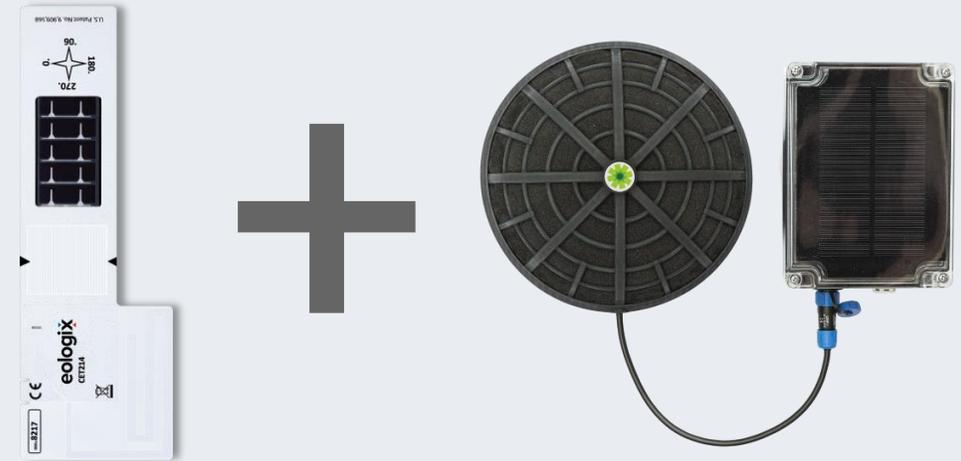




Große Rotoren – Große Herausforderungen

Forum 18 | 08.11.2023 | 31. Windenergietage

eologix & Ping Services





Moderation



Michael Moser
(Gründer und
Geschäftsführer)



Jens Müller-Nielsen
(Vertriebsleiter
Deutschland)

eologix & ping

Speakers



Jens Müller-Nielsen
eologix & ping



Imad Abdallah
RTDT Laboratories AG



Harald Hohlen
eologix & ping



Michael Lange
TÜV Nord

Agenda

1. BEGRÜßUNG
2. FEEL, HEAR & SENSE YOUR BLADES – EINE KLANGREISE IN DIE FEHLERERKENNUNG
3. AERODYNAMIC DATA FOR STRUCTURAL DAMAGE DETECTION ON WIND TURBINE BLADES
4. ON-BLADE MESSUNGEN – ERFAHRUNGEN UND AUSBLICK
5. PRÜFUNG DES KONZEPTS ZUR INSPEKTION VON ROTORBLÄTTERN NACH TN STANDARD
6. OFFENE FRAGEN UND DISKUSSION



Feel, hear & sense your blades – Eine Klangreise in die Fehlererkennung

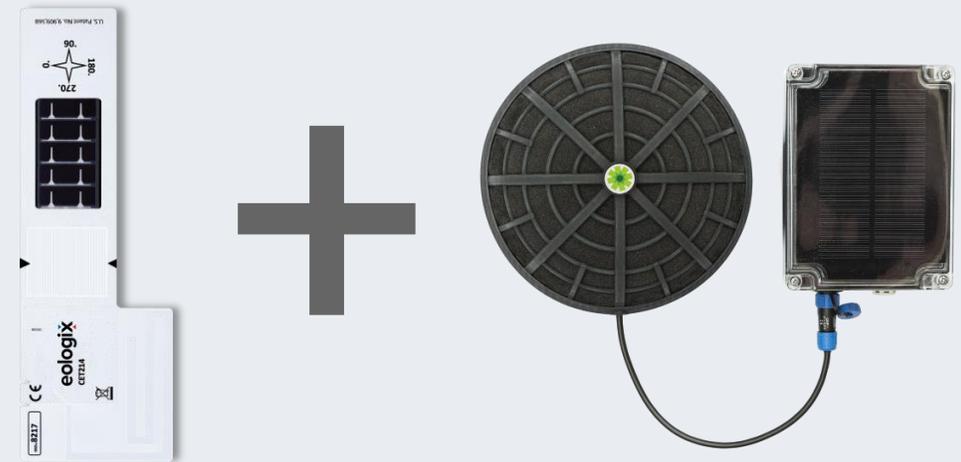
Jens Müller-Nielsen | eologix & ping



Feel, hear & sense – Eine Klangreise in die Fehlererkennung

Jens Müller-Nielsen

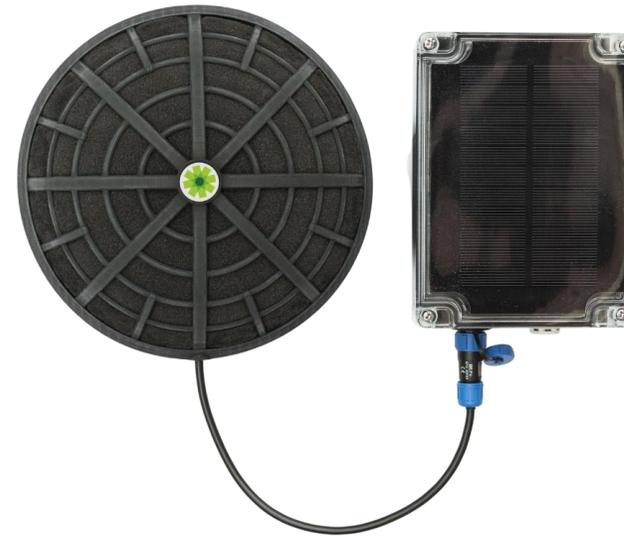
eologix & Ping Services



Intelligent Listening

Aber warum?

- Wir nutzen die Geräusche der Blätter, um die WEA kontinuierlich zu überwachen und Schäden frühzeitig zu erkennen. So wie es Servicetechniker*innen vor Ort immer machen
- Dieses Vorgehen „kopieren“ wir durch eine permanente Installation

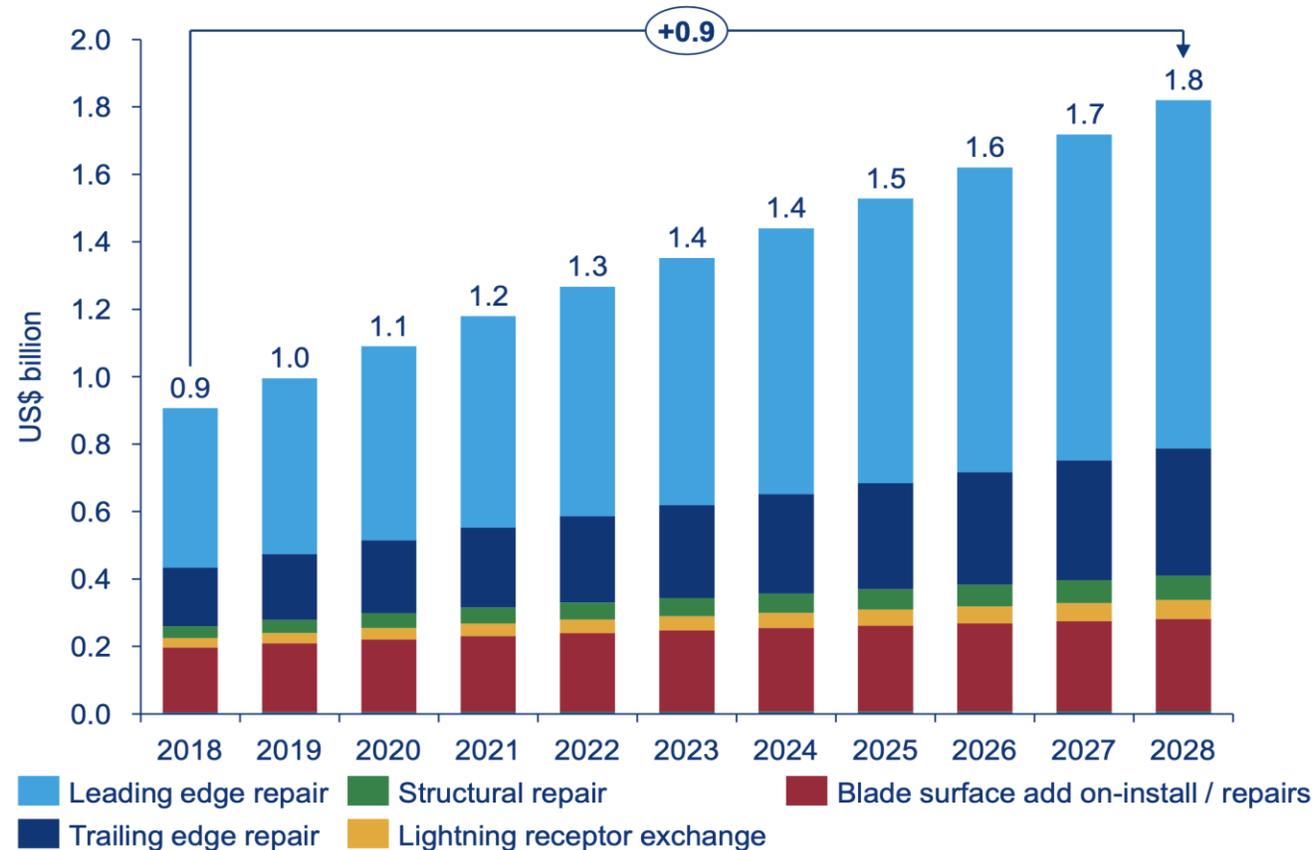


Blattreparaturkosten

steigen weltweit



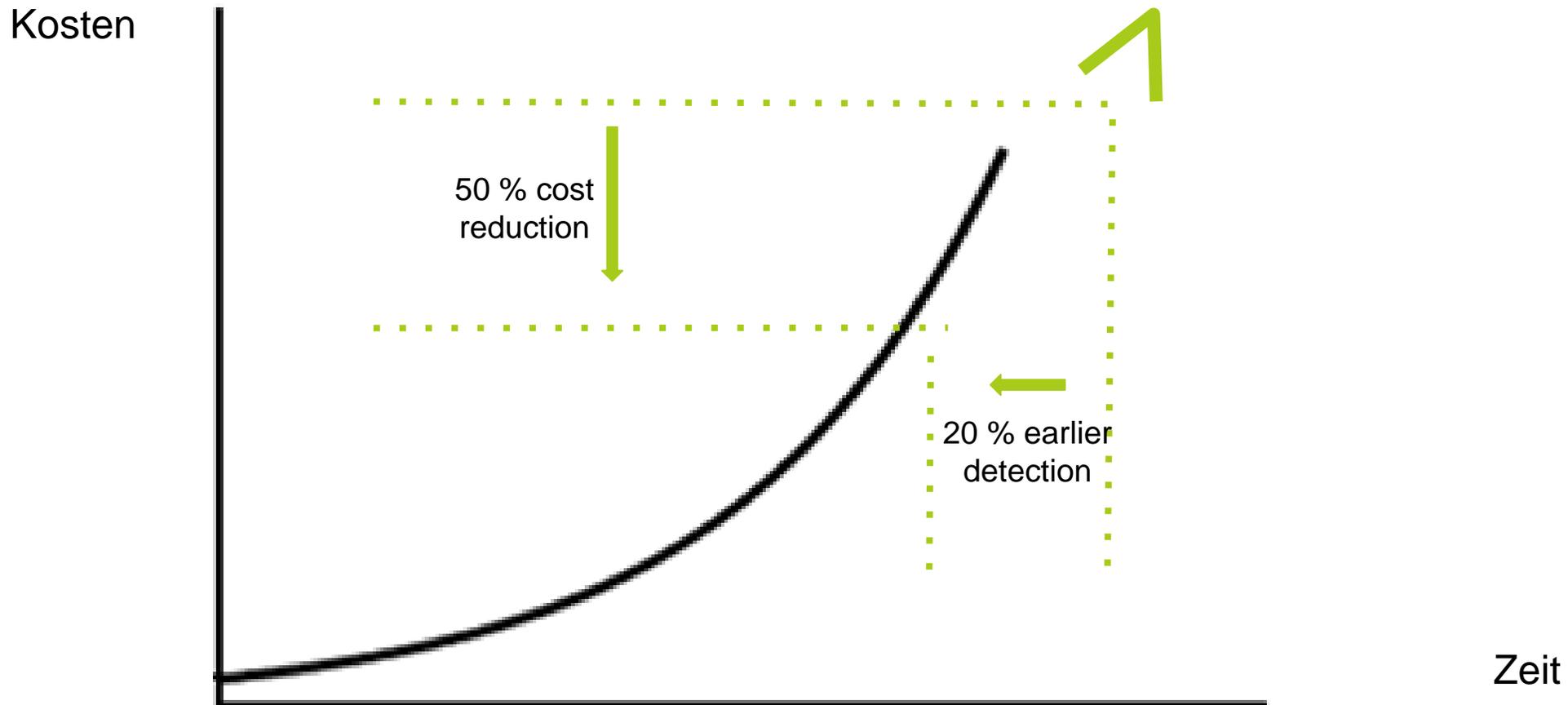
Global blade repair spend growth by repair type



Frühes Erkennen



führt zu rechtzeitigen und kostenreduzierten Reparaturen



Unser On Tower Modul hat ein eigenes Kommunikationsmodul, eine eigene Stromversorgung und wird mit Magneten an den Turm angebracht. Bei Hybridtürmen werden Unterlegscheiben zur Befestigung auf den Turm geklebt.



Mikrofon mit Windschutz



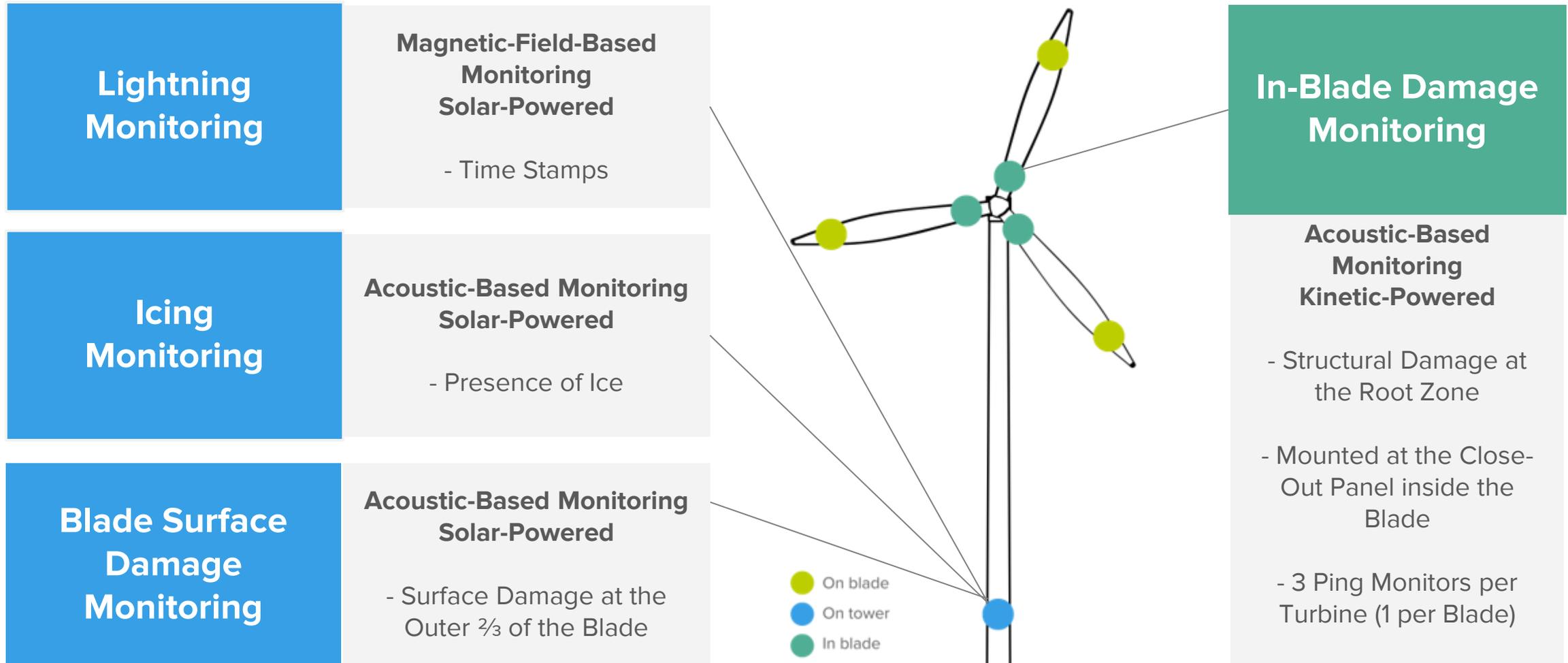
Energieversorgungs- und Kommunikations-Modul

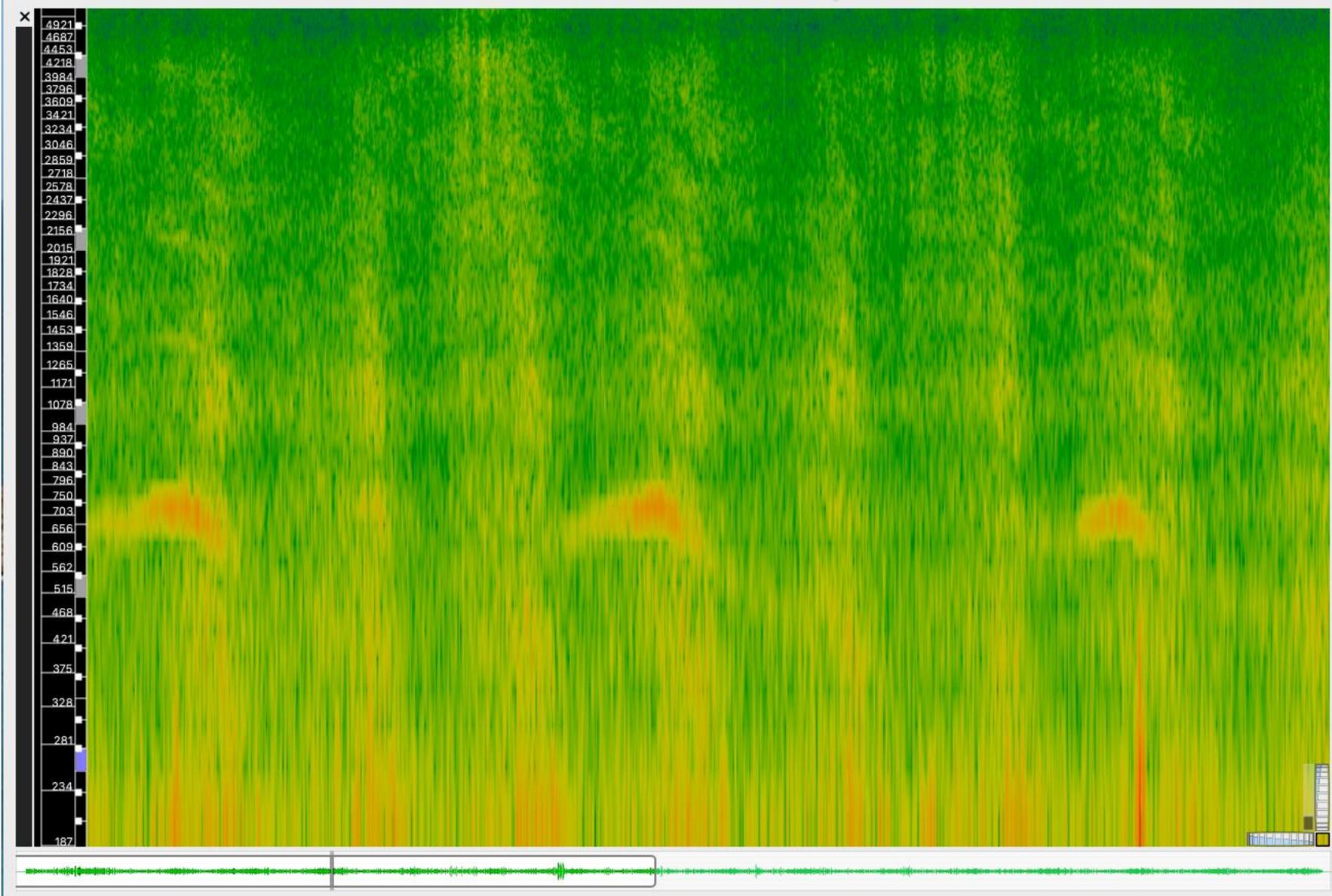


Solar Panel



Produktoptionen





Beispiel

Erosion an der Blattvorderkante wurde repariert



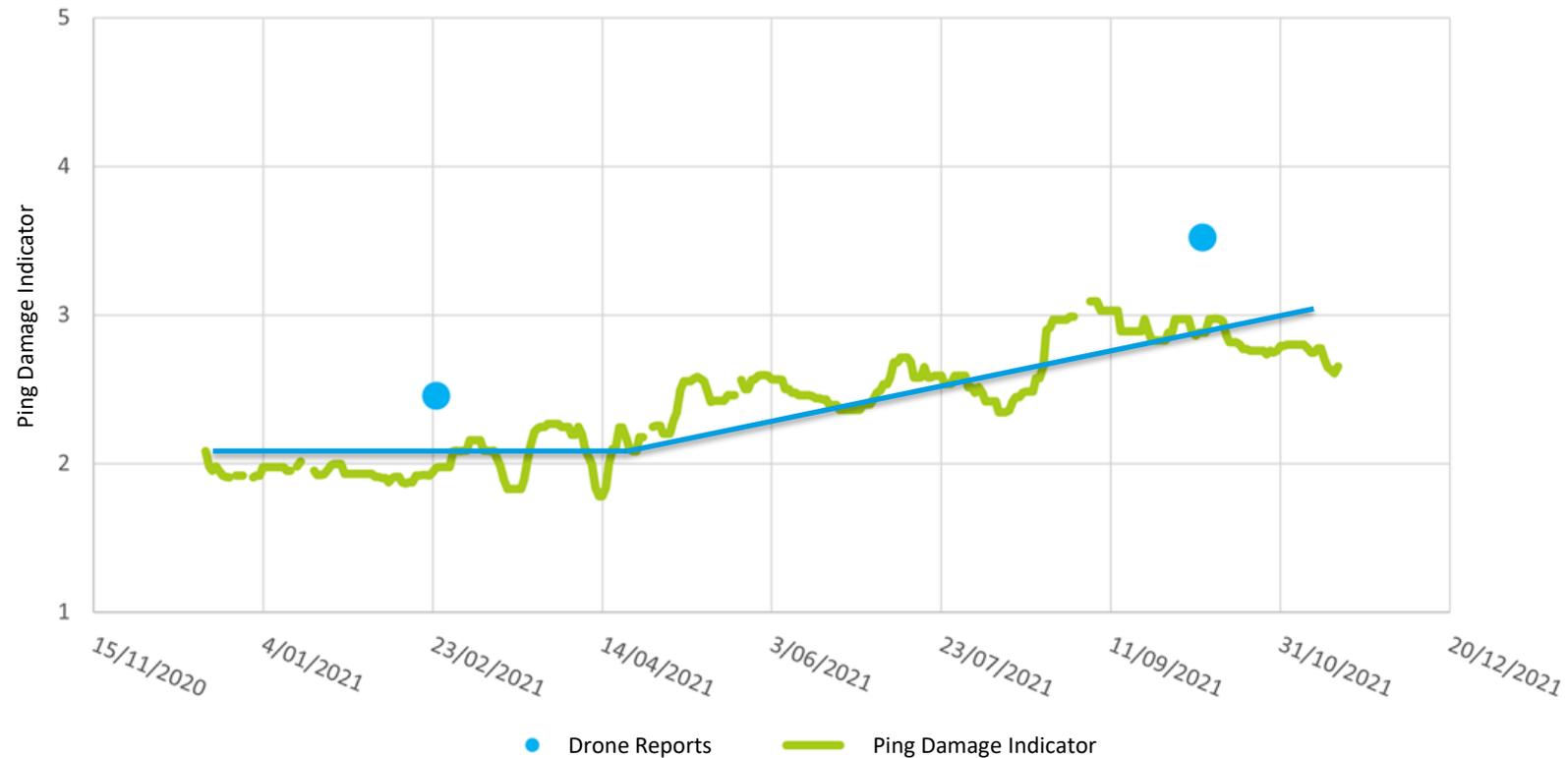


Beispiel mit unterschiedlicher Schädigung

Blade Repair (damage level reducing)

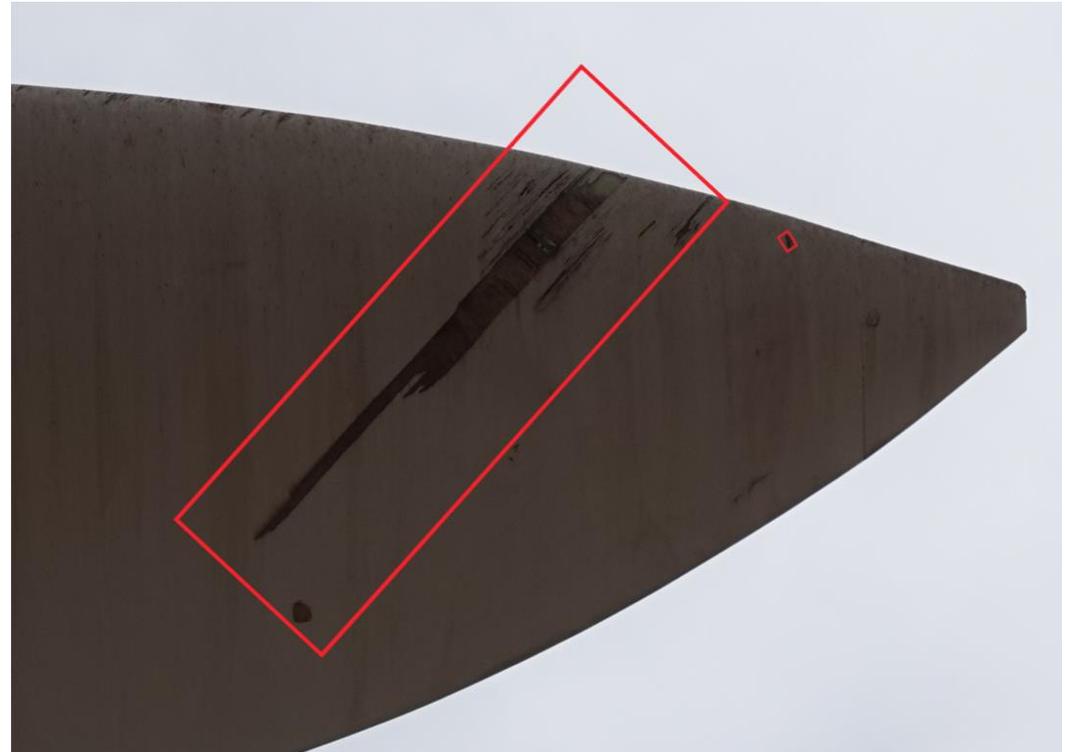


Entwicklung eines Blattschadens

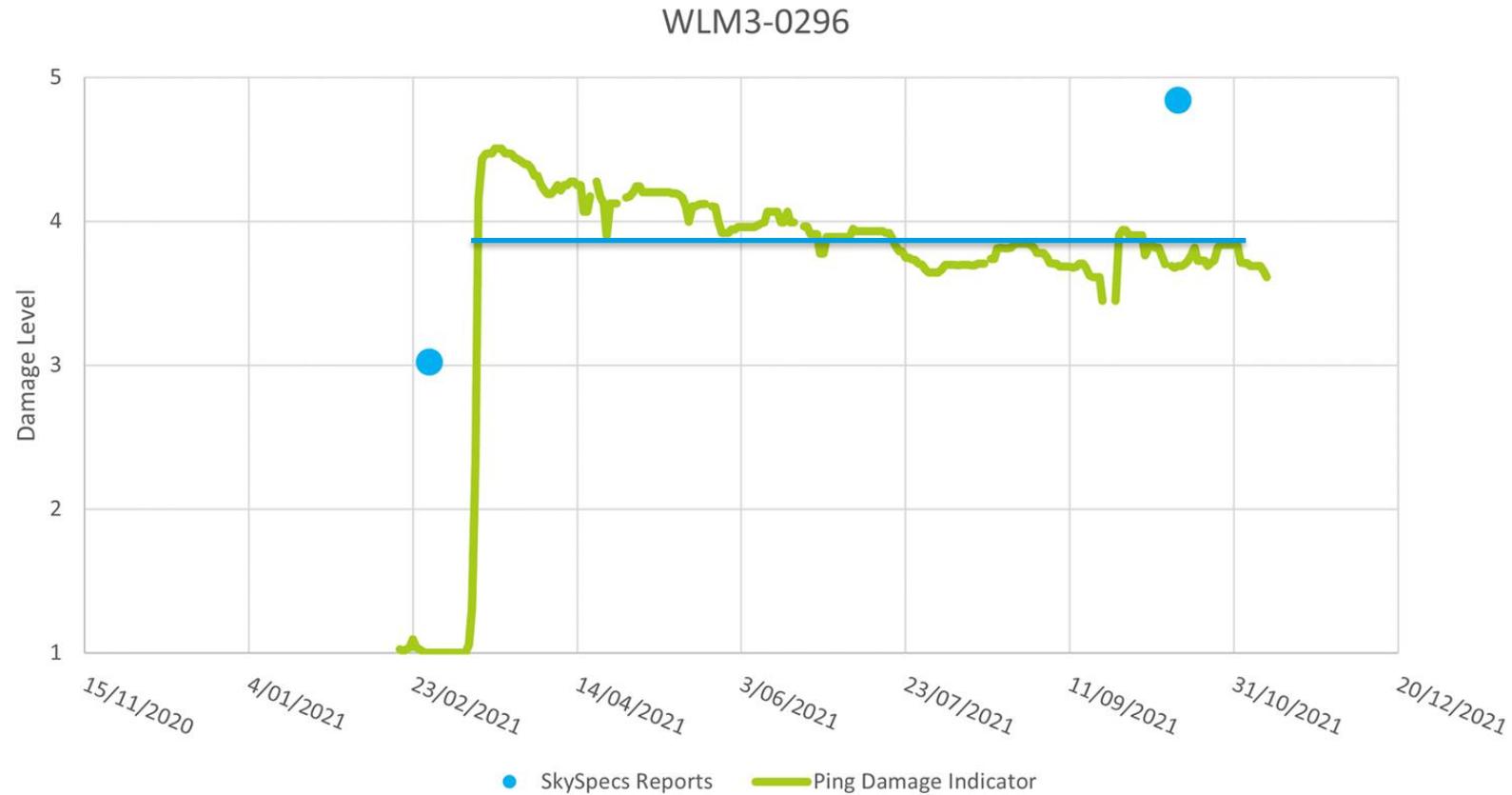


Exacerbation of existing Lightning Damage.

Blitzschaden vergrößert sich von 10 cm (rechts) auf 20 cm (links)

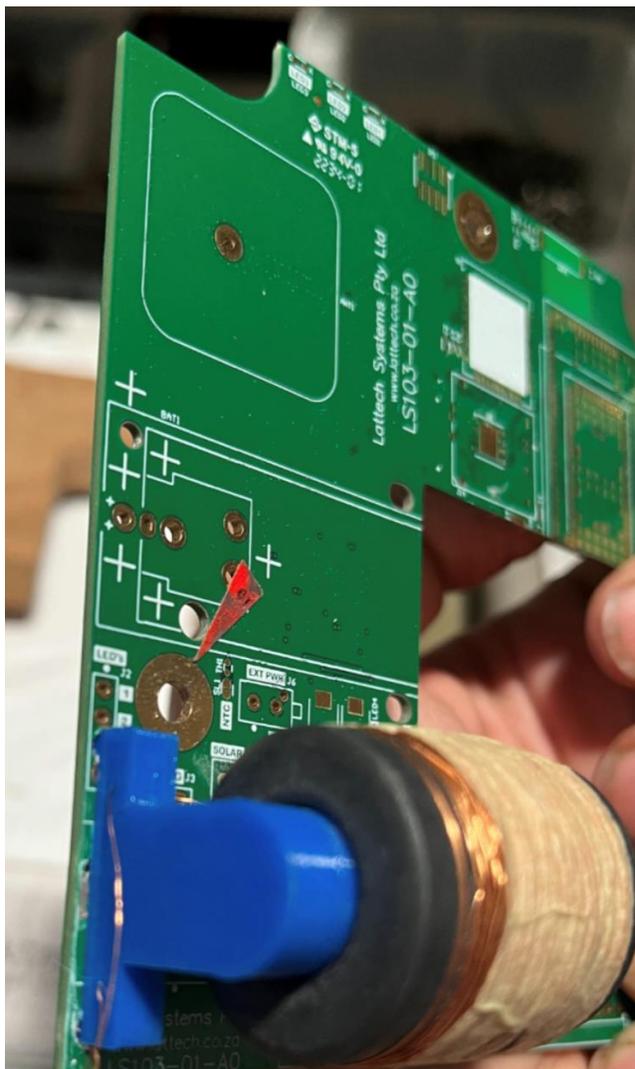


Blitzeinschlag



Blitzeinschlag direkt nach einer Drohneninspektion

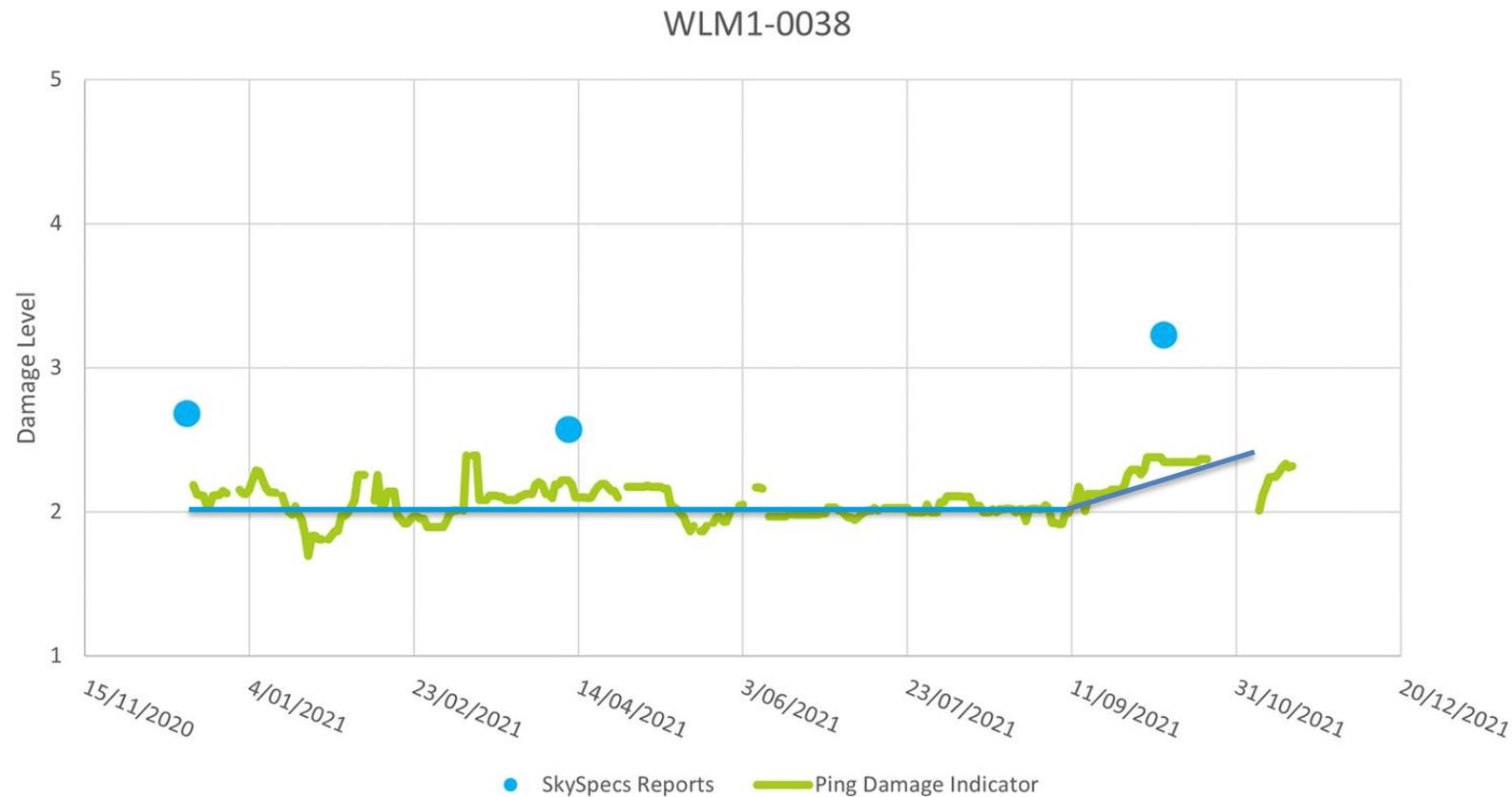




Erkennung von Blitzeinschlägen mit Zeitstempel

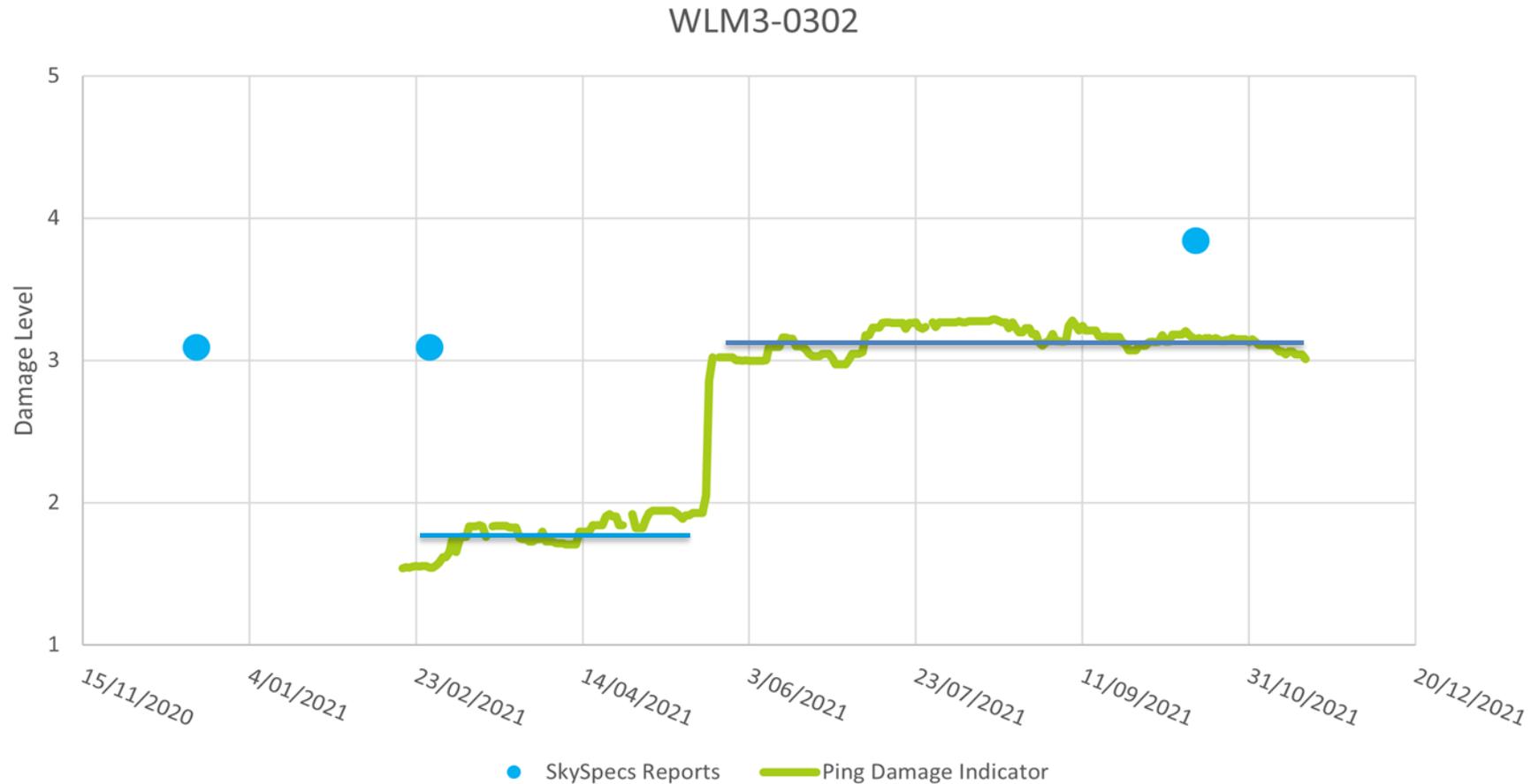
- Der Sensor ist eine Spule (siehe Foto), die im Power & Communication-Modul des Ping-Monitors befestigt ist und an der Außenseite des Turmfußes montiert wird.
- Der Blitzeinschlag wird den Turm hinuntergeleitet und induziert einen Strom in der Spule.
- Das Signal, das wir aufzeichnen, ist der genaue Zeitpunkt des Stromimpulses in der Spule (keine Erkennung anderer Metriken als der Zeit).
- Die Lösung wurde gemeinsam mit Allen Hall von "Weather Guard Lightning Tech" entwickelt.

Verschlechterung von Rissen an der Blatthinterkante





Mehrere neue Blitzeinschläge



Mehrere neue Blitzeinschläge (contd.)



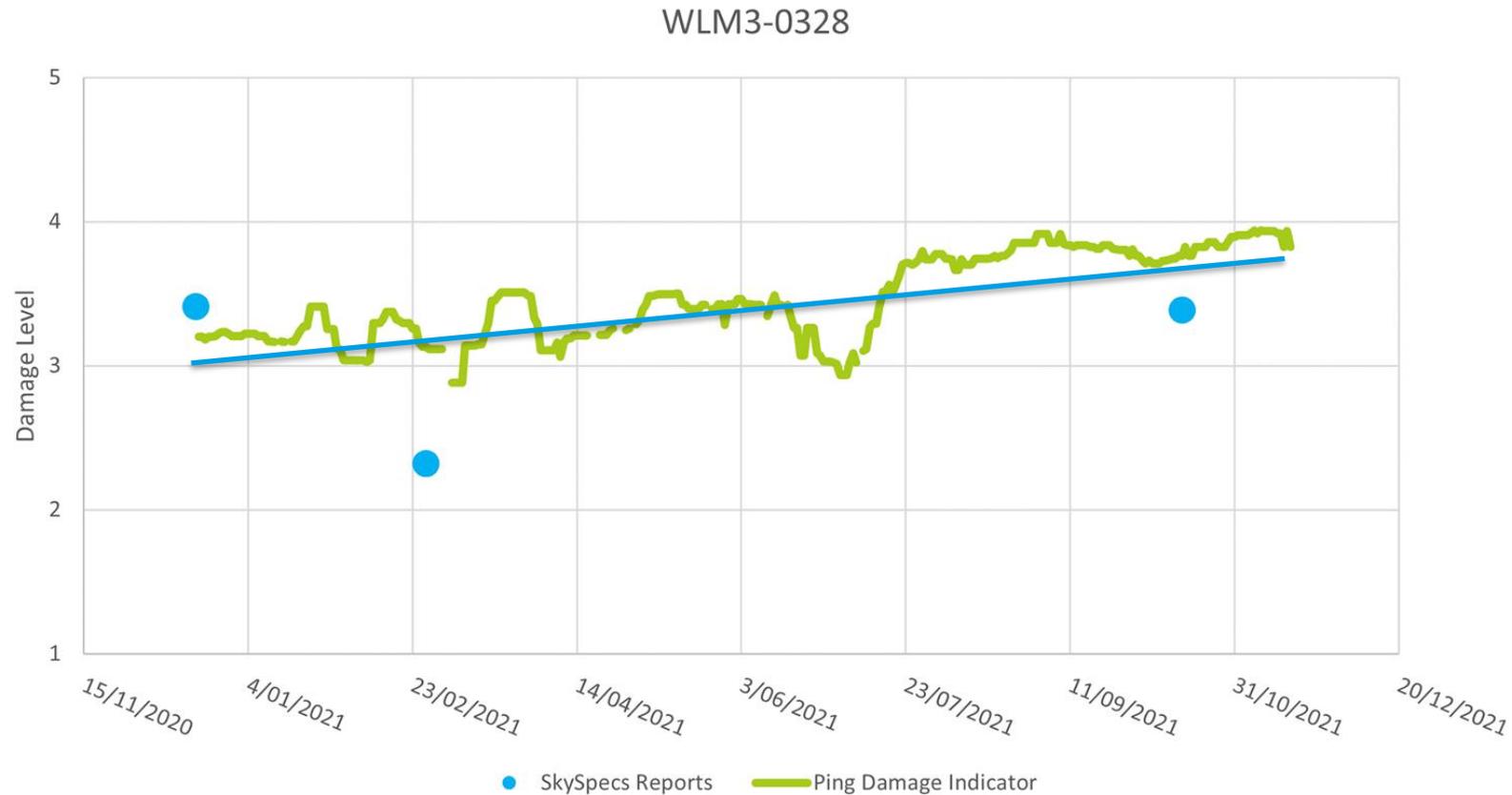
Blatt C (links)



Blatt A (rechts)



Verschlechterung von Blattschäden



Verschlechterung von Blattschäden (contd.)



Business Case - Damage Prone 2 MW Onshore WTG



Repair Cost Savings									
	Labour	Materials Platform Transport	Crane	Replacement Blade	Total Costs	Failure Rate	Annual Costs	Ping Monitor Cost Savings	Ping Monitor Cost Savings
Minor Repair (Cat. 4)	€5,200	€15,600			€20,800	17.10%	€3,557	50.0%	€1,778
Major Repair (Cat. 5)	€29,900	€114,400	€93,600		€237,900	0.38%	€892	50.0%	€446
Blade Replacement	€29,900	€114,400	€93,600	€260,000	€497,900	0.05%	€224	50.0%	€112
						17.52%	€4,673		€2,336

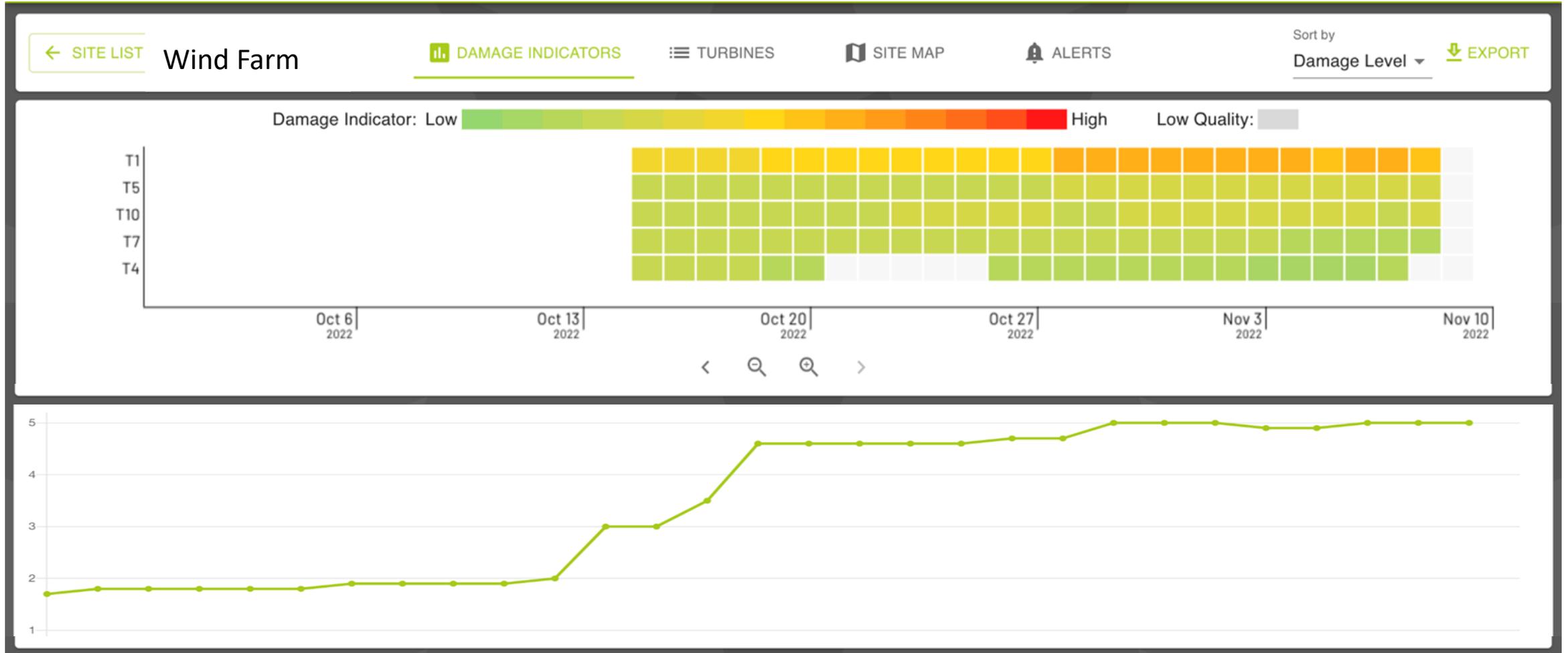
Basis: Average Costs Per Year for a > 2 MW onshore turbine.

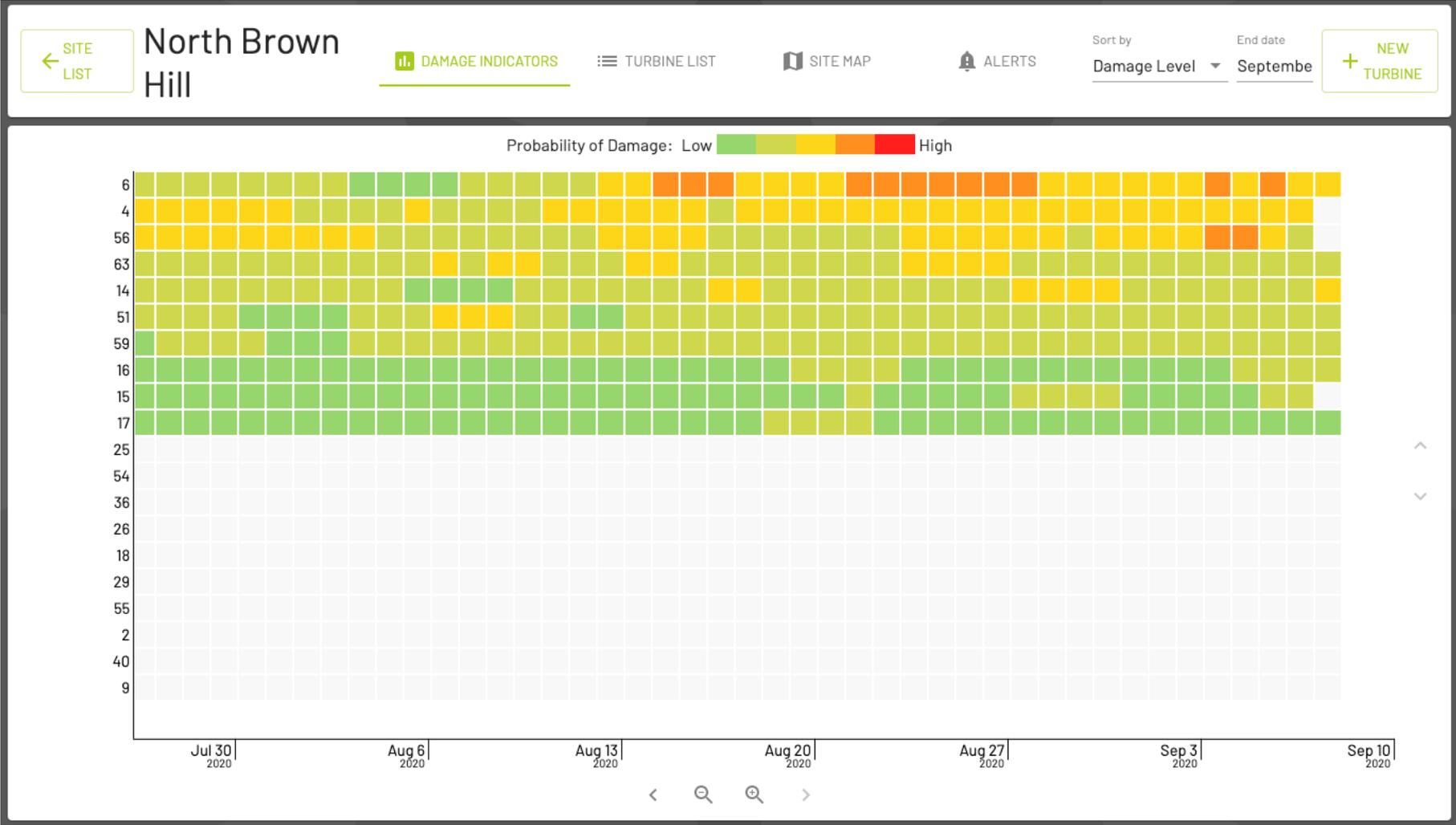
Total Savings & Benefit									
	Repair Cost Savings	Downtime Cost Savings	Drone Inspec. Cost Savings	Insurance Cost Savings	Reputation Cost Savings	Total Cost Savings		Ping Monitor Costs	Total Benefit
	€2,336	€473	€200	€0	€0	€3,009		€584	€2,425
Years / Qty	10	20	30	40	50	100	200	500	1000
1	€24,250	€48,500	€72,750	€97,000	€121,250	€242,499	€484,998	€1,212,495	€2,424,990
5	€121,250	€242,499	€363,749	€484,998	€606,248	€1,212,495	€2,424,990	€6,062,475	€12,124,950
10	€242,499	€484,998	€727,497	€969,996	€1,212,495	€2,424,990	€4,849,980	€12,124,950	€24,249,900
15	€363,749	€727,497	€1,091,246	€1,454,994	€1,818,743	€3,637,485	€7,274,970	€18,187,425	€36,374,850
20	€484,998	€969,996	€1,454,994	€1,939,992	€2,424,990	€4,849,980	€9,699,960	€24,249,900	€48,499,800
25	€606,248	€1,212,495	€1,818,743	€2,424,990	€3,031,238	€6,062,475	€12,124,950	€30,312,375	€60,624,750
30	€727,497	€1,454,994	€2,182,491	€2,909,988	€3,637,485	€7,274,970	€14,549,940	€36,374,850	€72,749,700
ROI	415.24%								
	For every €1.00 invested, you will save €4.15								

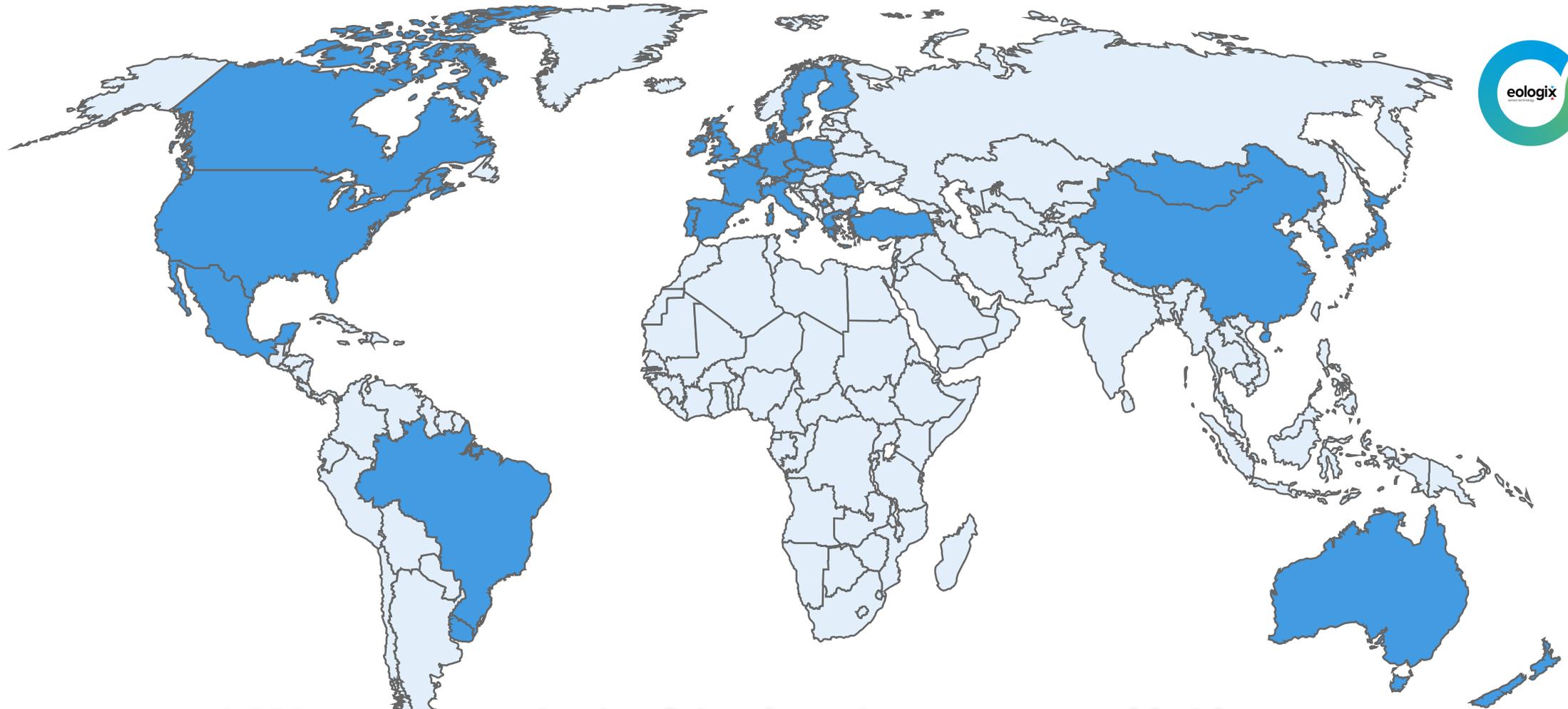
Ping Cloud - Dashboard



Damage indicator via heat map or detailed graph & Export to CSV functionality







~ 1 800 acoustic monitoring & ice detection systems worldwide

~ 265 acoustic monitoring systems in Europe

Spain, France, The Netherlands, Germany, Denmark,
Sweden, Ireland, UK, Romania, Turkey



Haben Sie Fragen?

Nehmen Sie Kontakt mit uns auf.
Wir sind für Sie da.



office@eologix.com
info@ping.services



+43 316 931215 100



Wagner Biro Strasse 124
8020 Graz, Austria



Suite 28, Stone & Chalk Startup Hub Marnirni-apinthe Building
Lot Fourteen, North Terrace
Adelaide SA 5000 Australia



Aerodynamic data for structural damage detection on wind turbine blades

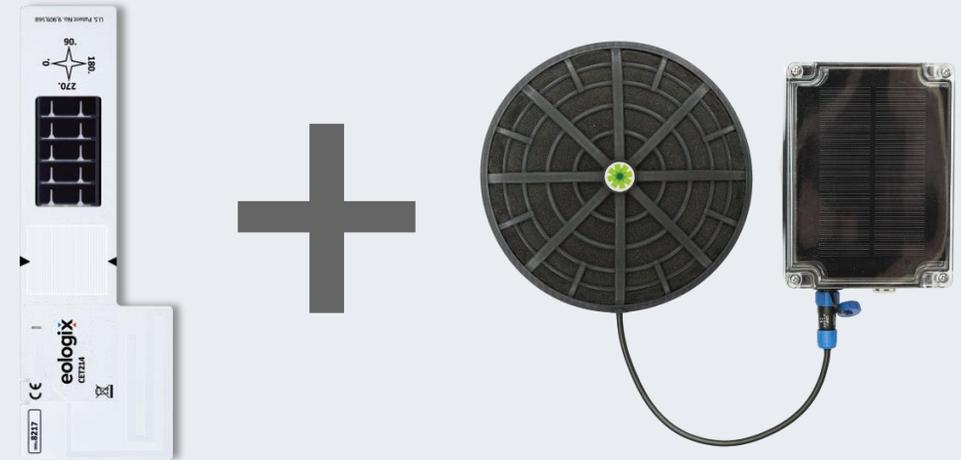
Imad Abdallah | RTDT Laboratories AG



On-Blade Messungen – Erfahrungen und Ausblick

Harald Hohlen

eologix & Ping Services



Agenda

1. EOLOGIX ON-BLADE SENSOR
2. EOLOGIX:ALIGN
3. FELDMESSUNGEN
4. AUSBLICK



eologix On-Blade Sensor

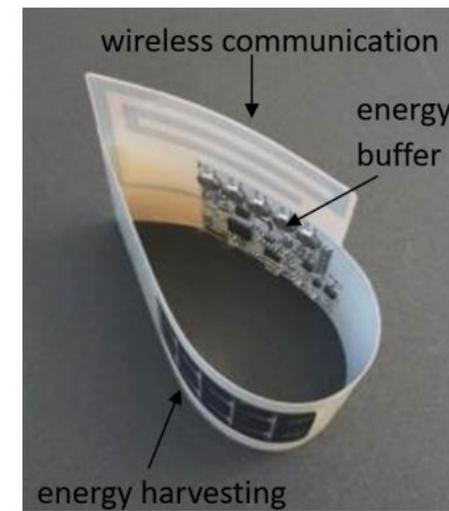
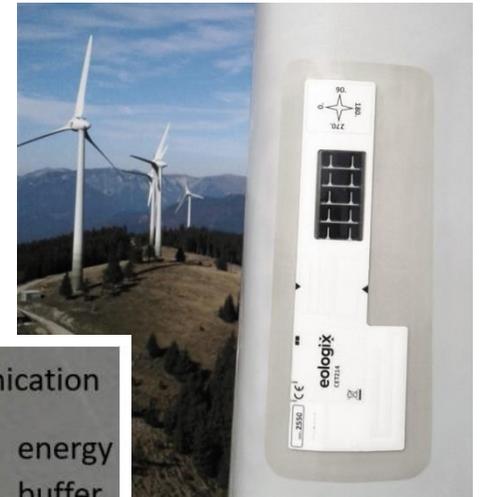
eologix On-blade Sensor – kurz zusammengefasst



Wesentliche Hardware-Eigenschaften...

- Dünner Sensor mit flexibler Platine
- Bestückung mit verschiedenen Messaufnehmern
- Datenübertragung via Funk
- Energieversorgung durch Photovoltaikzellen
- Energiespeicher auf der Platine

...erlauben die Messung relevanter Größen an nahezu jeder Blattposition und anderen Oberflächen einer Windenergieanlage



eologix On-blade Sensor – Einsatzgebiete (zur Zeit)



– Eis-Erkennung

Stopp bei
Eisansatz

eologix
:safe

Automatischer
Wiederanlauf

eologix
:restart

Präventives
Heizen

eologix
:heat

– Überwachung von
Blattwinkelabweichungen

Kontinuierliche
Überwachung von
Blattwinkelabweichungen

eologix
:align



eologix:align

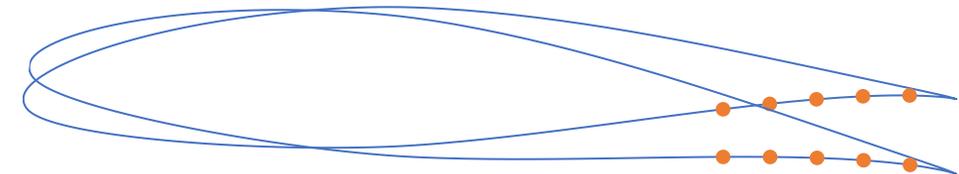
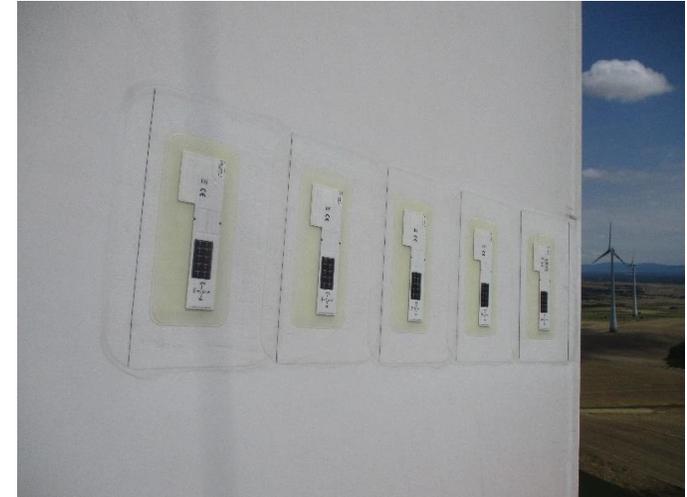
Kontinuierliche Überwachung von
Blattwinkelabweichungen

eologix:align

Aktuelle Konfiguration



- Das gegenwärtige **eologix:align**-System besteht aus
 - Sensorpaket am Rotor
 - Sensorpaket Gondel
 - 1 Basis-Station pro WEA, diese triggert die synchrone Messung aller Sensoren, empfängt die Messdaten und sendet diese an den eologix-Server
- Die Berechnung und kontinuierliche Überwachung/Bereitstellung der Blattwinkelabweichungen erfolgt durch den eologix-Server

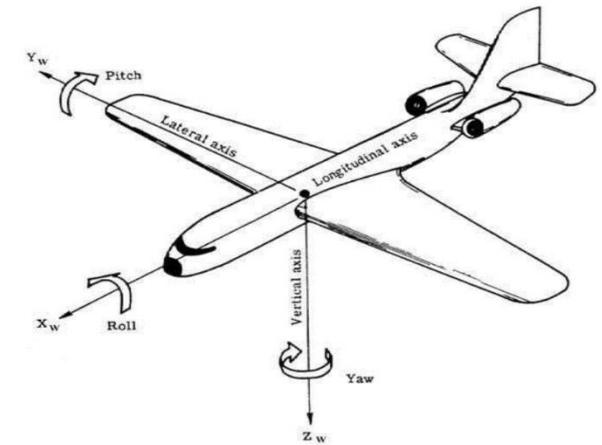


eologix:align – Sensoreigenschaften



Der eologix-Sensor erfasst für **eologix:align**:

- ...unabhängig vom Betriebszustand der Windenergieanlage,
- ...Beschleunigungs- und Winkelgeschwindigkeits-signale,
- ...mit einer Abtastrate von über 50 Hz,
- ...in mehreren Messreihen täglich, und
- ...synchronisiert mit anderen eologix-Sensoren.

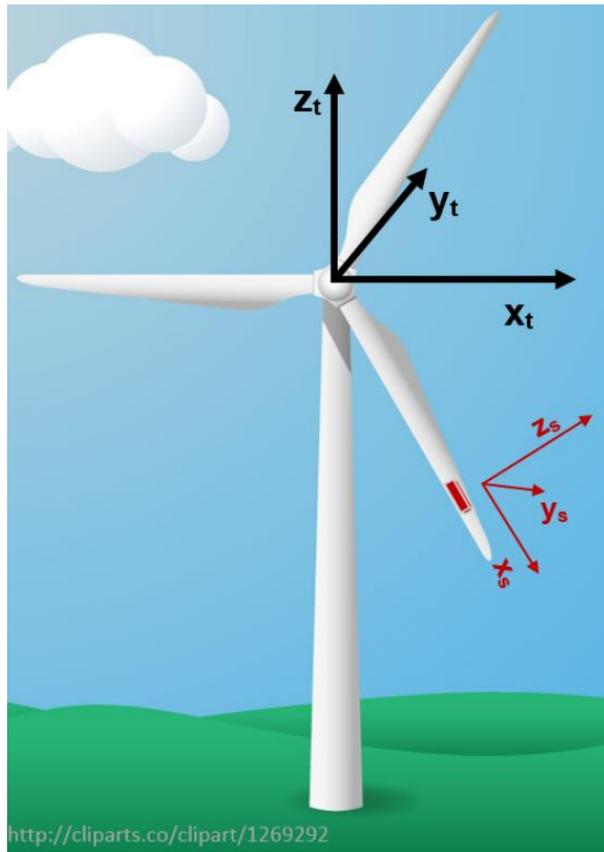


Quelle:

https://users.encs.concordia.ca/~ymzhang/courses/MECH480-6091/CourseProjects&Labs/MECH6091/MECH6091_Poject4.Modeling%20and%20Simulation%20of%20a%20Three%20Degree%20of%20Freedom%20Longitudinal%20Aero%20plane%20System.pdf

eologix:align

Prinzipieller Ansatz



- Um Messergebnisse der Blätter zueinander in Beziehung zu setzen, braucht es eine gemeinsame Referenz und Synchronität
- Die gemeinsame Referenz ist die Gravitation
- Die an den Blättern angebrachten Aufnehmer erfassen Anteile der Gravitation, die in Lagewinkel umgerechnet werden
- Die synchrone Messung sowie Nutzung einer Referenz erlaubt die Berechnung der Blattwinkelabweichungen aus den Lagewinkeln

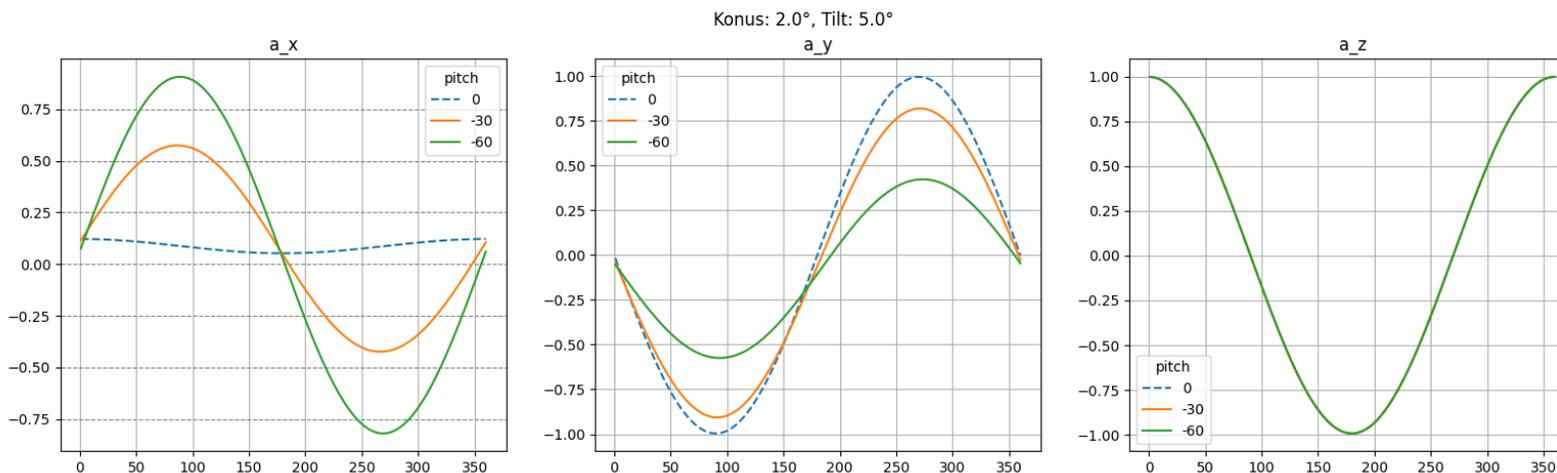
eologix:align

Herausforderungen (1)

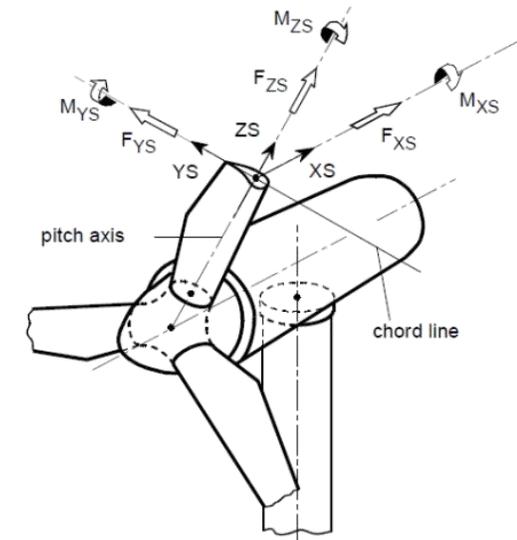


Es ist eine Methode notwendig, die:

- von Konuswinkel und Tiltwinkel unbeeinflusst funktioniert
- robust gegenüber variierenden Umgebungs- und Betriebsbedingungen ist



Vereinfachter Beschleunigungsverlauf über eine Periode in Abhängigkeit von Blattwinkel, Konus und Tilt



YS in direction of the chord, orientated to blade trailing edge
 ZS in direction of the blade pitch axis
 XS perpendicular to the chord, so that XS, YS, ZS rotate clockwise

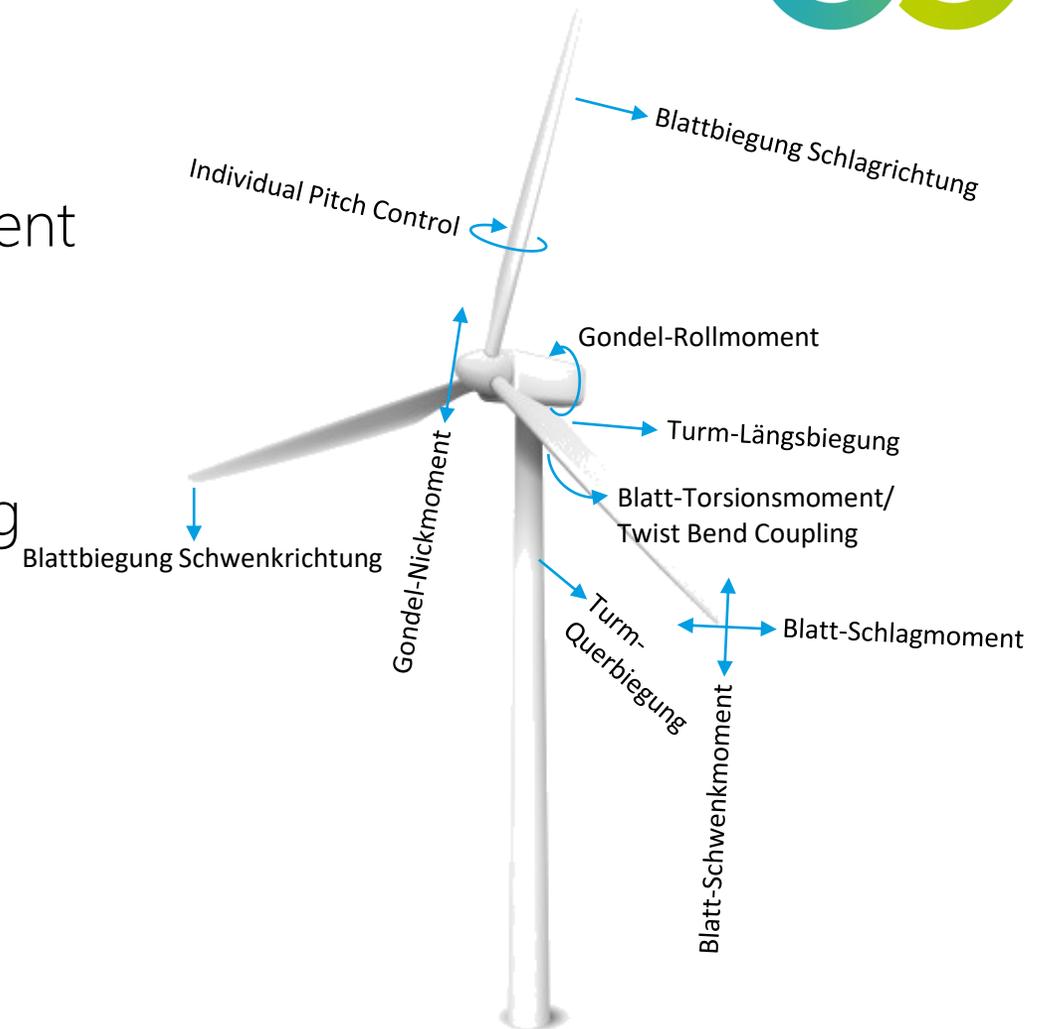
Quelle: DNV-GL

eologix:align

Herausforderungen (2)



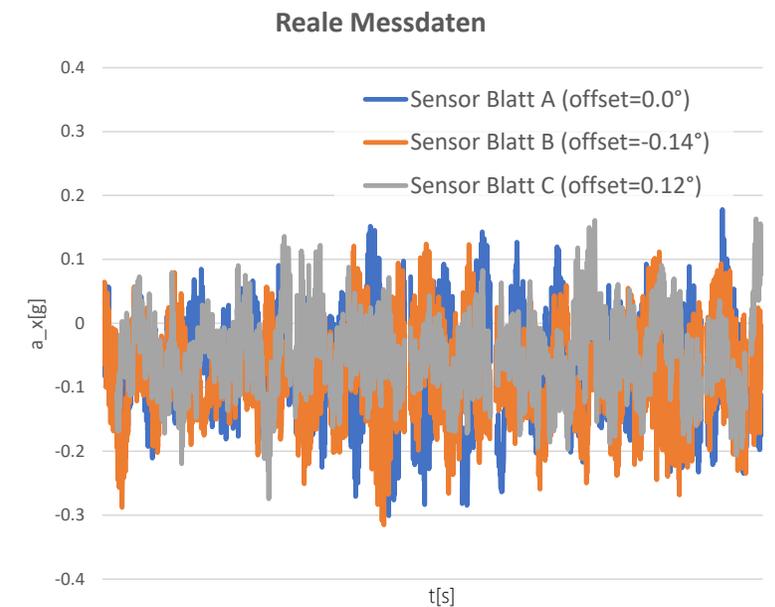
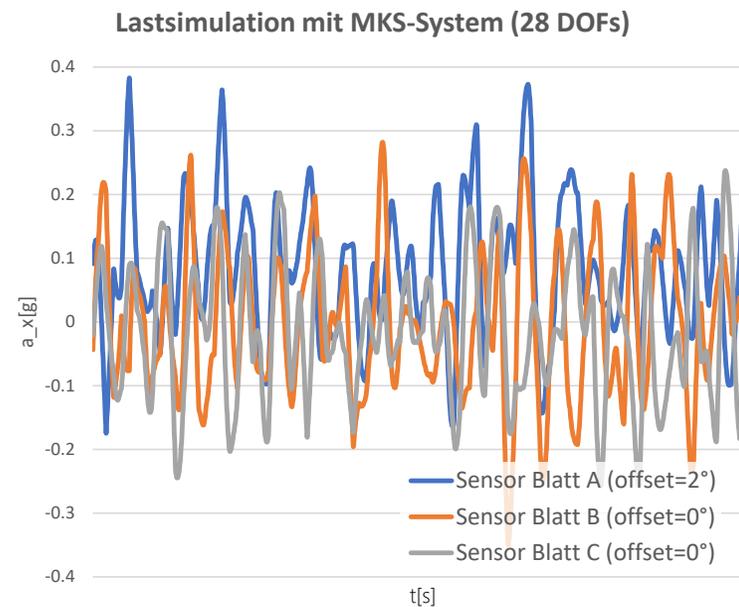
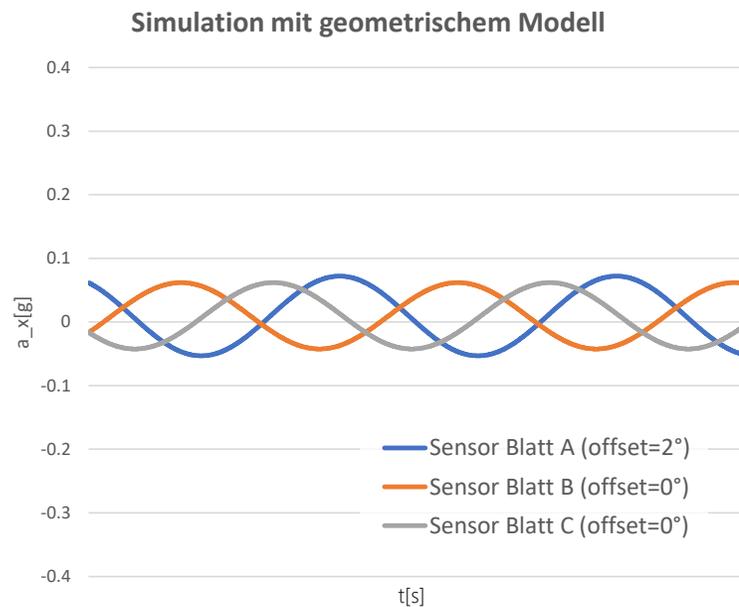
- Aero-elastische Einflüsse
 - Blatt-Schwenk-/Schlag-/Torsionsmoment
 - Gondel-Roll-/Nick-/Giermoment
 - Turm-Längs-/Querbiegung
- Gravitationseinfluss
 - Blattbiegung Schlag-/Schwenkrichtung
- Technische Einflüsse
 - Individual Pitch Control (IPC)
 - Betriebsmodi
- Messtechnik
 - Rauschen
 - Quantisierung



eologix:align - Methodenentwicklung



Ermittlung und Härtung der Methode durch prinzipielle geometrische Betrachtungen, Lastsimulationen und Analyse von realen Beschleunigungsdaten





Feldmessungen

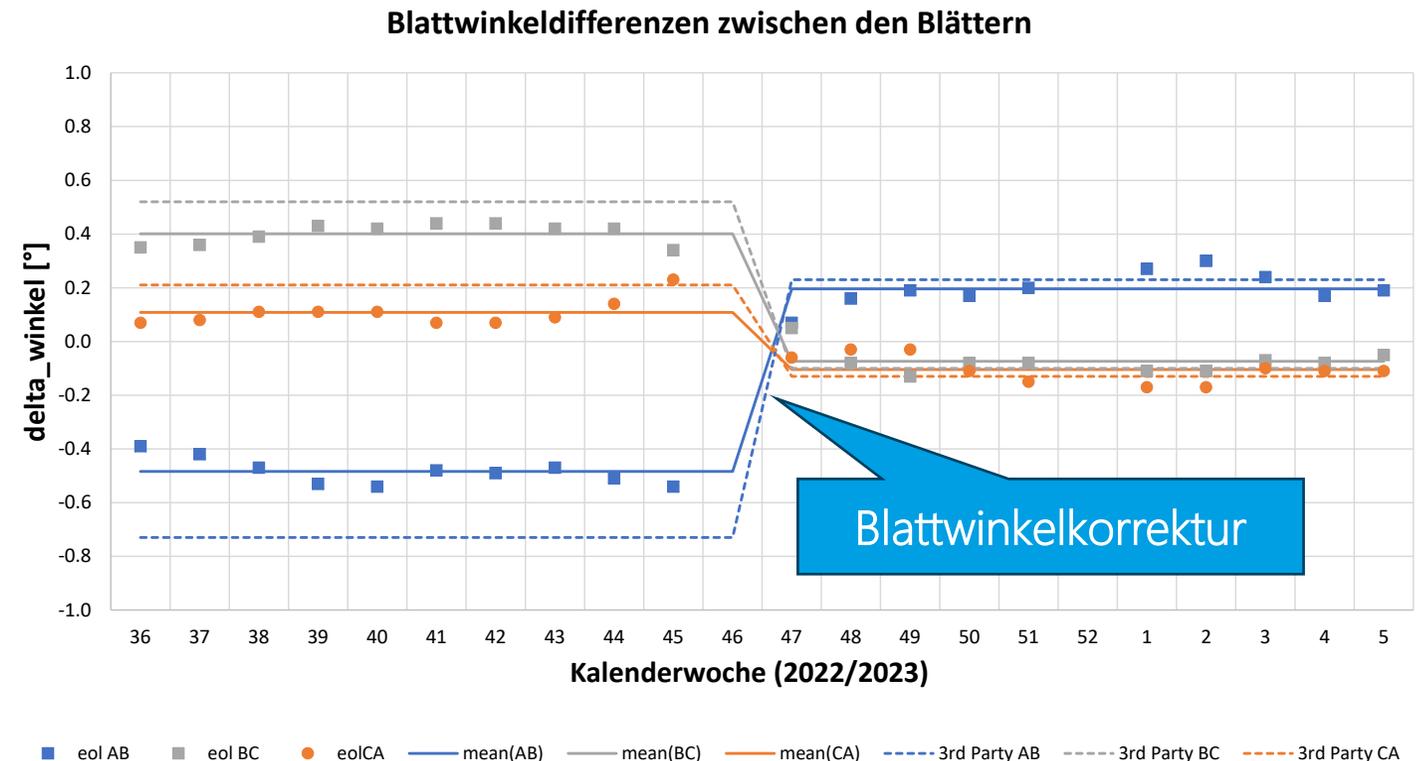


eologix:align

Fallstudien – Beispiel 1: Enercon E82-E2



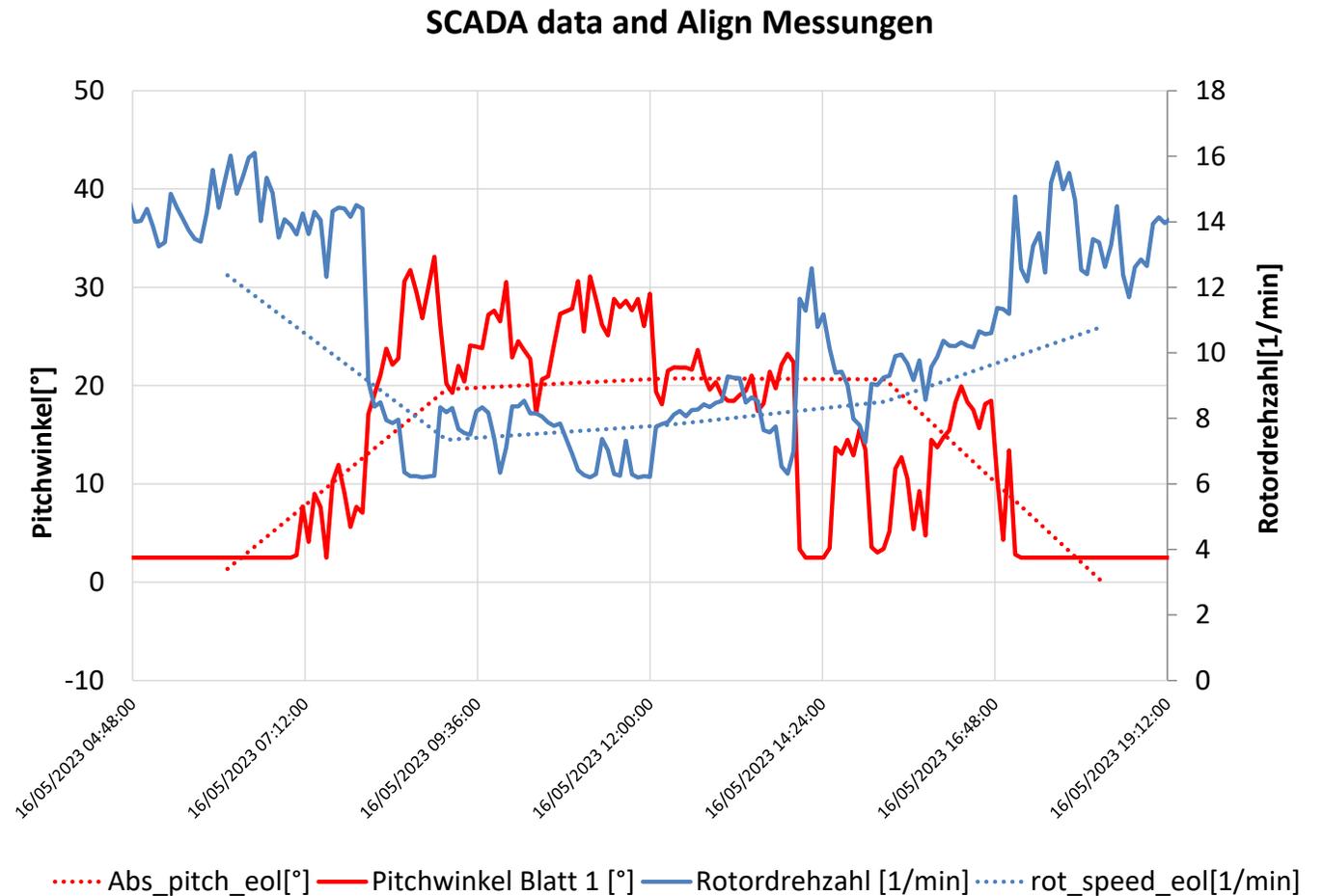
- Blattwinkeldifferenz $> \pm 0.3^\circ$ wurde erkannt, durch Dritte bestätigt und korrigiert
- Vergleich mit unabhängiger Messung zeigt gute Übereinstimmung vor und nach Korrektur



eologix:align - Fallstudien – Beispiel 1: Enercon E82-E2



- Plausibilitätscheck mit SCADA-Daten zeigt gute Übereinstimmung der Drehzahl und des kollektiven Pitchwinkels
- Algorithmus funktioniert auch bei besonderen Betriebsmodi (z.B. leistungsreduzierter Betrieb)

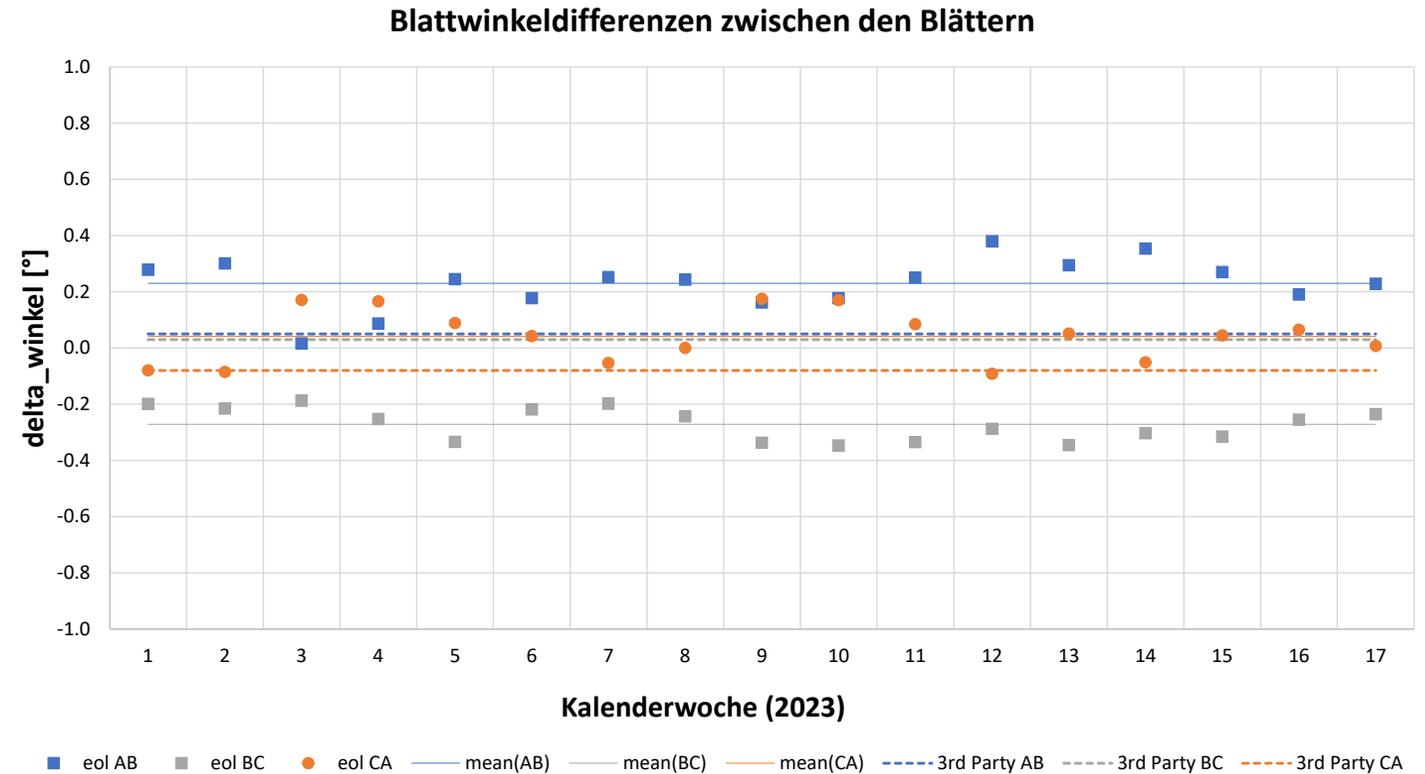


eologix:align

Fallstudien – Beispiel 2: Fuhrländer FL77



- Vergleich mit unabhängiger Messung zeigt gute Übereinstimmung
- Blattwinkeldifferenzen $< \pm 0.3^\circ$

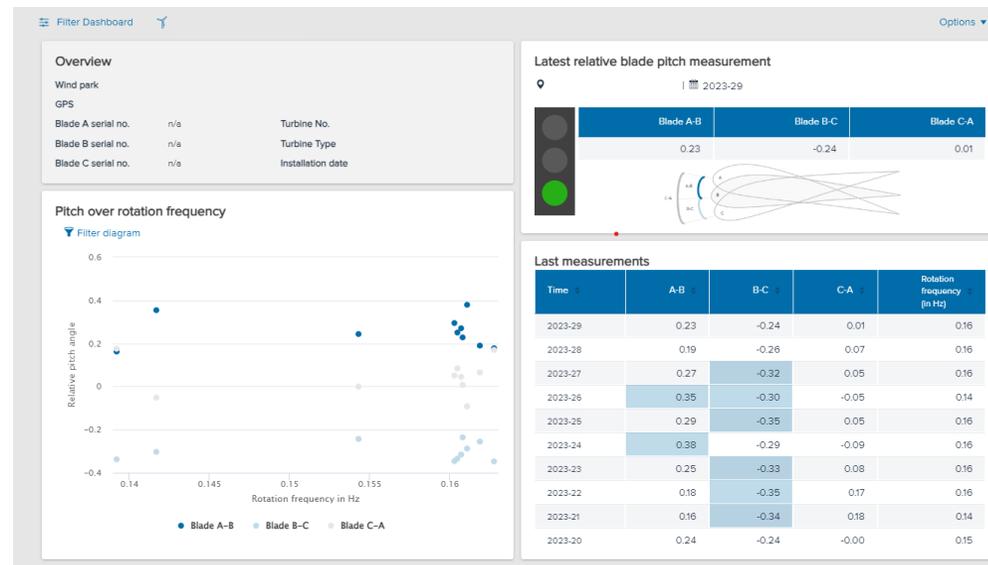
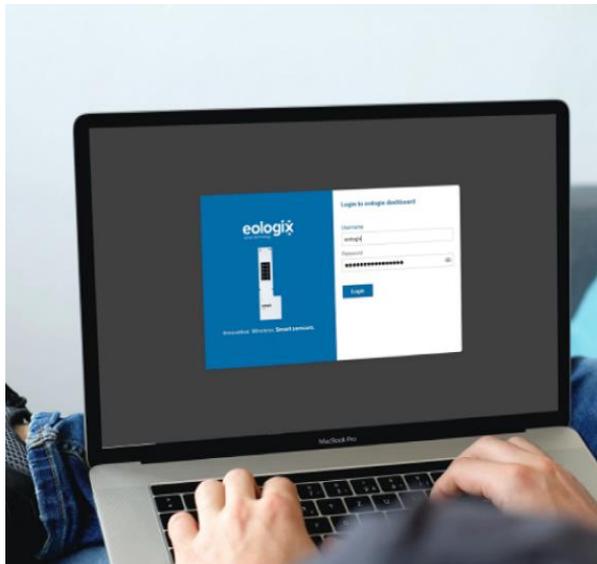


eologix:align - Ergebnisbereitstellung



Dashboard

Ergebnisse



	A	B	C	D
1	Time,A-B,B-C,C-A,Rotation frequency (in Hz)			
2	2023-4	0.57,-0.34,-0.17	0.16	
3	2023-3	0.76,-0.16,-0.75	0.18	
4	2023-2	0,0,0,0		
5	2023-1	0.88,-0.29,-0.51	0.18	
6	2022-52	0,0,0,0		
7	2022-51	0.99,-0.32,-0.26	0.18	
8	2022-50	0,0,0,0		
9	2022-49	0.92,-0.08,-0.91	0.15	
10	2022-48	0,0,0,0		
11	2022-47	0.19,-0.11,0.06	0.17	
12				
13				

Export Daten als
CSV, XLSX & JSON

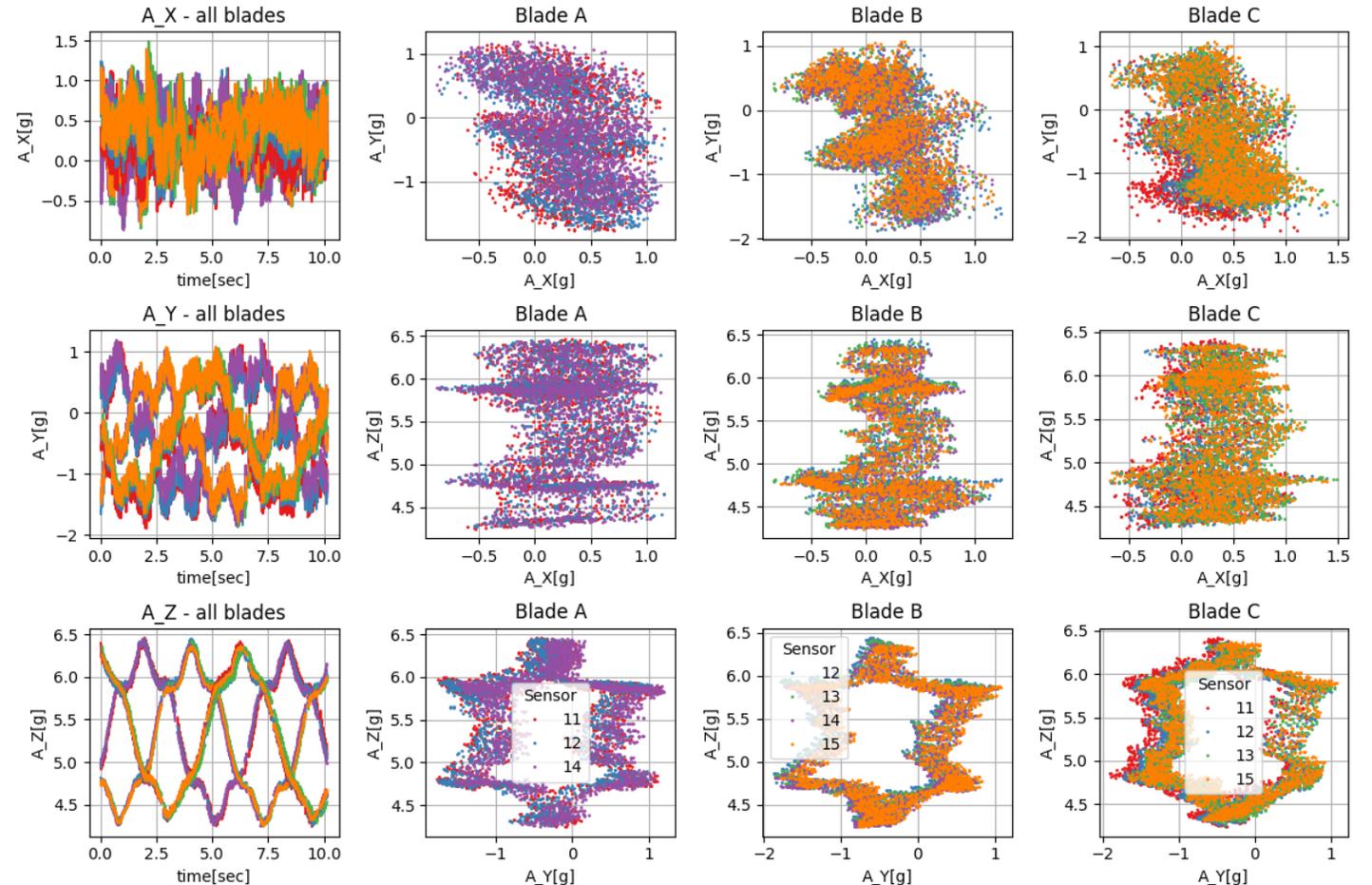
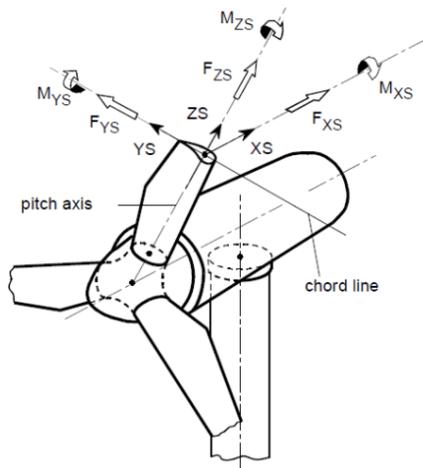
Monitoring-Ansicht einzelner WEA mit den aktuellsten
Messergebnissen inkl. Abweichungen über die Rotordrehzahl

eologix:align - Erfahrungen aus Feldmessungen



auch so etwas misst das System

- Schwingungen in der Drehzahl

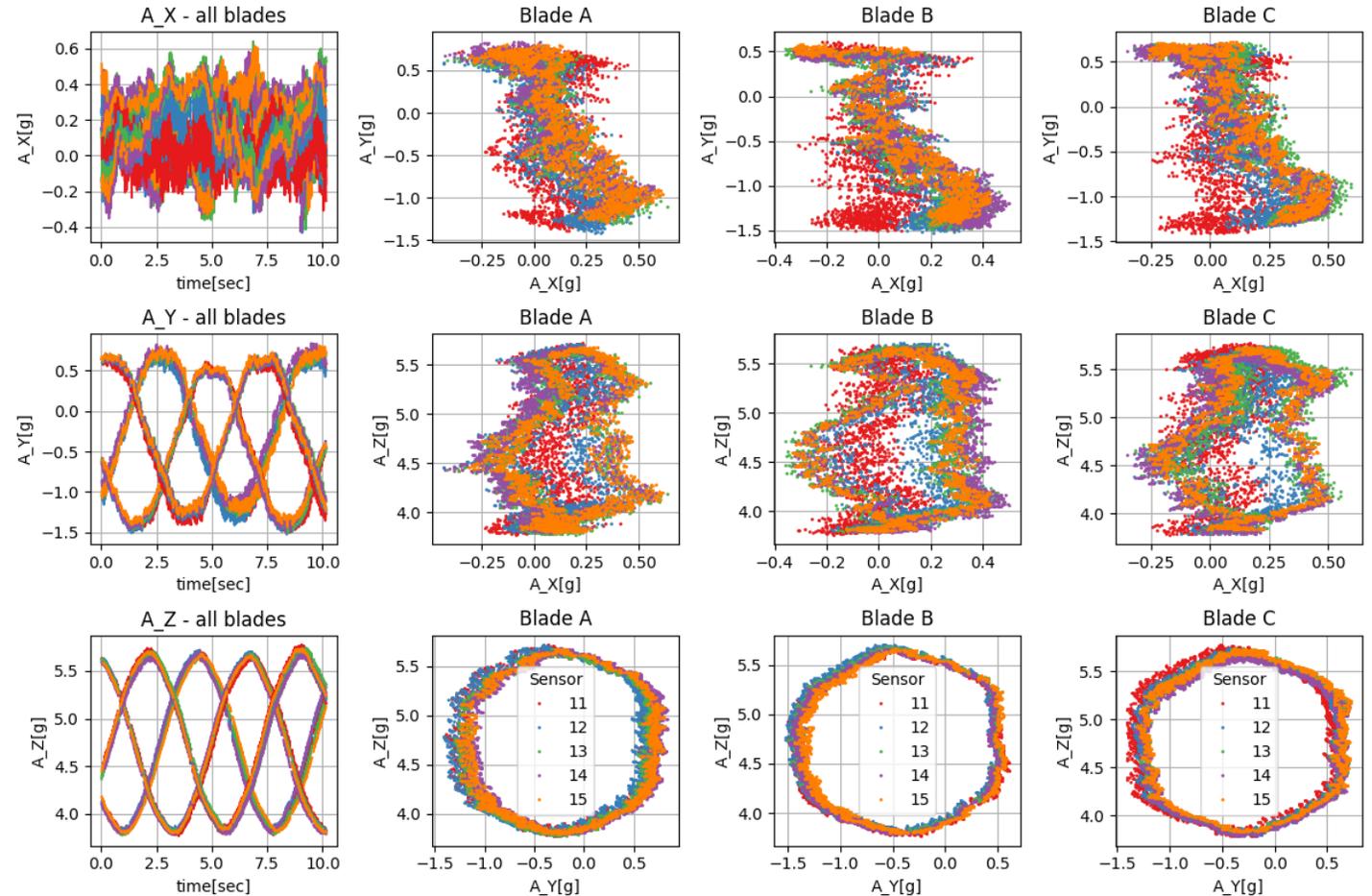
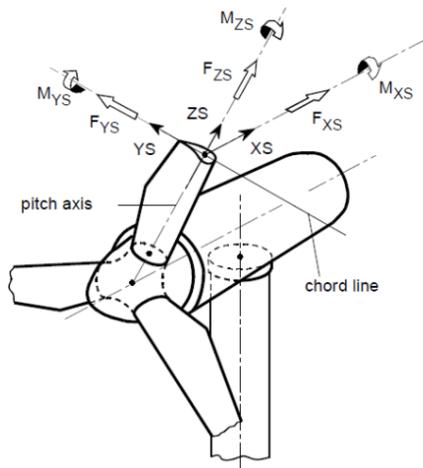


eologix:align - Erfahrungen aus Feldmessungen



oder so etwas:

- Plateaus in der Schwenkbeschleunigung

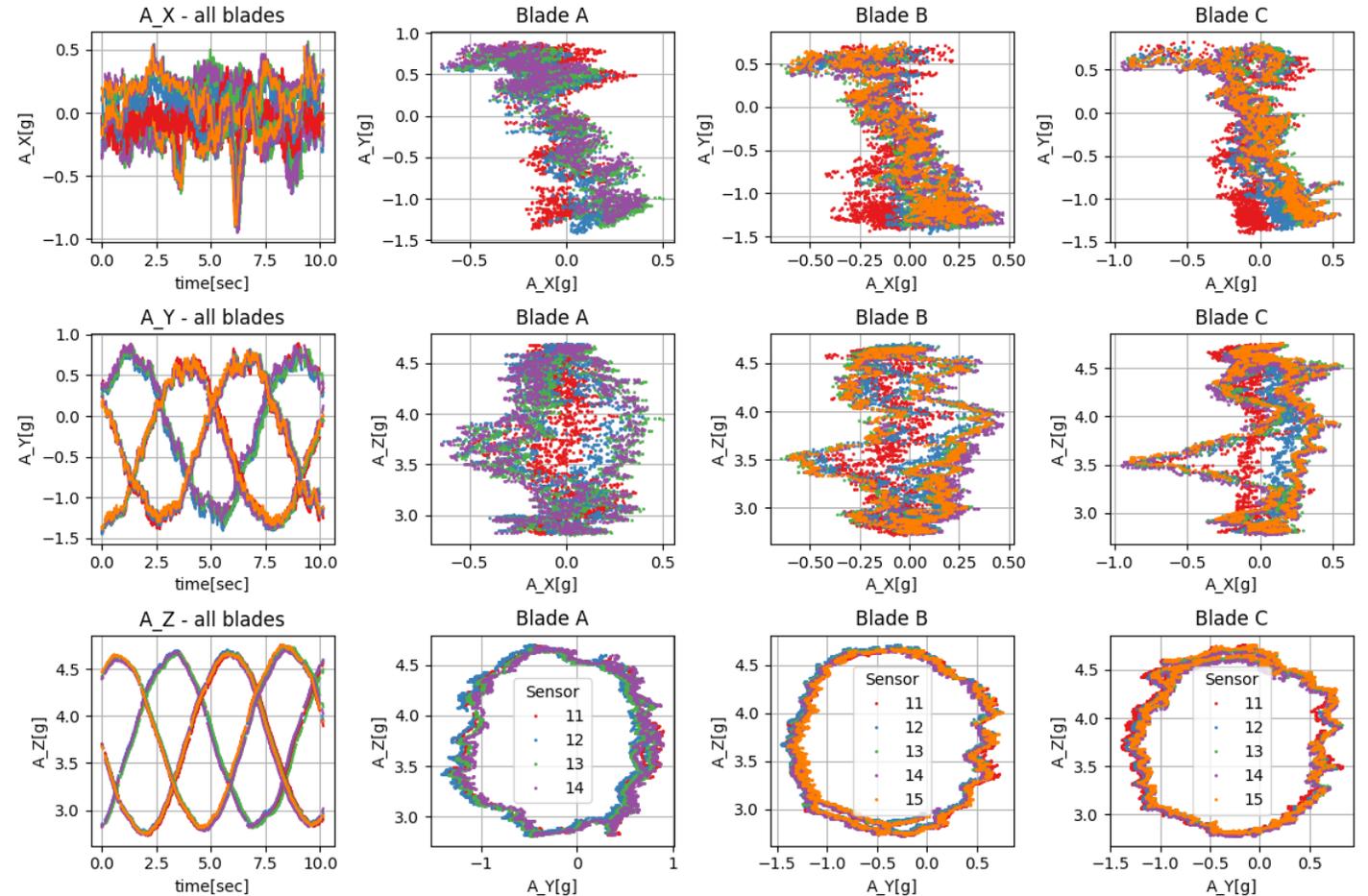
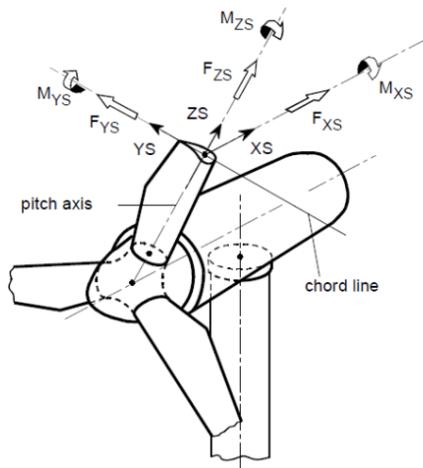


eologix:align - Erfahrungen aus Feldmessungen



oder so etwas:

- Besondere Schwingungen in einzelnen Blättern





Ausblick

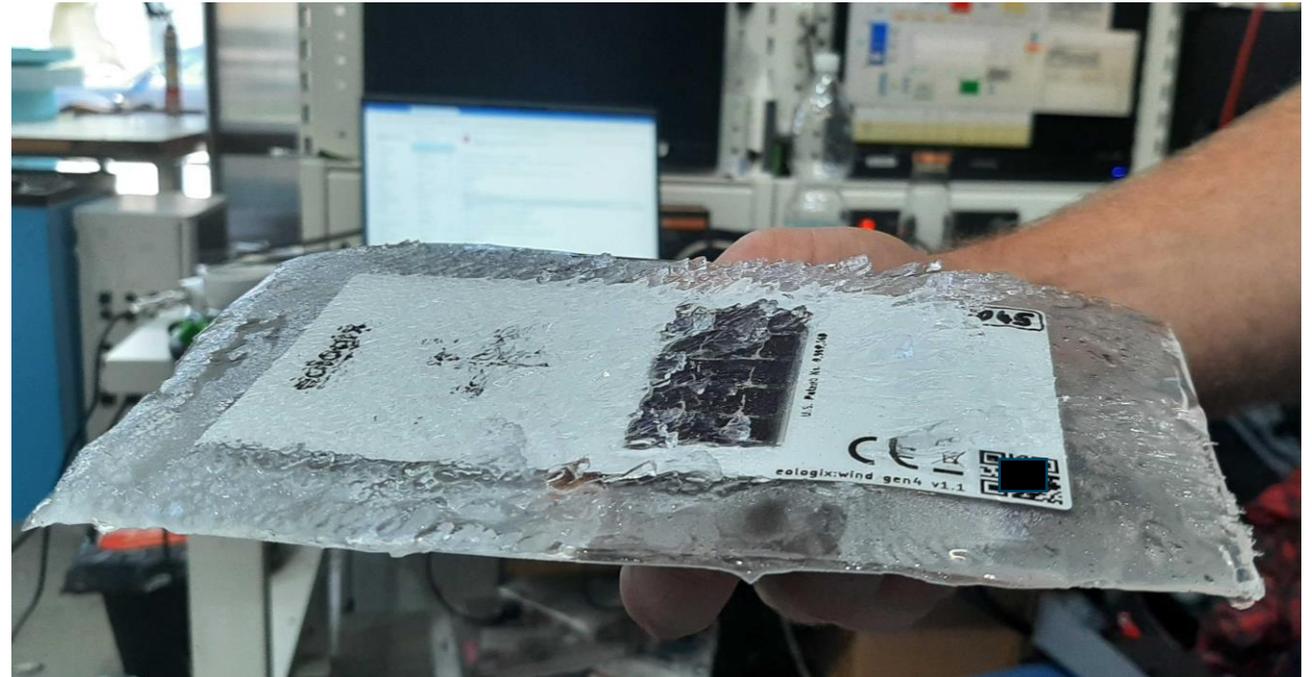


Ausblick – Neue Sensorgeneration



Merkmale:

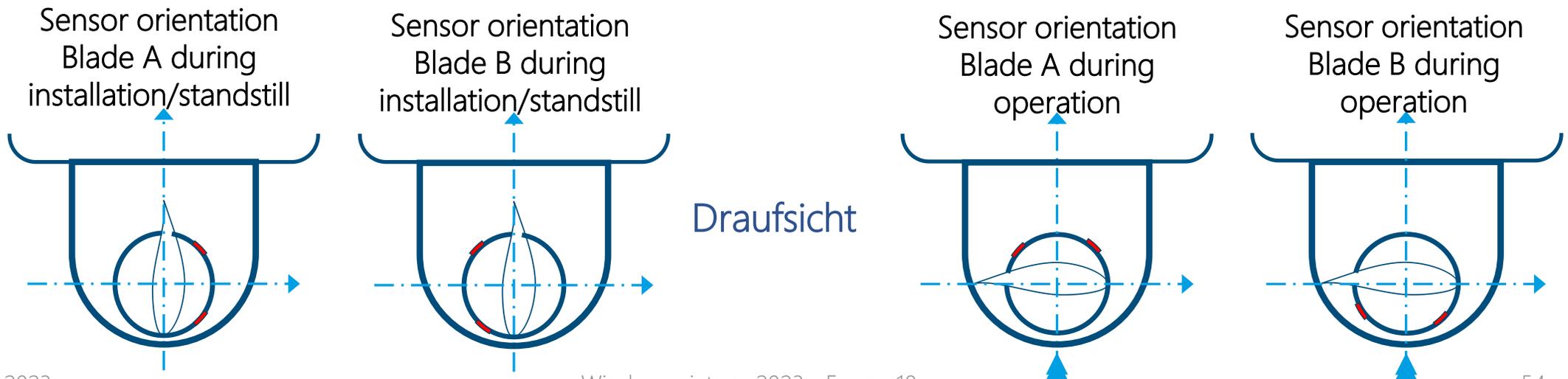
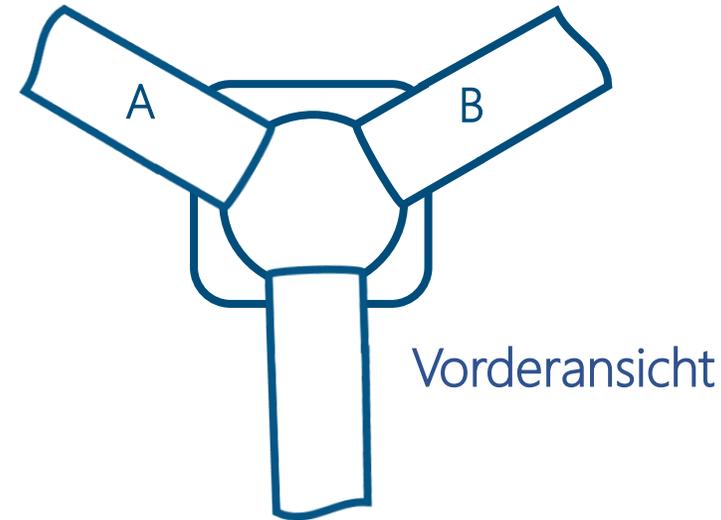
- größerer Energiespeicher
- verbesserte Energiegewinnung
- Verbesserung der Robustheit gegenüber Umweltbedingungen
- kompaktere Bauform



Ausblick – eologix:slim

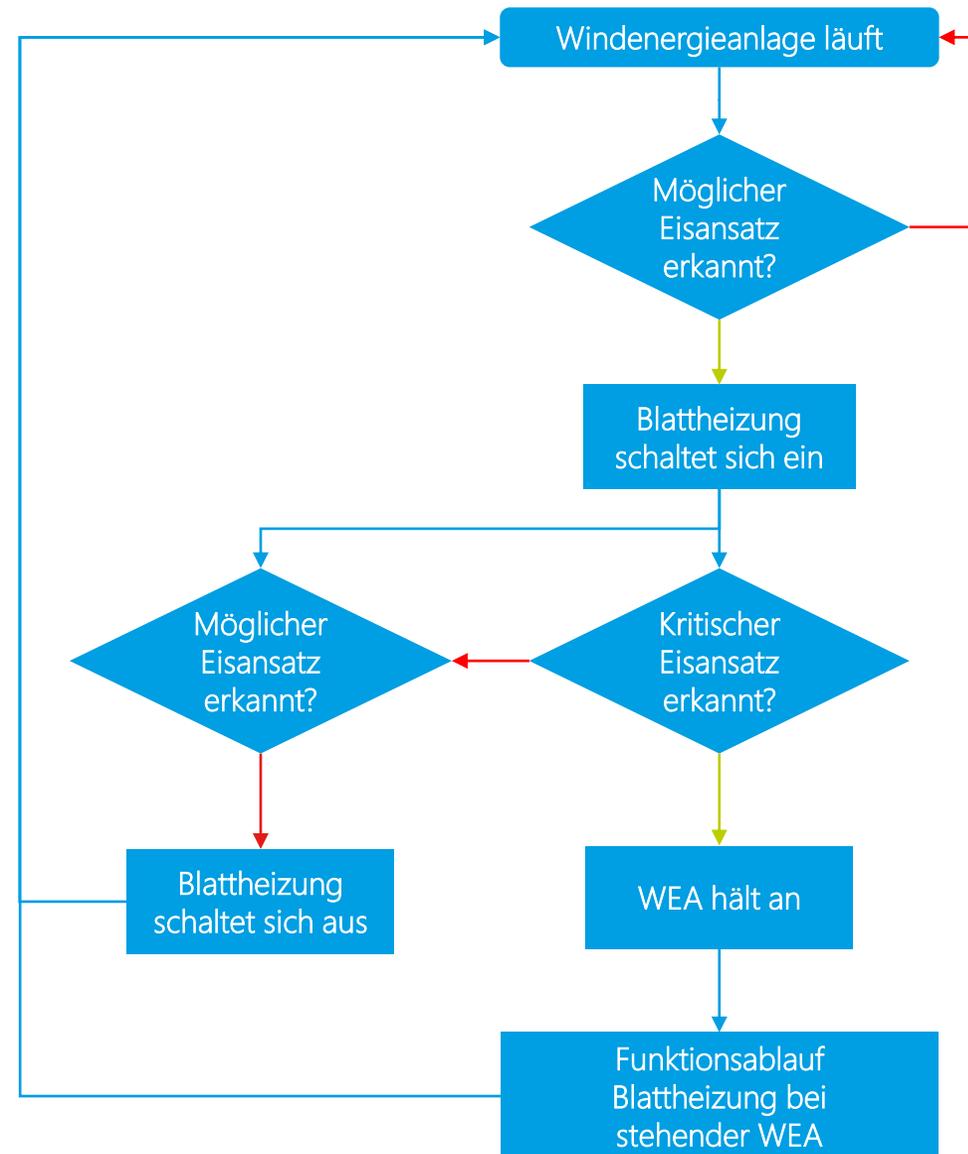
Eiserkennungs-Einstiegvariante

- Vereinfachte Installation
- Weniger Sensoren je Blatt
- Geeignet für Stopp wegen Eis



Ausblick – Präventives Heizen während des Betriebs

Verwendung verteilter
Eis-Levelmessungen zur
Aktivierung der
Blattheizung ohne
erhöhtes Risiko von
Eiswurf



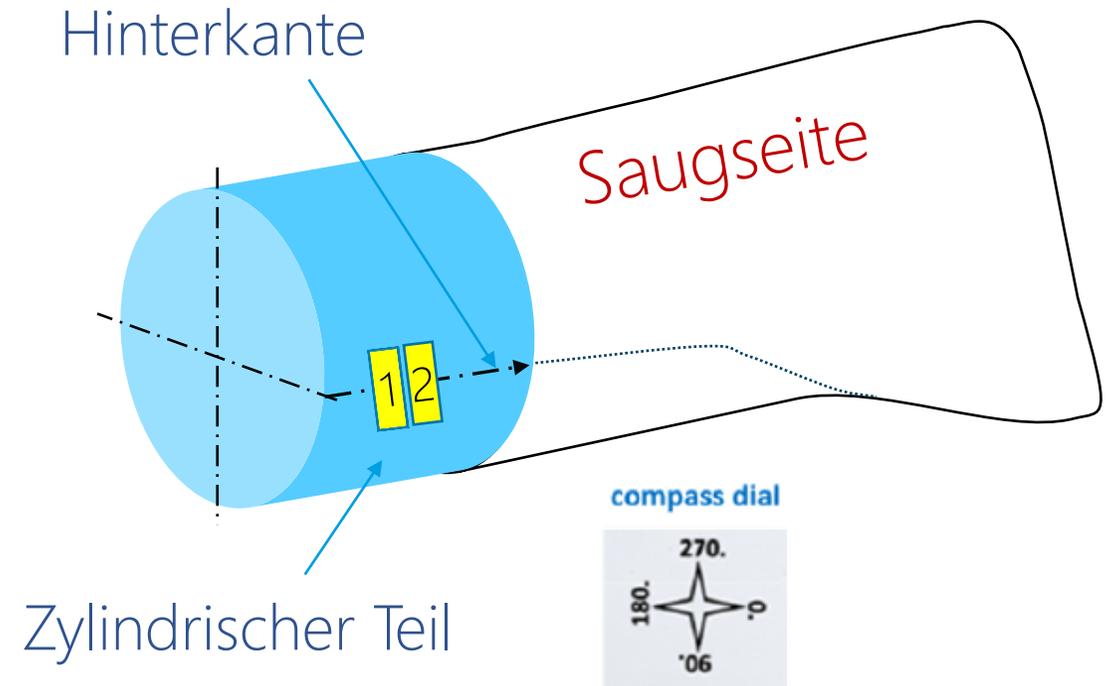
Vereinfachter Funktionsablauf Blattheizung bei laufender Windenergieanlage

Ausblick – eologix:align2.0



Merkmale:

- Vereinfachte Installation
- Weniger Sensoren je Blatt
- Mehr tägliche Messungen
- Leistungsfähigere Methodik



Ausblick – Kundenprojekte (1)



–Monitoring der relativen Blattspitzenbewegung bei geteiltem Blatt

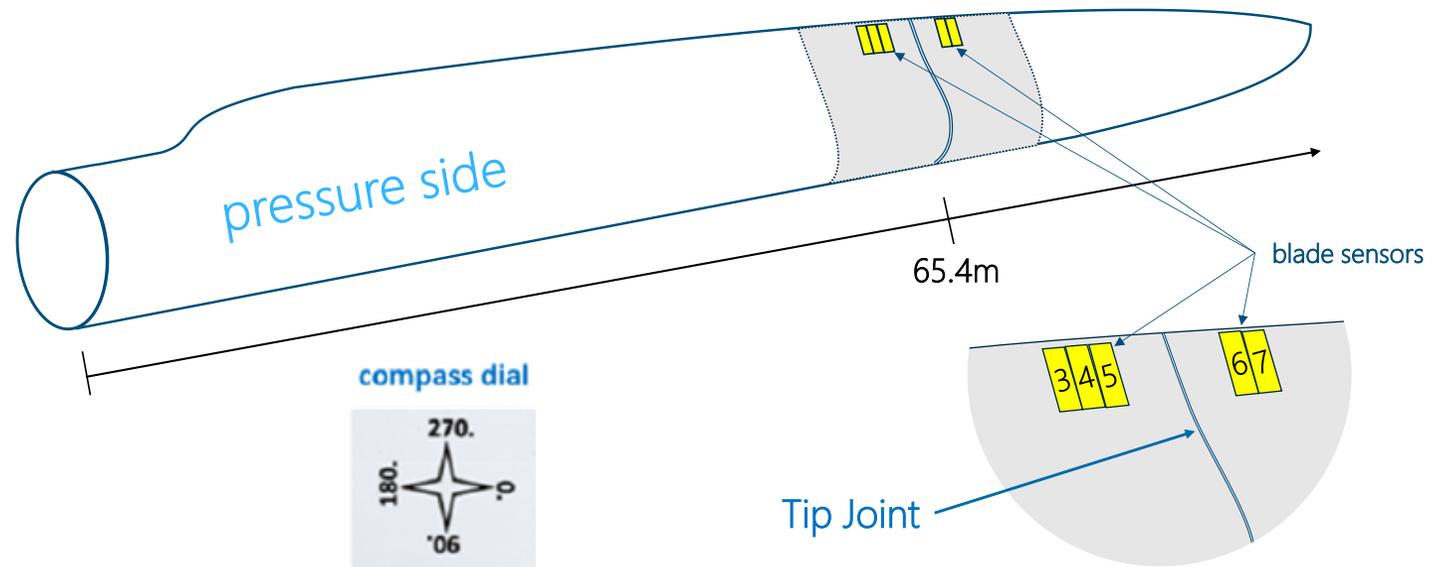
Surface Damage Detection

Ping Monitor detects a range of surface damage from tip to mid-span:

- Lightning damage
- Delamination
- Splits
- Holes
- Leading Edge Erosion



+



Ausblick – Kundenprojekte (2)



– Kombination der On-Tower-Messungen mit On-Blade-Messungen zur Bestimmung und Analyse von Blattschäden

Surface Damage Detection

Ping Monitor detects a range of surface damage from tip to mid-span:

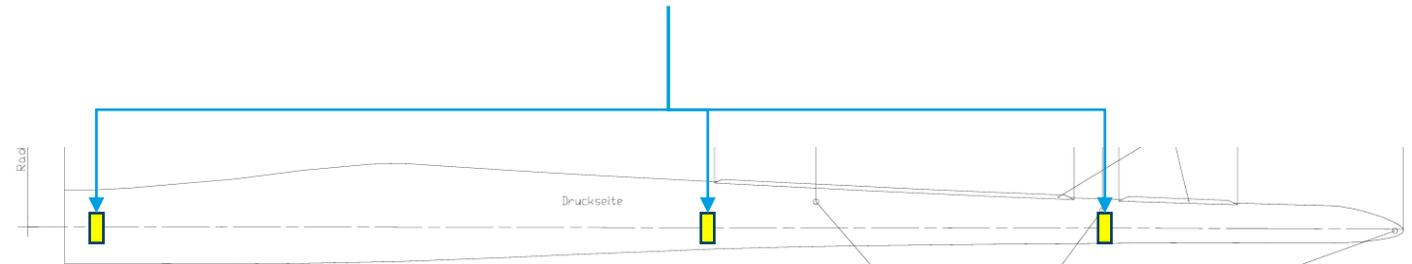
- Lightning damage
- Delamination
- Splits
- Holes
- Leading Edge Erosion



+



Hot Spots aus Blatt-Inspektionsberichten



1 m

21 m

34 m

Ausblick – Forschungsprojekte



s-CMS: Qualitative Unwucht-Bestimmung mit verteilten eologix-Sensoren



BladeWatch: Increasing Wind Power Availability through Energy-Autonomous Wireless Smart Sensors

(<https://projekte.ffg.at/projekt/4352938>)





Haben Sie Fragen?

Nehmen Sie Kontakt mit uns auf.
Wir sind für Sie da.



office@eologix.com
info@ping.services



+43 316 931215 100



Wagner Biro Strasse 124
8020 Graz, Austria



Suite 28, Stone & Chalk Startup Hub Marnirni-apinthe Building
Lot Fourteen, North Terrace
Adelaide SA 5000 Australia



Prüfung des Konzepts zur Inspektion von Rotorblättern nach TN Standard

Michael Lange | TÜV Nord

Inspektion von Rotorblättern mittels Drohnen

**Validierung und Verifizierung des Konzeptes
nach TN Standard**

TUVNORD

Michael Lange

Energy-Renewables-Certification

Leiter Gruppe Rotorblatt und elektrische Komponenten

Stellv. Leiter Zertifizierungsstelle Windenergie

milange@tuev-nord.de

LinkedIn

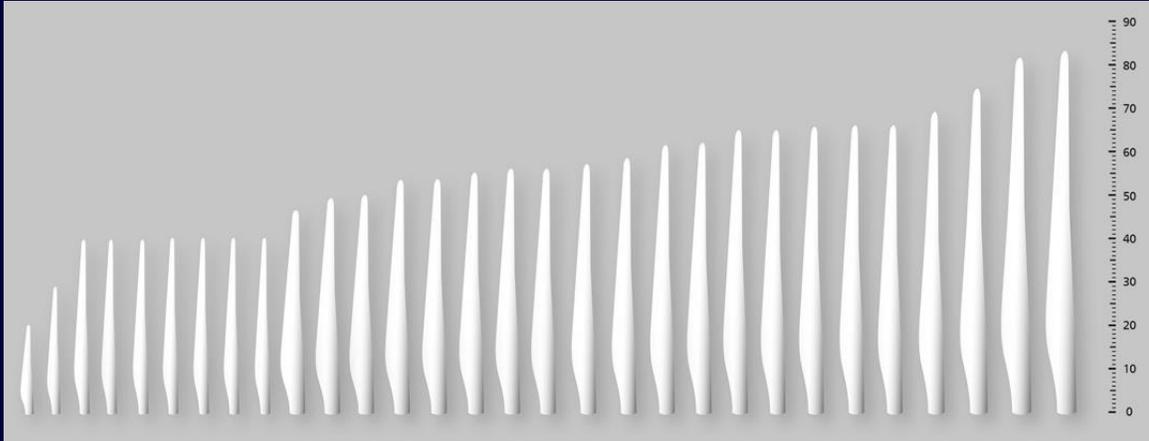
mobile phone: 01608882889



TÜVNORD

- seit 30 Jahren im Bereich Windenergie tätig
- Zertifizierungen/Typenprüfungen (> 2300 Zertifikate in den letzten 10 Jahren)
- Site Assessment (LiDAR Windmessungen, Ertragsgutachten, ...)
- Inspektionen (WKP, LTE, Fertigung, Pre-/Post-Shipment, ...)
- weltweit (72 Standorte)





Inspektionen von Rotorblätter

- Inspektionszeit
- Stillstandszeit
- Wetterfenster
- Personensicherheit
- Qualität/Zuverlässigkeit



- Inspektionen von Rotorblättern mittels Drohnen gewinnen zunehmend an Bedeutung
- Behörden/Versicherungen/Investoren öffnen sich für dieses Thema
 - BSH: „Anforderungen für Rotorblattprüfungen mittels fernoptischer Inspektionsverfahren“

Wie zuverlässig sind diese Verfahren?

- BSH: Kombination aus Inspektion mittels fernoptischer Verfahren und Inspektionen im Nahbereich
- „Die Eignung eines fernoptischen Inspektionsverfahrens muss durch einen Prüfbeauftragten bestätigt werden. ...“

Wie soll die Eignung festgestellt werden?



TÜV NORD Standard V01-TN-001

TÜVNORD

TÜV NORD Standard

V01-TN-001

ed. 1, October 2023

Validation and Verification of claims – Part 01: Wind Energy

Based on principles of ISO 17029

TÜV NORD Standard V01-TN-001

- basiert auf den Anforderungen der ISO 17029
- DIN EN ISO/IEC 17029 (Februar 2020)
- Prüfung des Wahrheitsgehaltes von Aussagen mittels Validierung und Verifizierung

Bild C.1 illustriert die Anwendung von Validierung.

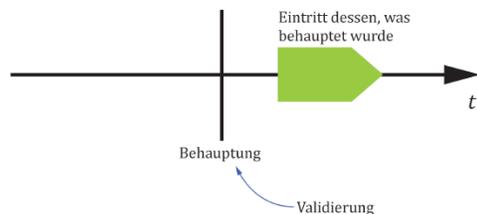
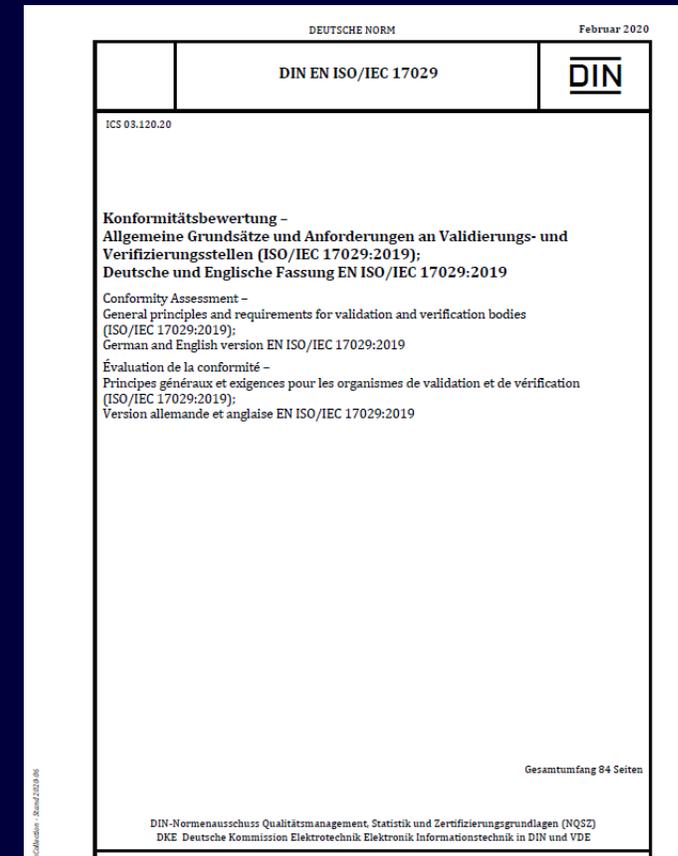
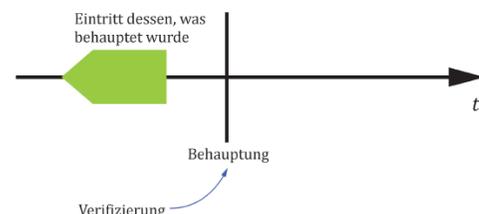


Bild C.2 illustriert die Anwendung von Verifizierung.



TÜV NORD Standard V01-TN-001

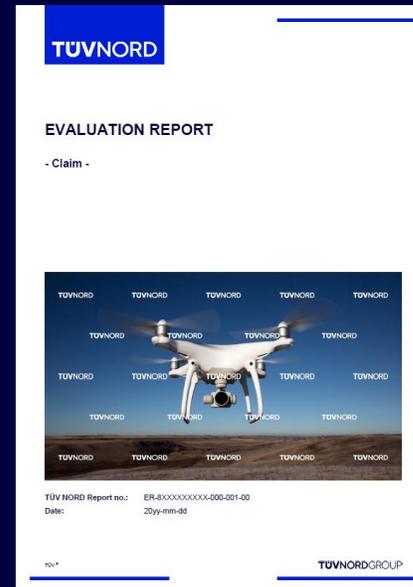
- Anwendung auf die Prüfung der Verlässlichkeit von Inspektionskonzepten:
- Validierung: Prüfung von Dokumenten
 - Beschreibung des Inspektionsverfahrens
 - Equipment
 - Qualitätssicherung

TÜV NORD Standard V01-TN-001

- Anwendung auf die Prüfung der Verlässlichkeit von Inspektionskonzepten:
- **Verifizierung: Prüfung der Ergebnisse von Inspektionen mittels Drohne und deren Zuverlässigkeit**
 - Begleitung einer Inspektion
 - Bewertung der Inspektionsergebnisse, z.B. durch Vergleich mit Ergebnissen per Seilzugangstechnik

TÜV NORD Standard V01-TN-001

- Ergebnis der Prüfung:
 - Prüfbericht
 - Statement of Validation and Verification



TÜV NORD Standard V01-TN-001

➤ Kundenvorteil:

- Akzeptanz des Inspektionskonzeptes bei Behörden, Versicherungen, Windpark betreibern
- Vermeidung von Mehrfachprüfungen durch unterschiedliche Zertifizierer/Prüfbeauftragte und damit unnötige Kosten

Referenzen

- ENERTRAG: Messung Blitzschutzsystem
- AERONES: Messung Blitzschutzsystem
- laufend: Inspektion Rotorblattstruktur

TÜV NORD Standard V01-TN-001

➤ weitere Anwendungsgebiete aus dem Bereich Windenergie:

alles, wofür es kein Prüfprogramm gibt

- Bewertung der Zuverlässigkeit von Messsystemen
- Bewertung der Wirksamkeit von Anbauten an Rotorblättern
- Bestätigung der Übereinstimmung errichteter Anlagen mit der Zertifizierung/Typenprüfung
- ...

Danke



OFFENE FRAGEN UND DISKUSSION

Was sind Ihre Erfahrungen mit Rotorblattüberwachung?

Präsentation verfügbar via eologix.com/spreewind