



UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES
UPPER AUSTRIA



Christian Doppler
Forschungsgesellschaft



Grenzen der Aktiven Thermographie

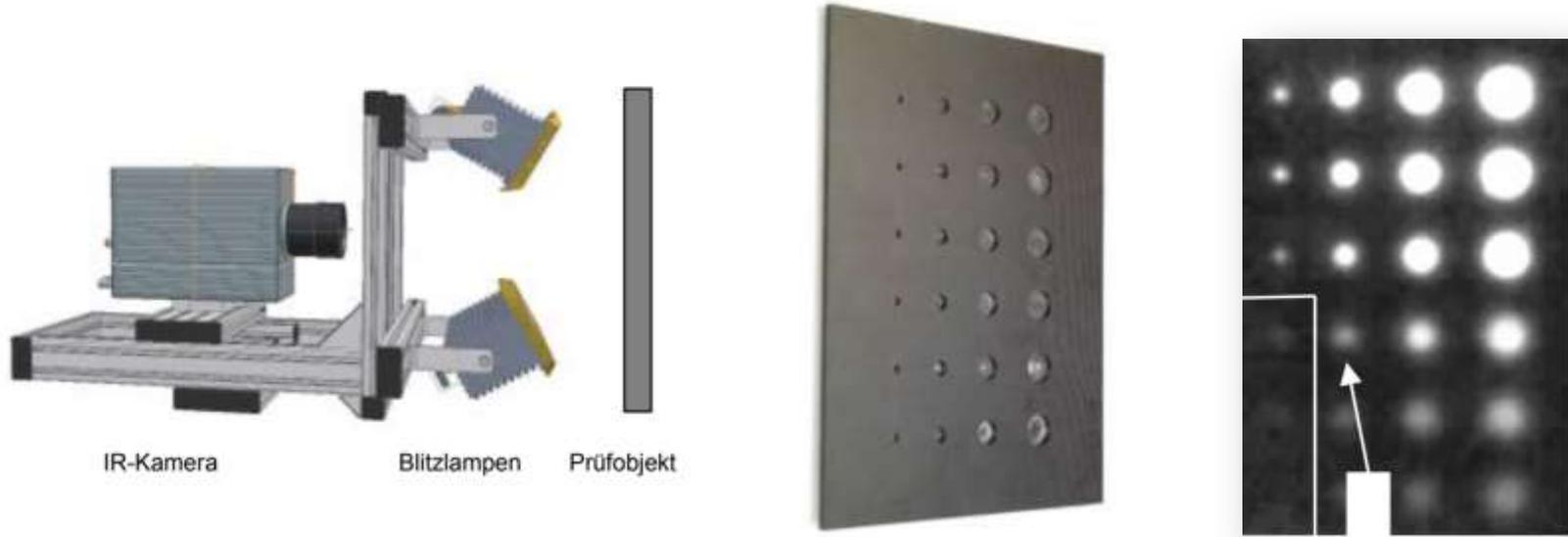
Dipl.-Ing.(FH) Dr.techn. Günther Mayr

Josef Ressel Zentrum für Thermographische ZfP von Verbundwerkstoffen
FH OÖ F&E GmbH, Campus Wels

HAGENBERG | LINZ | STEYR | WELS

MOTIVATION

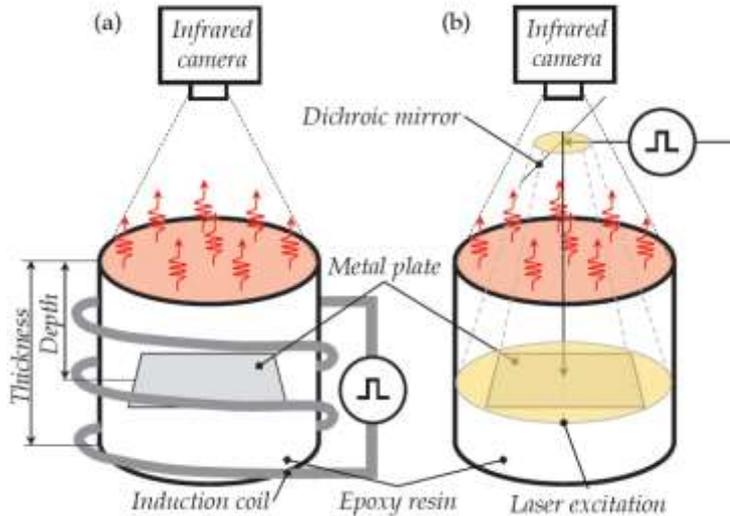
[NEUHAEUSLER:2003] S. Neuhäusler, G. Zenzinger, Optimierung der Impulsthermografie-Prüftechnik durch Laserscans und Blitzsequenzen, DGZfP-Berichtsband 86-CD, 2003.



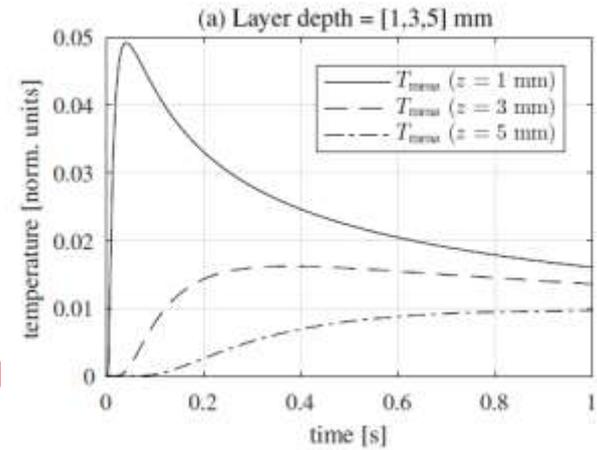
Wie groß ist der kleinste Fehler, der mit Aktiver Thermographie noch gefunden werden kann?

THEORETISCHE BETRACHTUNGEN

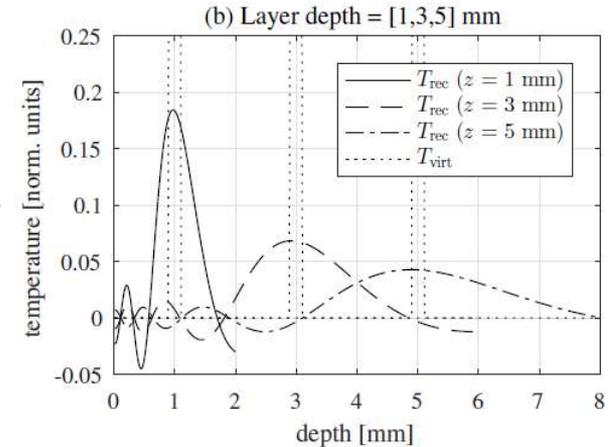
Eindimensionales Gedankenexperiment



Thermographie Simulation



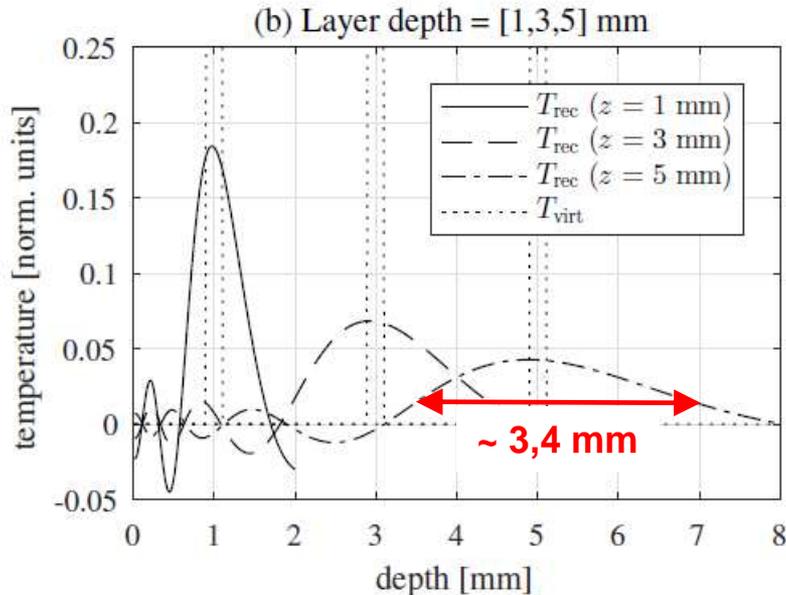
Auswertung:
Thermographische
Rekonstruktion
(mit direkten
Regularisierungsverfahren)



THEORETISCHE BETRACHTUNGEN

ORTSAUFLÖSUNG

Was bedeutet Auflösung in der Aktiven Thermographie



Berechnung der theoretischen Auflösung (δ)

$$\delta_{\text{resolution}} = \frac{\pi}{k_{\text{cut}}} = \frac{\pi z}{\ln(\text{SNR})}$$

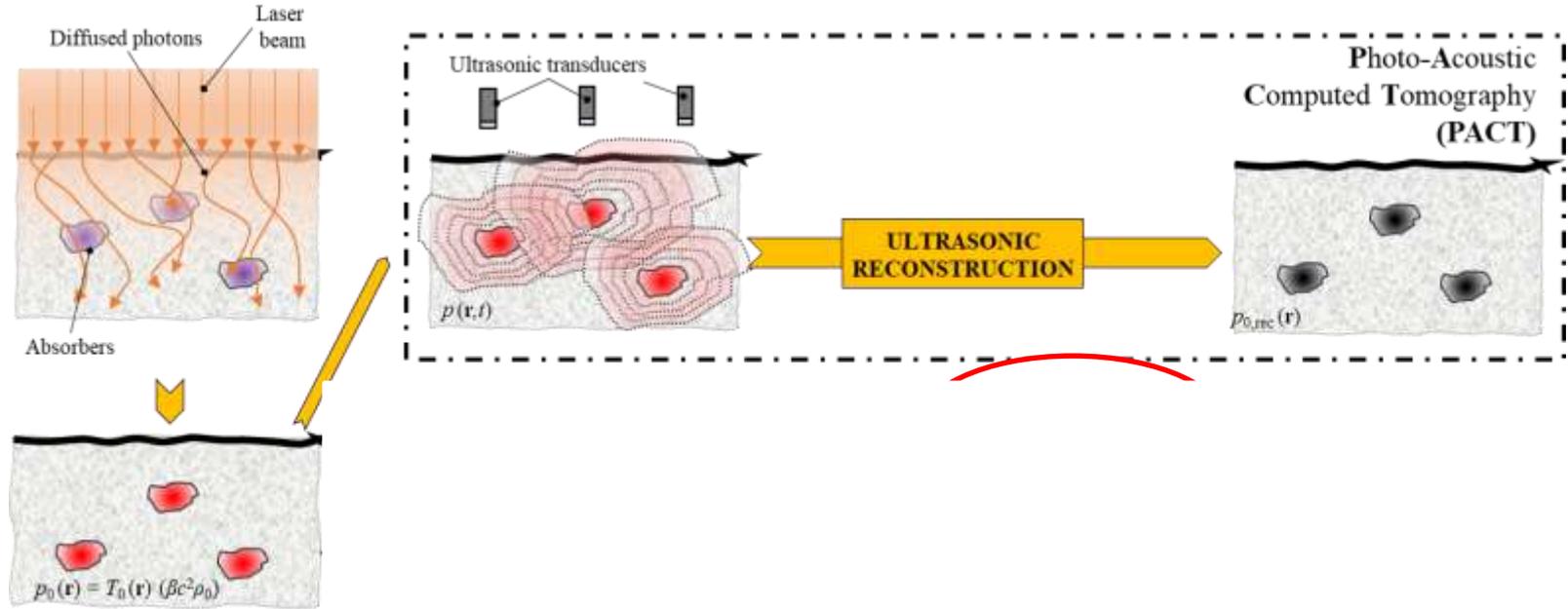
z ... Fehlertiefe

SNR ... Signal-zu-Rausch Verhältnis (in diesem Fall = 100)

Ortsauflösungen bei Stahl für ein SNR = 100
(25 mk Rauschen und 2.5 K Anfangstemperatur)

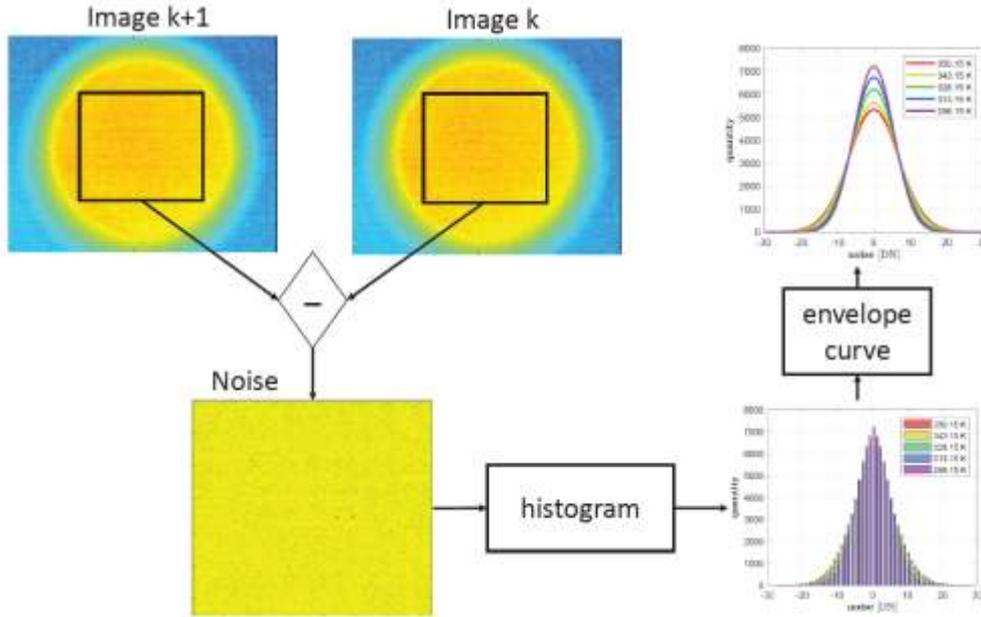
Propagation distance	Truncation frequency	Spatial resolution
z	$\omega_{\text{cut}} / (2\pi)$	$\delta_{\text{resolution}}$
1 mm	79.5 Hz	0.68 mm
3 mm	8.8 Hz	2.05 mm
5 mm	3.2 Hz	3.41 mm

VERBESSERUNG DER AUFLÖSUNG VIRTUELLES WELLENKONZEPT

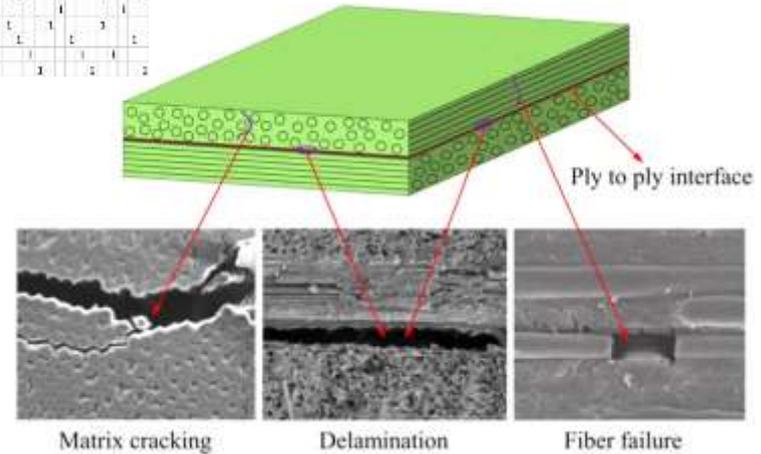


VERBESSERUNG DER AUFLÖSUNG WAS SIND VORABINFORMATIONEN?

I) Infrarot Kamera Rauschen



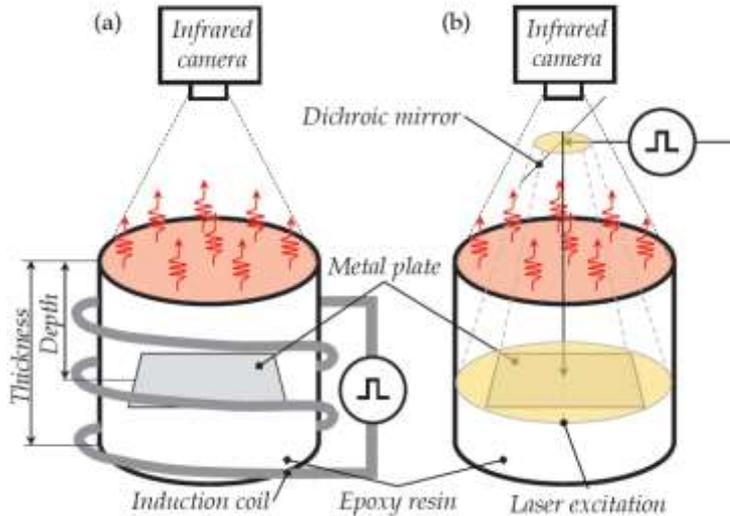
II) Dünn-besetzte Rekonstruktionsmatrix



III) Temperaturwerte nur positiv

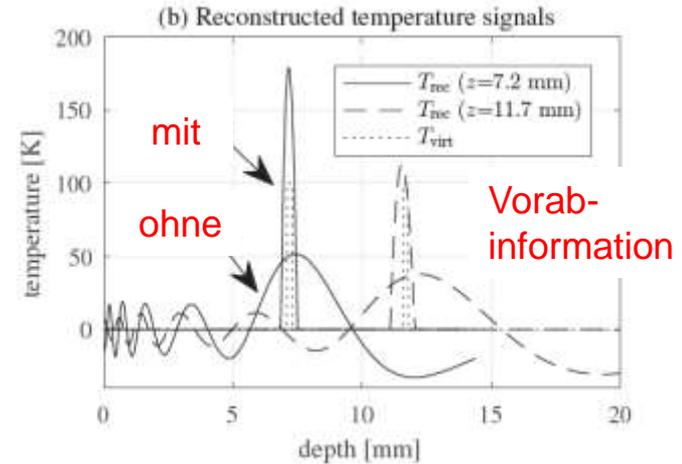
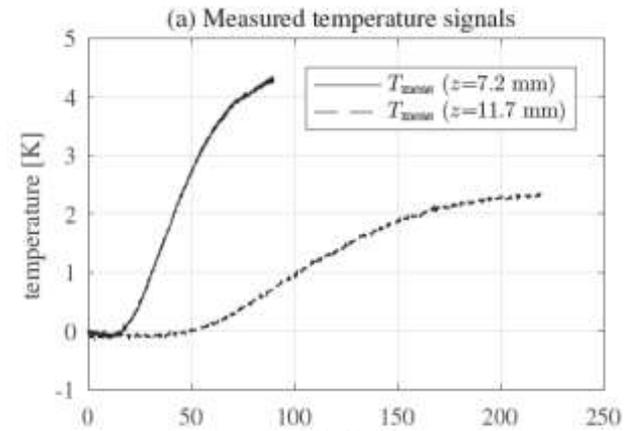
EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

Eindimensionales Thermographie-Experiment



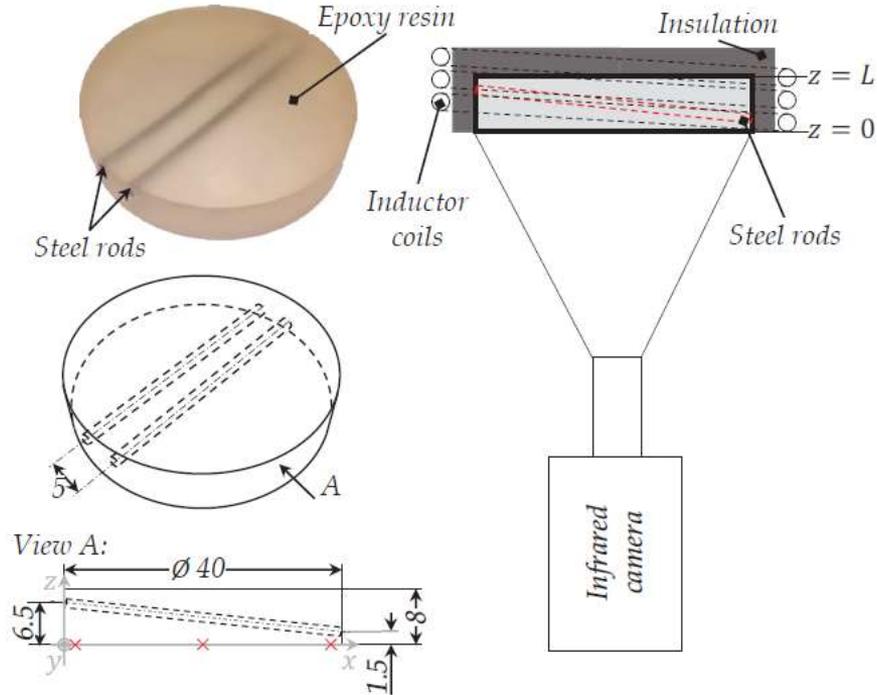
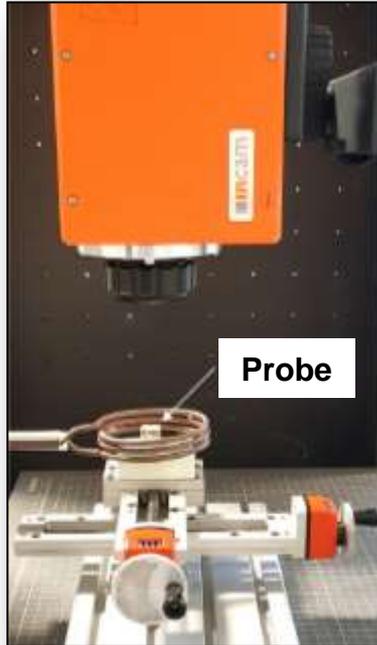
Thermographie
Messung

Auswertung:
Thermographische
Rekonstruktion mit
Vorabinformationen



EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

BESTIMMUNG DER AUFLÖSUNGSGRENZE

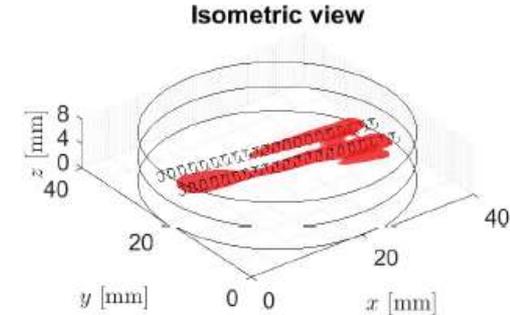
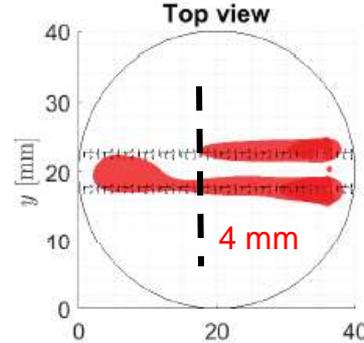
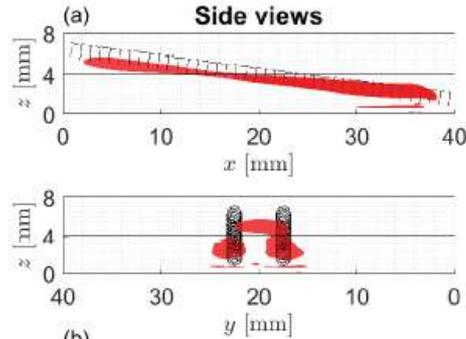


EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

VERBESSERUNG DER AUFLÖSUNG

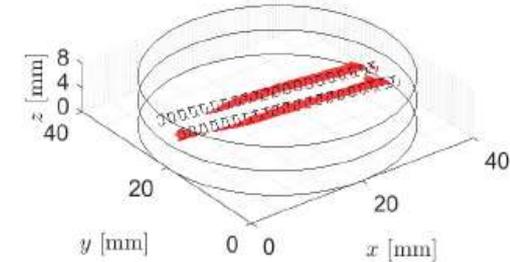
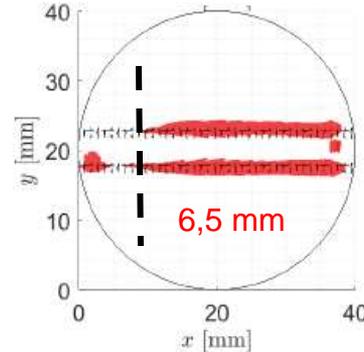
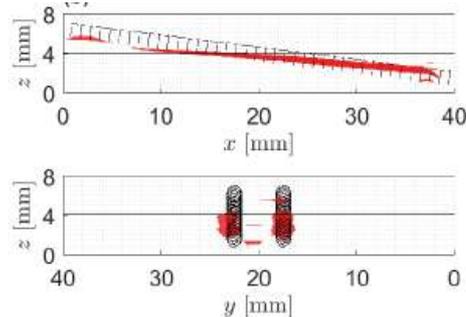
Vorabinformation:

- Rauschen
- **Nachweis:**
bis 4 mm

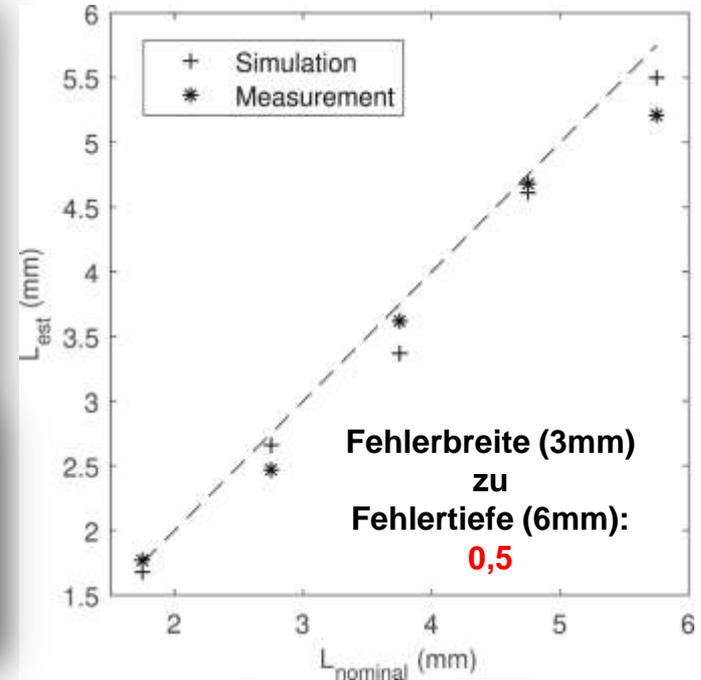
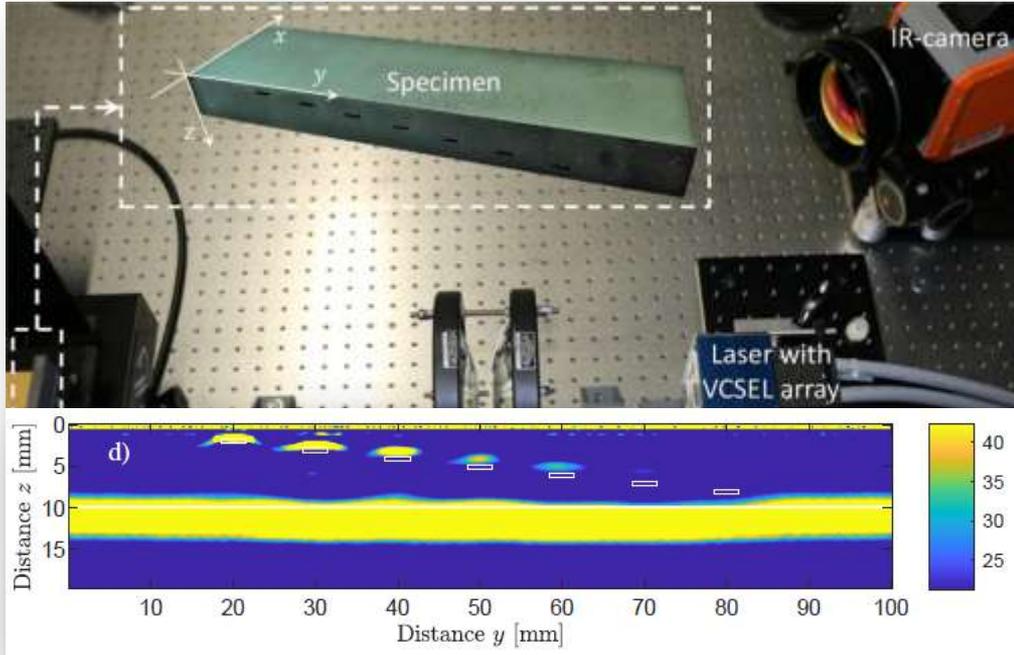


Vorabinformation:

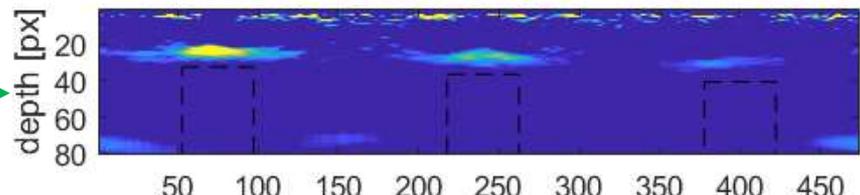
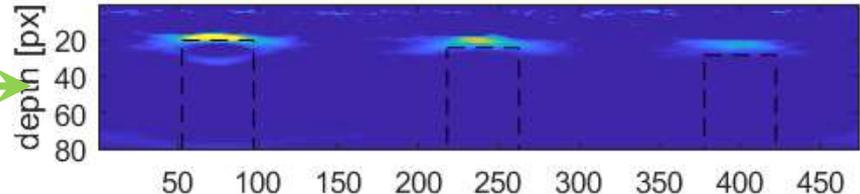
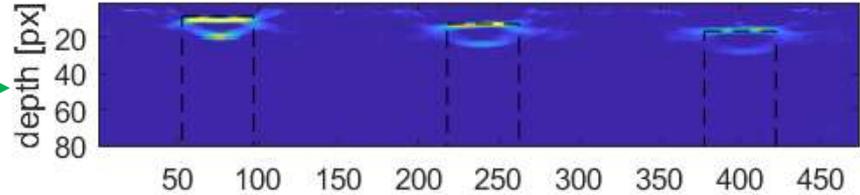
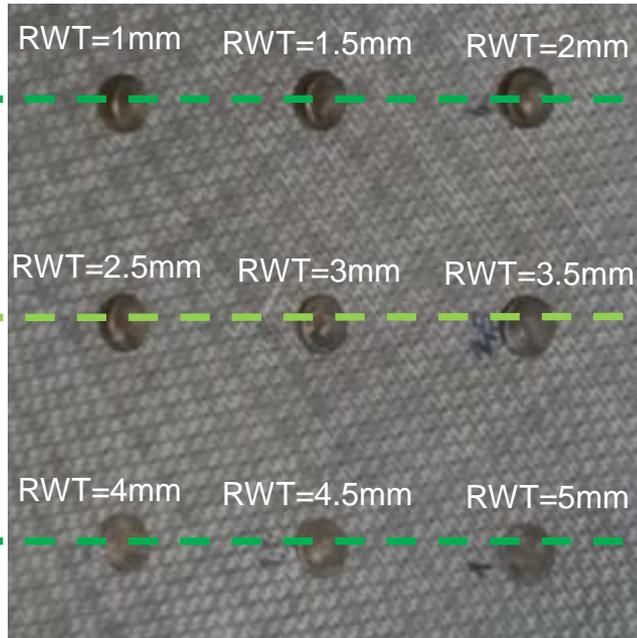
- Rauschen
- Dünn-besetzte Matrix
- Positive Temperatur
- **Nachweis:**
bis 6,5 mm



EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN AUFLÖSUNGSGRENZEN bei METALLEN



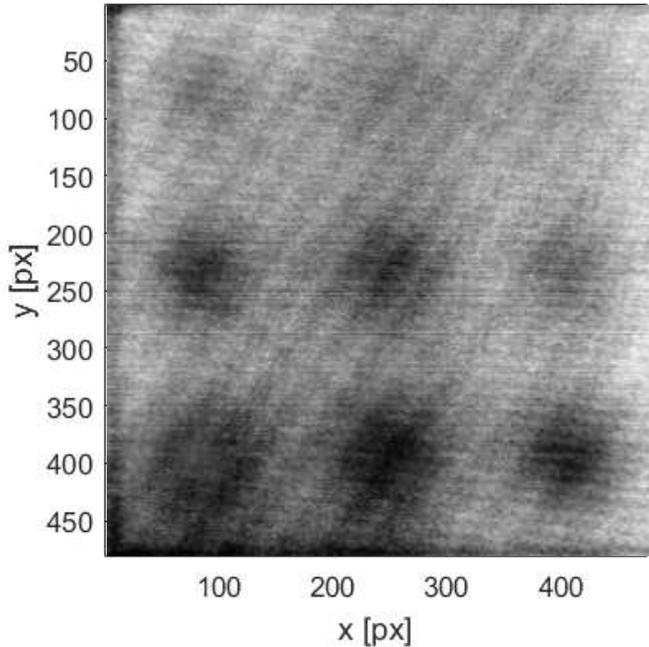
EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN AUFLÖSUNGSGRENZE BEI CFK



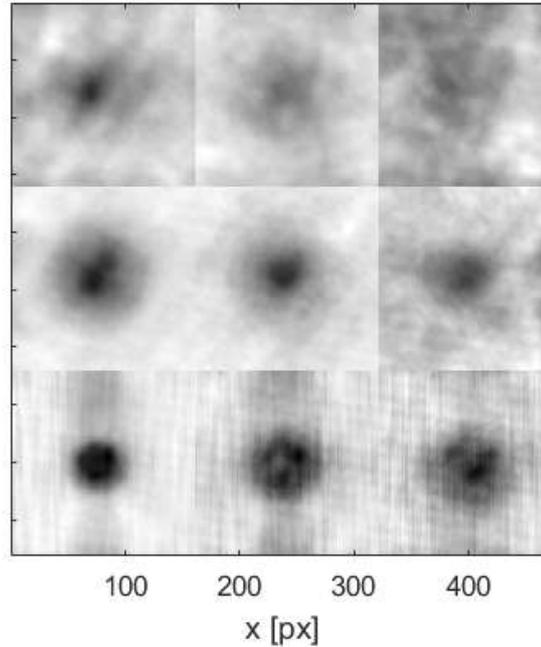
Remaining wall thickness...RWT
Diameter of FBHs = 11mm, Thickness=6 mm

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN AUFLÖSUNGSGRENZE BEI CFK

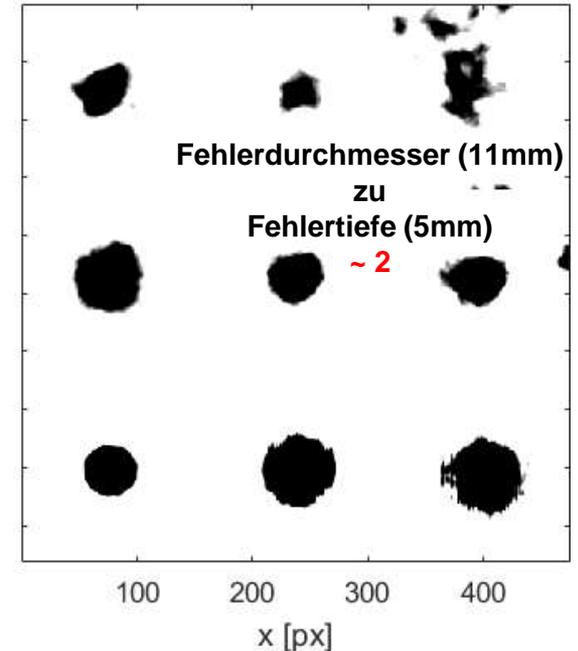
State of the Art



Virtuelles Wellenkonzept



VWC Binärbild



ZUSAMMENFASSUNG

- Die **Aktive Thermographie** unterliegt der Wärmediffusion und der einhergehenden Entropieproduktion → **oberflächennahe ZfP Methode**
- Verbesserung der Auflösung (Tiefenreichweite) durch die Berücksichtigung von **Vorwissen** über das Experiment und das Bauteil → **Erhöhung des Informationsgehaltes**
- Grenze bei **Metallen** für 2D Defekte: **Fehlerbreite zu –tiefe = 0,5**
- Grenze bei **CFK (Gewebe)**: **Fehlerdurchmesser zu –tiefe = 2**

AUSBLICK NEUE TECHNOLOGIEN

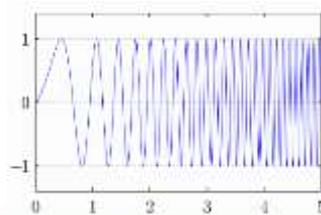
Thermal Wave Radar

Equipment:

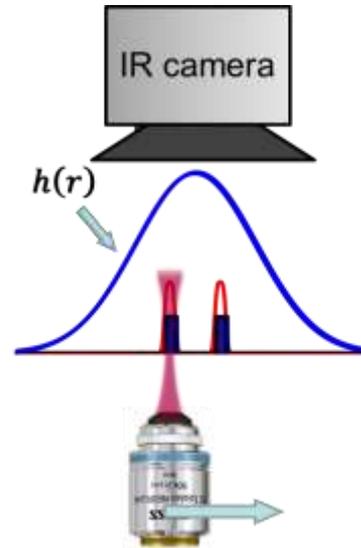
Flashlight Halogen lamp



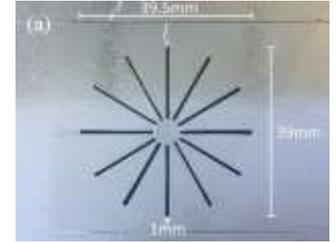
Excitation signal:



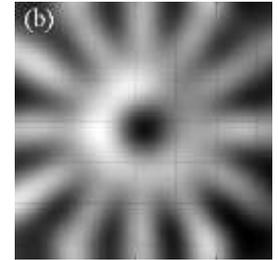
Super-Resolution Thermography



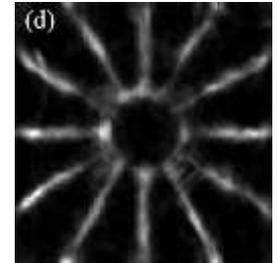
Phantom



State of the Art



Super
Resolution



DANKSAGUNG

facc

FH OBERÖSTERREICH UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES UPPER AUSTRIA

ENGEL

Head of Center: Dr. Günther Mayr
Duration: Jan. 2018 to Dec. 2022
Budget: € 2.000.000
Staff: 5 PhD students + 5 Master Students
Investments: High resolution IR detectors
Laser test system (250 W)

Ottronie
Wir bewegen innovativ

RECENDT
RESEARCH CENTER FOR INNOVATIVE TECHNOLOGIES

universität innsbruck AppliedMathematics

TU WIEN

JKU JOHANNES KEPLER UNIVERSITÄT LINZ

BAM

Research Group of Thermography & NDT
www.thermo-ndt.com

