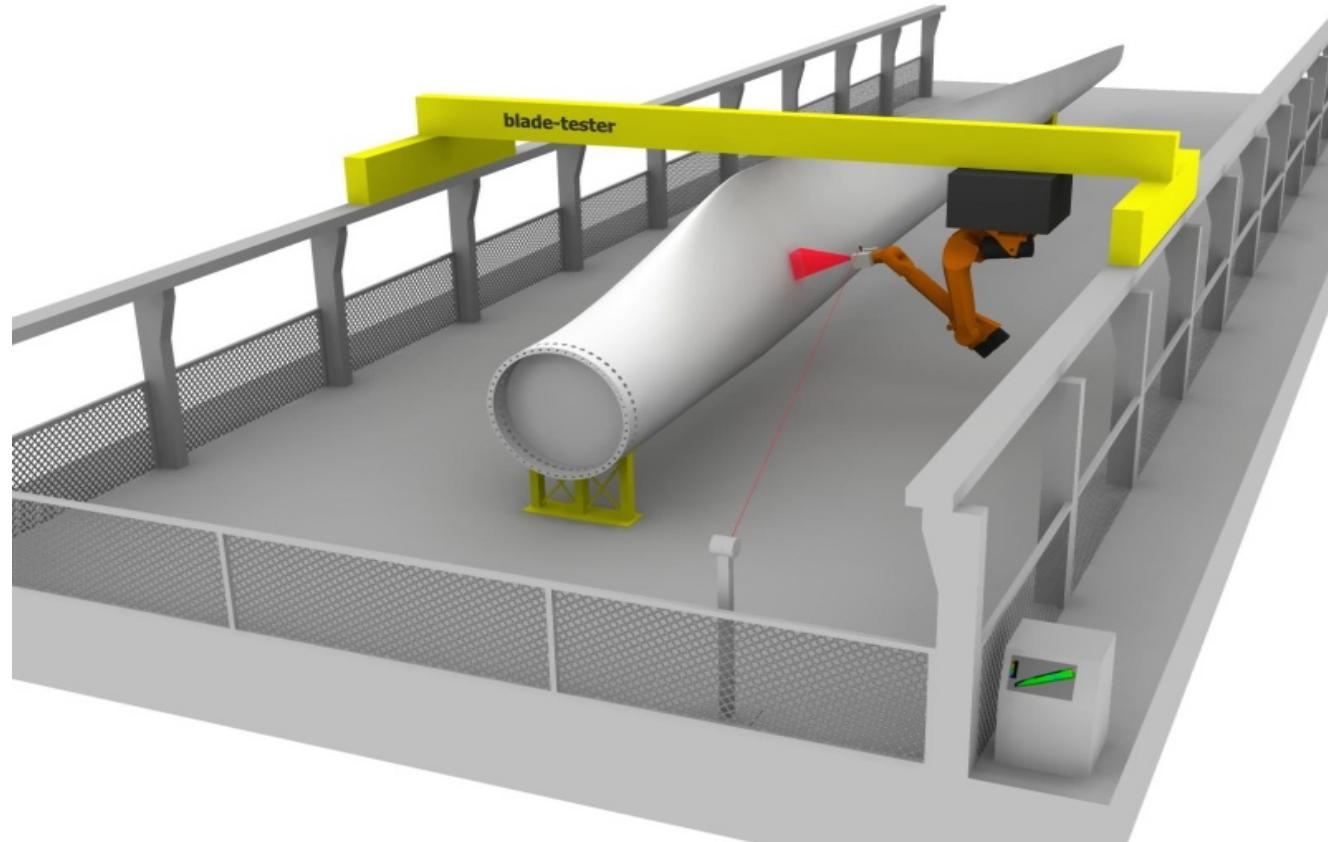


# Das Rotorblatt – Verfahren für serienmäßige Integritätsprüfung und Fehlerdetektion



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## „Automatisiertes Verfahren für serienmäßige Integritätsprüfung von Rotorblättern und Bereitstellung von Rotorblatt-Tunern“

### Ziele:

- kostengünstige und serienmäßige Integritätsprüfungen
- automatisierte Erfassung von Fertigungsfehlern und ihre Lokalisierung
- Auswertung hinsichtlich der Auswirkungen auf die Rotorblatt-Integrität
- statistische Erfassung von Fertigungsfehlern und Qualitätsmanagement

### Vorgehensweise:

- Intelligente zerstörungsfreie Prüfverfahren (i-ZfP)
- Verifiziertes Computermodell
- Beliebige Lagerung der Rotorblätter, keine aufwändige Einspannvorrichtung
- Spezielle Testkörper – Rotorblätter-Tuner - mit eingebauten Fertigungsfehlern
- Prüfstand am Produktionsort, keine Transportkosten für die Prüfung
- Prüfungstempo = Produktionstempo

## Verbundpartner



Technische Universität Berlin, Verbundkoordinator

BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

Steinbichler Optotechnik GmbH



## Partner

SINOI GmbH, Rotorblatthersteller

Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik

Automated Precision Europe GmbH

WindNovation Engineering Solutions GmbH

DEWI-OCC Offshore and Certification Center GmbH

Ingenieurbüro Werkhausen



Ingenieurbüro  
Werkhausen

Design: WindNovation / Herstellung: SINOI

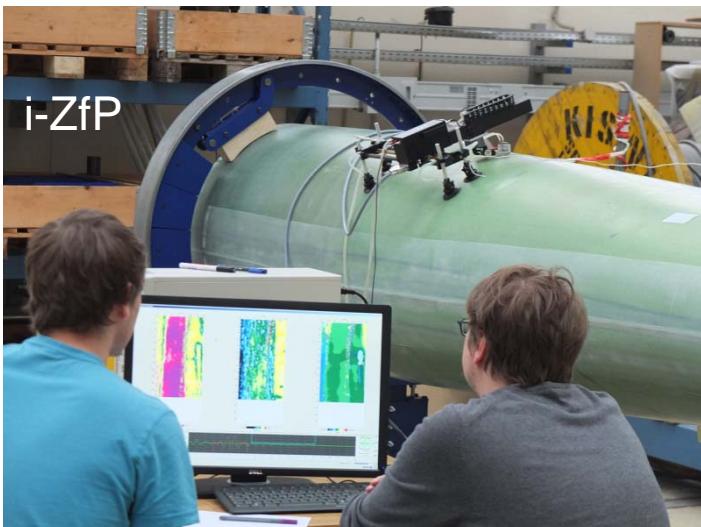


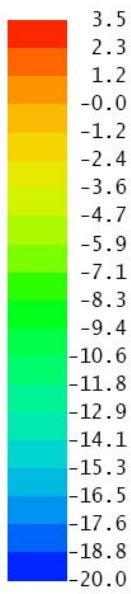
Insgesamt 5 RB mit eingebauten Fertigungsfehlern: Probekörper für neue Verfahren

## Drehvorrichtung und Schienensystem

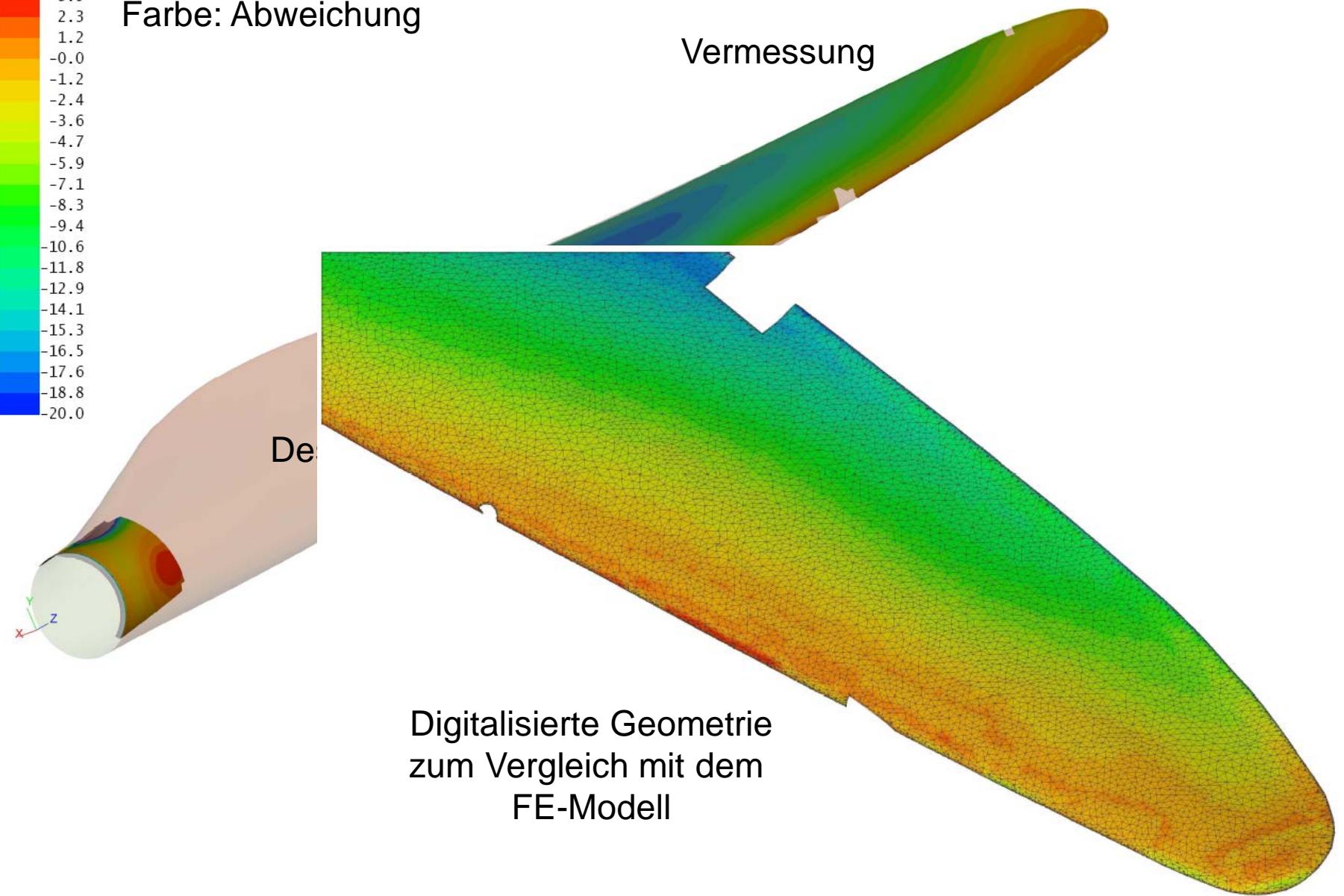


## 3D-Geometrie-Vermessungssystem

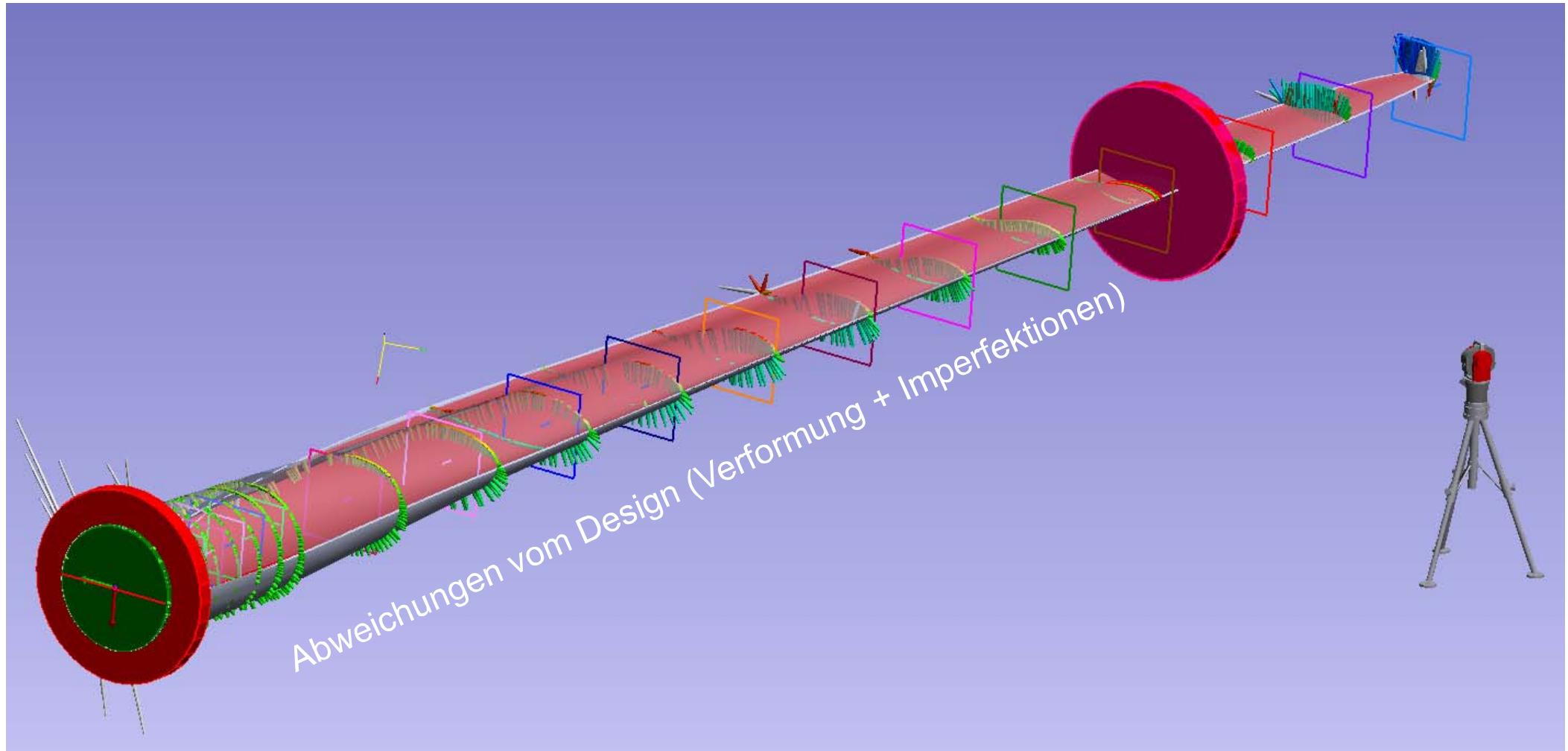




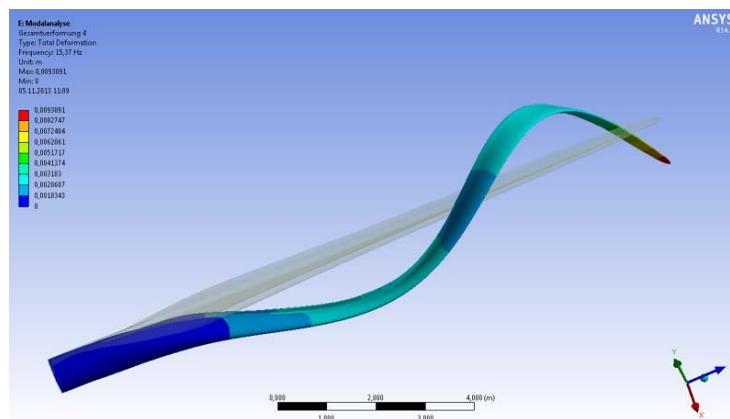
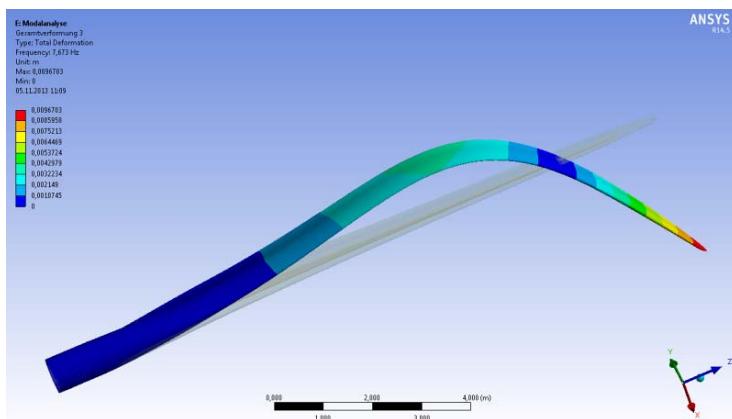
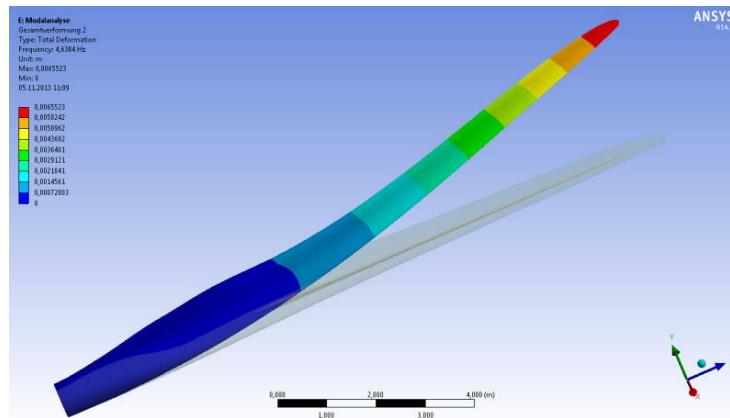
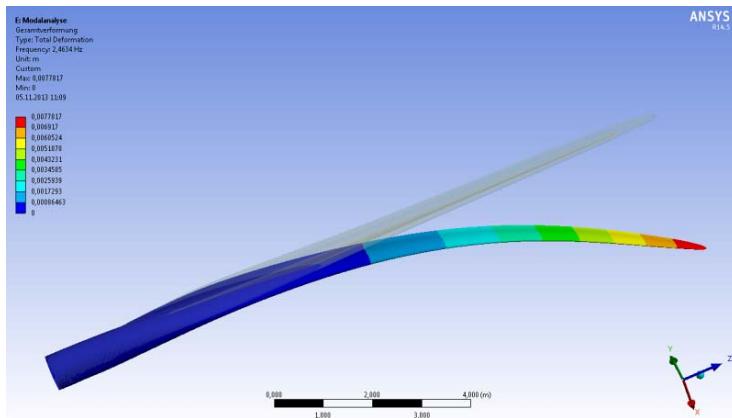
Farbe: Abweichung



Digitalisierte Geometrie  
zum Vergleich mit dem  
FE-Modell



Imperfektionen (Fehler) = digitalisierte Geometrie – Verformung (FEM)

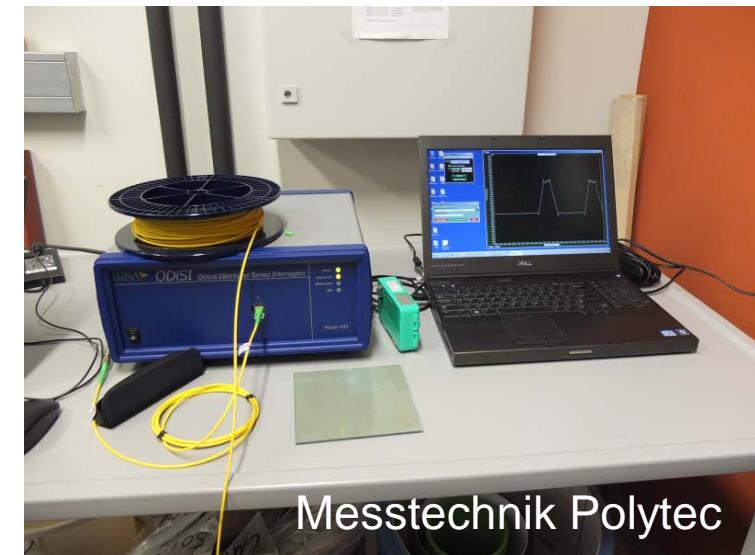
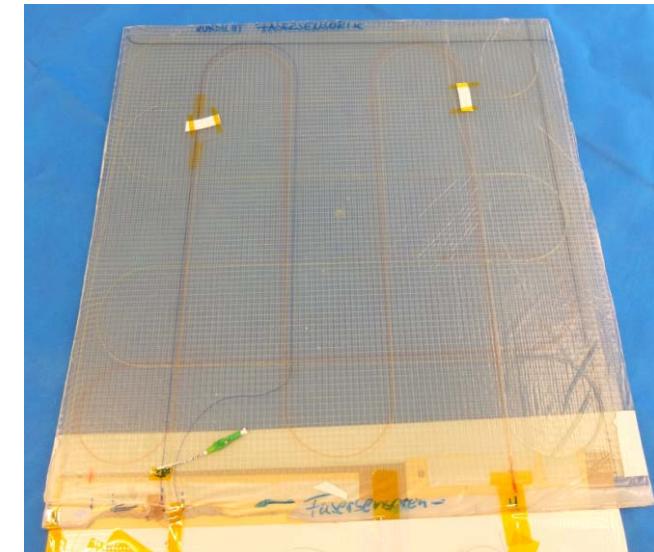


- RB-Design und FE-Modell: WindNovation GmbH
- Berechnung von Eigenlastfällen bei verschiedenen Lagerungsarten
- Export von deformierten Geometrien für den Vergleich mit 3D-Vermessung
- Export von Dehnungsinformationen zum Vergleich mit Dehnungsmessungen
- Berechnung von Eigenfrequenzen zum Vergleich mit dem Design und der Messung

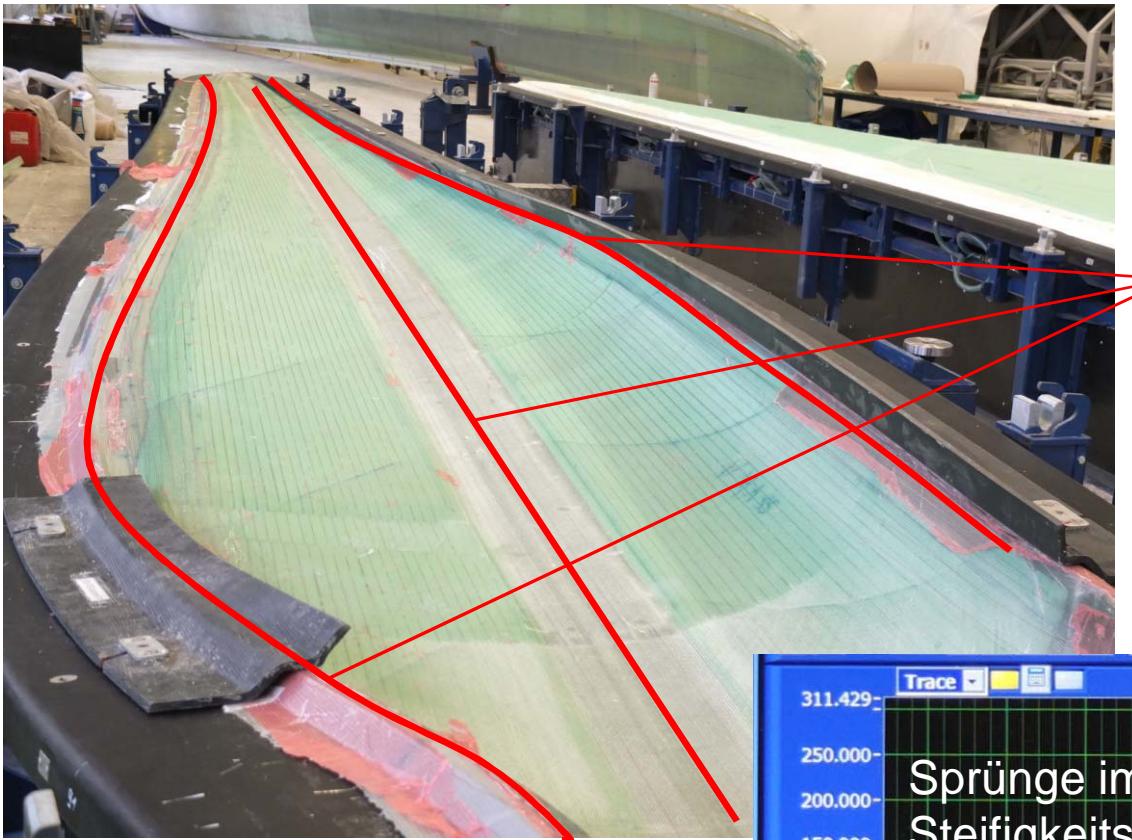
## Einbau der Sensoren



## Testplatte mit FOS



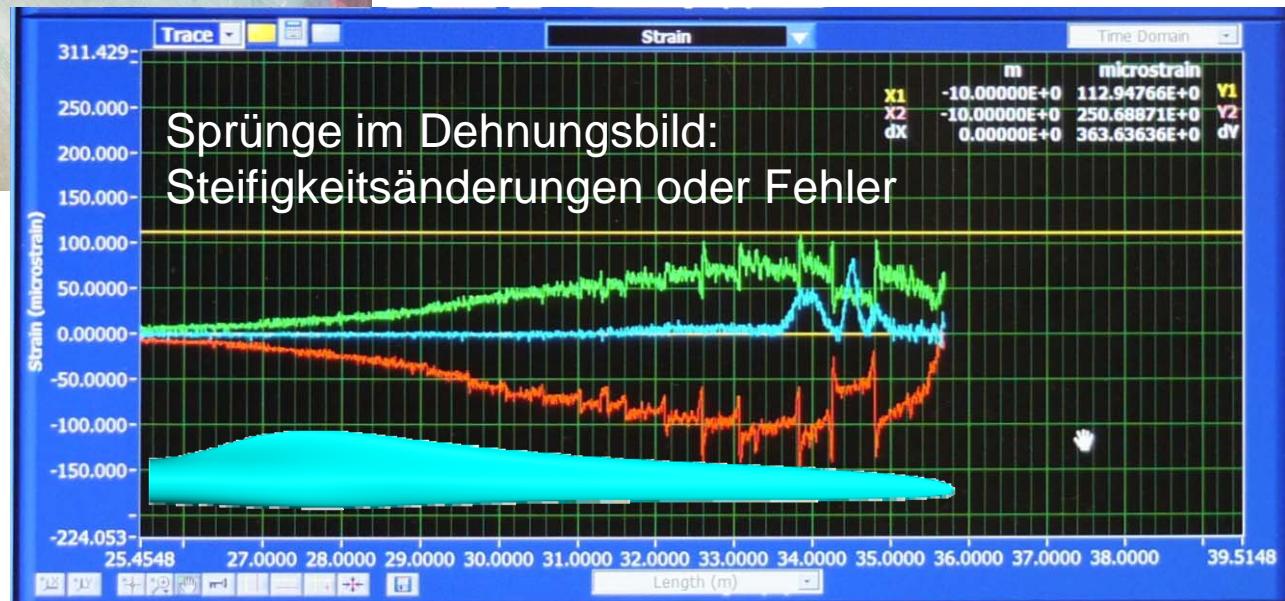
# Kontinuierliche Dehnungsmessungen mit faseroptischen Sensoren

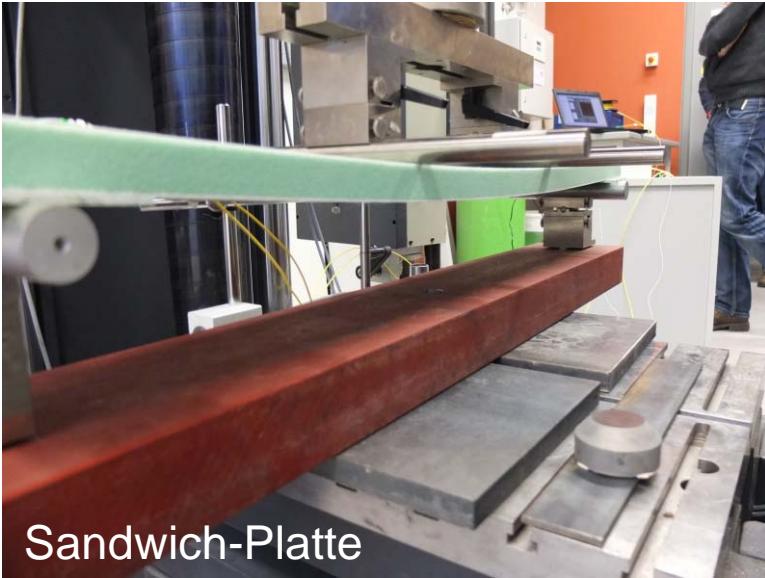


Dehnung in der Sensorfaser bei Biegebelastung und 2-Punkt-Lagerung (grün, rot) und Erwärmung (blau)

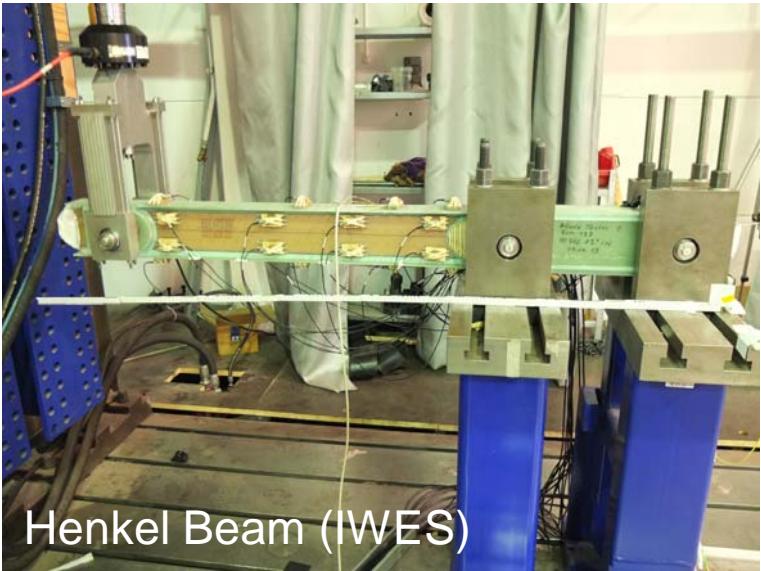
Sensorpositionen:

- Vorder- und Hinterkante,
- beide Gurte im Bereich der Stegverklebung

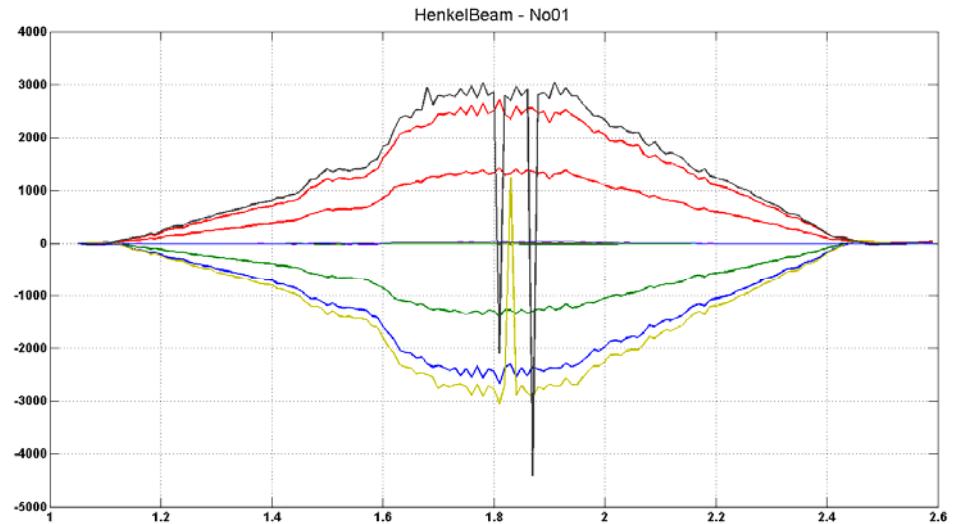
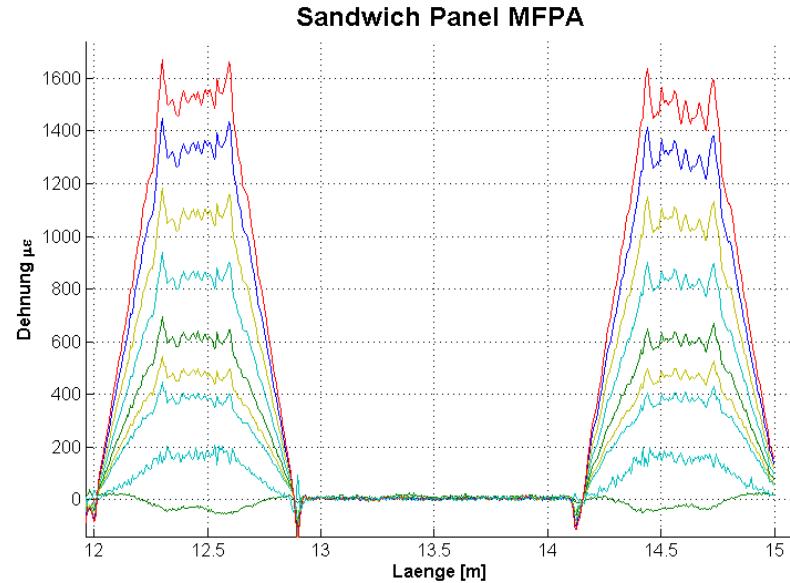




Sandwich-Platte



Henkel Beam (IWES)



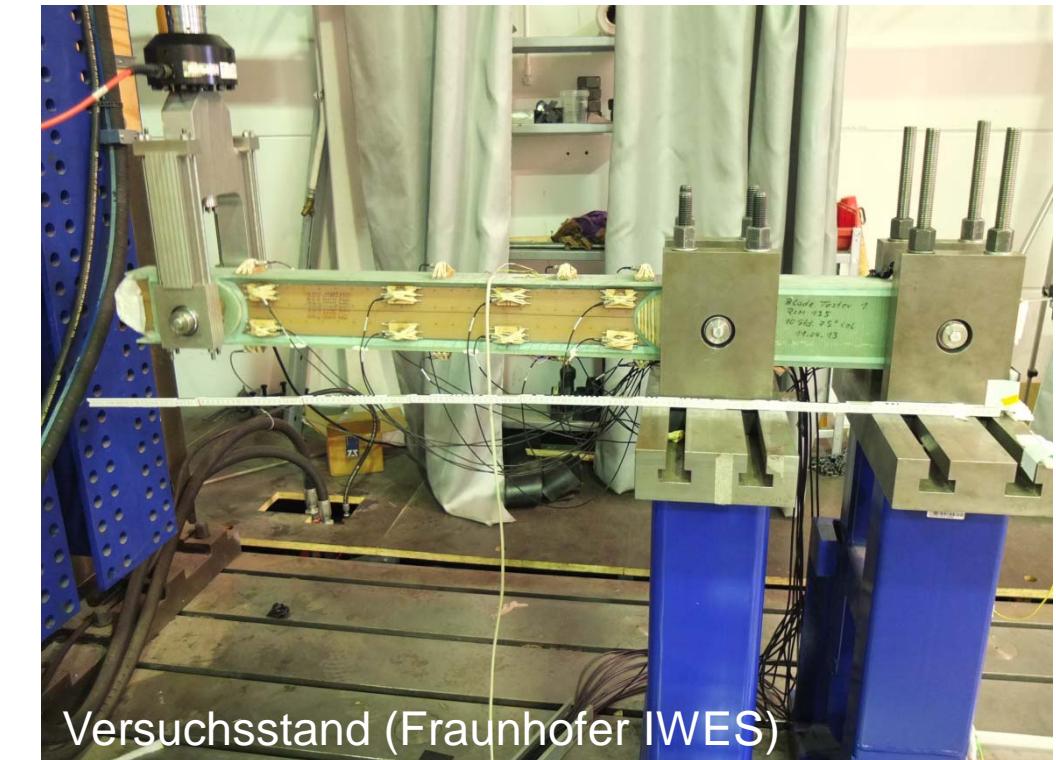
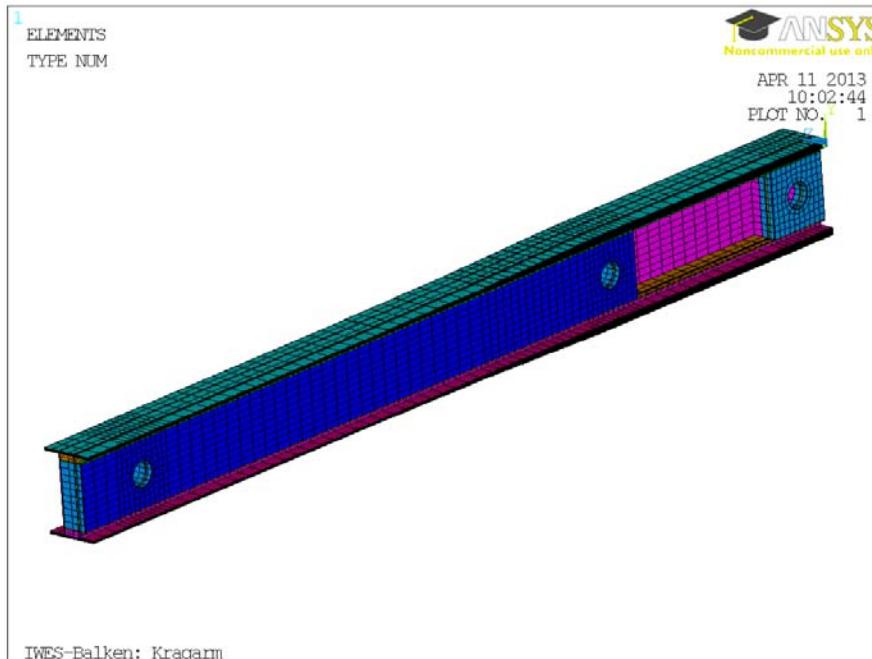
## Ermüdungsversuche

- Modellvalidierung (FEM)
- Fokus auf Verklebung
- Prognose: „effects of defects“

## Probekörper „Henkel Beam“

- Versagensmechanismen
- Fertigungsfehler in der Klebenaha

FE-Modell des Balkens



Versuchsstand (Fraunhofer IWES)



- Anwendung auf dem gesamten Bauteil
- Hauptaugenmerk auf Tragstruktur
  - Wurzelbereich
  - Gurte
  - Klebeschicht
  - Sandwichbereich
- zeitliche Begrenzung
- Kostenrahmen
- Detektierbarkeit

Ziel: Systematische Analyse und Erprobung von ZfP-Techniken

## Elektromagnetische Prüfverfahren (Strahlung):

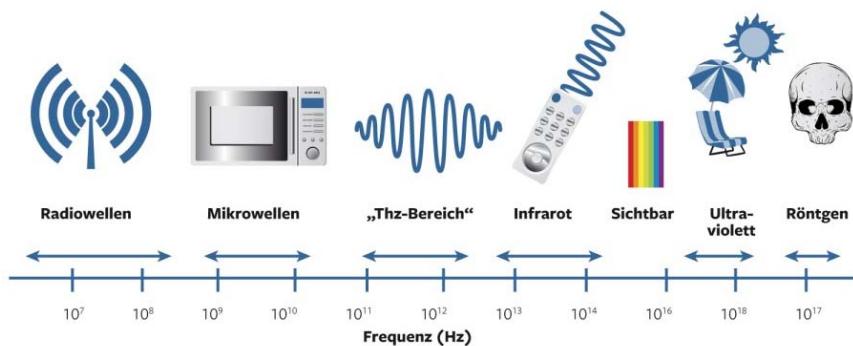


Abb.: Übersicht über das EM-Spektrum

## Mechanische Prüfverfahren

- Ultraschall
- Shearografie
- Wellenausbreitung (guided waves)

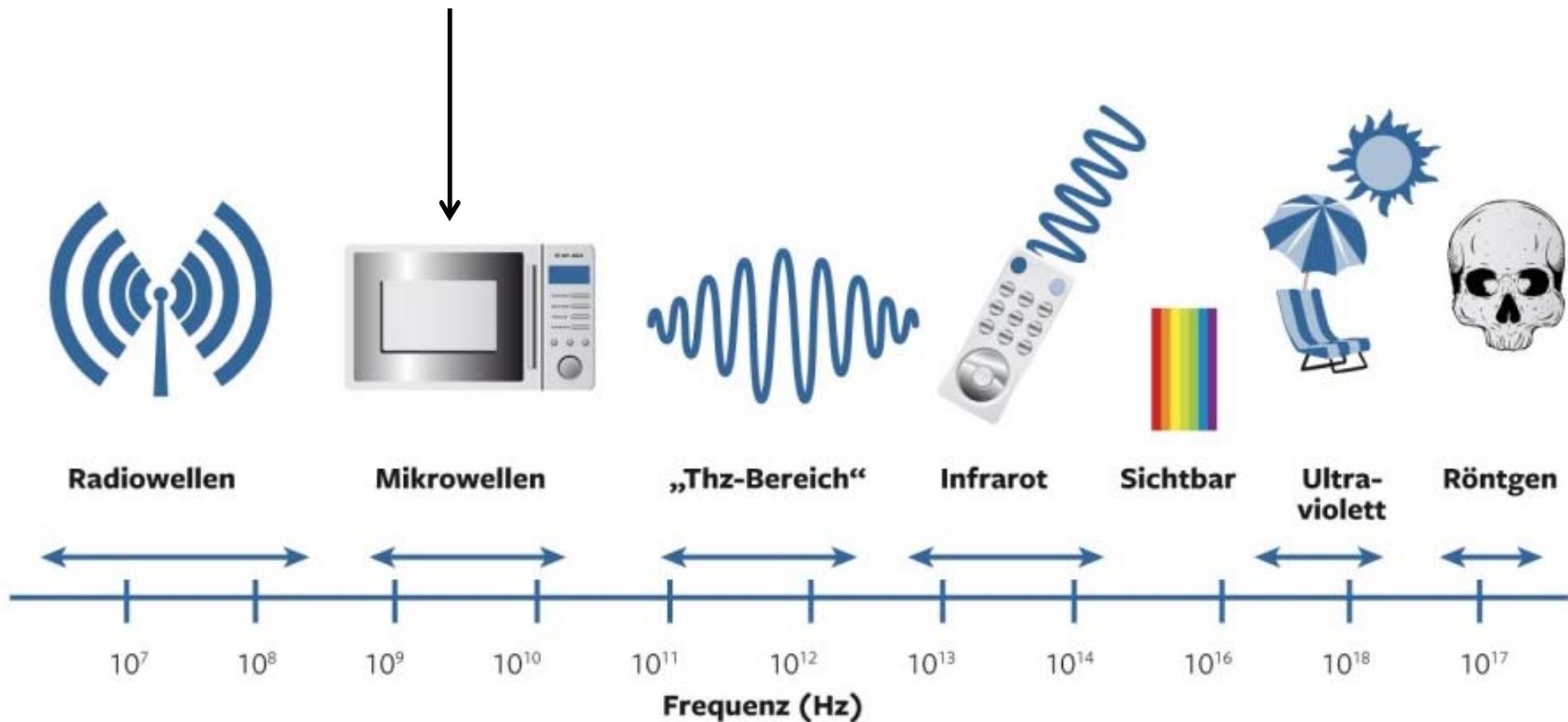
Generelle Beschränkung: Zugänglichkeit nur von der Außenseite gegeben!

## Zweistufige Vorgehensweise:

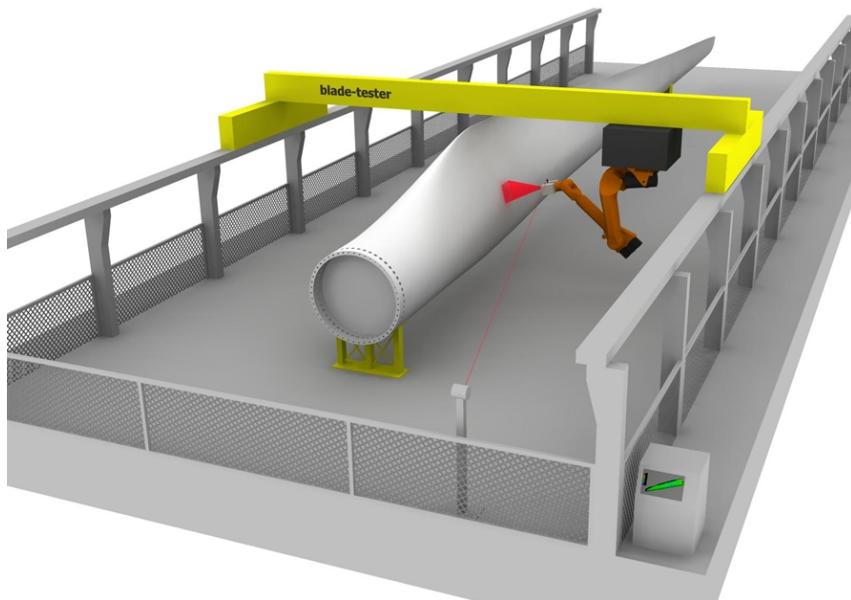
- Erprobung Leistungsfähigkeit der Testverfahren an handlichen Probekörpern,
- Anwendung an den Rotorblatt-Tunern



- Dielektrische Eigenschaften können bei der Durchstrahlung ausgenutzt werden
- Auflösungsvermögen ~ Wellenlänge
- Reflexion, Brechung, Dämpfung, (Laufzeit) sind auswertbare Parameter



# Danke für Ihre Aufmerksamkeit



Prof. Dr.-Ing. Y. Petryna  
Technische Universität Berlin  
Fachgebiet Statik und Dynamik  
Sekr. TIB1-B5  
Gustav-Meyer-Allee 25,  
13355 Berlin  
Tel. 030 314-72320  
Fax 030 314-72321  
E-Mail: [statik@tu-berlin.de](mailto:statik@tu-berlin.de)  
Internet: [www.statik.tu-berlin.de](http://www.statik.tu-berlin.de)  
[www.bladetester.de](http://www.bladetester.de)