

# Methoden zur strukturellen Überwachung von Windkraftanlagen

Wissenschaftstag  
20.09.2016

Dr. Artur Szewieczek

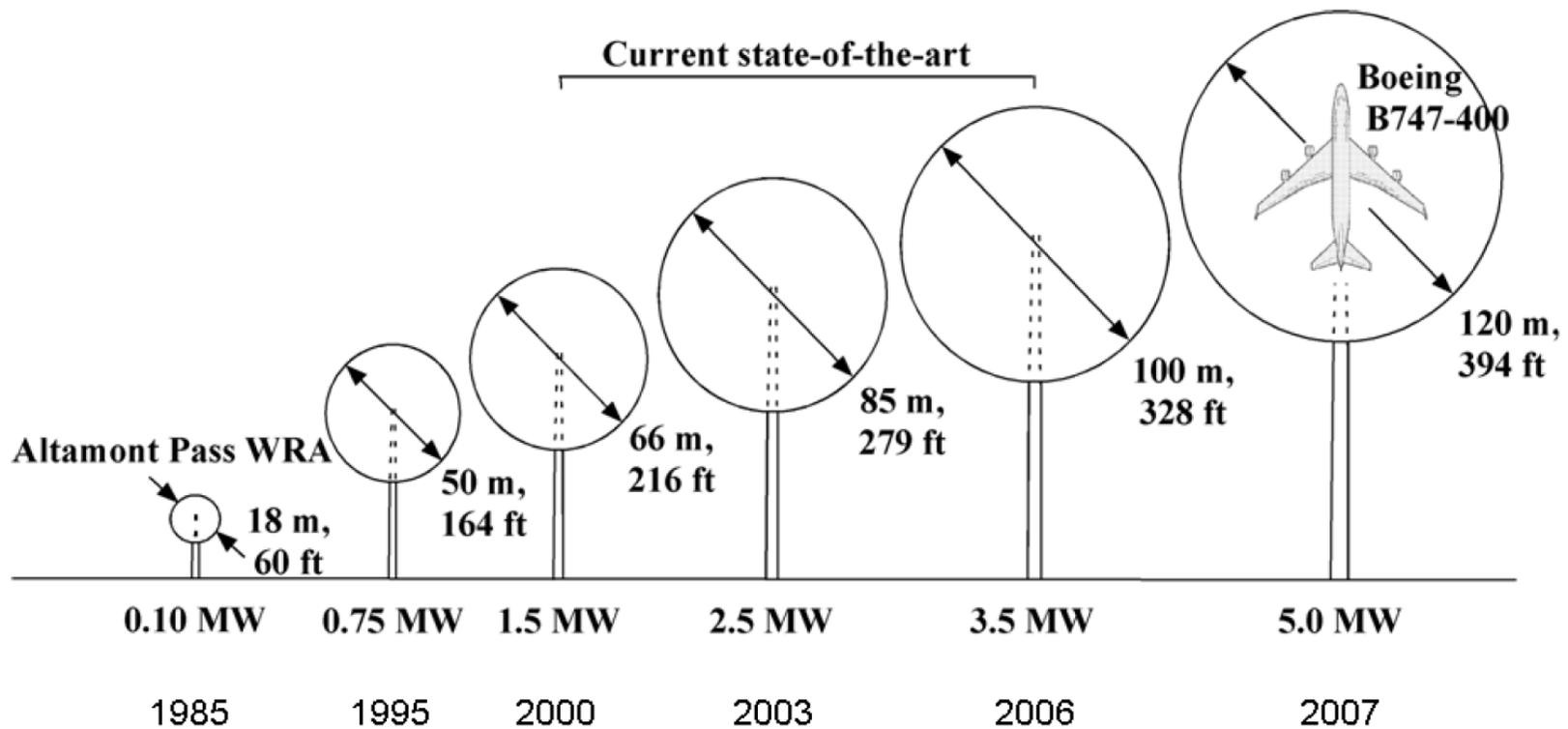


# Übersicht

1. Motivationen der Zustandsüberwachung
2. Übersicht gängiger Methoden
3. Anwendung Load Monitoring
4. Anwendung geführter Wellen
5. Zusammenfassung und Ausblick



# Hohe Lasten durch größere Blattdurchmesser



Verfügbare WKA-Abmessungen nach M. Rumsey: Structural Health Monitoring of Wind Turbine Blades, SPIE 2008.



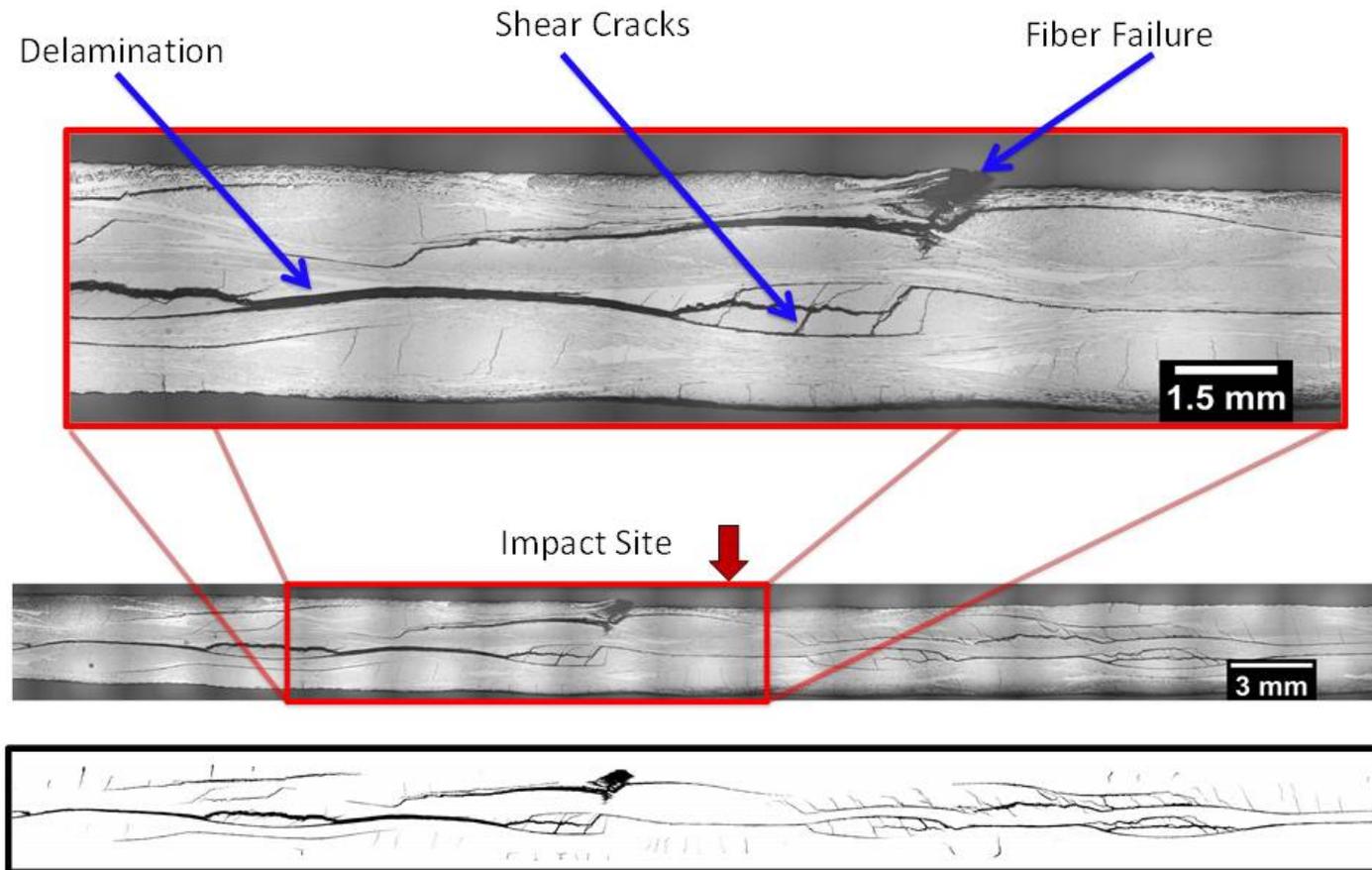
# Totalausfälle von Windkraftanlagen



Beispiele ausgefallener Windkraftanlagen nach [windaction.org](http://windaction.org)



# Herausforderung: Barely Visible Impact Damages



Typische BVID's in GFRP. K. Hart: Damage formation in 2D and 3D woven composites subject to out-of-plane impact.

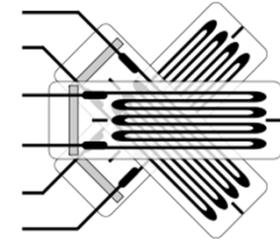


# Wie können Strukturschäden rechtzeitig erkannt werden?

- Langsam wachsende Strukturschäden sind von außen kaum sichtbar
- Detektion durch Zustandsüberwachung
- Die wichtigsten Verfahren:
  1. Modalanalyse
  2. Acoustic Emission
  3. Load Monitoring
  4. Guided Waves
- Die Methoden ermöglichen im unterschiedlichen Maße eine Detektion und Lokalisation von Schäden



# Load Monitoring



Prinzip:

- Aufzeichnung und Auswertung der strukturellen Belastungen durch kontinuierliche Messung
- Abgleich mit simulativen Versagensmodellen
- Berechnung der Restfestigkeit zur Abschätzung der Restlebensdauer

Herausforderungen in der Praxis

- Informationsverlust durch punktuelle Messung
- Unvollständige Abbildung der Realität durch Simulationen

→ Abschätzung der Restlebensdauer unpräzise



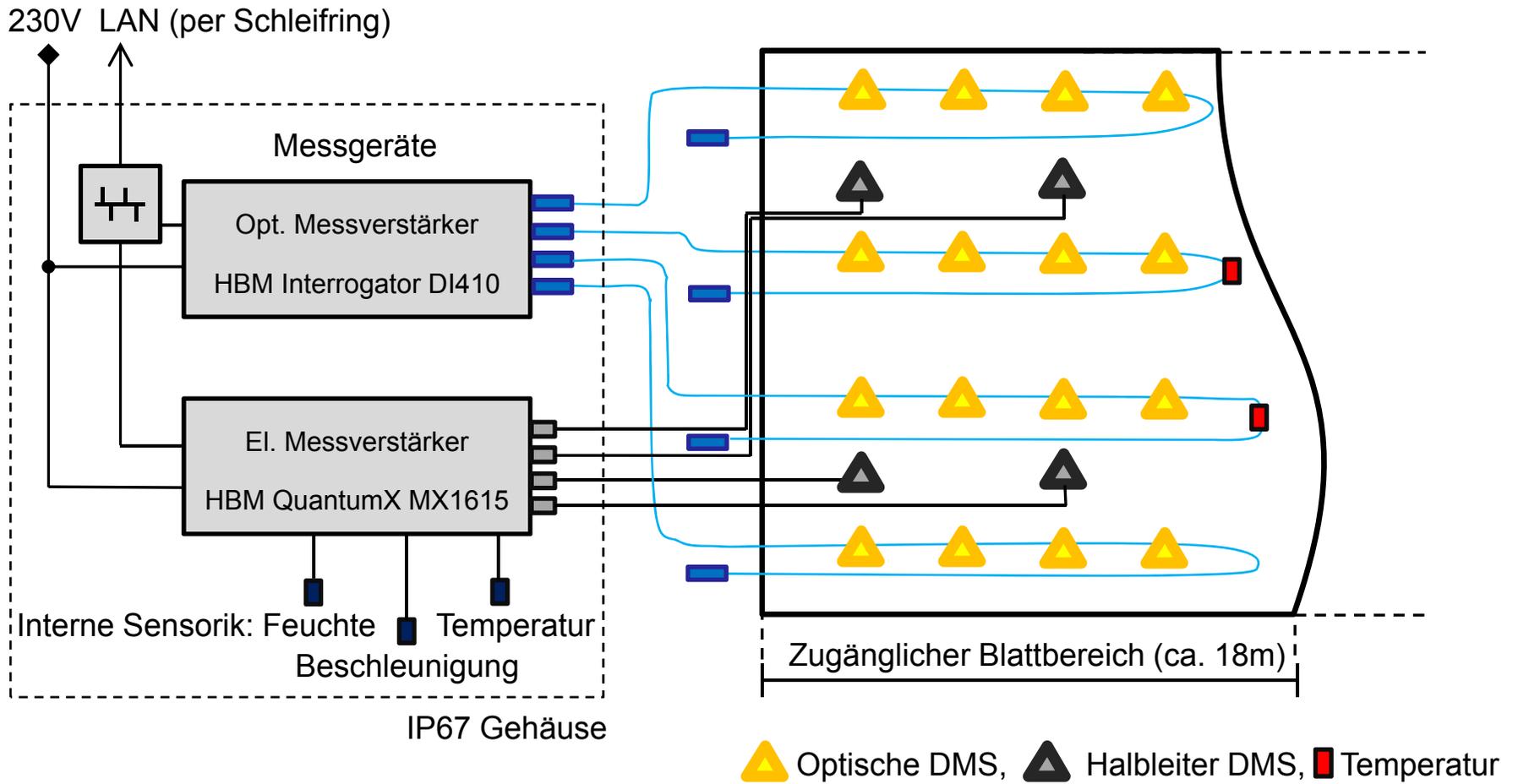
# Load Monitoring Studie mit FBG-Sensoren



FBG-basiertes Load Monitoring System



# Schematische Darstellung des Load-Monitoring-System

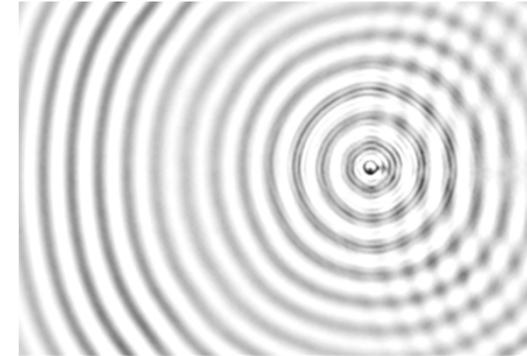


# Ergebnisse der Load-Monitoring-Studie

- Fernüberwachung der Anlage im Betrieb nachgewiesen
- Kein Ausfall elektrischer DMS (über 6 Monate)
- Eine Kombination mit Umweltmessdaten erlaubt die Rekonstruktion der Blattlasten



# SHM mit geführten Wellen



Prinzip:

- geführte Wellen werden über applizierte Wandler angeregt und empfangen
- Sie breiten sich über große Bereiche aus und interagieren mit Strukturschäden
- Es ist kein zeitaufwendiges Abrastern erforderlich
- Selbst komplexe Bauteile können so überwacht werden

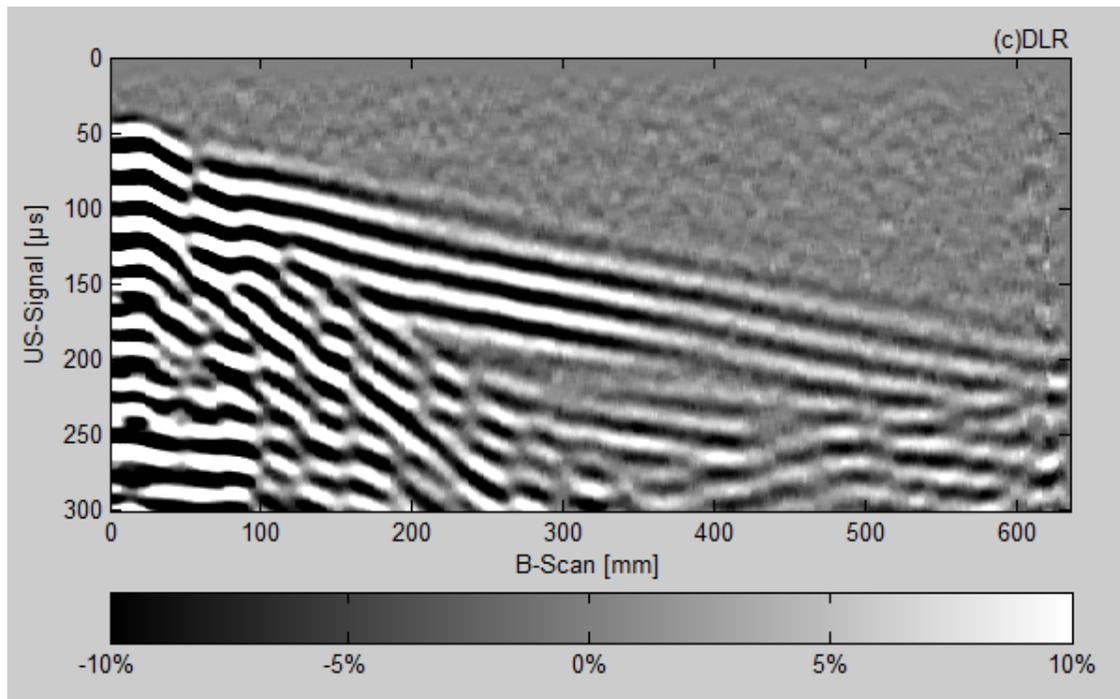
Herausforderungen in der Praxis:

- Bei jeder Frequenz existieren min. zwei Wellenmoden, jeder Mode ist dispersiv
- Die Interaktion zwischen geführten Wellen und Schäden ist komplex und schwer vorauszusagen

→ Auslegung von SHM Netzwerken ist bauteilspezifisch und aufwändig



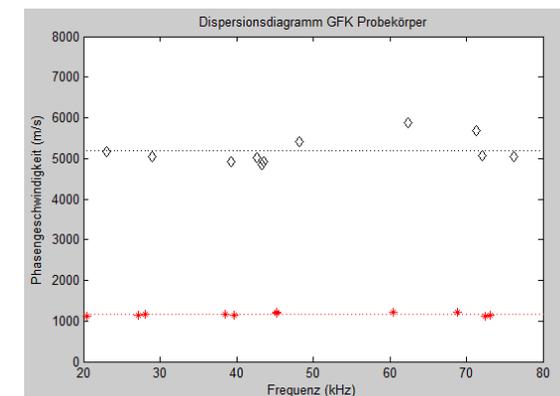
# Wellenausbreitung in einem GFK Bauteil



B-Bild bei 50 kHz mit Basismoden von 23,3 mm und 103,6 mm Wellenlänge



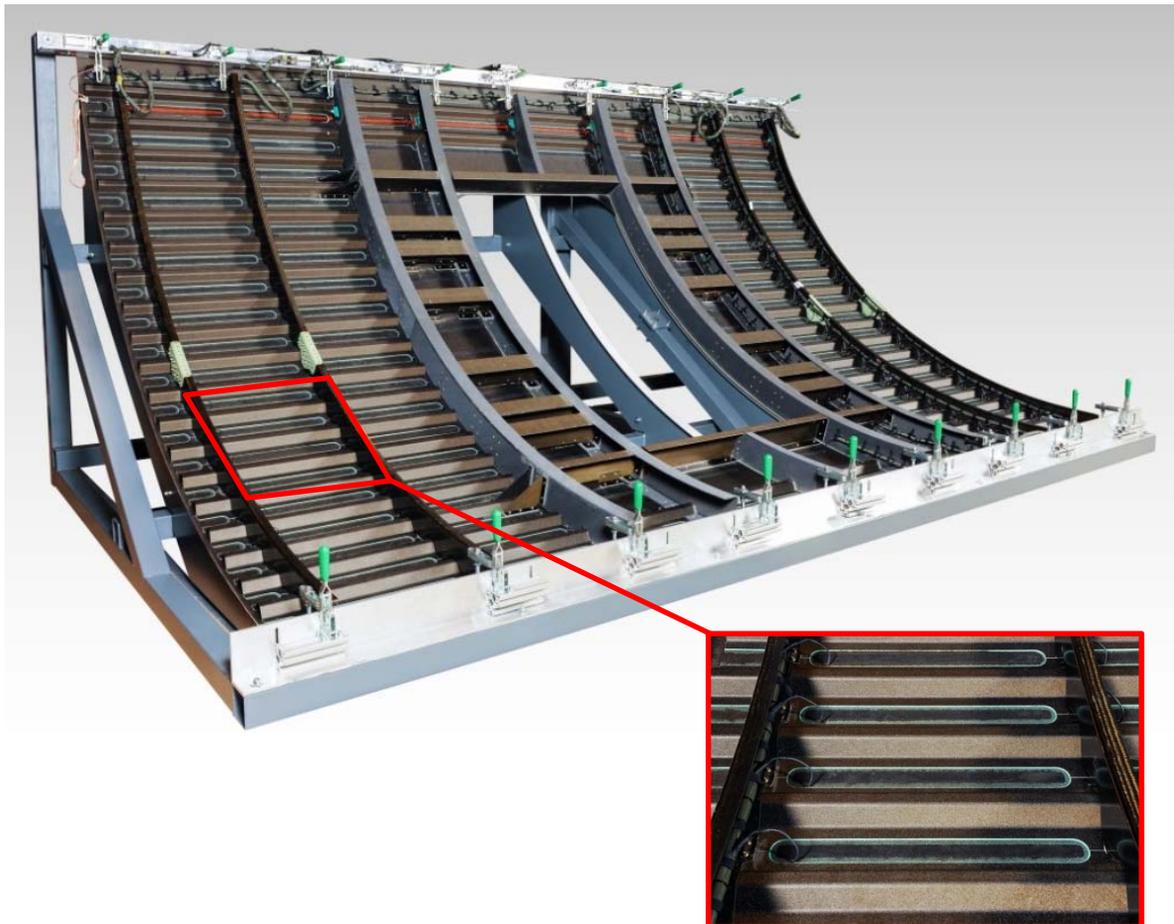
Foto GFK Probekörper mit PZT Sensor



Experimentell ermittelte Dispersion



# Anwendungsbeispiel aus der Luftfahrt: Projekt SARISTU



CFK-Türumgebungsstruktur

Länge: 5.1m

Breite: 3.5m

Radius: 3m

Wandstärke: 2mm und 8mm

16 Zwischenwände

44 Stringer

Appliziertes Sensornetzwerk

mit 584 PZT Wandlern



# Anwendungsbeispiel aus der Luftfahrt: Projekt SARISTU

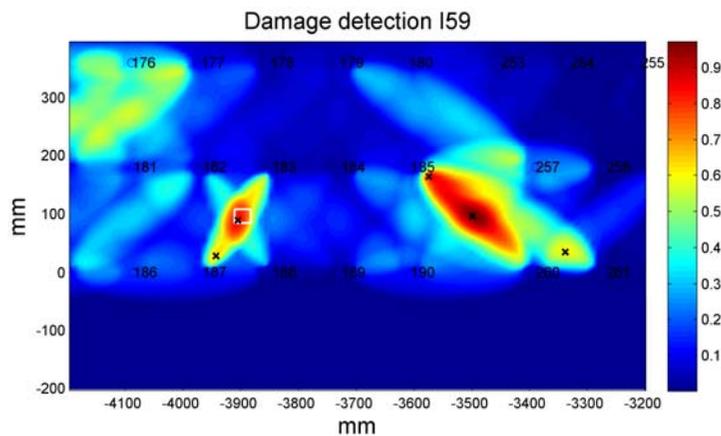


## Impactstudie

- 112 eingebrachte Schäden mit 20-130J
- Validierung durch Impuls-Echo-Prüfung
- Schadensgröße: 310 – 2311mm<sup>2</sup>

## Schadensdetektion

- Anhand der Sensorsignale vor und nach einem Impact wird ein Schadensindikator berechnet
- Alle Schäden waren durch das Verfahren detektierbar
- Mittlerer Lokalisierungsfehler: 27mm



# Zusammenfassung und Ausblick

- Bedarf an Zustandsüberwachung von WKA
- SHM Verfahren ermöglichen Prüfung komplexer Strukturen
- Eine Lokalisation unterschiedlicher Schäden ist mit Hilfe geführter Wellen möglich
- Weitere Forschung für Anwendung in WKA-Strukturen



**Vielen Dank für  
Ihre Aufmerksamkeit!**

