Betriebsoptimierung und maximale Sicherheit durch präzise Eisdetektion

Forum 7
27. Windenergietage – Der Rummel geht weiter
08.11.2018, Linstow, Nils Christian Frederiksen

Weidmüller

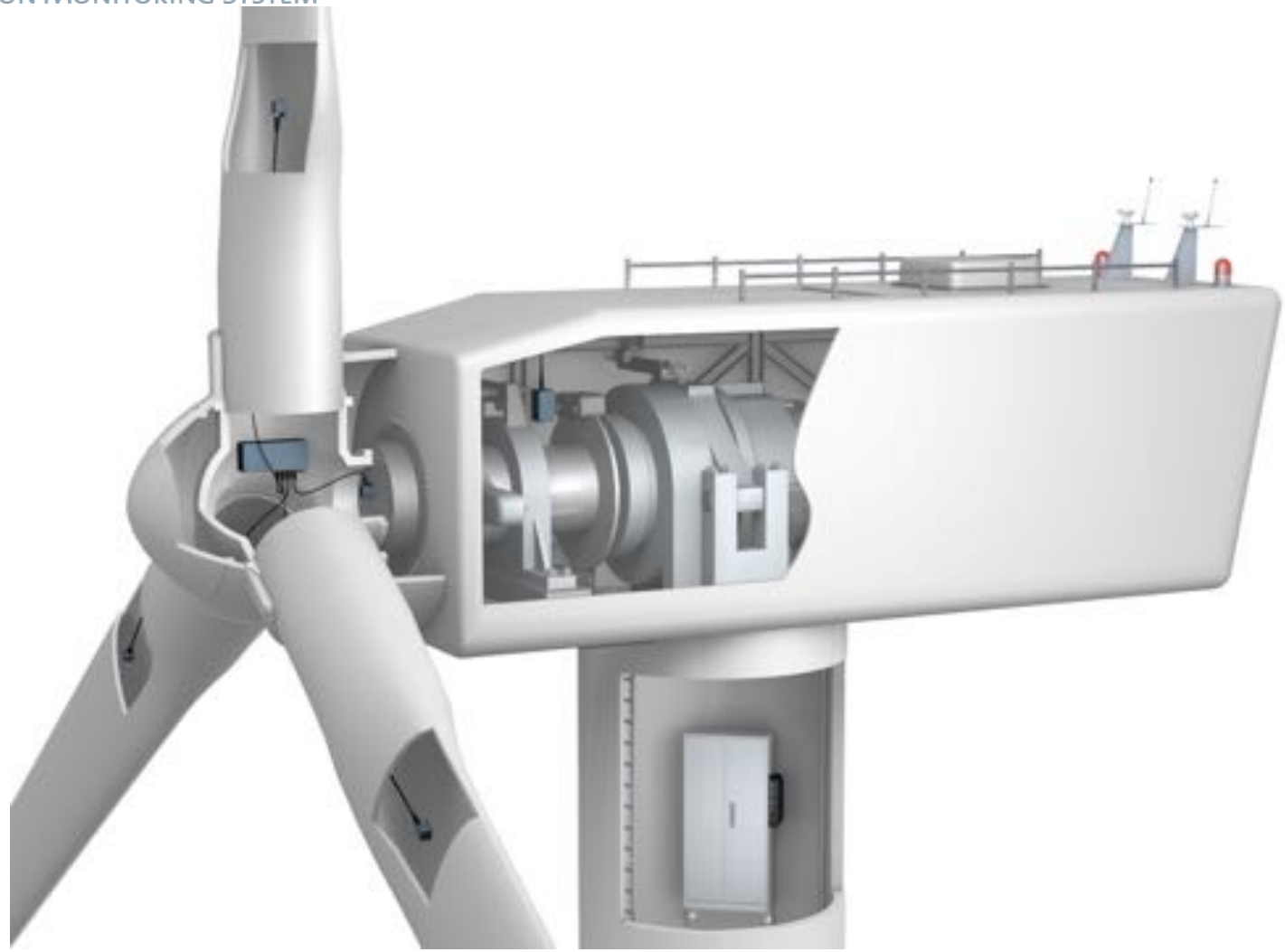
Inhalt

1) Einführung und Funktionsweise von **BLADE**control®
2) Eiserkennungssysteme am Markt
3) Ertragssteigerung durch Nachrüstungen am Beispiel
4) Erfahrungen mit Enteisungsmaßnahmen

Weidmüller

BLADEcontrol® Condition Monitoring System

CONDITION MONITORING SYSTEM



Weidmüller

BLADEcontrol® CONDITION MONITORING SYSTEM Condition Monitoring System

Schadenserkennung

- Früherkennung von Rotorblattschäden
  → **Reparaturkostensenkung**
- Automatisches Abschaltsignal bei kritischen Strukturschäden
  → **sicherer Betrieb, Havarievermeidung**
- DNV GL-zertifiziert
  → **behördlich anerkannt**

Eisdetektion

- Präzise Eiserkennung am Rotorblatt
  → **sicherer Betrieb**
- Automatische Wiederanlaufunktion
  → **höhere Erträge**
- DNV GL-zertifiziert
  → **behördlich anerkannt**

Betriebsverbesserung

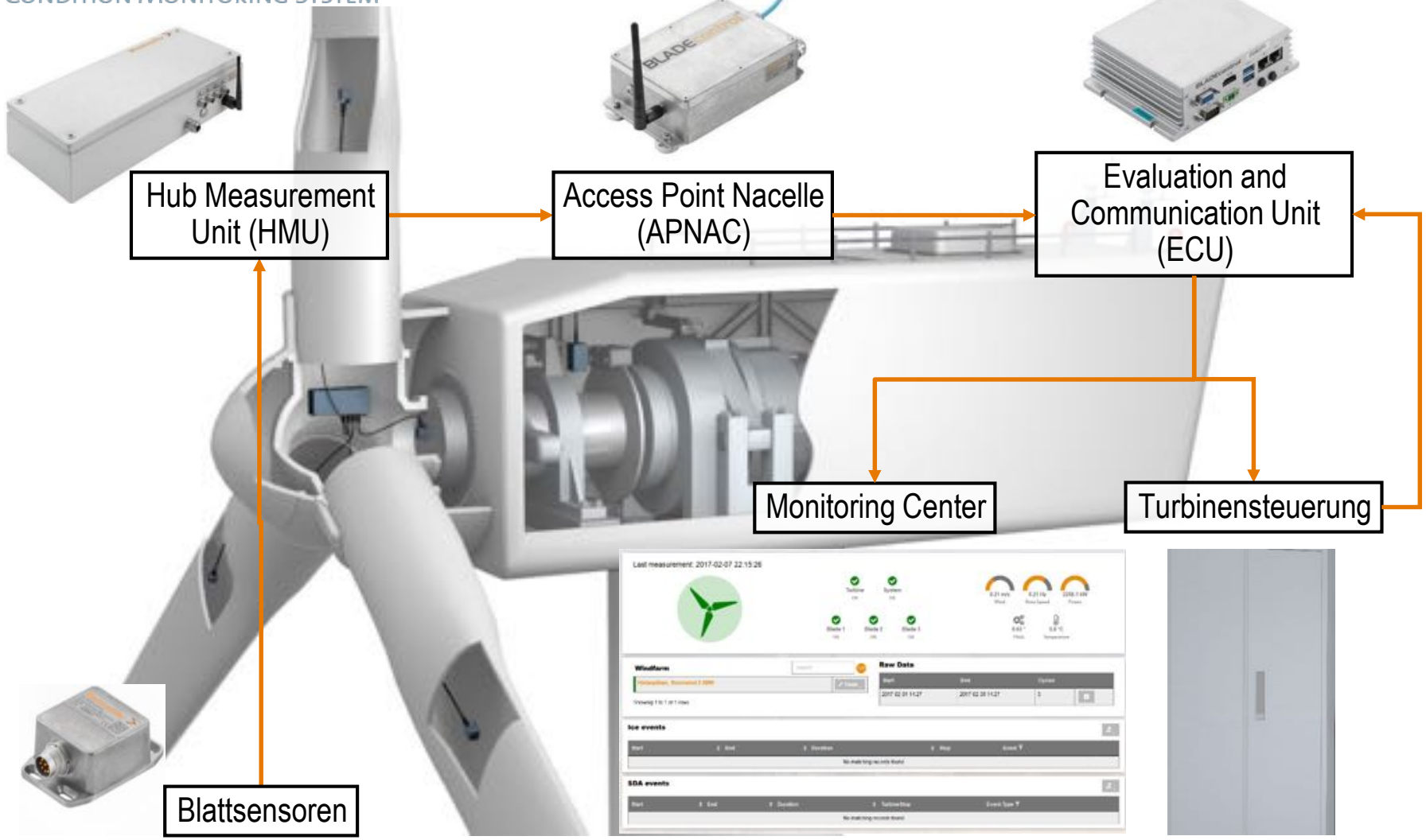
- Erkennung aerodynamischer Unwucht
  → **höherer Ertrag**
  → **geringere Lasten**
- Erfassung dynamischer Lasten
  → **Überlastvermeidung**
- Detektion auffälliger Betriebszustände
  → **Vermeidung erhöhter Abnutzung**

Weidmüller

BLADEcontrol® CONDITION MONITORING SYSTEM Systemkomponenten

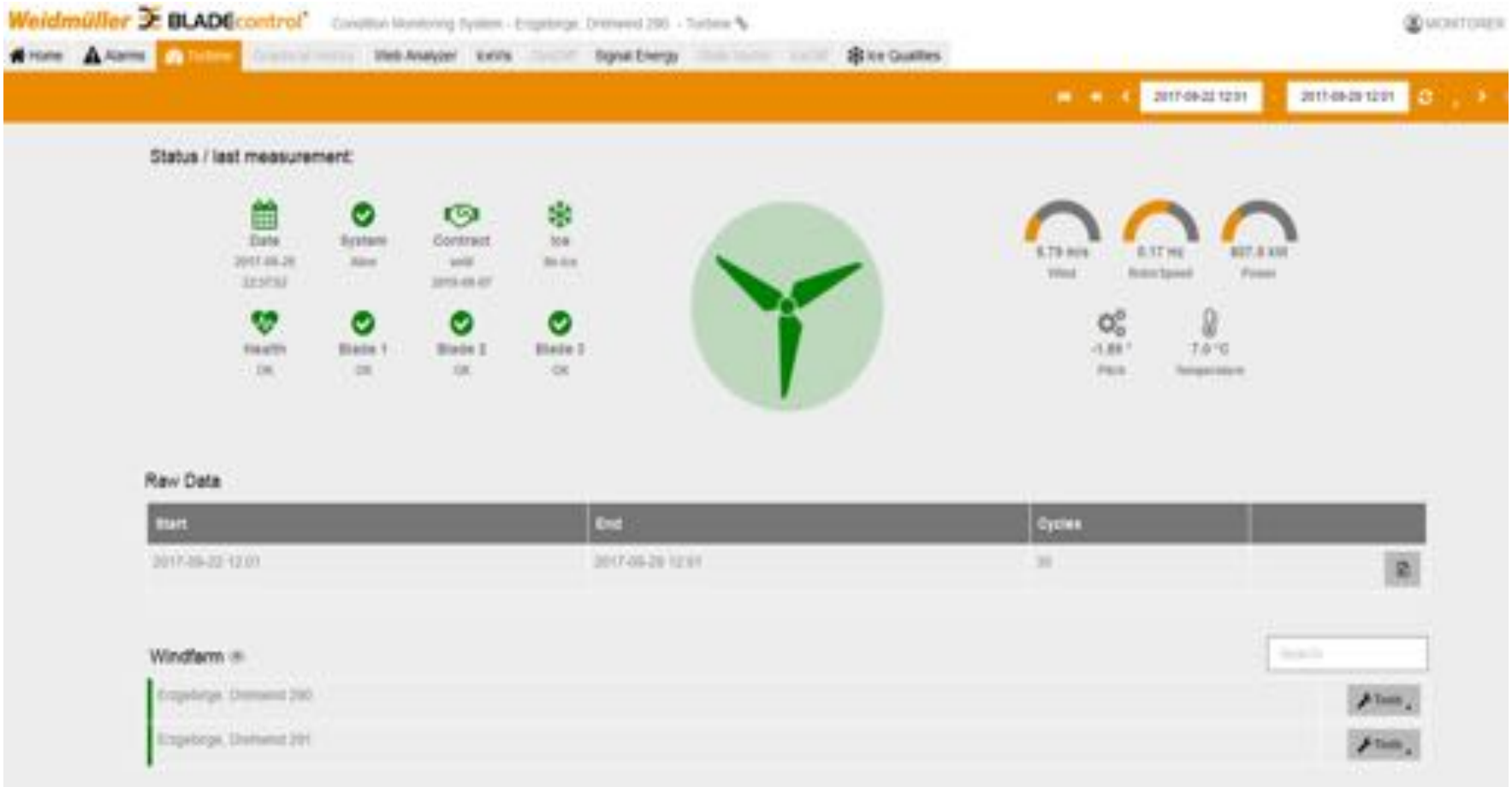
Weidmüller

BLADEcontrol® CONDITION MONITORING SYSTEM Signalwege



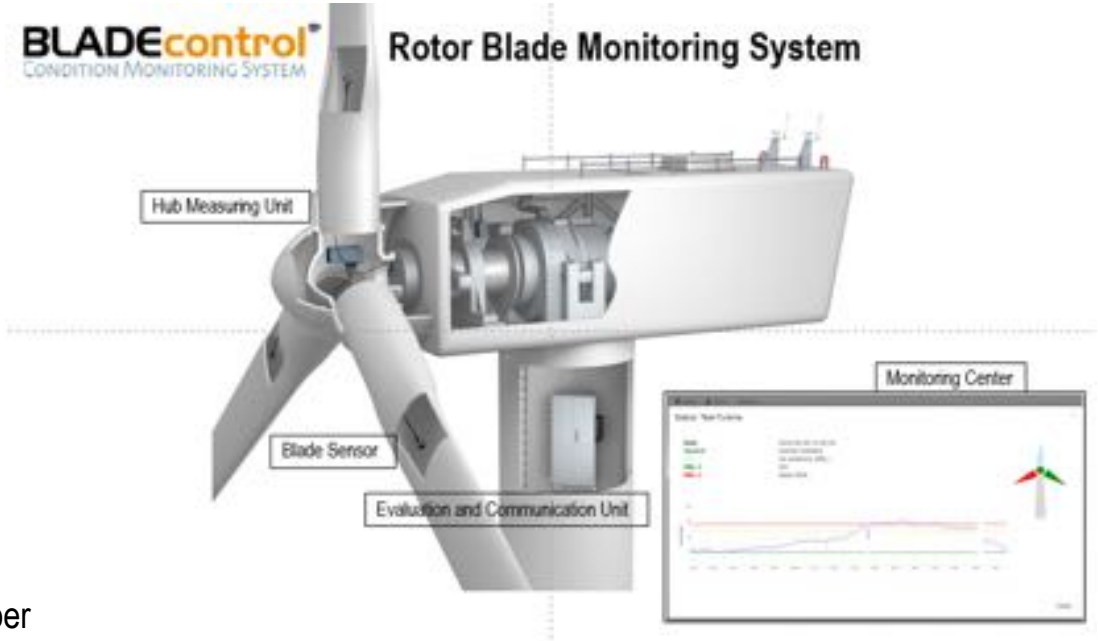
Weidmüller

BLADEcontrol® CONDITION MONITORING SYSTEM Web Visualisierung



Weidmüller

Systeme im Feld



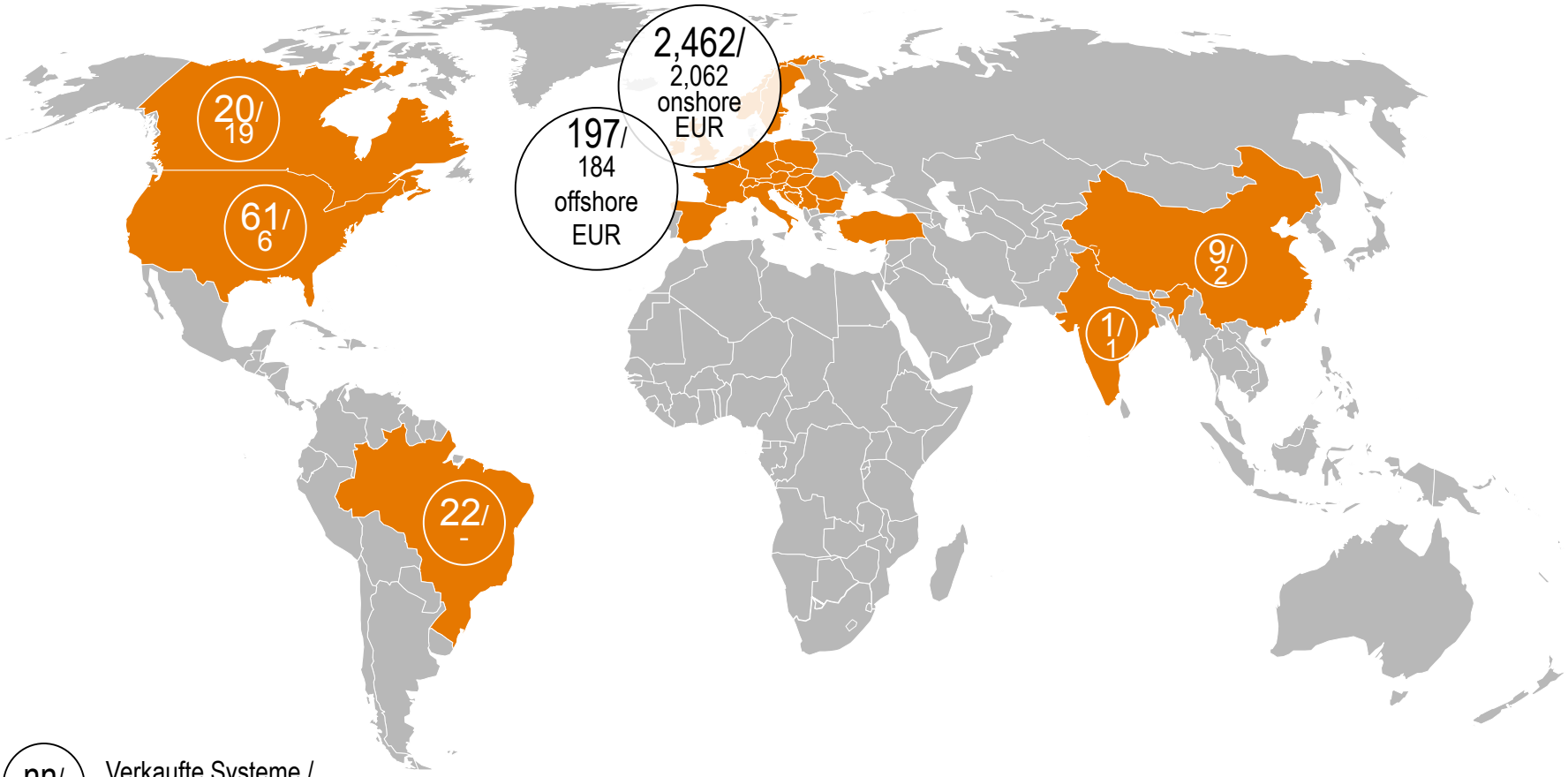
- Systeme online: >1,900*
- Systeme verkauft: >2,500*

- Monitoring Hintergrund
  - Über 7,000* Maschinenjahre an Monitoring-Erfahrung
- Marktstellung
  - System der Wahl vieler OEMs und Betreiber (Serie, Optionsprodukt, projektbasierter Einbau)
  - Abdeckung einer breiten Vielfalt an Turbinen- und Blatttypen
- **BLADE**control® ist der Pionier in der Rotorblattüberwachung
  - Eisdetektor: Erstzertifikat inkl. Automatischen Wiederanlauf des GL in 2008; seither durchgehend zertifiziert
  - Rotorblattüberwachungssystem: Erstzertifikat des GL in 2013; seither durchgehend zertifiziert

* as of June 25th, 2018

Weidmüller

BLADEcontrol® CONDITION MONITORING SYSTEM Globaler Fußabdruck

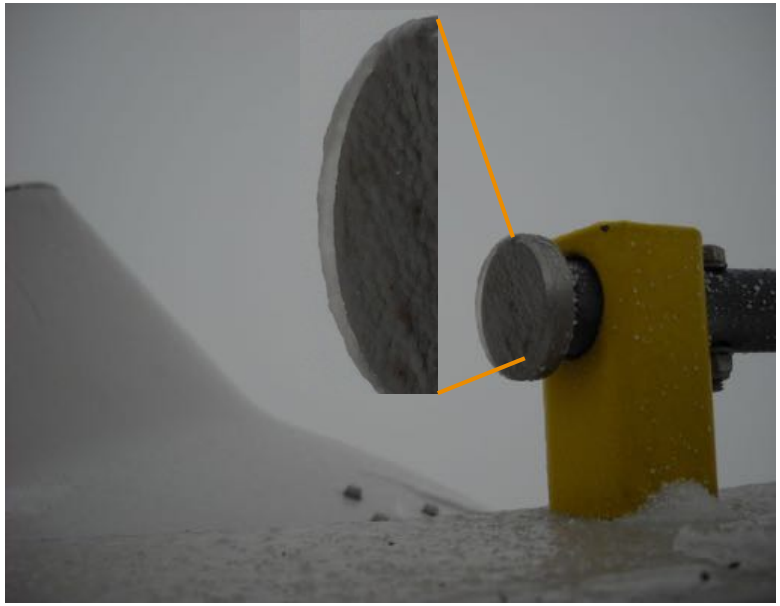


nn/
mm

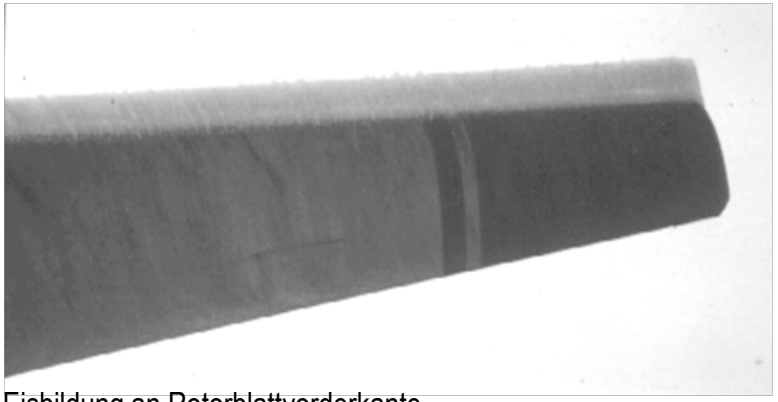
Verkaufte Systeme /
Systeme online, Stand: 25. Juni 2018

Arten von Eisansatz

- Flächiger Eisansatz auf dem Blatt:
  - Meist bei Stillstand
  - In Betrieb bei Eisregen („Blitzeis“, eher selten)
- Akkumulation von Eis im Betrieb:
  - Nur an der Vorderkante
  - Keilförmig: Dicker zur Spitze hin
- Gefrorener Schnee:
  - Bei Stillstand
- Teilweise hält die Rotation die Blätter eisfrei



Vereisung durch Eisregen



Eisbildung an Rotorblattvorderkante

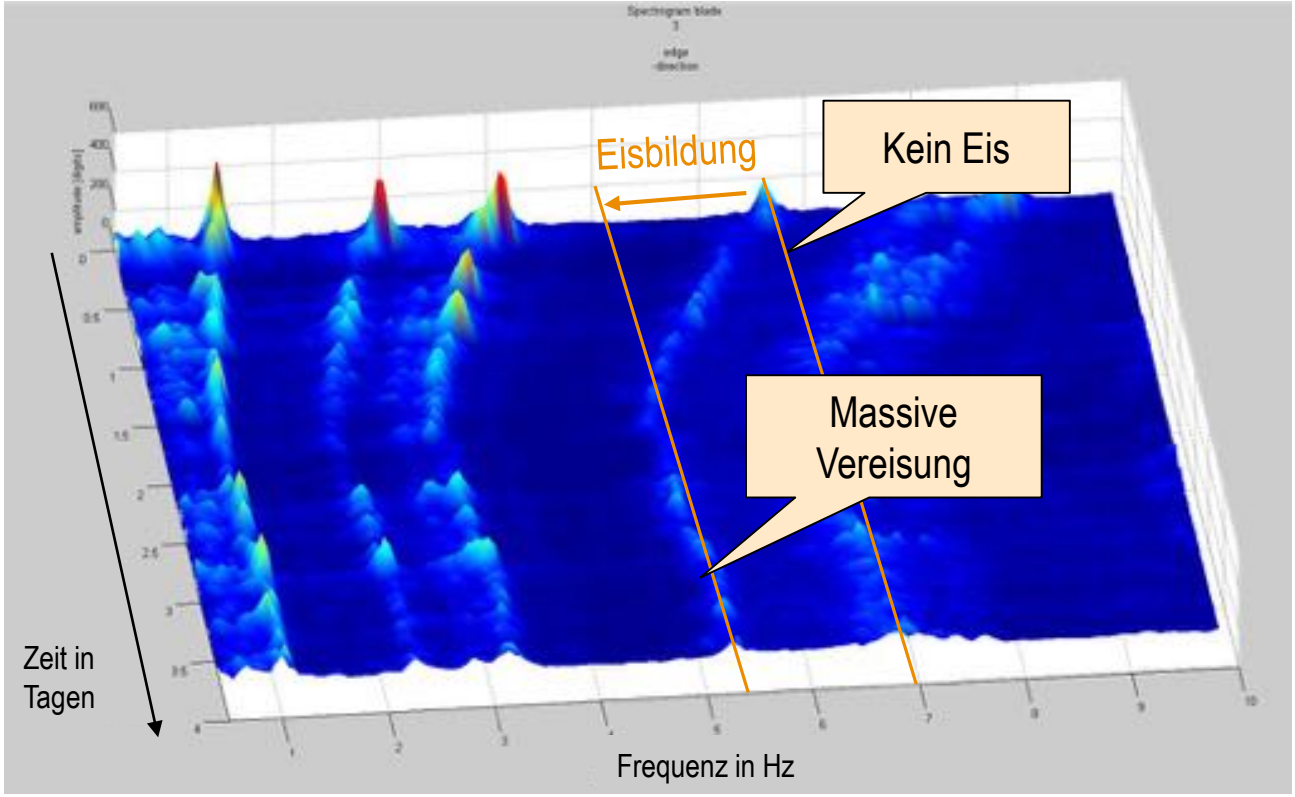
Weidmüller

Eisdetektion an Rotorblättern

- Abschaltung bei Vereisung oft aus Sicherheitsgründen gefordert

Weidmüller

Eisdetektion an Rotorblättern



Massive Vereisung der Rotorblätter mit mehr als 250 kg Eis pro Rotorblatt

- Alle natürlichen Schwingungen nehmen basierend auf der Vereisung ab

➡ Blatteigenfrequenz & Rotoreigenfrequenz

Weidmüller

Blattbasierte Messverfahren

- Analyse sich ändernder Eigenschaften aufgrund der Eisbildung
- Mögliche Parameter: Masse, Reflexion, elektrische oder thermische Leitfähigkeit, Induktivität, dielektrischer Koeffizient, Leistungskurve

- Vorteile:
  - Exakte Messung der Eisbildung direkt an den Rotorblättern bei Beachtung der aerodynamischen Bedingungen
  - Geringere Stillstandzeiten der Anlagen verglichen mit nicht blattbasierten Systemen
  - Automatischer Wiederanlauf der Systeme möglich; keine visuelle Prüfung notwendig (zertifiziert)

- Nachteile:
  - Leistungskurve nicht anwendbar für Messungen im Stillstand der Anlage
  - Messsysteme zur Auswertung der Blattschwingungen benötigen eine Mindestwindgeschwindigkeit (ca. 2m/s)
  - Die meisten Messsysteme benötigen die Echtzeitdaten der Windturbine zur exakten Eisdetektion

Weidmüller

Nicht blattbasierte Messverfahren

- Analyse aufgrund vorherrschender Wetterbedingungen (Meteorologische Sensoren) sowie Ermittlung der Eisbildung auf der Gondel (Kameras, Zwei-Anemometer-Methode, Gondelsensor)

- Vorteile:
  - Einfachere technische Umsetzung der Messverfahren
  - Keine Echtzeitdaten der Anlage und Mindestwindgeschwindigkeit notwendig

- Nachteile:
  - Bei nicht blattbasierten Messsystemen werden Bedingungen analysiert, die nicht den aerodynamischen Bedingungen an den Rotorblättern entsprechen
  - Keine Aussagekraft der ermittelten Daten zur Gefahr des Eisabwurfs an den Rotorblättern!!!
  - Kein automatischer Wiederanlauf der Anlage möglich, visuelle Prüfung notwendig
  - Genehmigungsrechtliche Anforderungen bedingen mittlerweile blattbasierte Messsysteme

**Einen detaillierten Vergleich der Systeme inkl. Vor- und Nachteile können Sie der Veröffentlichung „Evaluation of ice detection systems for wind turbines“ (2016) der Genossenschaft Meteotest entnehmen: https://www.vgb.org/vgbmultimedia/392_Final+report-p-10476.pdf*

* as of June 25th, 2018

Weidmüller

Messsysteme im Vergleich

- Studie im Winter 2017/2018 an 2 WEAs in Kanada

Source: "Wind Turbine Rotor Icing Detectors Performance Evaluation"; Nergica, 2018 (https://nergica.com/wp-content/uploads/1.White-Paper_Icing_2017_EN.pdf)

Weidmüller

Verbesserung des Betriebsverhaltens mit Eisdetektion

- Vergleich mit nicht-blattbasierten Systemen:
  - Deutlich kürzere Stillstandzeiten bei Nutzung eines blattbasierten Eisdetektions-systems (50 – 90 %)
  - Erhöhte Sicherheit gegen Eiswurf mit blattbasierten System

- Reales Fallbeispiel: Vestas V80 in österreichischen Windpark
  - Analyse der Stillstandzeiten der Turbine während zwei repräsentativen Wintermonaten
  - Stillstandzeiten der Turbine während des Untersuchungszeitraumes durch Godelsensor: 168 h
  - Stillstandzeiten der Turbine während des Untersuchungszeitraumes durch **BLADE**control®: 53 h
  - **Ergebnis:**
    - ✓ Minimierung der Stillstandzeiten um 68,5 % unter Anwendung eines blatt-basierten Messsystems verglichen mit einem nicht-blattbasierten System
    - ✓ Hochrechnung auf eine Winterperiode (6 Monate) unter Beachtung der örtlichen Einspeisevergütungen ergibt Einsparpotenziale von ca. 25.000 €

Eiswurf-Events

Weidmüller

Verbesserung des Betriebsverhaltens mit Eisdetektion

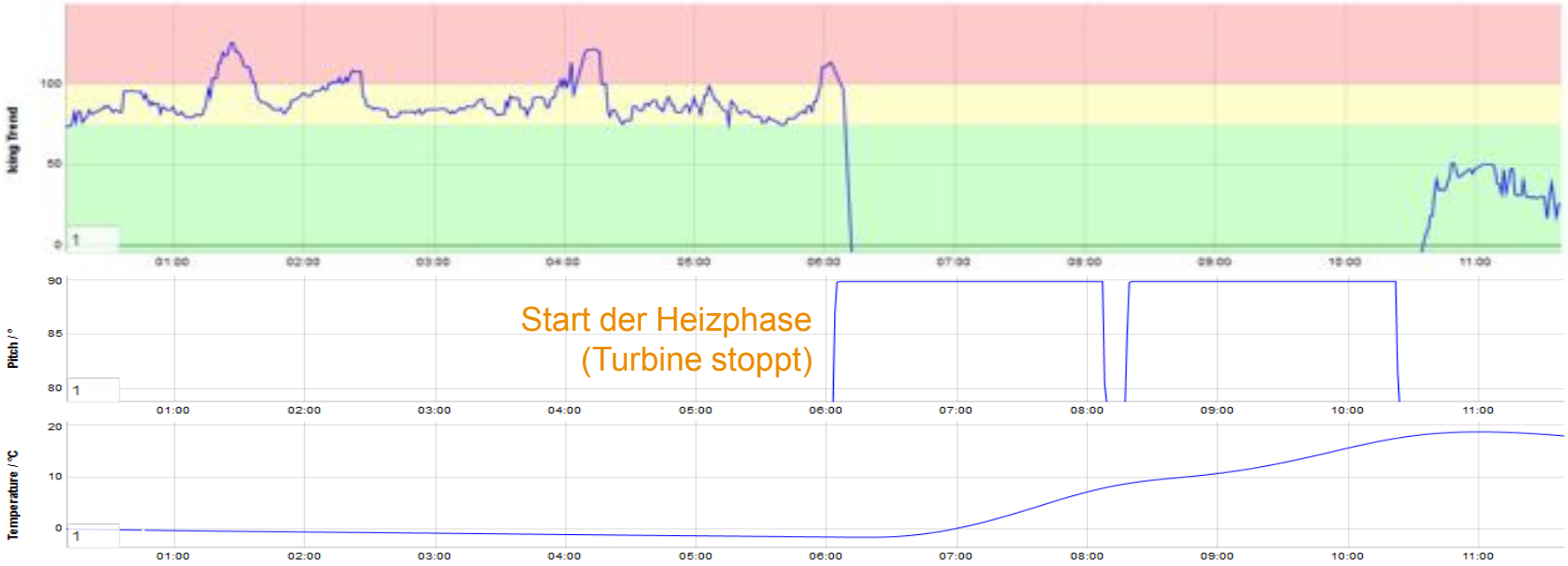
- Vergleich mit Master-Slave-Schaltung:
  - Deutlich kürzere Stillstandzeiten der Slave-Anlagen bei Nachrüstung
  - Automatischer Wiederanlauf der Slave-Anlagen nur bei Nachrüstung möglich

- Reales Fallbeispiel: Nachrüstung aller Vestas V112 eines Windparks in Deutschland anstelle der Nutzung einer Master-Slave-Schaltung
  - Milder Winter 2015/2016
  - 3 von 27 Turbinen im Windpark sind mit einem Eisdetektor ausgestattet (Master): Ø 120 MWh Verlust durch eisbedingte Stillstandzeiten an diesen 3 Anlagen
  - 24 Turbinen sind nicht mit dem Eisdetektor ausgestattet (Slaves): Ø 171 MWh Verlust durch eisbedingte Stillstandzeiten
  - **Ergebnis:**
    - ✓ Ca. 4.500 € zusätzlicher Ertrag, ROI <3 Jahre
    - ✓ In den nachfolgenden 15 Jahren >1,5 Mio. € zusätzlicher Ertrag

Weidmüller

Kombination von BLADEcontrol® mit Enteisungssystemen

- Reales Fallbeispiel: Heißluftgebläse
  - 6 Turbinen mit Heißluftgebläsen zur Enteisung ausgestattet
  - Vereisungsdauer in Wintersaison 2016/17: 140 h pro Turbine
  - Heizphasen während der Wintersaison 2016/2017: >20 pro Turbine



  - **Ergebnis:**
    ✓ Heißluftgebläse ist ein robustes Enteisungssystem, dass eine Enteisung der Rotorblätter sicherstellt

Weidmüller

Kombination von BLADEcontrol® mit Enteisungssystemen

- Reales Fallbeispiel: Heizmatten
  - Heizmatten wurde an den äußeren 2/3 der Vorderkanten der Rotorblätter installiert
  - Nachkalibration von **BLADE**control® nach der Installation der Heizmatten notwendig
  - Heizmatte wurde während des Betriebs teilweise abgelöst und noch vor der Wintersaison wieder deinstalliert
  - **BLADE**control® Schadensindikator zeigte deutlich einen Defekt an der Heizmatte an Blatt 2 (blau) an

  - **Ergebnis:**
    ✓ Zuverlässigkeitsnachweis für Enteisungssysteme mit Heizmatten an der Vorderkante notwendig

Weidmüller

Neuigkeiten und zukünftige Entwicklungen

- Verbesserung der Eisdetektion
  - Berücksichtigung turbinenspezifischer Betriebsmodi
  - Kombination mit Enteisungssystemen
  - Erweiterte Zertifizierung des Eisdetektors
- Cold-climate Version von **BLADE**control® verfügbar
- „Stand-alone Ice Detector“ für OEMs
  - Komponenten befinden sich vollständig in einzelnem Kabinett im Hub
  - Direkte Kommunikation mit der Turbinensteuerung
  - Keine permanente Verbindung zum Monitoring Center erforderlich
- Neuentwicklungen im Visualisierungstool
  - Ziel: verbesserte Benutzerfreundlichkeit
- Entwicklung neuer Funktionen und Features mittels neuer Sensorplattform

➡ Mehr Informationen erhalten Sie in den nachfolgenden Vorträgen von Herrn Dr. Brenner und Herrn Dr. Reimers

Vielen Dank!

Weidmüller Monitoring Systems GmbH
Else-Sander-Straße 8
01099 Dresden, Germany
T: +49 351 213 916-50
monitoring.systems@weidmueller.com

Dr.-Ing. Daniel Schingnitz
Sales and Marketing
T: +49 351 213 916 73
M: +49 172 635 25 14
daniel.schingnitz@weidmueller.com