Projekt einen Sozialzuschuss von weiteren 60 Euro im Jahr. Der Anrainertarif ist – Stand heute – für Nutznießer steuerlich neutral und auch für ALG-Bezieher unschädlich. An den Standorten bei Prenzlau hat die MLK zudem ihre Förderung mit der Förderung des benachbarten Planers ENERTRAG kombinierbar gemacht, was zu unerhört günstigen Angeboten führt – trotz Ökostrom.

In mittlerweile zwei Bürgersparprojekten, die mit der DKB (Deutsche Kreditbank AG) in den Jahren 2017 und 2020 umgesetzt wurden, wurden Gesamtvolumina von insgesamt 200 und 300 TEuro mit einem jährlichen Garantiezins von 3 Prozent versehen. Für die Anleger, die pro Kopf bis zu 10 TEuro anlegen durften, war das Programm ohne erkennbares Risiko, da die eingelegten Beträge durch den Bankensicherungsfonds abgesichert waren. Die Laufzeit betrug jeweils drei Jahre.

„Unser Ziel ist eine effektive und faire Beteiligung aller Anrainer, ohne dass sie Geld riskieren."

Heinrich Lohmann,
Gründer und Geschäftsführer der MLK Gruppe

Um auch Gruppen, die nur über geringes eigenes Kapital verfügen, am Erfolg von Windparks zu beteiligen, setzt die MLK derzeit ein weiteres Projekt um: ein Crowdfunding-Projekt, das mit mehr als 4 Prozent verzinst wird. Um das Risiko für die Anleger klein zu halten, wird eine Windenergieanlage herangezogen, die bereits seit rund 10 Jahren in Betrieb ist und deren Einspeisung hinreichend sicher ist. Erlöse wurden zudem konservativ abgeschätzt. Begleitet wird dieses Projekt wiederum von der DKB. Um auch lokale Anleger anzusprechen, wird das digital angelegte Crowd-Funding-Projekt durch lokale Werbemaßnahmen ergänzt. Digitale Laien können sich, wenn gewünscht, bei der Einrichtung ihrer Geldanlage unterstützten lassen. Die angelegten Beträge können zwischen 250 Euro und 25 TEuro liegen, allerdings muss ab 1000 Euro eine Vermögensauskunft gegeben werden.

Fazit

Lokale Beteiligungskonzepte müssen die Verhältnisse vor Ort berücksichtigen und auch Bevölkerungsgruppen einbeziehen, die keine eigenen Mittel zur Verfügung haben. Oder Gruppen, bei denen Mittel knapp sind. Außerdem soll mit ihnen Verantwortung vor Ort übernommen werden: mit Anrainerstrom, Bürgersparen, Beteiligungen über Crowdfunding oder Kooperationsverträge mit Kindergärten oder anderen sozialen Einrichtungen.

Projektübersicht

Initiator	**MLK Windparks in Brandenburg**
Durchführung	**Regenerative Energien Zernsee GmbH & Co KG**
Zahlen, Daten, Fakten	• **Stand: ca. 100 Anrainerstromkunden** • **Aufwand: zwischen 156 resp. 180 Euro Förderung / Kunde** • **Sozialtarif (Nähe FFO): zusätzlich 60 Euro** • **Berechtigtenkreis: Anrainerorte** • **Zzgl. Konzeptions- und Kommunikationsaufwand**
Projektstatus	**laufend, Kampagnen ca. alle 2 Jahre**

MLK Windparks
Lichtenberger Weg 4, 15236 Jacobsdorf OT Sieversdorf
Telefon +49 (0) 33608 179997
E-Mail info@mlk-consult.de
Web www.mlk-windparks.de

Regenerative Energien Zernsee GmbH & Co. KG (REZ)
Bergstraße 1, 12169 Berlin
Telefon +49 (0)30 224 459 830
E-Mail zentrale@rez-windparks.de
Web www.rez-windparks.de

Sie interessieren sich für das Projekt und wollen erfahren, wie Ihre Gemeinde oder Ihr Unternehmen davon profitieren kann? Sprechen Sie uns an. Unseren Kontakt finden Sie in den **Firmenprofilen auf den S. 174 und 185.** ►

ROBOTIC DATA INTELLIGENCE

Robotic Data Intelligence ist die neueste Innovation der **OneView® SCADA-Software**. Mit diesem System laufen relevante Prozesse bei der Datenerfassung, wie Bereinigung, Strukturierung und Berichterstellung, vollautomatisch ab.

In der Datenwissenschaft gilt die bekannte Regel, dass 80 % der Zeit für die Bereinigung und Strukturierung der Daten aufgewendet wird, während lediglich 20 % der Zeit für die eigentliche Datenanalyse zur Verfügung steht. Robotic Data Intelligence von SCADA International bietet Ihnen nun die Möglichkeit, dieses Verhältnis umzukehren und den Aufwand für die Sammlung und Bereinigung der Daten drastisch zu kürzen. Ziel von Robotic Data Intelligence ist es, qualitativ bessere Daten zur Verfügung zu stellen und die Effizienz von Windkraftanlagen durch eine automatisierte Bereinigung bei der Datenerfassung zu erhöhen.

Robotic Data Intelligence greift auf Daten aus verschiedenen Quellen zu und bereinigt sie, indem falsche oder doppelte Daten entfernt und zu eindeutigen und leicht zugänglichen Datensätzen zusammengeführt werden. Gleichzeitig läuft im Hintergrund die Formatierung, um die Benutzerfreundlichkeit sicherzustellen. Das Programm ist so aufgebaut, dass es auf bereits in OneView® SCADA vorhandenen Funktionen aufbaut bzw. diese ergänzt.

„Fehler in Eventdaten sind keine Seltenheit und können leider auch dramatische Auswirkungen auf die Datenqualität haben. Im Idealfall folgt auf jeden Datensatz zu einem Event ein Reset für das gleiche Event. Es kommt aber auch vor, dass das Reset eines Events fehlt, was dazu führen kann, dass Daten ein paar Minuten lang, aber manchmal auch über mehrere Monate hinweg falsch berechnet werden.“

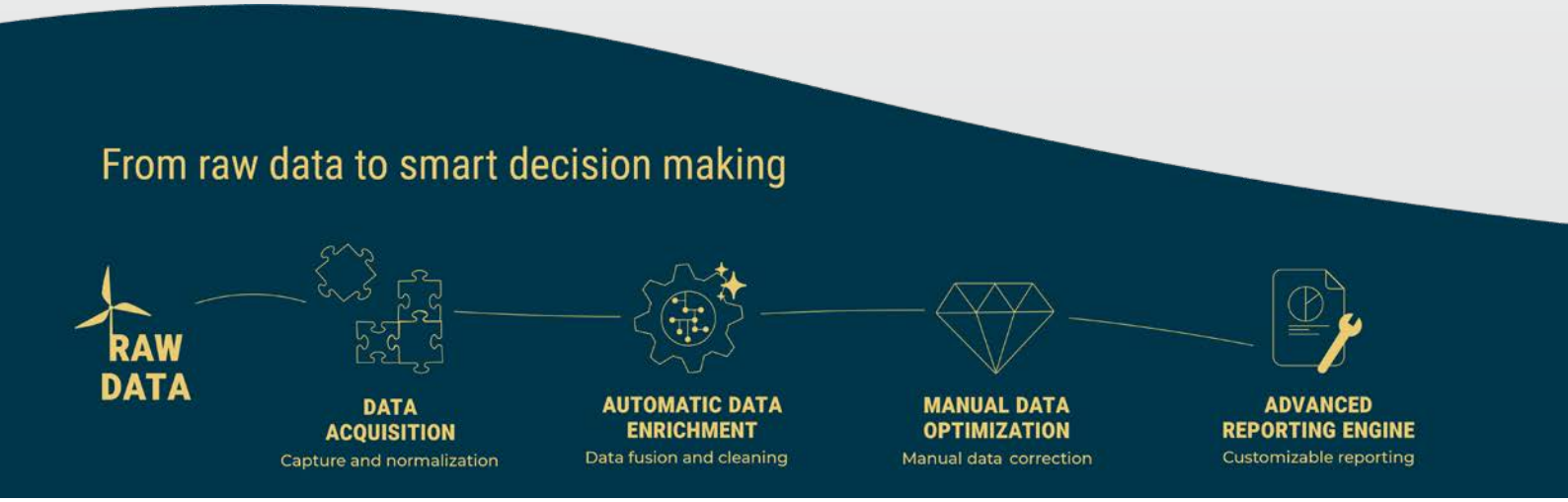
Bo Lovmand, Direktor für FuE bei SCADA International

Robotic Data Intelligence beruht auf drei wesentlichen Säulen:

- Automatische Datenanreicherung
- Manuelle Datenoptimierung
- Modernes Berichtsmodul

Die automatische Datenanreicherung ist ein patentiertes Verfahren zur Zusammenführung verschiedener Datenquellen zwecks einheitlicher Erfassung und Bereinigung der Datensätze. Wenn die Daten wichtige Ereignisse in den Windkraftanlagen und den OEM-Systemen von SCADA nicht widerspiegeln, führt dies häufig zu Problemen. Daher ist das System so ausgelegt, dass wichtige fehlende Ereignisse über Zeitzähler in den Anlagen automatisch erkannt werden.

OneView® verwendet weitere Datenquellen, um Eventdaten „intelligent“ zu bereinigen. Dies ist besonders wichtig, wenn Ereignisdaten herangezogen werden, um verlorene Produktionszeiten und damit Verfügbarkeiten zu ermitteln.



Robotic Data Intelligence

Complete operational overview
Improved data completeness
Automatic downtime allocation

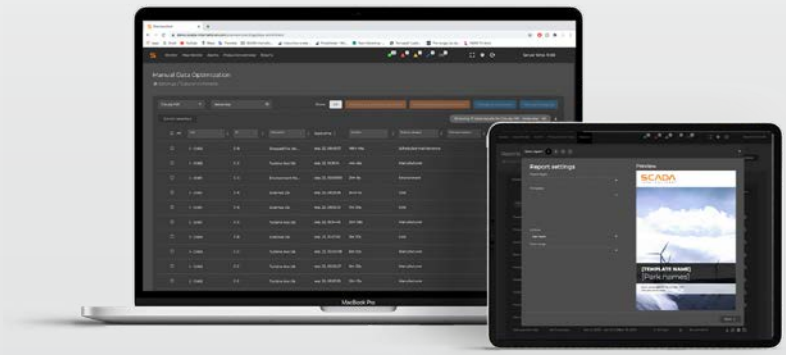
Bei der Entwicklung des Systems wurden Experten einbezogen, die sich mit unterschiedlichen Windenergieanlagen auskennen und unabhängig vom Modell den Betriebszustand der Anlage einschätzen können.

Der nächste Schritt ist die manuelle Datenoptimierung. Dabei handelt es sich um ein System, mit dem geschultes Personal nicht aufgezeichnete Zeitereignisse vor der Berichterstellung manuell zuordnen kann. Der abschließende Schritt ist dann das moderne Berichtsmodul, das an die spezifischen Kundenanforderungen angepasst werden kann und Berichte über die spezifischen Leistungsdaten bezüglich Produktion, Kostenrahmen und Verfügbarkeit der einzelnen Anlagen des Windparks erstellt. Diese Berichte können in verschiedenen Formaten erstellt werden, u. a. als Bericht über den Standort oder das gesamte Produktionsportfolio. Das Berichtsmodul dient in erster Linie zur Verbesserung der Transparenz bei der Berechnung der Verfügbarkeiten. So muss das Modul in der Lage sein, die unterschiedlichsten Formeln zur Berechnung der Verfügbarkeiten zu verarbeiten und nachvollziehbar darstellen, wie die Berechnung der Zahlen im Bericht erfolgt ist. Mit dem modernen Berichtsmodul lassen sich sowohl die betriebliche als auch die vertragliche Verfügbarkeit berechnen.

Dadurch können Optimierungsstrategien entwickelt werden, mit denen die zur Verfügung stehenden Anlagen besser ausgenutzt werden können, während gleichzeitig mehr Zeit für die Lösung von Problemen verfügbar ist, die ansonsten für die Suche nach Problemen verlorenginge. Die Optimierung der von Ihren Windenergieanlagen empfangenen Daten ermöglicht Ihnen eine Reduzierung der Ausfallzeiten und damit eine höhere Verfügbarkeit Ihrer Anlagen.

Die Erfassung und Bereinigung der Daten gehört zu den schwierigsten und zeitaufwändigsten Aufgaben von Betreibern von Windenergieanlagen. Diese Aufgabe ist nach wie vor von entscheidender Bedeutung, um vollständige Berichte zu erstellen und den zukünftigen Betrieb zu optimieren.

Robotic Data Intelligence ist ein Programm, mit dem Sie Ihre Effizienz dank der Automatisierung von Prozessabläufen, die ansonsten viele Arbeitsstunden erfordern würden, entscheidend erhöhen können.



Standort **SCADA International A/S**
A. C. Illums Vej 4A
DK 8600 Silkeborg
Telefon: +45 (0)9641 9200
E-Mail: scada@scada-international.com
Internet: www.scada-international.com

SCADA international

Sie interessieren sich für das Projekt und wollen erfahren, wie Ihre Gemeinde oder Ihr Unternehmen davon profitieren kann? Sprechen Sie uns an. Unseren Kontakt finden Sie im
Firmenprofil auf S. 190. ▶

BLITZSCHUTZSCHÄDEN PER DROHNE EXAKT DETEKTIEREN

Blitzschutzschäden zu lokalisieren ist bisher nur sehr aufwändig umzusetzen. Konventionelle Methoden sind oft überfordert. **TOPseven** löst das Problem: Autonom fliegende Drohnen lokalisieren mit speziellen Sensoren den Defekt **schnell, berührungslos und punktgenau**.

Wegen ihrer Höhe sind Windenergieanlagen ein häufiges Ziel für Blitze: Experten zufolge ist jede Anlage einmal jährlich betroffen. Bei einem defekten Blitzschutz drohen massive Schäden: Die elektrischen Steuersysteme können durch die Überladung beschädigt werden, schlimmstenfalls fängt die Anlage Feuer. Vor allem die Versicherer fordern deswegen die regelmäßige Prüfung des Blitzschutzes.

Bisher aufwändige Fehlersuche: Mit der Endoskopie-Kamera im Rotorblatt

Derzeit prüfen professionelle Industrieklletterer den Blitzschutz durch Messung des niederohmigen Strom-Widerstands zwischen den Fangeinrichtungen in den Rotorblättern und der Erdanschlussfahne im Turmfuß.

Neben deren begrenzter Verfügbarkeit sind die größten Herausforderungen die Höhe moderner On- und Offshore-Windkraftanlagen sowie die Länge der Rotorblätter: Die zur Prüfung erforderlichen Kabel müssen oft bis zu 100 Meter lang sein.

Mit der aufwändigen Feststellung eines Schadens ist es aber keineswegs getan: Zusätzlich muss der Leiterbruch im Rotorblatt lokalisiert werden. Die Gutachter müssen dafür Löcher in die Struktur bohren und den Blitzableiter mit einer Endoskopie-Kamera untersuchen, um die Lokalisierung der Unterbrechung zwischen der Blattspitze und der Blattwurzel auf der gesamten Länge zu leisten.

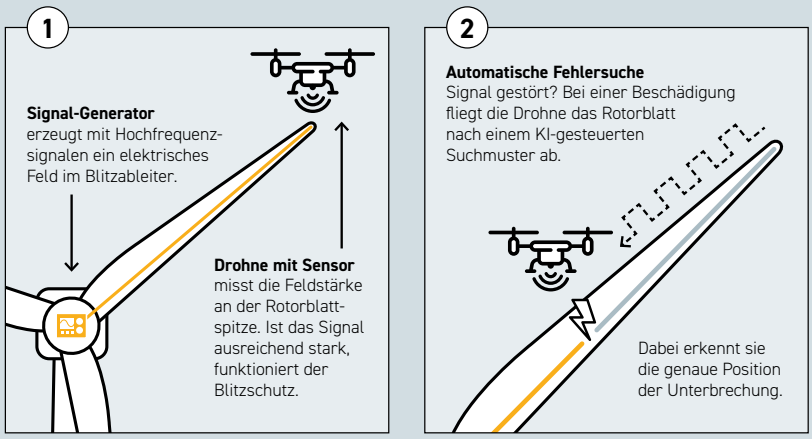
Ein weltweit einzigartiges TOPseven-Patent löst das Problem durch die berührungslose und autonome drohnengestützte Blitzschutzmessung

Das Starnberger Unternehmen TOPseven hat über viele Jahre ein Verfahren entwickelt, die Prüfung des Blitzschutzes mithilfe einer autonom fliegenden Drohne komplett berührungslos durchzuführen. Ein speziell dafür entwickelter Signalgenerator speist dabei an der Wurzel des Rotorblatts verschiedene aufeinander abgestimmte Hochfrequenzsignale in den Blitzableiter ein. Durch das patentierte Verfahren erzeugt dieser ein elektrisches Feld mit unterschiedlichen Frequenzen und sich anpassenden Impedanzwerten. Die verwendeten Frequenzen sind von der BNetzA freigegeben.

„Das Starnberger Unternehmen TOPseven hat uns heute eine eindrucksvolle innovative Lösung zur drohnengestützten Inspektion einer Windkraftanlage präsentiert, die erstmals auch die berührungslose Blitzschutzmessung erlaubt. Wir begleiten diese Entwicklung seit längerem und freuen uns, dass der heutige Test die Erwartung zulässt, durch diese patentierte Technologie zukünftig die Engpässe in der Inspektion zu beseitigen und diese noch sicherer zu machen."

Herr Peter H. Meier
Bereichsleiter, Inspektion Windenergieanlagen Onshore, TÜV SÜD Industrie Service GmbH

TOPseven – Berührungslose Blitzschutzprüfung mit der Drohne



Das Gegenstück bildet ein hochempfindlicher elektrischer 3D-Feldsensor, mit extrem niedriger Bandbreite und hoher Samplingrate, der in die autonom fliegende TOPseven-Drohne integriert ist. Empfängt der Sensor kein Signal oder nur eine unzureichende Signalstärke an der Rotorblattspitze, so ist der Blitzableiter entlang des Rotorblatts beschädigt oder unterbrochen.

Die Drohne fliegt daraufhin in wenigen Minuten eigenständig das Rotorblatt ab und misst die Intensität des elektrischen Feldes. So findet sie vollautomatisiert die Stelle, an der das elektrische Feld abbricht: Damit ist die Beschädigung präzise lokalisiert!

Fazit

Konventionelle Methoden sind bei der Inspektion des Blitzschutzes überfordert. Das weltweit patentierte TOPseven-Verfahren löst das Problem: Die berührungslose und autonom ablaufende drohnengestützte Blitzschutzprüfung von TOPseven ist skalierbar, spart erheblich Zeit und liefert präzise Ergebnisse über die Funktionsfähigkeit und im Falle von Unterbrechungen deren exakte Positionen.
TOPseven ist damit der einzige Anbieter, der eine komplett autonome optische Prüfung des Rotors und des Turms von On- und Offshore-Windenergieanlagen mit einer überlegenen berührungslosen Blitzschutzprüfung kombiniert – schnell, präzise, effizient.

Standort
TOP seven GmbH & Co.KG
Schiffbauerweg 1
82319 Starnberg
Tel. +49 8151 95966-0
E-Mail: info@TOPseven.com
www.TOPseven.com

TOP7
MAKING DRONES SMARTER.

Sie interessieren sich für das Projekt und wollen erfahren, wie Ihre Gemeinde oder Ihr Unternehmen davon profitieren kann? Sprechen Sie uns an. Unseren Kontakt finden Sie im
Firmenprofil auf S. 195. ▶