
Thermografische Untersuchung an Rotorblättern von Windenergieanlagen

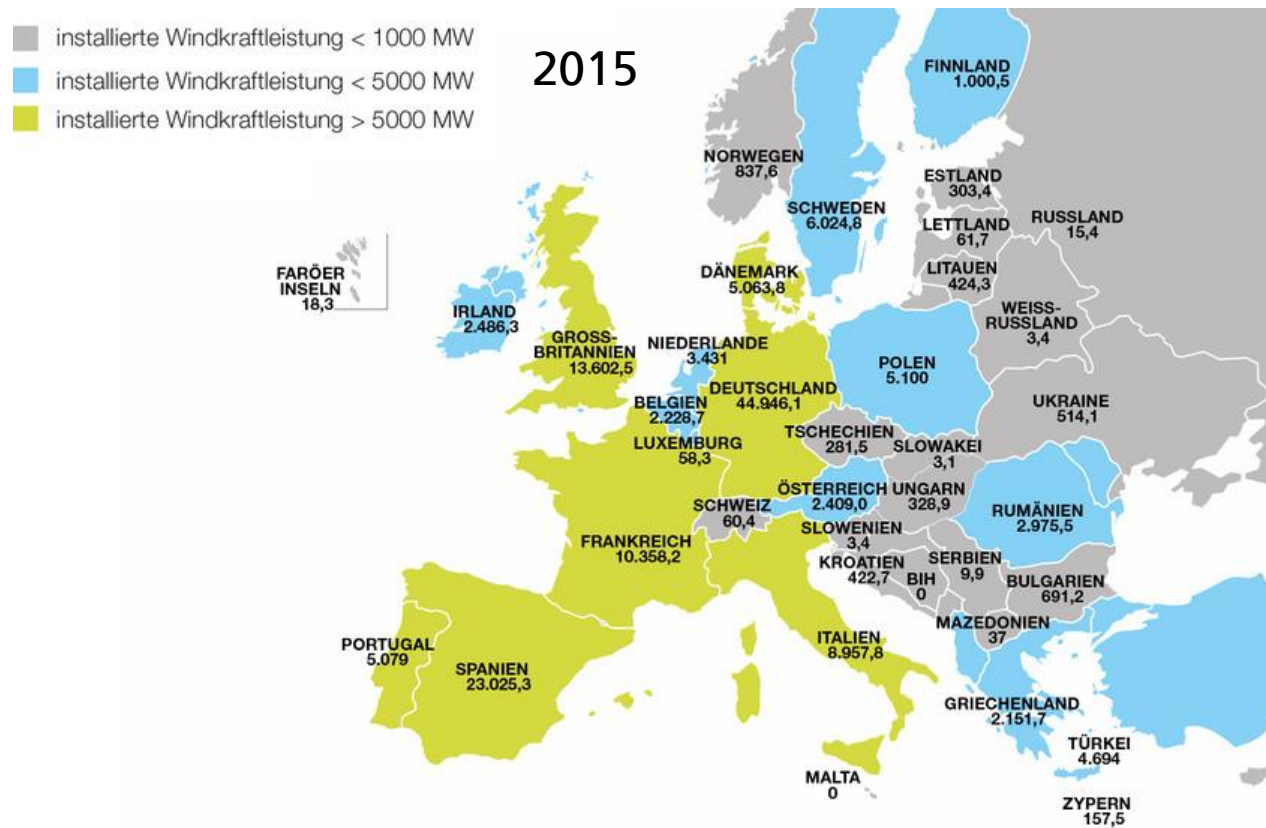
Dr.-Ing. Jochen Aderhold

Fraunhofer Wilhelm-Klauditz-Institut für
Holzforschung (WKI)
Braunschweig

Thermografische Untersuchung an Rotorblättern von Windenergieanlagen

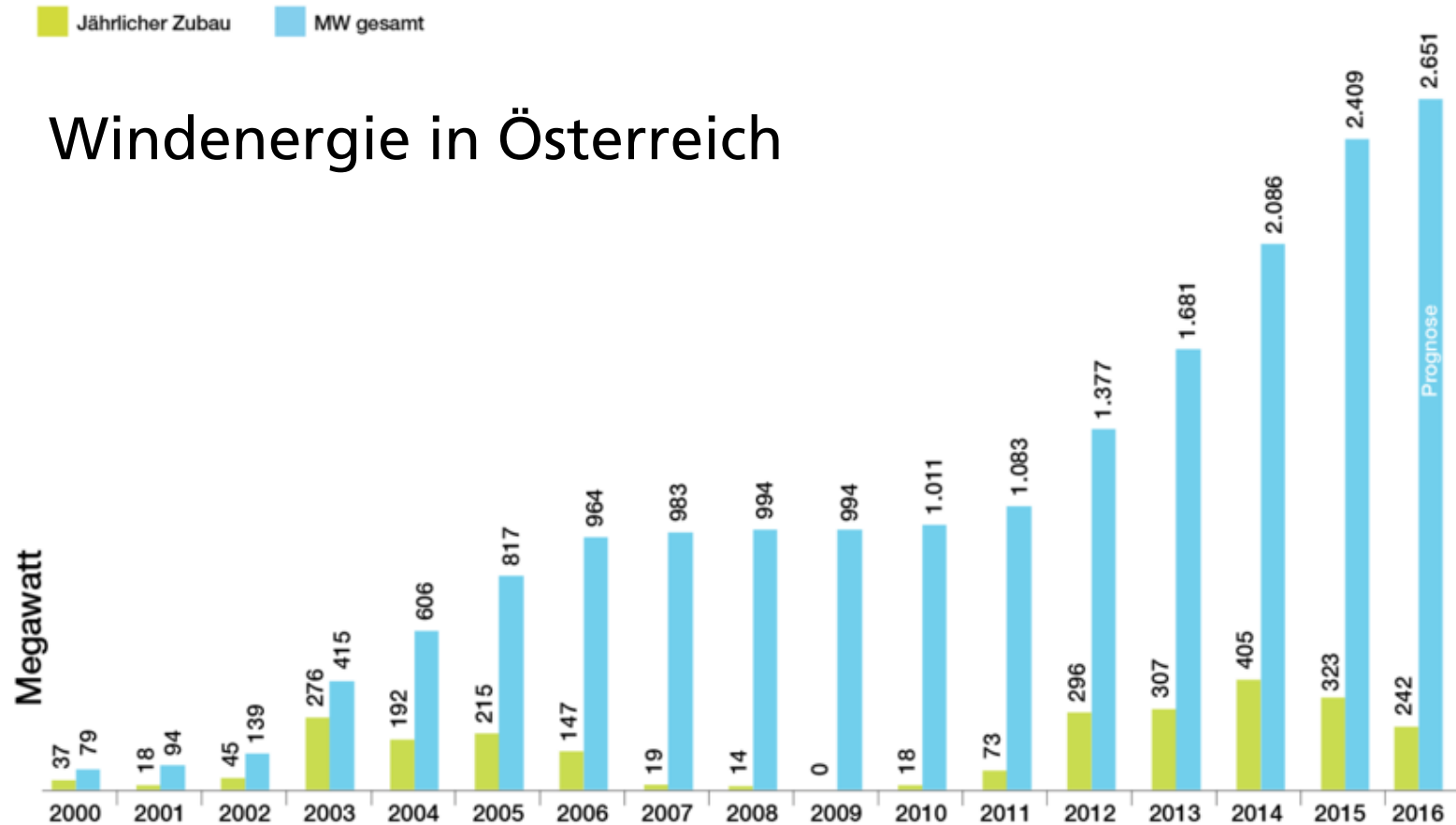
- ▶ Einführung
- ▶ Bildverbesserung
- ▶ Aktive Thermographie an Rotorblättern
- ▶ Passive Thermographie an Rotorblättern

Einführung (1)



Quelle: EWEA

Einführung (2)



www.igwindkraft.at

Einführung (3)

- ▶ Rotorblätter sind hochbelastete Komponenten.
- ▶ In der **Fertigung** und bei **Reparaturen** treten vielfach gravierende Qualitätsmängel auf.
- ▶ Schadensspektrum reicht von Ertragseinbußen bis zum Totalausfall der Anlage.
- ▶ Versicherungen verlangen immer häufiger regelmäßige Prüfungen der Rotorblätter (alle zwei bis vier Jahre).
- ▶ Steigende Anforderungen durch Trend zu **Offshore-Anlagen** (Zugänglichkeit !)



Einführung (4)

► Mögliche Fehler in Rotorblättern

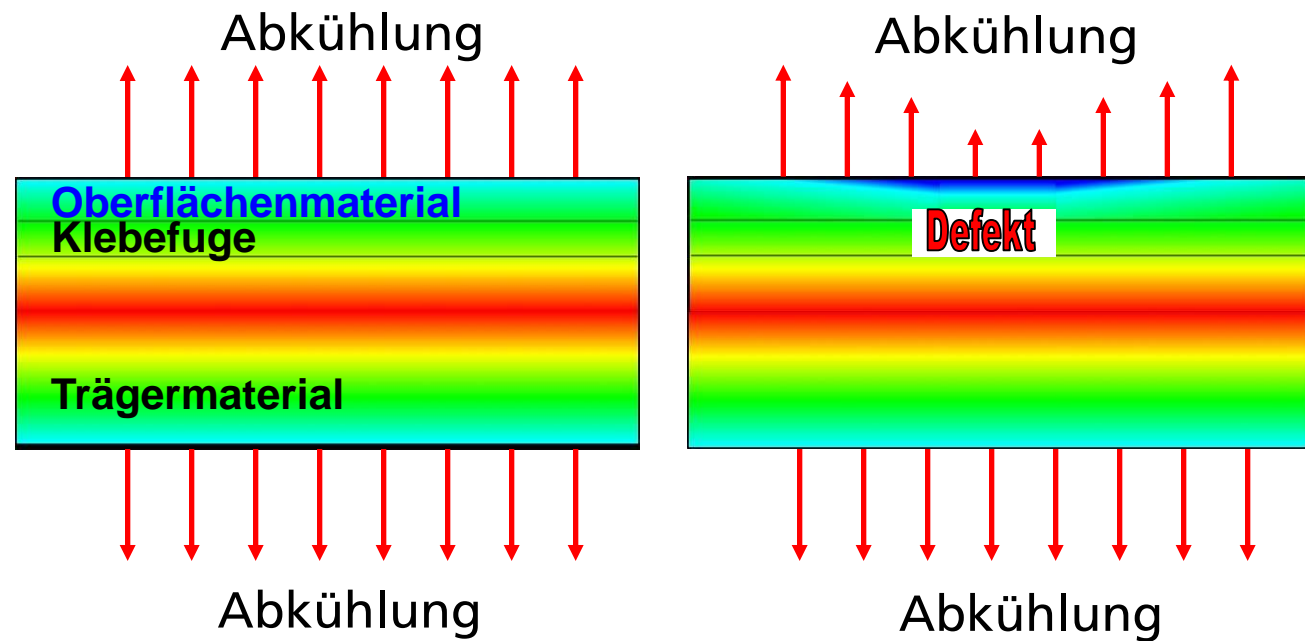
- ▶ Fehlverklebungen zwischen Steg und Schale
- ▶ Risse, Lufteinschlüsse und Delaminationen
- ▶ Eindringen von Feuchtigkeit oder Hydrauliköl

► Bisherige Prüfverfahren:

- ▶ Sichtprüfung
- ▶ Abklopfen mit dem Hammer
- ▶ Objektive und automatisierbare Verfahren sind derzeit nicht verfügbar

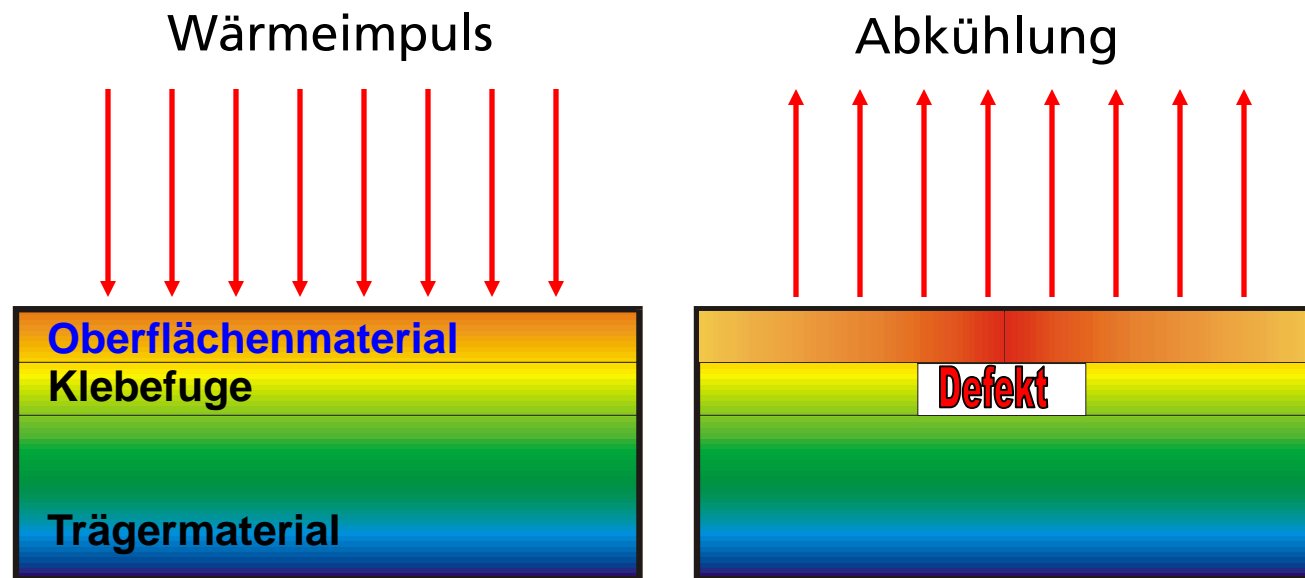
Einführung (5)

► Passive Wärmefluss-Thermographie



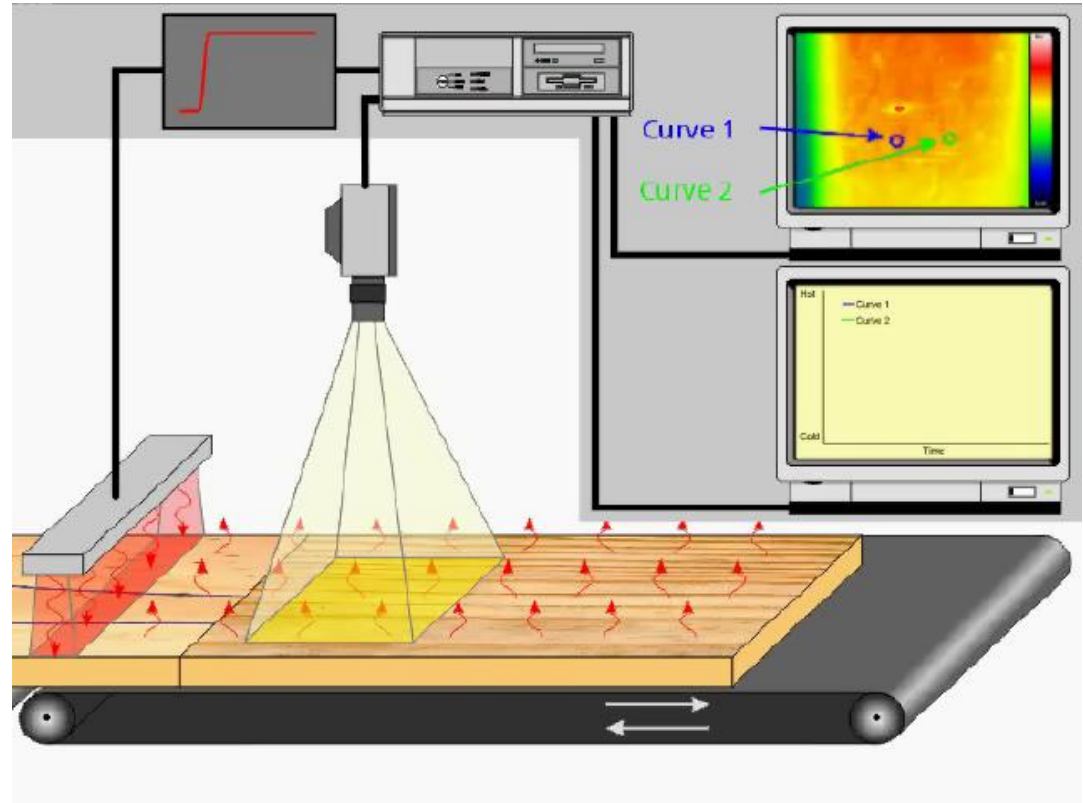
Einführung (6)

► Aktive Wärmefluss-Thermographie



Einführung (7)

- Realisierung der aktiven Online-Thermographie



Einführung (8)

- Thermographische Prüfung großer Objekte

Thermographie-Kamera

Schienensystem



Heizstrahler

Bildverbesserung (1)

► Rohbild



Bildverbesserung (2)

- Kontrastverbesserung durch Histogrammausgleich

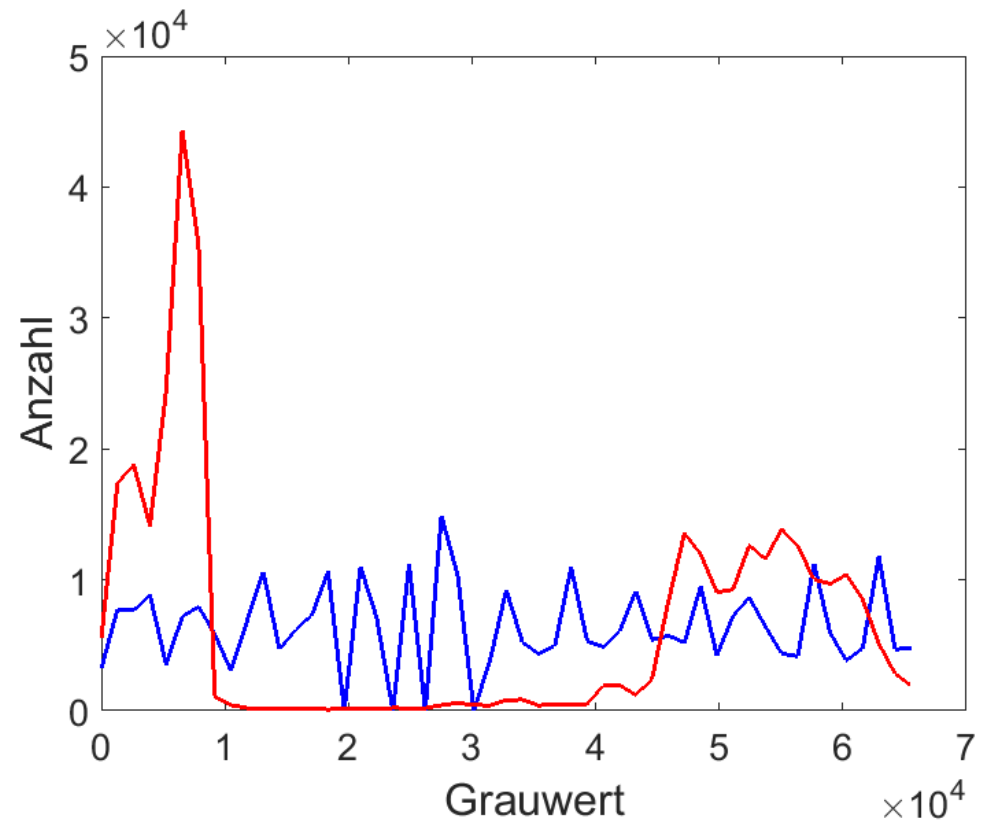


Bildverbesserung (3)

- Kontrastverbesserung durch Histogrammausgleich

▶ Rot: ohne

▶ Blau: mit



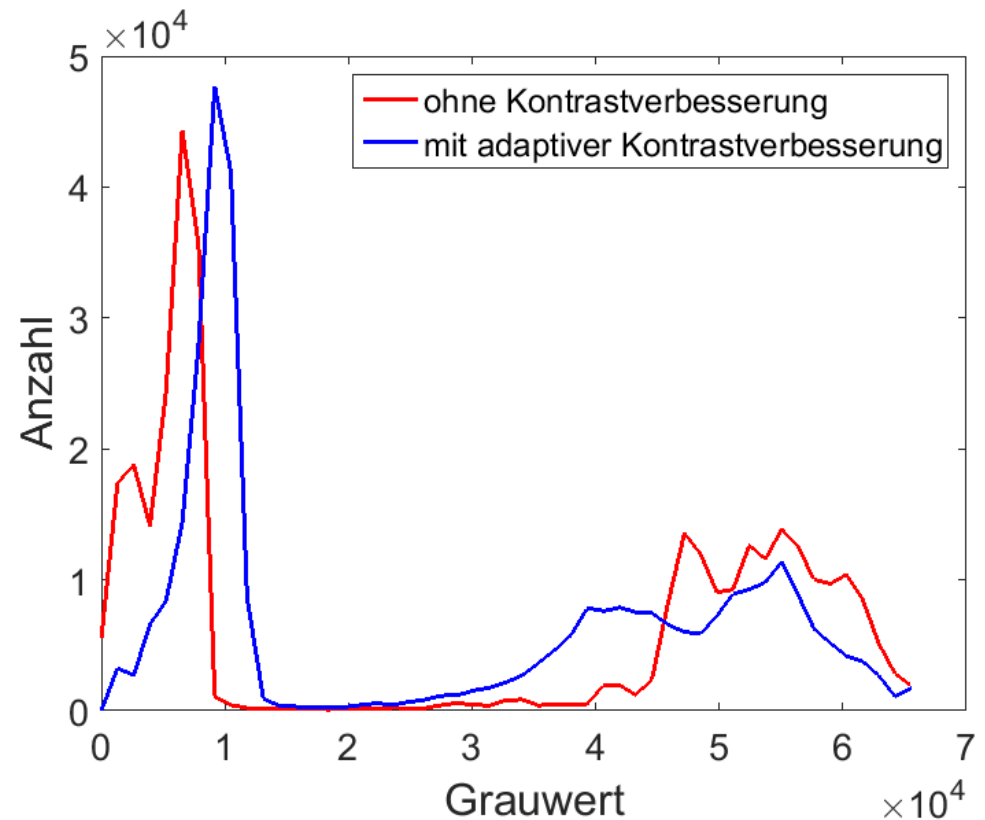
Bildverbesserung (4)

- Besser:
Kontrastverbesserung
durch **adaptiven**
Histogrammausgleich



Bildverbesserung (5)

- Besser:
Kontrastverbesserung
durch **adaptiven**
Histogrammausgleich



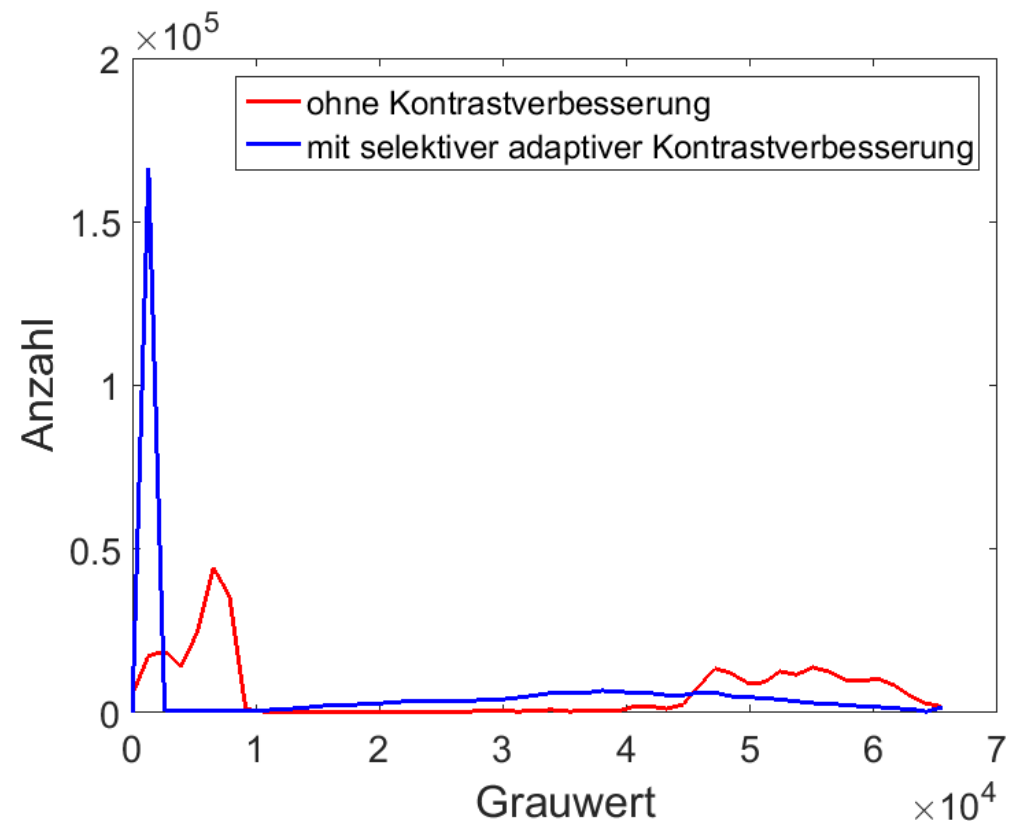
Bildverbesserung (6)

- ▶ Am besten:
Kontrastverbesserung
durch **selektiven und
adaptiven**
Histogrammausgleich



Bildverbesserung (7)

- Am besten:
Kontrastverbesserung
durch **selektiven und
adaptiven**
Histogrammausgleich



Aktive Thermographie an Rotorblättern (1)

► Qualitätskontrolle in der Rotorblattfertigung (2004)



Aktive Thermographie an Rotorblättern (2)

- Qualitätskontrolle in der Rotorblattfertigung (2014)



Aktive Thermographie an Rotorblättern (3)

- Qualitätskontrolle in der Rotorblattfertigung (2014)



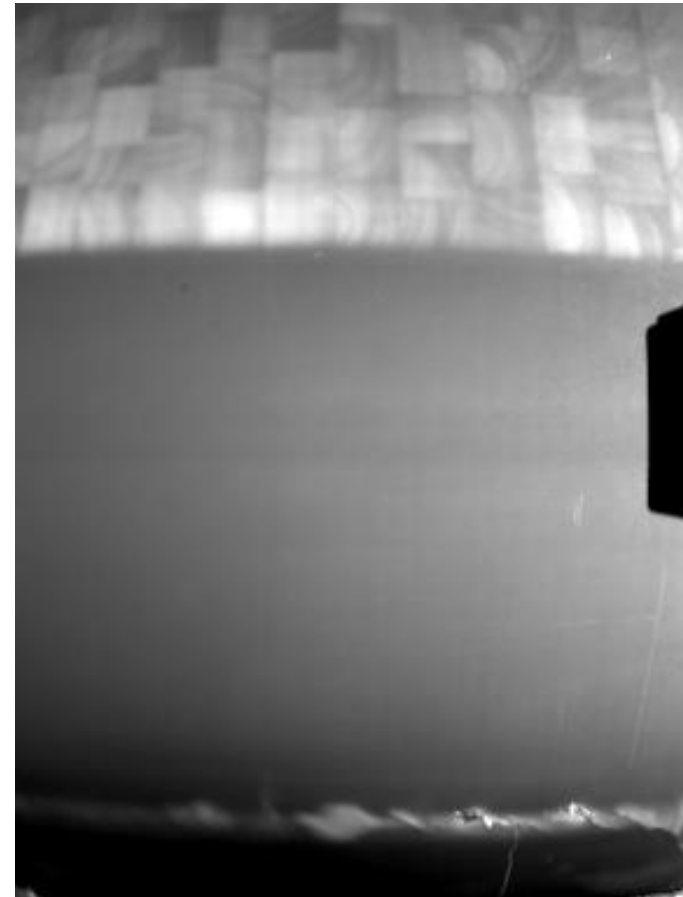
Aktive Thermographie an Rotorblättern (4)

- Qualitätskontrolle in der Rotorblattfertigung (2016)



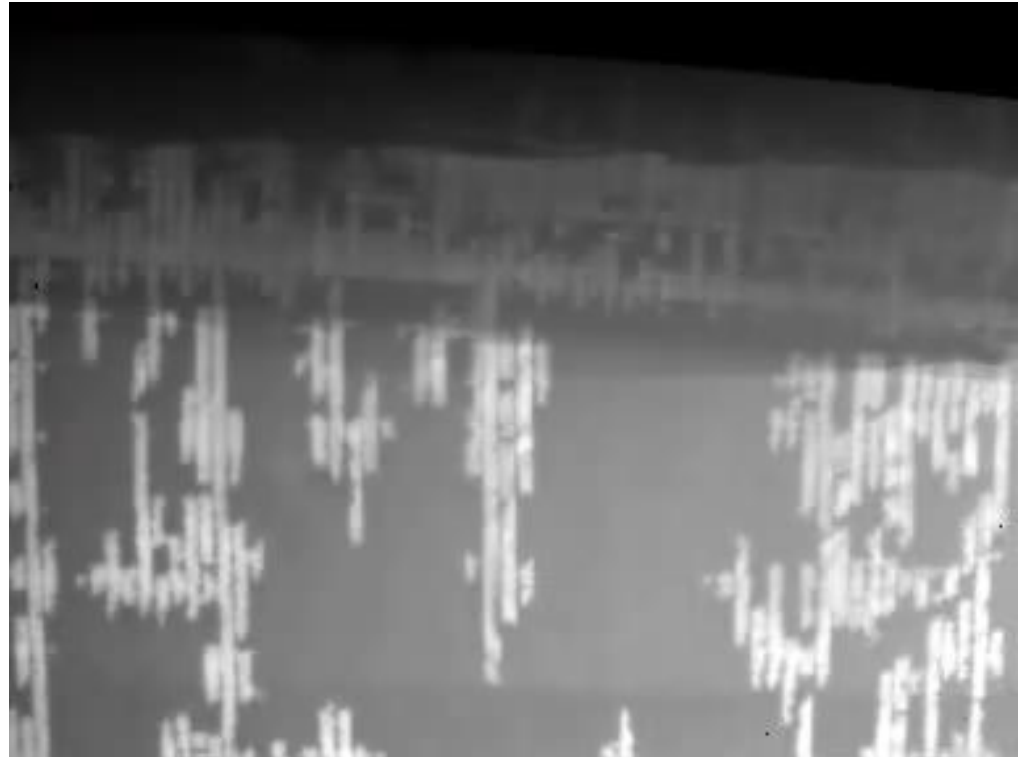
Aktive Thermographie an Rotorblättern (5)

- Thermographie macht die innere Struktur von Rotorblättern sichtbar. Man erkennt oben Balsaholzklötzchen mit Jahrringen im Sandwichbereich und unten Verklebungsfehler (helle Bereiche).



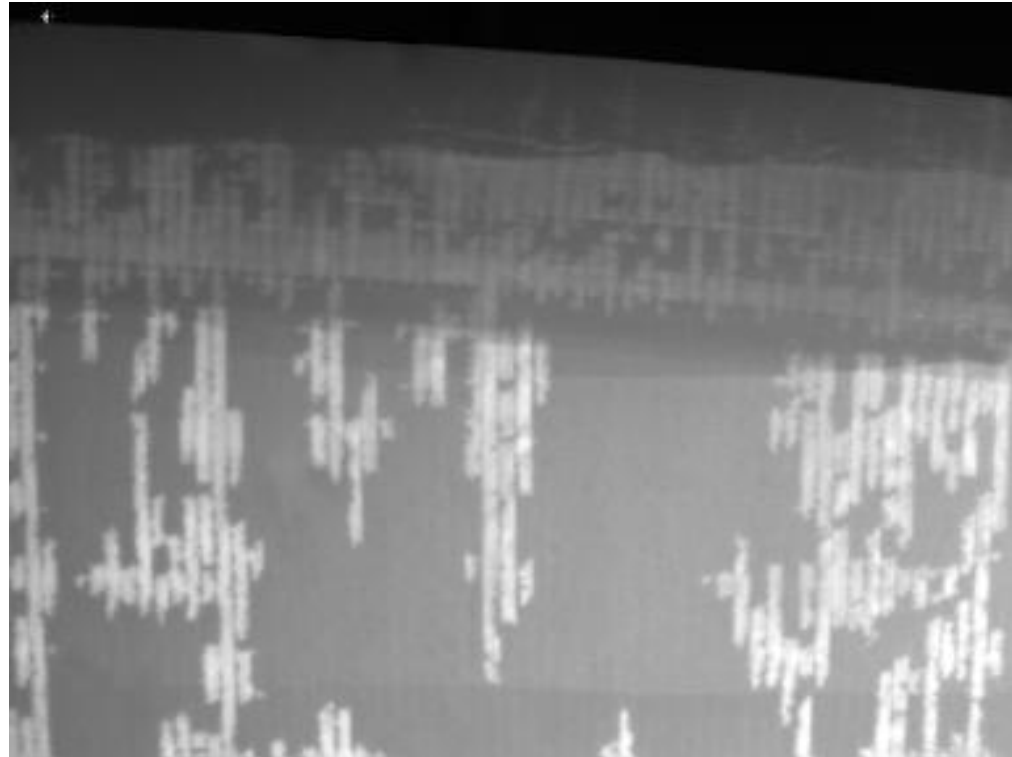
Aktive Thermographie an Rotorblättern (6)

- Rotorblatt mit
Lufteinschlüssen



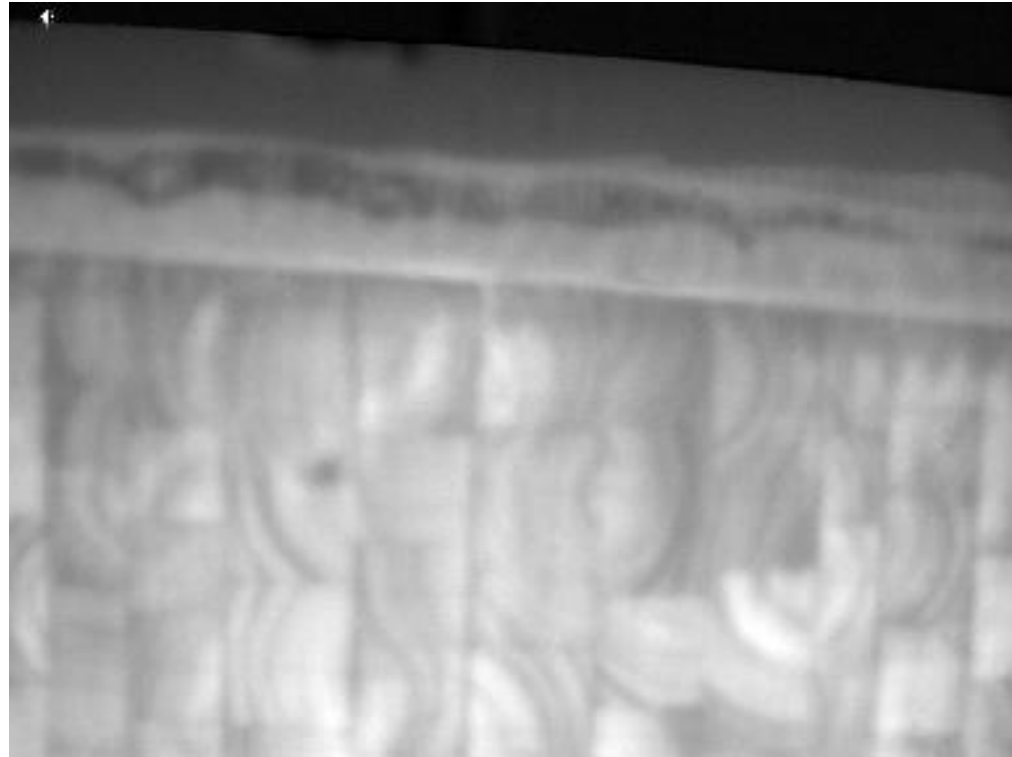
Aktive Thermographie an Rotorblättern (7)

- ▶ Rotorblatt mit Lufteinschlüssen
- ▶ Bildaufnahme unmittelbar nach dem Erwärmen



Aktive Thermographie an Rotorblättern (8)

- ▶ Rotorblatt mit
Lufteinschlüssen
- ▶ Bildaufnahme
fünf Minuten
nach dem
Erwärmen



Aktive Thermographie an Rotorblättern (9)

► Messungen direkt vor der Installation



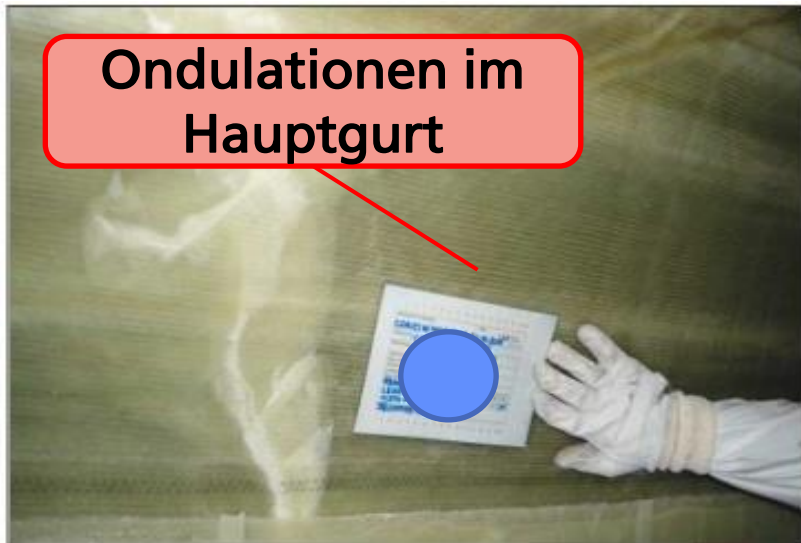
Aktive Thermographie an Rotorblättern (10)

- Klebelaschen von innen gesehen. Die hellen Bereiche im linken Bild lassen mangelhaften Klebstoffauftrag erkennen.



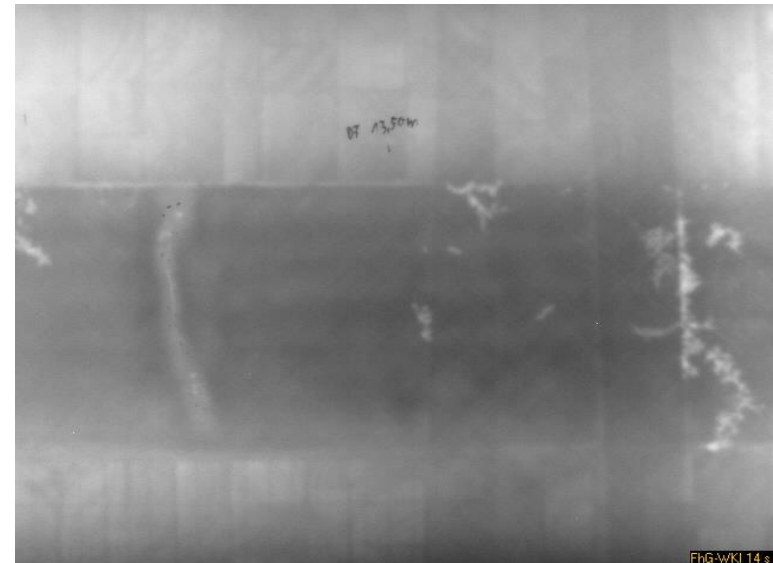
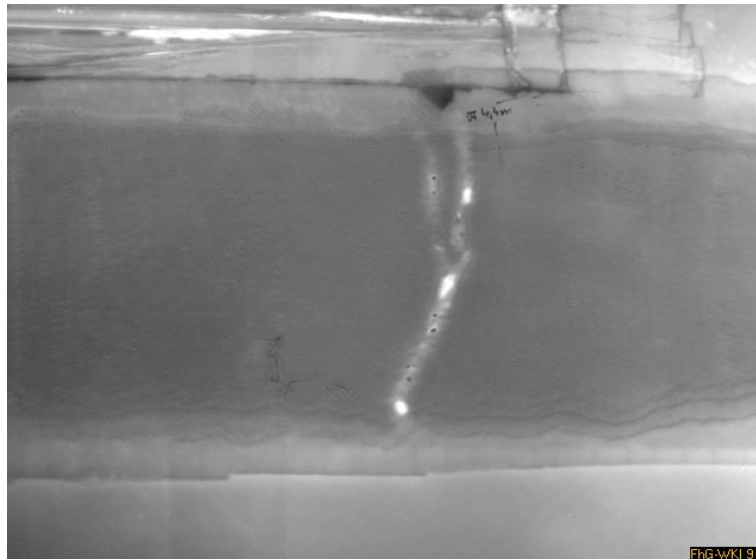
Aktive Thermographie an Rotorblättern (11)

- ▶ Kritische Bereiche an Rotorblättern – Gurte
- ▶ Minderung der Festigkeit durch Herstellungsfehler



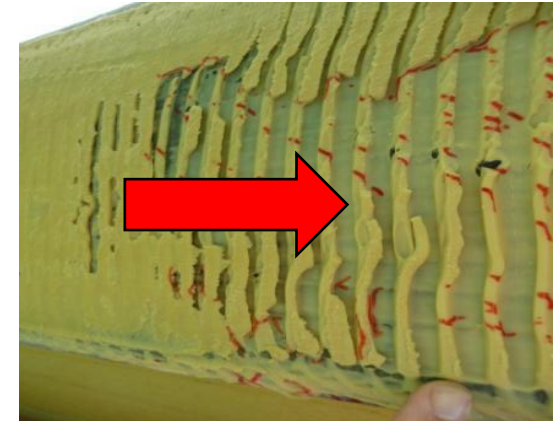
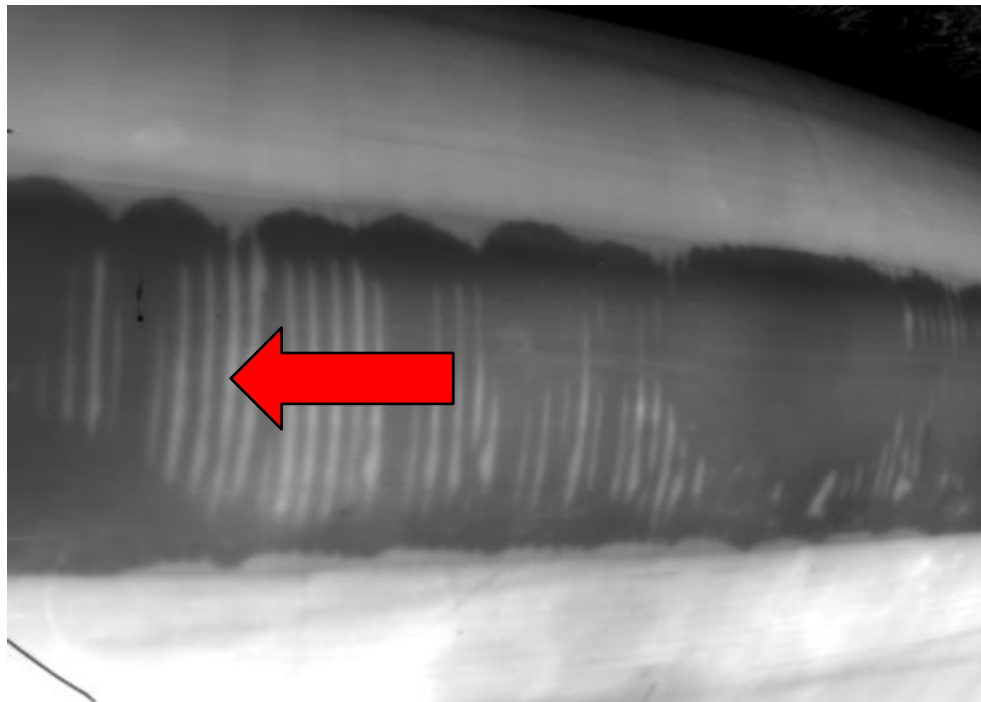
Aktive Thermographie an Rotorblättern (12)

► Erkennung von Ondulationen



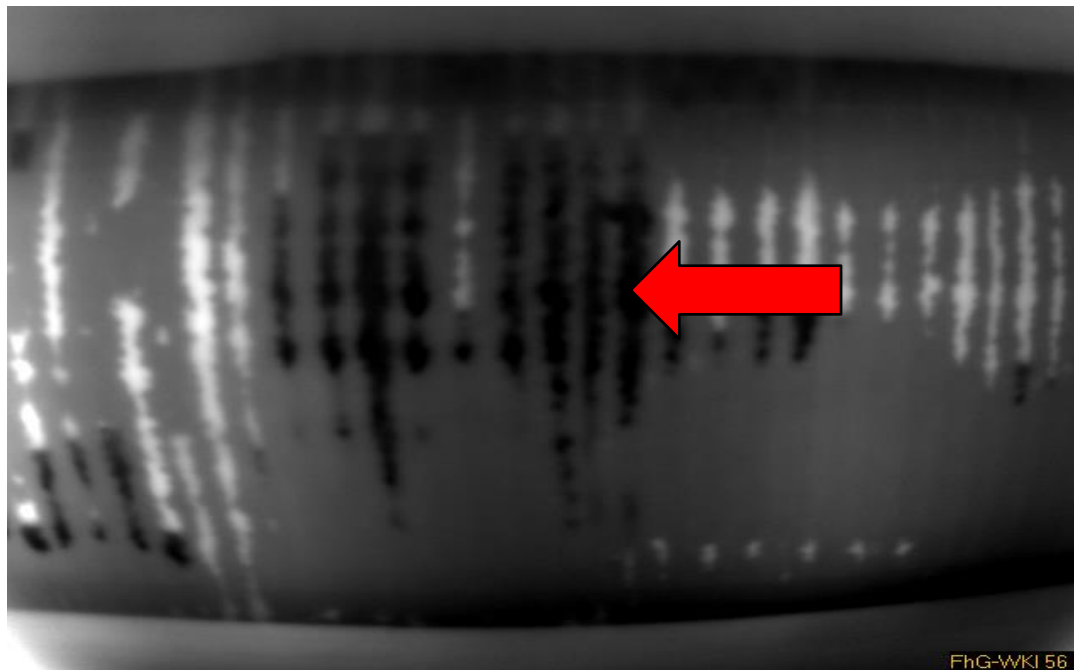
Aktive Thermographie an Rotorblättern (13)

- Erkennung von mangelndem Klebstoffauftrag zwischen Blattschale und Holm



Aktive Thermographie an Rotorblättern (14)

- Erkennung von eingedrungener Feuchtigkeit zwischen Blattschale und Holm



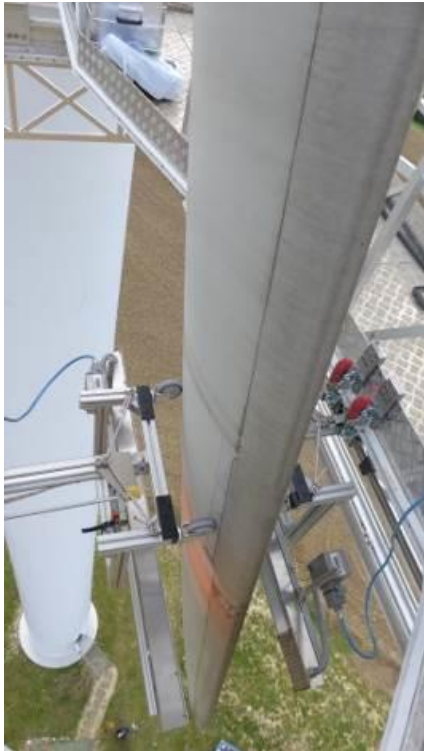
Aktive Thermographie an Rotorblättern (15)

- Vor-Ort-Messungen an der Anlage



Aktive Thermographie an Rotorblättern (16)

► Vor-Ort-Messungen an der Anlage



Aktive Thermographie an Rotorblättern (17)

- Schwebendes Inspektionssystem der Fa. HBS (Münster/Westf.)



Aktive Thermographie an Rotorblättern (18)

- Schwebendes Inspektionssystem der Fa. HBS (Münster/Westf.)



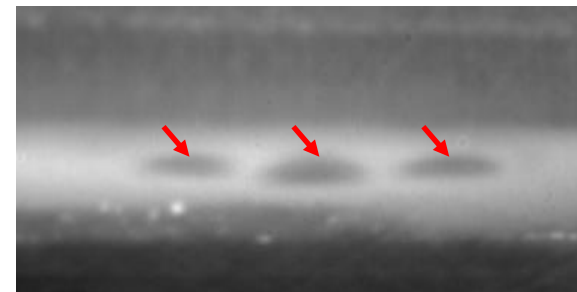
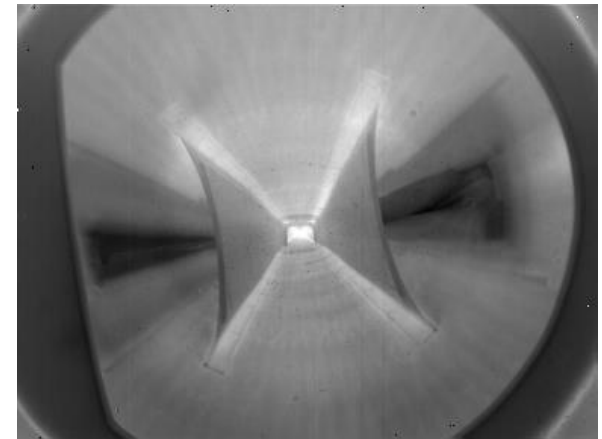
Passive Thermographie an Rotorblättern (1)

- Passive Thermographie im sichtbaren Spektralbereich



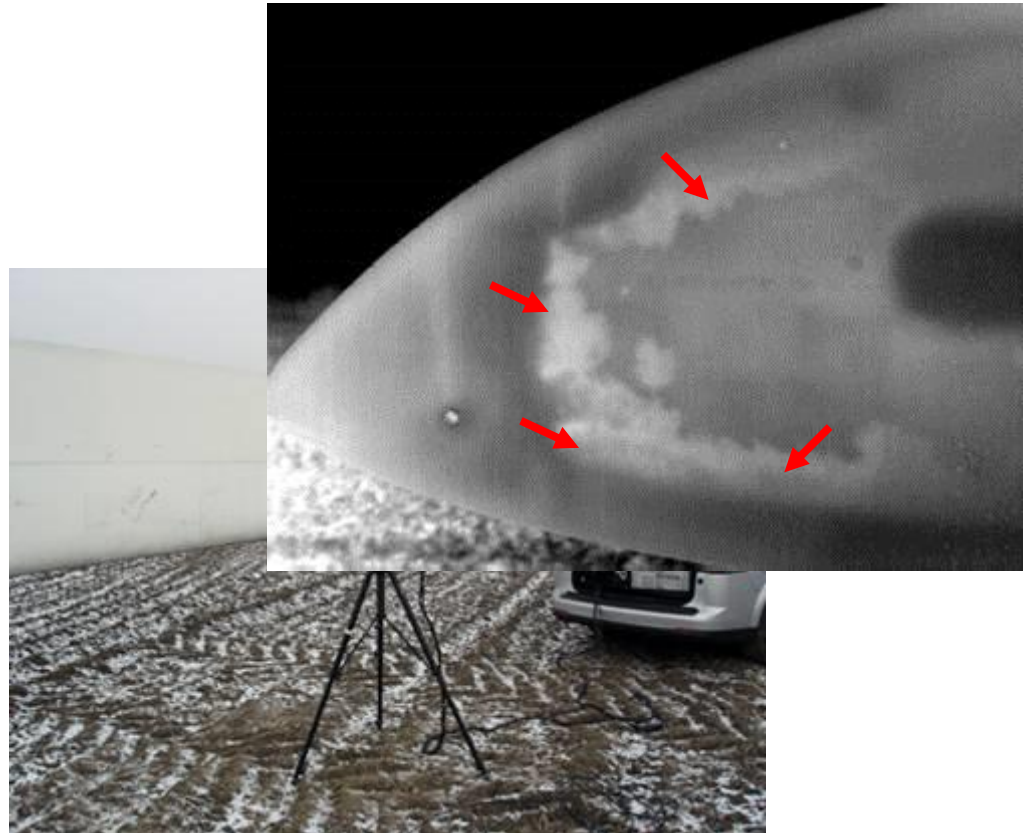
Passive Thermographie an Rotorblättern (2)

- ▶ Passive Messung in der Fertigung
- ▶ Reaktionswärme ausnutzen
- ▶ Fehlverklebungen an der Vorderkante erkennbar



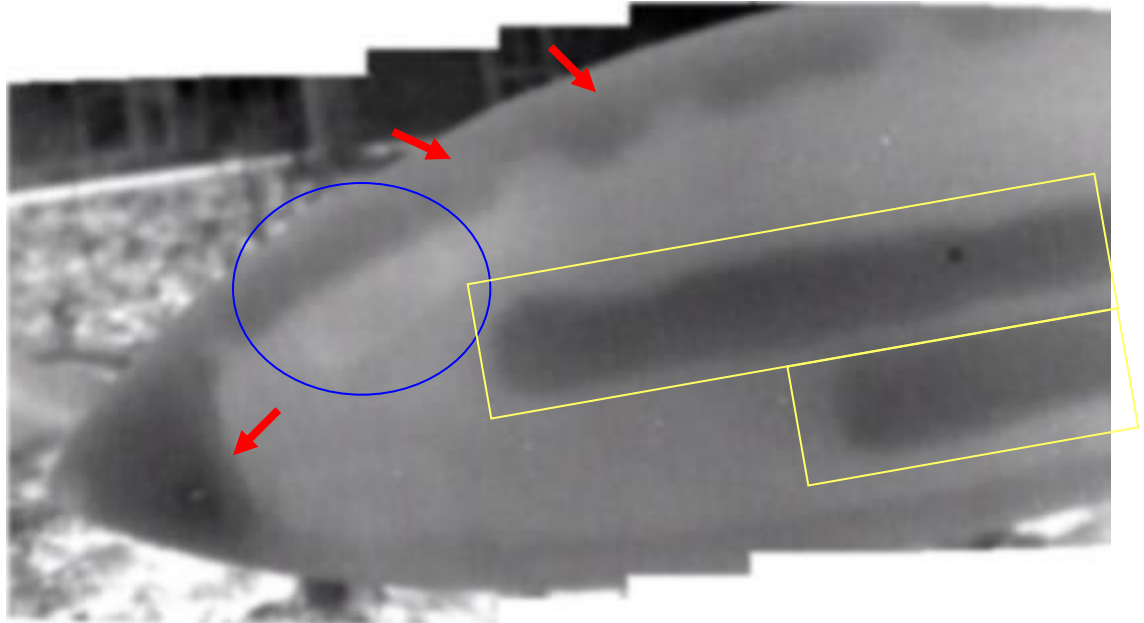
Passive Thermographie an Rotorblättern (3)

- ▶ Passive Vor-Ort-Messung
- ▶ Ausnutzung der Temperaturunterschiede im Tagesverlauf
- ▶ Vereisungen sichtbar



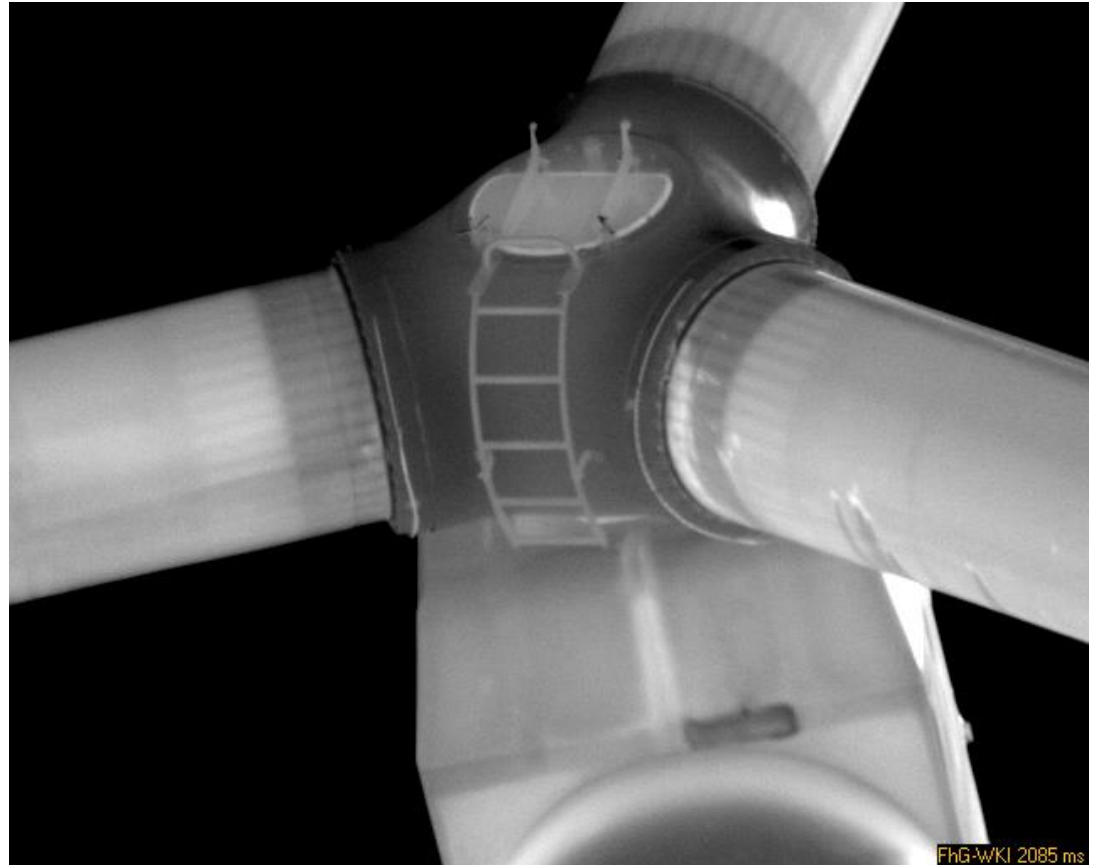
Passive Thermographie an Rotorblättern (4)

- ▶ Passive Vor-Ort-Messung
- ▶ Innere Struktur wird sichtbar



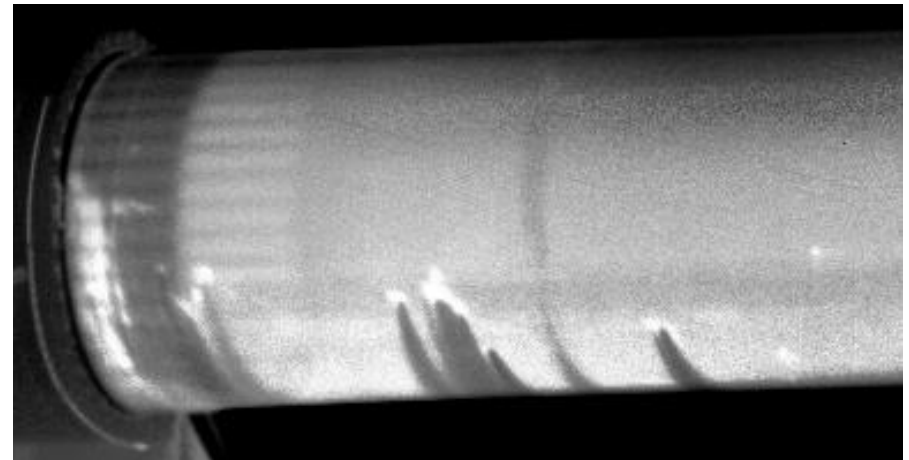
Passive Thermographie an Rotorblättern (5)

- ▶ Passive Thermographie einer laufenden Anlage
- ▶ Befestigungsbolzen werden sichtbar



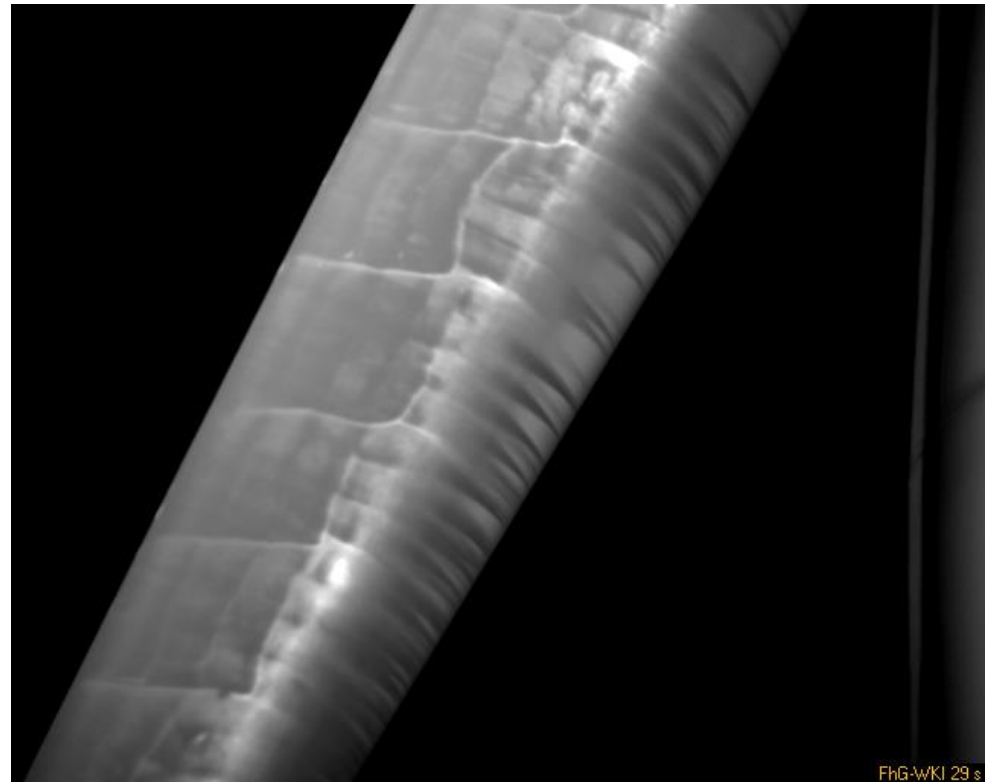
Passive Thermographie an Rotorblättern (6)

- ▶ Passive Thermographie einer laufenden Anlage
- ▶ Befestigungsbolzen und weitere innere Strukturen werden sichtbar



Passive Thermographie an Rotorblättern (7)

- ▶ Passive Thermographie einer laufenden Anlage
- ▶ Mögliche Risse und Turbulenzkeile werden sichtbar



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!