



Willkommen

Höher, filigraner, anfälliger?
Zunahme von Blattschäden durch
Blitzeinwirkungen



Blattschaden? Donnerwetter!

Zunahme von Blattschäden durch Blitzeinwirkungen bei großen Windenergieanlagen

Inhaltsverzeichnis

- ~w> Vorstellung
- ~w> Blitzsituation in Deutschland
- ~w> Blitzschäden
- ~w> Blitzdefinition und -normen
- ~w> Blitzdetektion
- ~w> Blitzschäden
- ~w> Fazit

Erste Windmühle



Leistungsspektrum 2

- Technische Vertragsberatung
- Schadensanalysen
- Gerichtsgutachten
- Due diligence

Leistungsspektrum Hersteller

Bard VM, Clipper C89, C93, DeWind D4, D6, Enercon E33, E40, E44, E53, E58, E66, E70, E82, E92, E101, E115, Frisia 850, Fuhrländer FL1000, FLMD70/77, General Electric / EnronWind / Tacke / Alstom TW600, TW600a, TW1.5, EW1.5, GeWe1.X, 2.X, 3.X, Cypress, Eco 86, Hyo Sung 750 kW, 2 MW, IWP Falcon 1.250 kW, Krogmann 15/50, MAN WKA 60, Nordex / Südwind / Acciona / Ingetur N27, N43, N50, N54, N60, N62, N80, N90, N100, N117, N131, N149, S3127, S.46, S.70/77, AWT 1500, M.Torres TWT 1650, Senvion / Repower / Jacobs / BWU / HSW 600, 750, 1000, MD70/77, MM82, MM92, 3.XM, Siemens / Bonus / Gamesa 450, 600, 1.0MW, 1.3MW, 2.0MW, 2.3MW, 3.0 DD, 3.6MW, G52, G58, G83, G87, G90, G128, SG132, SWT3.6, SWT3.15, Vensys 77, Vestas / NEG Micon / Micon / Nordtank V27, V39, V44, V47, V52, V63, V66, V80, V90-2MW, V90-3MW, V112, V126, V136, Enventus, NM600, NM750, NM 900, NM 950, NM1000, NM72, NM82, M1500; M1800, NTK1500/64, WindWorld / Seewind SW52/WW5200, WinWind 1MW

Blitzsituation in Deutschland

- ↪ Ca. 400.000 Blitze in 2020, 329.000 in 2019
- ↪ 1,1 Blitze pro km² und Jahr
- ↪ 5,1 für Bayern, 0,8 für Berlin
- ↪ 52 Unfälle pro Jahr mit 4 Toten und 110 Verletzten

Was ist ein Blitzschaden



Was ist ein Blitzschaden



Was ist ein Blitzschaden



Was ist ein Blitzschaden



Was ist ein Blitzschaden



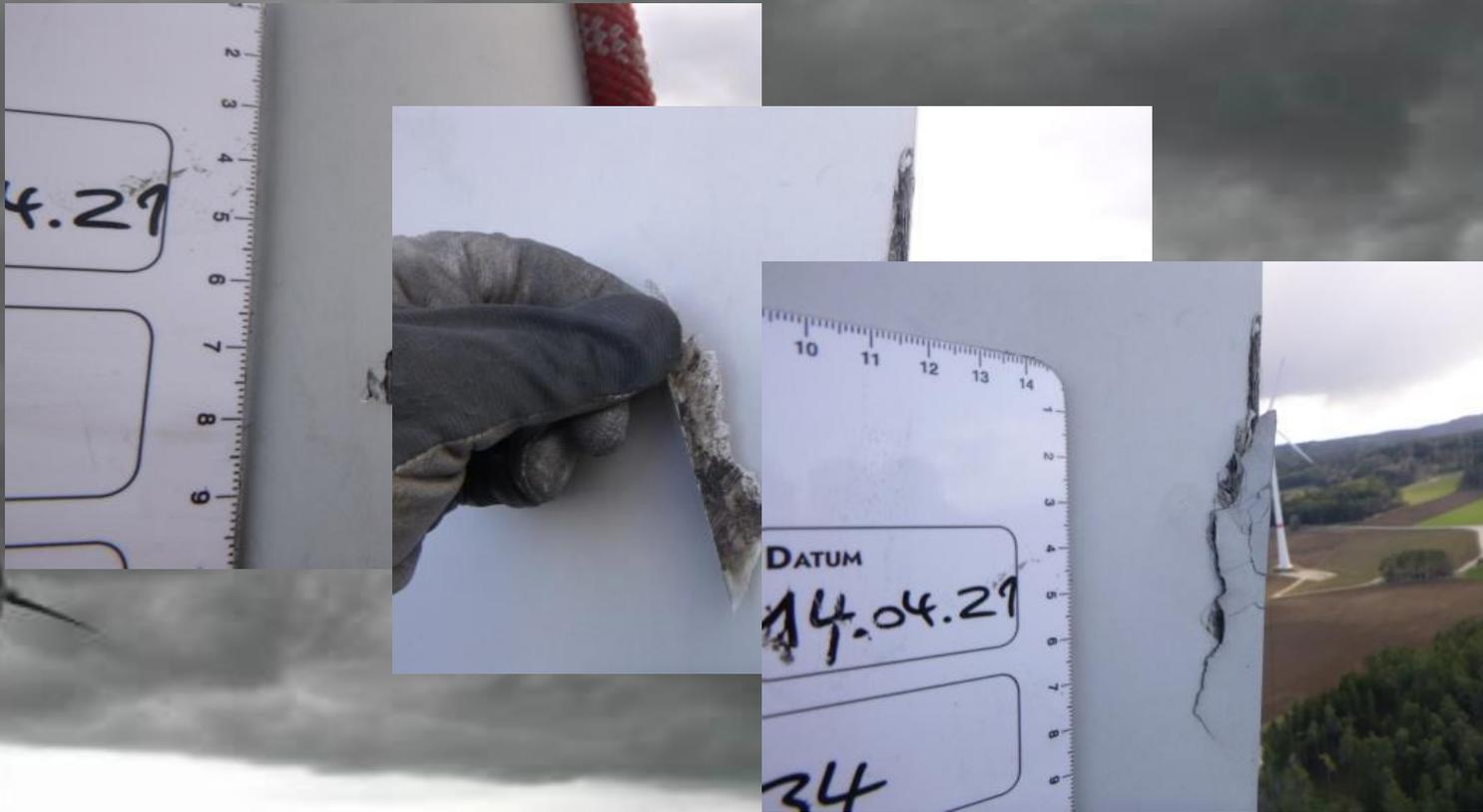
Was ist ein Blattschaden



Was ist ein Blitzschaden



Was ist ein Blitzschaden



Was ist ein Blitz

IEC 61400 - 24 Definition Blitz

~w> max 2 kA – 300 kA

~w> Mittelwert 30 kA

~w> max mehrere 100 C bzw. in sehr seltenen Fällen bis 20 MJ/Ω

~w> Mittelwert 5 C bzw. 55 kJ/Ω

Was muss ein Blatt aushalten

IEC 61400-24

Bei einem LPL (lightning protection level) I wird mit einer 99%-igen Wahrscheinlichkeit die Größtwerte nicht überschritten.

~w> 200 kA / 100 kA

~w> 300 C

~w> in Gebieten mit vielen Winterblitzen > 300 C (z.B. Kroatien)

Was muss ein

Quelle:
IEC 61400-24

Tabelle 1 – Größtwerte von Blitzparametern nach LPL (IEC 62305-1, Tabelle 5)

Erste positive Kurzentladung			LPL			
Stromparameter	Symbol	Einheit	I	II	III	IV
Spitzenstrom	I	kA	200	150	100	
Ladung der Kurzentladung	Q_{short}	C	100	75	50	
Spezifische Energie	W/R	MJ/ Ω	10	5,6	2,5	
Zeitparameter	T_1/T_2	$\mu\text{s}/\mu\text{s}$	10/350			
Erste negative Kurzentladung ^a			LPL			
Spitzenstrom	I	kA	100	75	50	
Mittlere Steilheit	di/dr	kA/ μs	100	75	50	
Zeitparameter	T_1/T_2	$\mu\text{s}/\mu\text{s}$	1/200			
Nachfolgende Kurzentladung ^a			LPL			
Stromparameter	Symbol	Einheit	I	II	III	IV
Spitzenstrom	I	kA	50	37,5	25	
Mittlere Steilheit	di/dr	kA/ μs	200	150	100	
Zeitparameter	T_1/T_2	$\mu\text{s}/\mu\text{s}$	0,25/100			
Langentladung			LPL			
Stromparameter	Symbol	Einheit	I	II	III	IV
Langentladung	Q_{long}	C	200	150	100	
Zeitparameter	T_{long}	s	0,5			
Blitz			LPL			
Stromparameter	Symbol	Einheit	I	II	III	IV
Blitzladung	Q_{flash}	C	300	225	150	

^a Diese Kurvenform gilt nur für Berechnungen und nicht für Prüfungen.

Was muss ein Blatt aushalten

Eigenschaften der WEA	Blitzschutzklasse der BSA	P_B
WEA ist nicht durch eine BSA geschützt	–	1
WEA ist durch eine BSA geschützt	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02
WEA mit Blitzschutz für Rotorblätter und Gondel entsprechend Blitzschutzklasse I; der Turm wirkt als eine durchgängige natürliche Ableitung		0,01
WEA mit Blitzschutz für Rotorblätter, Gondel mit Metaldach (oder gleichwertiges Metallgeflecht) mit einem vollständigen Schutz aller Dachaufbauten auf der Gondel gegen direkten Blitzeinschlag, der Turm wirkt als eine durchgängige natürliche Ableitung		0,001

ANMERKUNG Es sind für P_B auch andere Werte als in Tabelle B.4 angegeben möglich, sofern sie auf einer genauen Untersuchung beruhen (siehe IEC 62305-2, B.2).

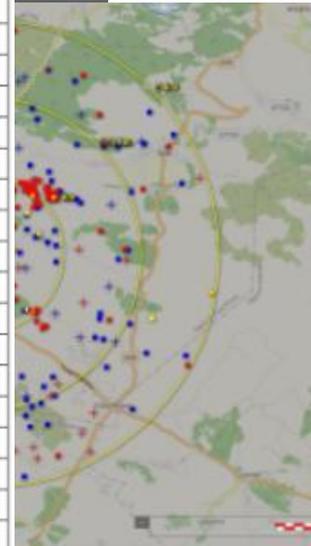
Quelle: IEC 61400-24, Tabelle B.4 Wahrscheinlichkeit P_B in Abhängigkeit von den Schutzmaßnahmen zur Verringerung physikalischer Schäden (IEC 62305-2, Tabelle B.2)

Anforderung an eine BSA

- ↪ IEC 61400 - 24 Kapitel 11 enthält 2 Seiten mit Dokumentationsanforderungen
- ↪ IEC 61400 - 24 Kapitel 12 enthält weitere 2 Seiten mit Vorgaben zu Inspektion und Wartung

Wie stark war der Blitz denn

Table No.	Lightning No.	Lightning date, time and nano second	Longitude [°]	Latitude [°]	Amplitude [kA]	Distance [m]
1	75	23.09.2			-13,9	185
2	30	23.09.2			-74,9	211
3	54	23.09.2			-23,5	264
4	245	30.12.2			-30,8	330
5	130	15.10.2			-13,9	378
6	213	03.12.2			-7,4	384
7	162	03.12.2			-7,2	392
8	234	03.12.2			-6,9	422
9	214	03.12.2			-10,5	427
10	212	03.12.2			-13,5	478
11	50	23.09.2			7,6	496
12	233	03.12.2			-25,9	514
13	1	23.09.2			7,8	547
14	254	02.01.2			11	587
15	242	30.12.2			-227,4	590
16	215	03.12.2			-15,1	598
17	248	30.12.2			-15	610
18	226	03.12.2			-9,4	615
19	257	05.01.2			-9,4	617
20	38	23.09.2			-78,6	737
21	132	03.12.2			145,1	763
22	181	03.12.2			-18,6	771
23	127	15.10.2			-23,1	796
24	169	03.12.2			-187	840
25	57	23.09.2			-14,6	898



Wie stark war der Blitz denn



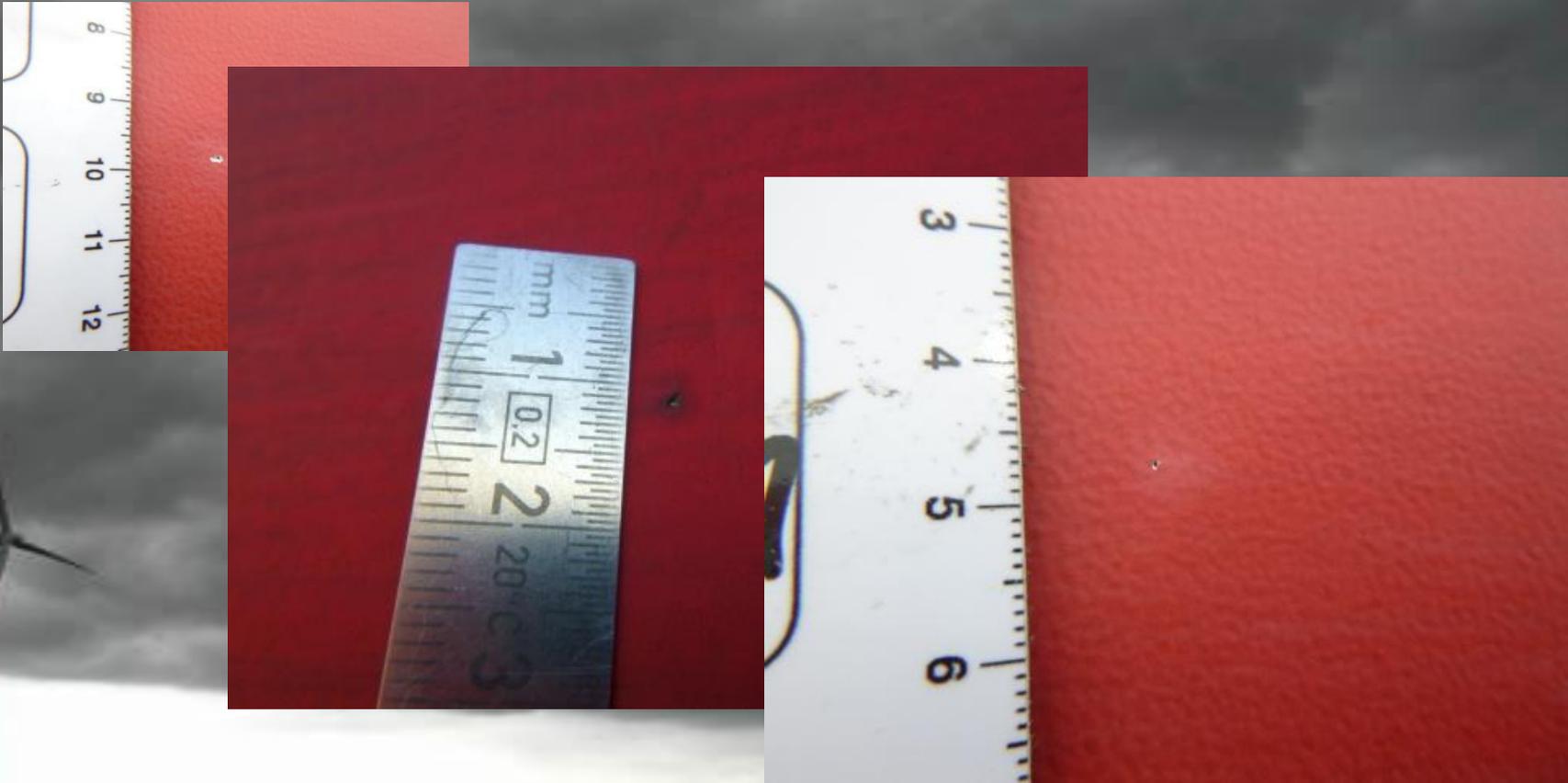
Wie stark war der Blitz denn



Was ist ein Blitzschaden



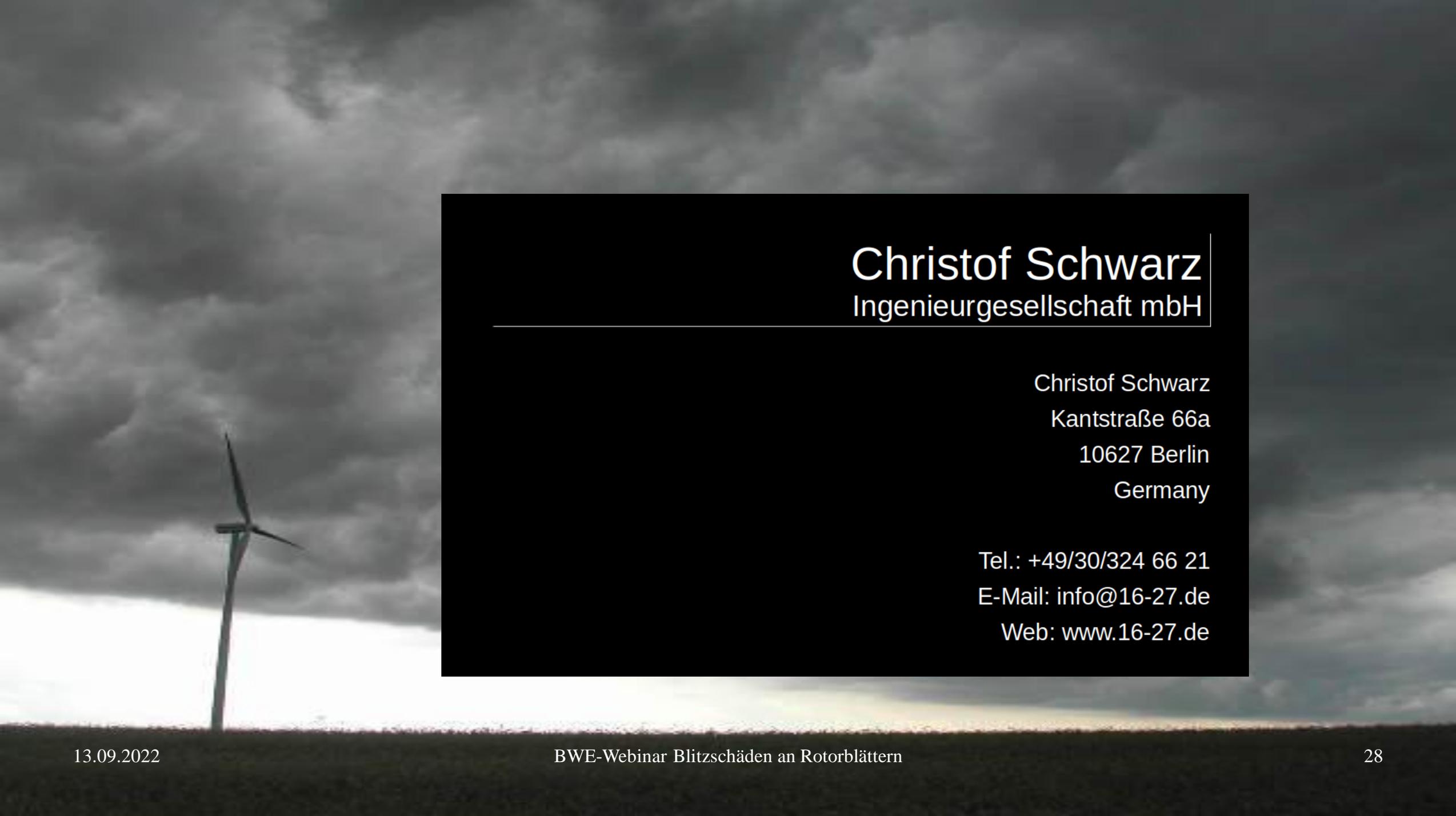
Was ist ein Blitzschaden



Fazit

- ~w> Größere Anlagen – mehr Blitzschäden
- ~w> Höhere Anlagen – mehr kleinere Schäden
- ~w> diverse Hersteller lassen die Kunden damit alleine
- ~w> noch zahlen Versicherungen
- ~w> financial models leiden

- ~w> Aktionen erforderlich:
- ~w> ~w> Klauseln im Kaufvertrag und im Vollwartungsvertrag!
- ~w> ~w> rechtliche Klärung!

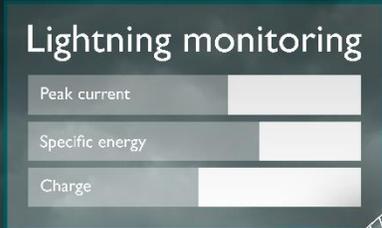
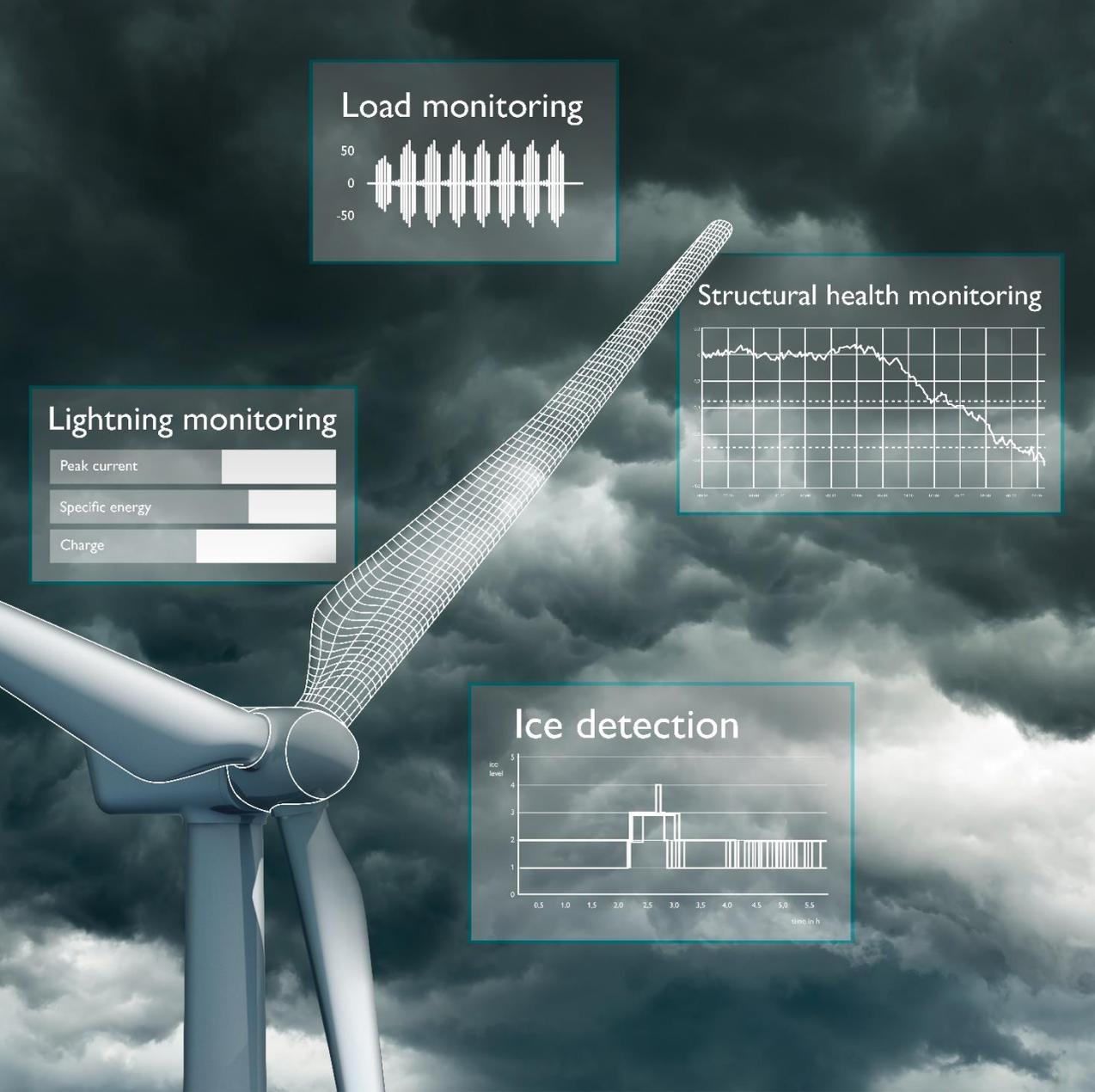


Christof Schwarz

Ingenieurgesellschaft mbH

Christof Schwarz
Kantstraße 66a
10627 Berlin
Germany

Tel.: +49/30/324 66 21
E-Mail: info@16-27.de
Web: www.16-27.de



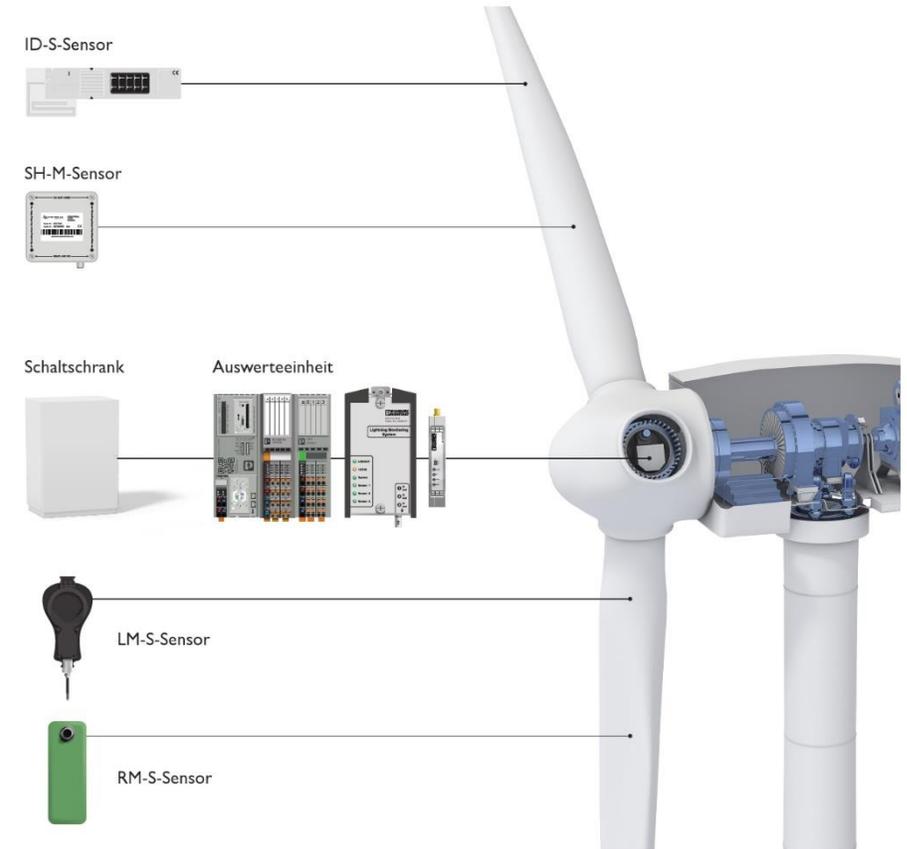
Willkommen

Lösungen für die Windenergie

Blitzüberwachung

Blade Intelligence

- Der modulare Aufbau dieser Lösung erlaubt es, die einzelnen Systeme je **nach** Bedarf zu kombinieren.
- Speziell für die Montage am Rotorblatt entwickelte Sensoren liefern alle Daten, zur Verarbeitung in einer **gemeinsamen Auswerteeinheit**.

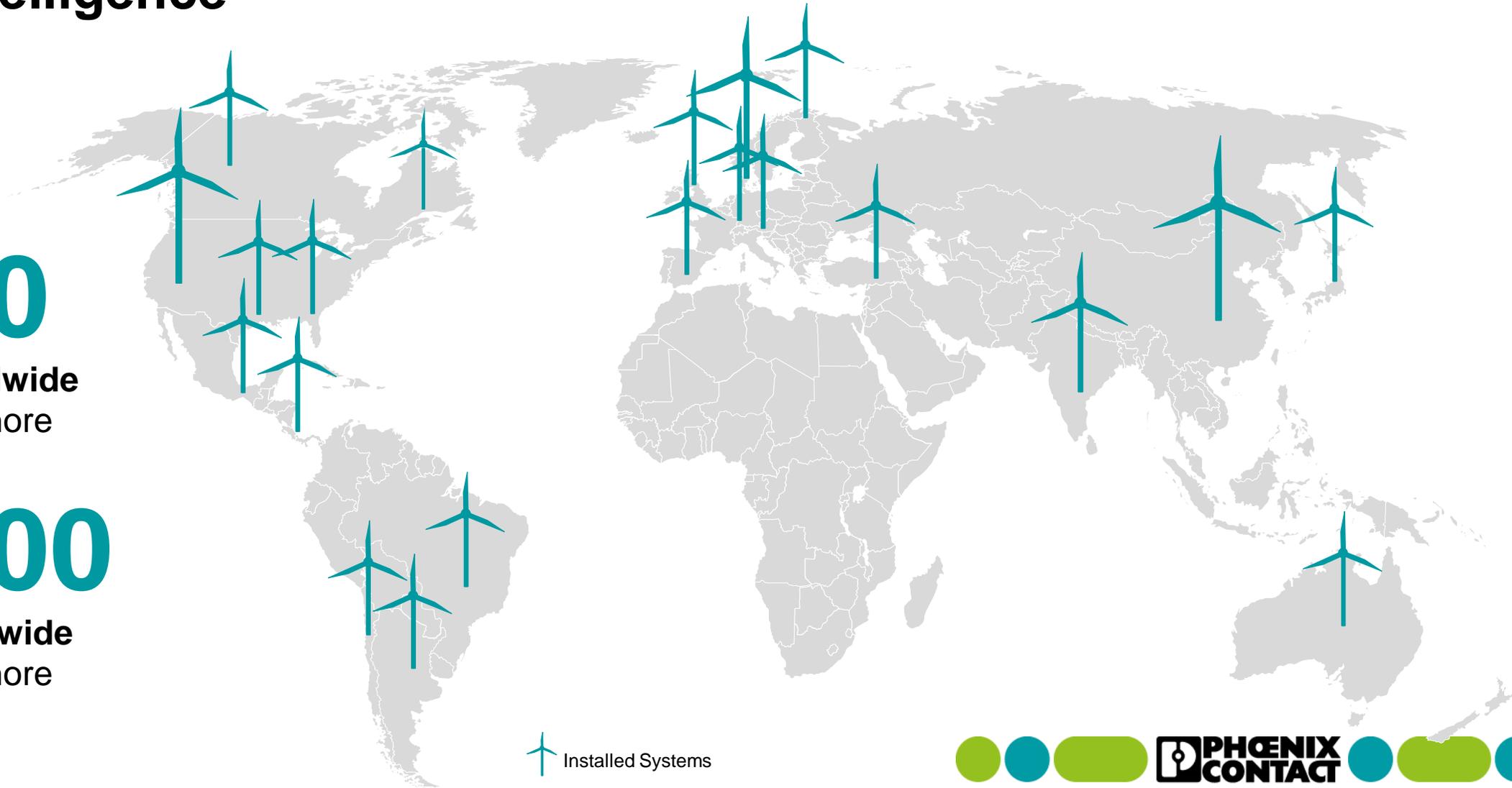


Blade Intelligence | Blitzüberwachungssystem (LM-S)

Blade Intelligence

More than
3.500
systems worldwide
onshore & offshore

More than
90.000
sensors worldwide
onshore & offshore



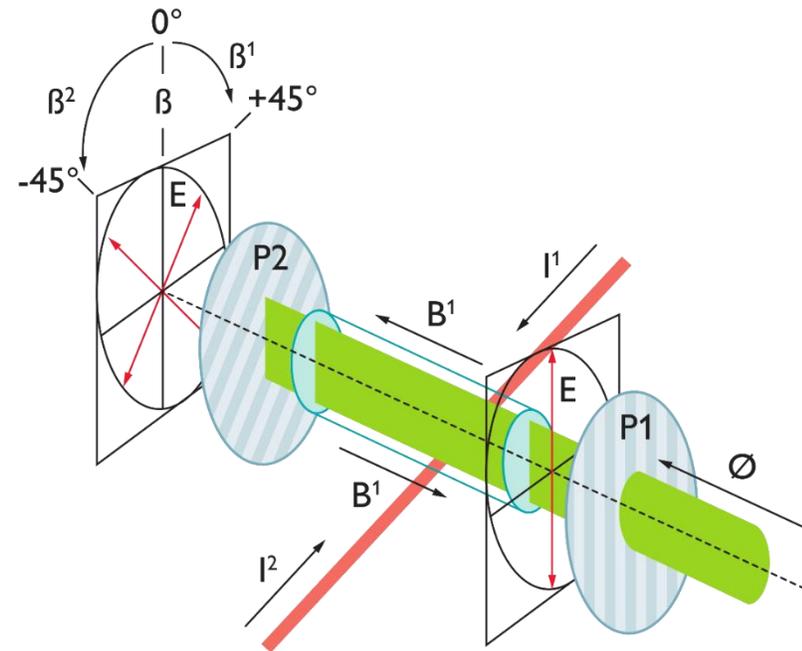
 Installed Systems

Blade Intelligence | Blitzüberwachungssystem (LM-S)

Blitzüberwachungssystem (LM-S)



Blitzmessung durch Faraday-Effekt



Hauptmerkmale

- Live-Überwachungssystem zur permanenten **Aufzeichnung** und Analyse von **Blitzeinschlägen**
- Detaillierte **Analyse** von
 - Blitzstoßstrom **I_{max}**
 - Gradient di/dt
 - Ladung
 - spezifische Energie
- Messbereich:
+/- 5 kA bis 400 kA



Einfache Nachrüstung

- Vorhandene Nachrüstlösung
 - Schaltschrank
 - LWL Kabel im Schutzschlauch
 - Vorkonfektionierte Kabelsätze
 - Stabile Bluetooth Kommunikation

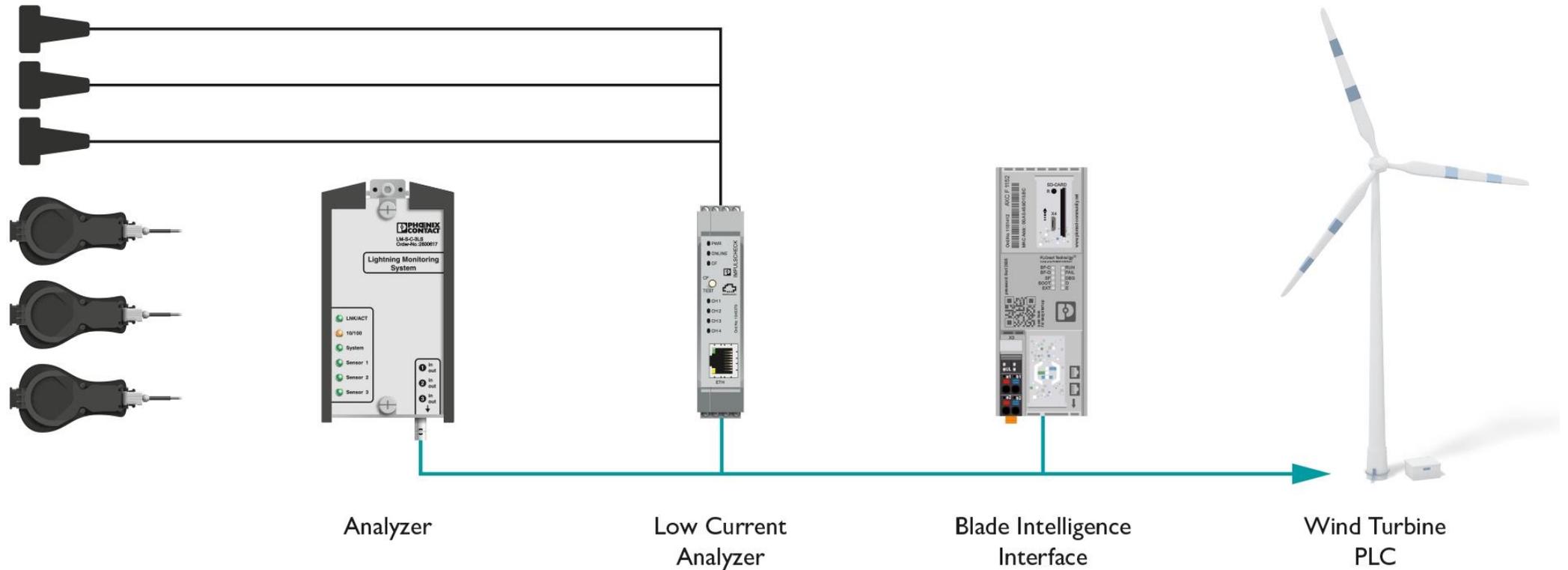


Blade Intelligence | Blitzüberwachungssystem (LM-S)

LM-S Low Current (LC)



Systemkomponenten



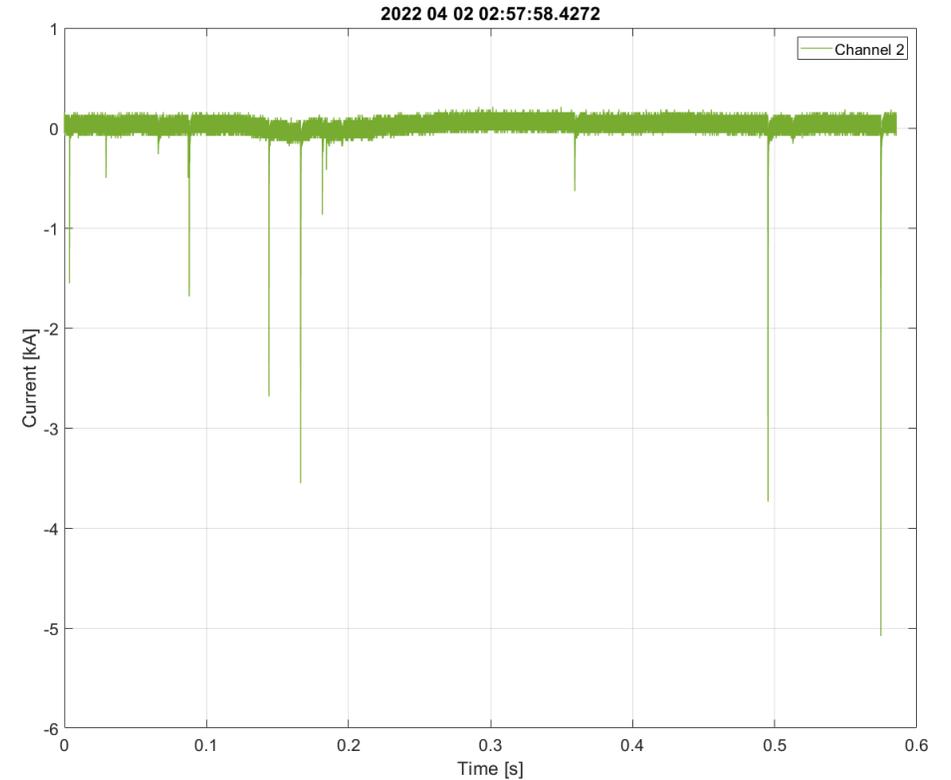
Erweiterte Funktionen

- Zusatzfunktion für das bisherige System
- Erweiterung des Messbereichs bis zu 1 kA
- Hohe Genauigkeit im unteren Messbereich

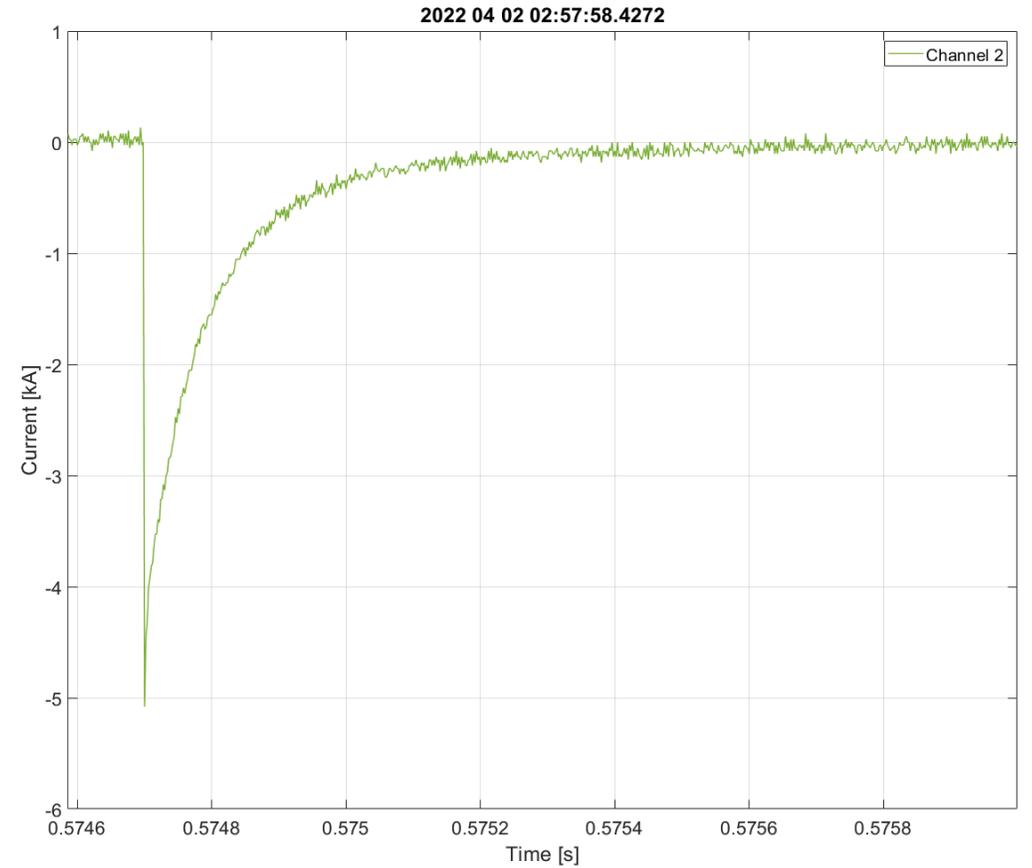
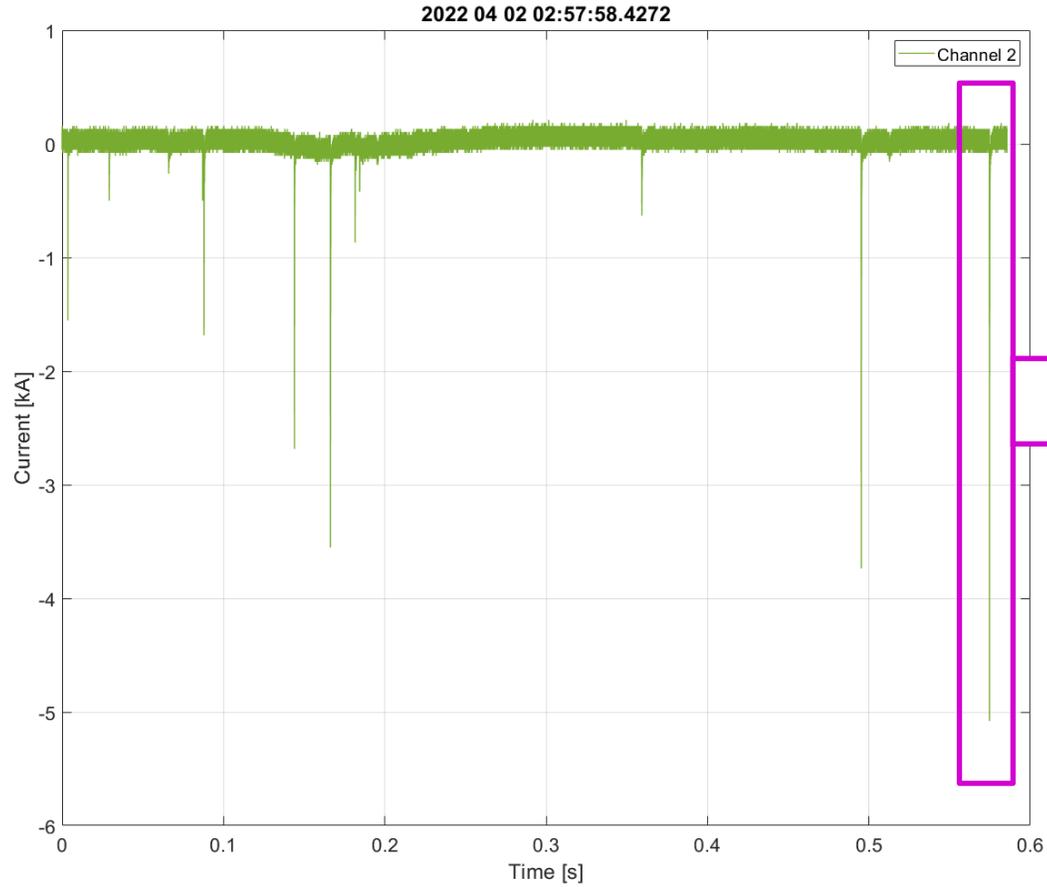


LM-S Erweiterung

- Erweiterter Messbereich von 1 kA - 400 kA
 - Einzigartig auf dem Markt
 - Aufzeichnung von Stromkurven bis zu 50 kA



Genaue Analyse



Reparatur vs Ersatz

Reparatur mit Arbeitsbühne

Service-Team: 250€ / h x 16h = 6.000€

Arbeitsbühne: 5.000€ / d x 3d = 15.000€

Gesamtkosten: 15.000€

Einsparungen: 220.000€ - 15.000€ = 205.000€

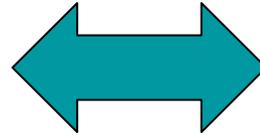
Kosten für einen Blattwechsel

Blatt: 120.000€

Kran: 70.000€

Vorbereitung & Service: 30.000€

Gesamtkosten 220.000€



*Die genauen Kosten hängen vom Typ der WEA, der Art des Schadens usw. ab.
Diese Berechnung basiert auf Durchschnittsdaten von verschiedenen Turbinen*

Schlussfolgerung

- Detaillierte Informationen über Blitzeinschläge gewinnen
 - Überwachung der tatsächlichen Belastung des Systems durch Stoßströme
 - Überwachung des Rotorblatts durch Strukturüberwachung
 - Stetige Überwachung des Zustands
 - Nicht sichtbare strukturelle Schäden erkennen
- + **Bessere Entscheidungsgrundlagen für die vorbeugende Instandhaltung**



Schadenfrüherkennung

- Die aktive Alarmierung und die Informationen über die Blitzintensität könnten für eine frühzeitige Schadenserkennung genutzt werden.
- Folgeschäden werden verhindert – Reparatur statt späterer Tausch
- Absprache mit der Versicherung kann zu einer Win-Win-Situation führen



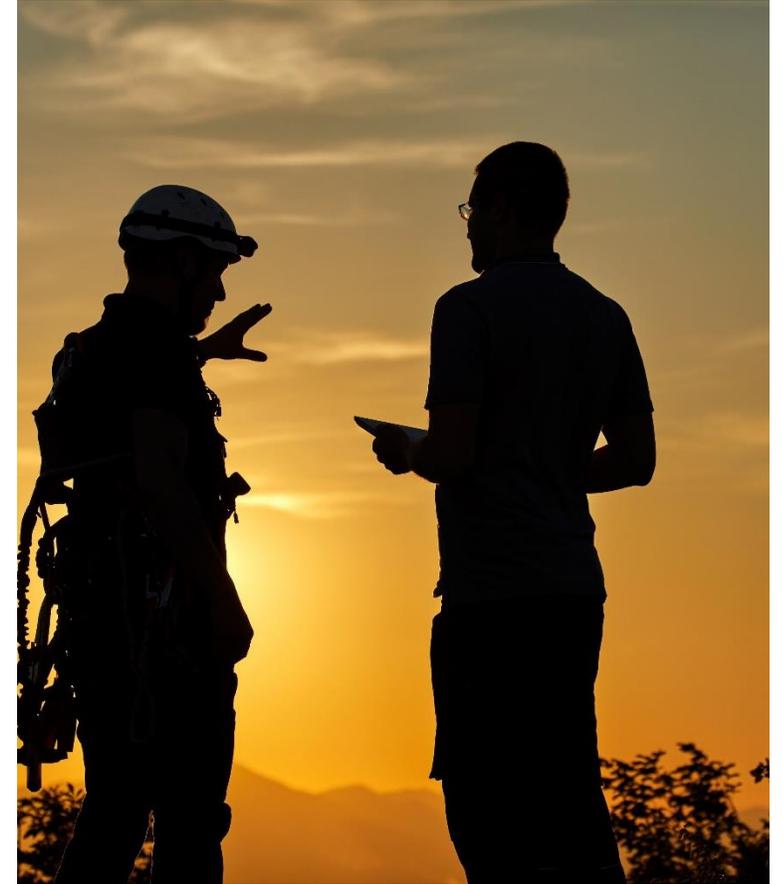
Nachweis für Versicherer

- Die Beweispflicht liegt immer beim Versicherungsnehmer (Anlagenbetreiber)
- Online-Portale geben (kostenpflichtig) Auskunft, ob in der Nähe der Windkraftanlage ein Blitzeinschlag registriert wurde
 - Mögliche Integration in das Blade Intelligence
- keine eindeutige Aussage, ob der Schaden auf einen Blitzeinschlag zurückzuführen ist.
- Das LM-S liefert einen Datensatz zur genaueren Schadensauswertung



Zusammenfassung

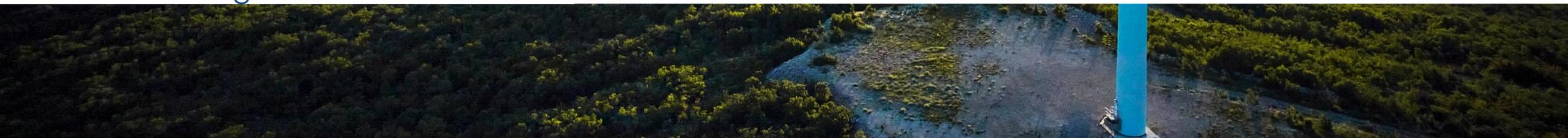
- Frühe Schadenerkennung kann Folgeschäden vermeiden
- Blitzeinschläge können mit Zeitstempel und Blitzintensität zuverlässig nachgewiesen werden
- Plug & Play Variante ermöglicht einfache Nachrüstung
- Das LM-S ist als Option bei vielen WEA Herstellern verfügbar
- Geringe Systemkosten im Vergleich zu hohen Schadenssummen bei Blattschäden
- Empfehlenswert gemeinsam mit Strukturüberwachung





Wir freuen uns auf Ihren Besuch:

Halle B6 Stand 363



Empowering the All Electric Society

