



UNIVERSITY  
OF APPLIED SCIENCES  
UPPER AUSTRIA



Christian Doppler  
Forschungsgesellschaft



# Grenzen der Aktiven Thermographie

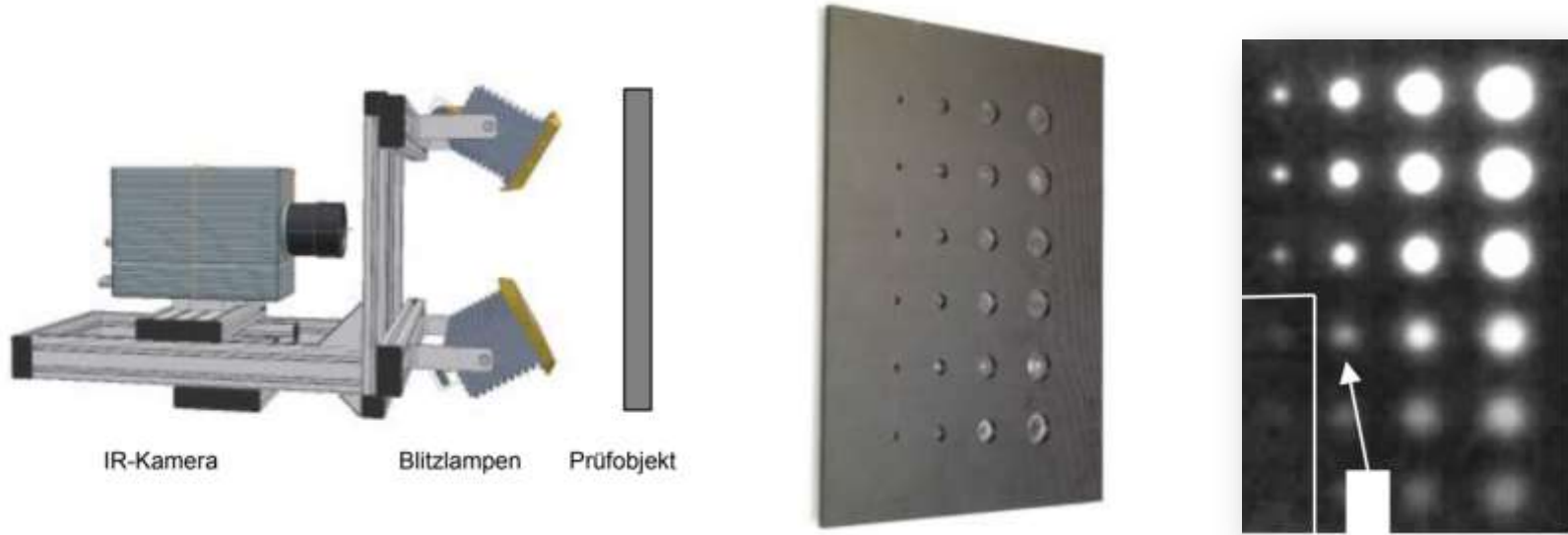
Dipl.-Ing.(FH) Dr.techn. Günther Mayr

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

HAGENBERG | LINZ | STEYR | WELS

# MOTIVATION

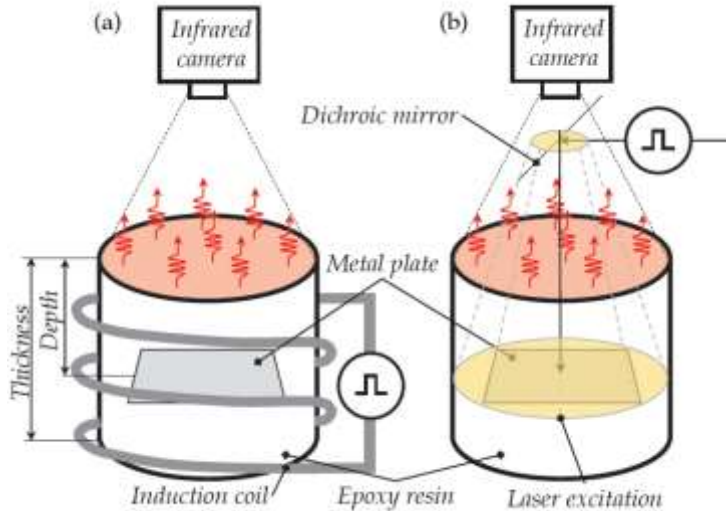
[NEUHAEUSLER:2003] S. Neuhäusler, G. Zenzinger, Optimierung der Impulsthermografie-Prüftechnik durch Laserscans und Blitzsequenzen, DGZfP-Berichtsband 86-CD, 2003.



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

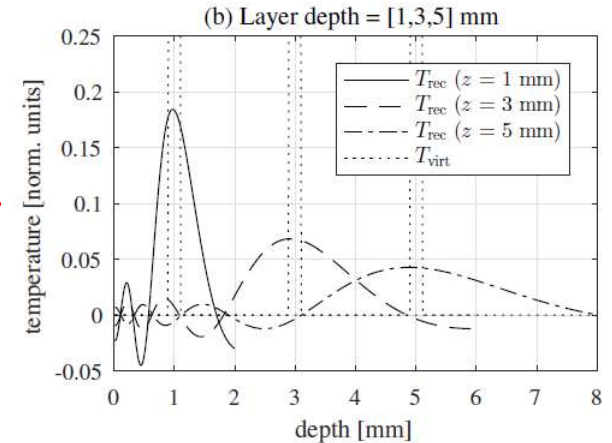
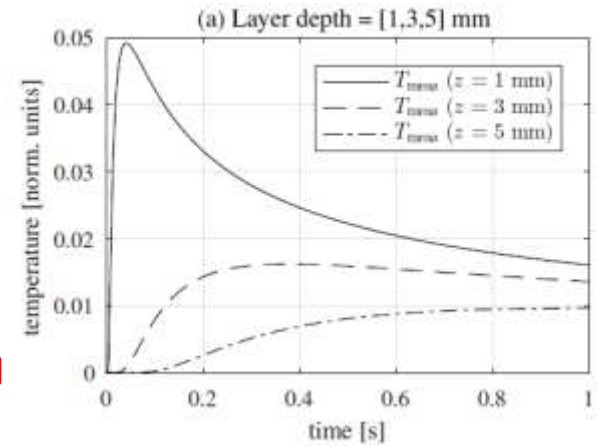
# THEORETISCHE BETRACHTUNGEN

## Eindimensionales Gedankenexperiment



Thermographie Simulation

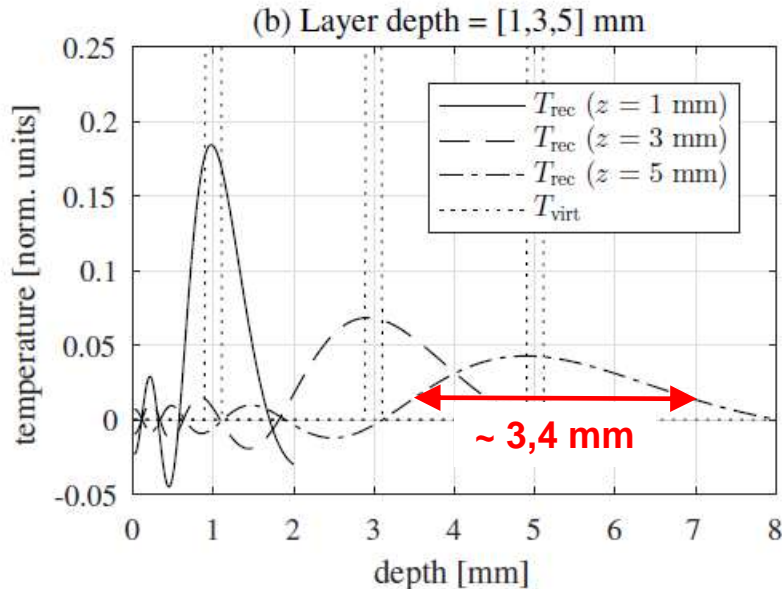
Auswertung:  
Thermographische  
Rekonstruktion  
(mit direkten  
Regularisierungsverfahren)



# THEORETISCHE BETRACHTUNGEN

## ORTSAUFLÖSUNG

Was bedeutet Auflösung in der Aktiven Thermographie



Berechnung der theoretischen Auflösung ( $\delta$ )

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

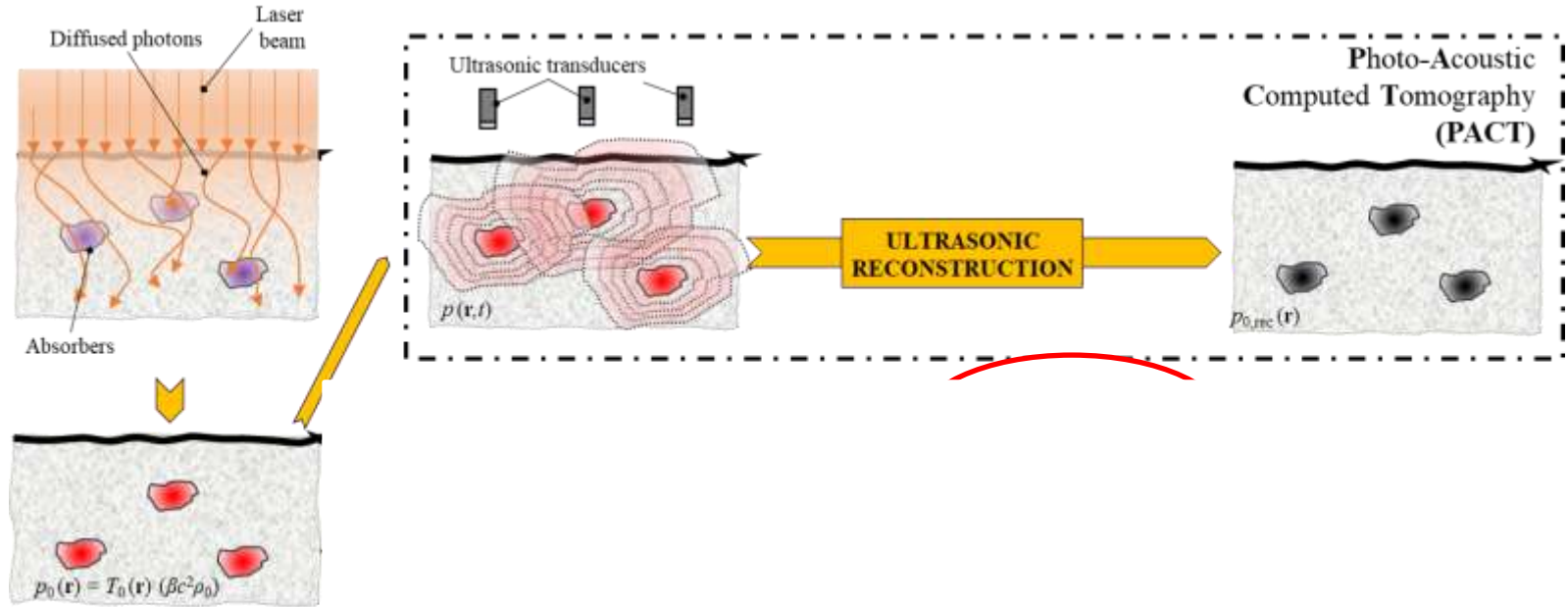
$z$  ... Fehlertiefe

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

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

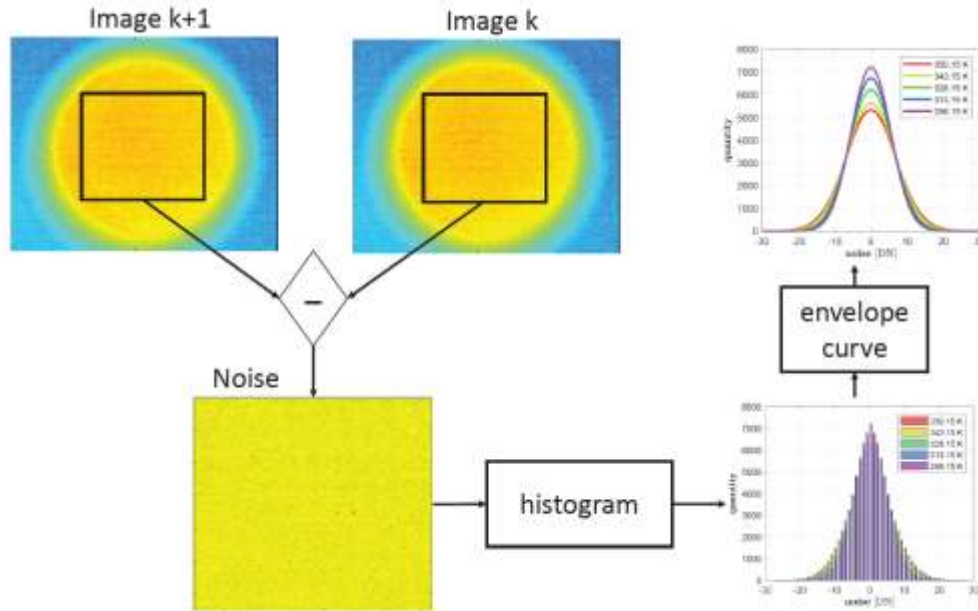
Propagation distance	Truncation frequency	Spatial resolution
$z$	$\omega_{\text{cut}} / (2\pi)$	$\delta_{\text{resolution}}$
1 mm	79.5 Hz	0.68 mm
3 mm	8.8 Hz	2.05 mm
5 mm	3.2 Hz	3.41 mm

# VERBESSERUNG DER AUFLÖSUNG VIRTUELLES WELLENKONZEPT

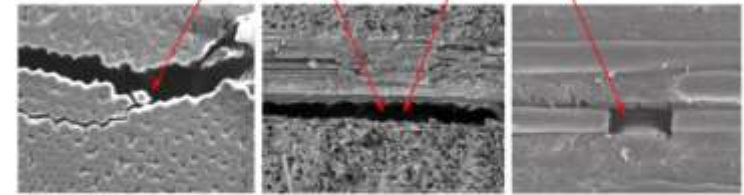
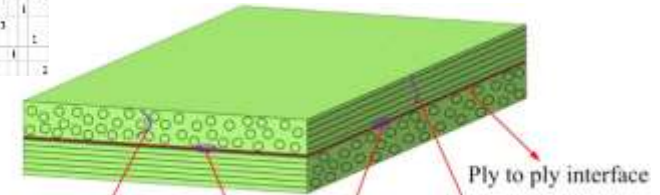


# VERBESSERUNG DER AUFLÖSUNG WAS SIND VORABINFORMATIONEN?

## I) Infrarot Kamera Rauschen



## II) Dünn-besetzte Rekonstruktionsmatrix

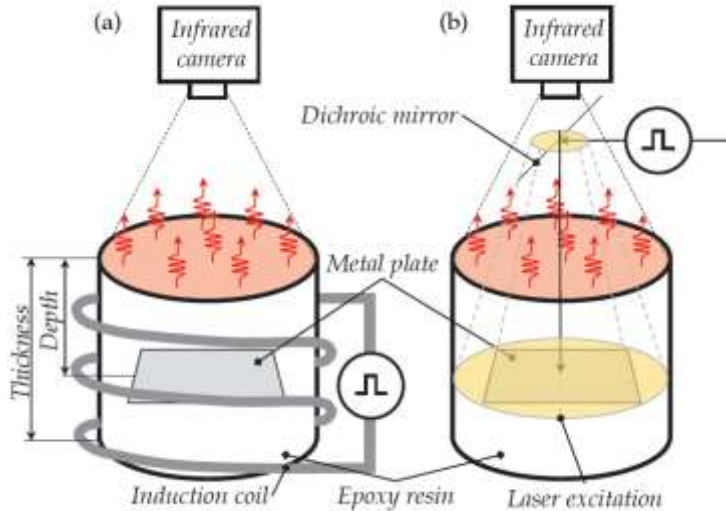


Matrix cracking      Delamination      Fiber failure

## III) Temperaturwerte nur positiv

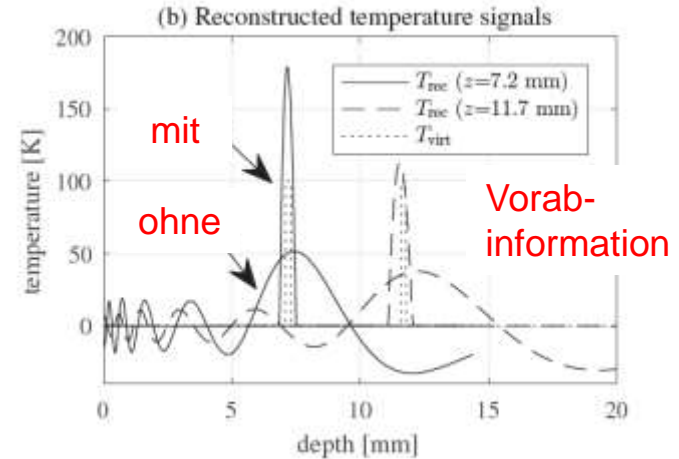
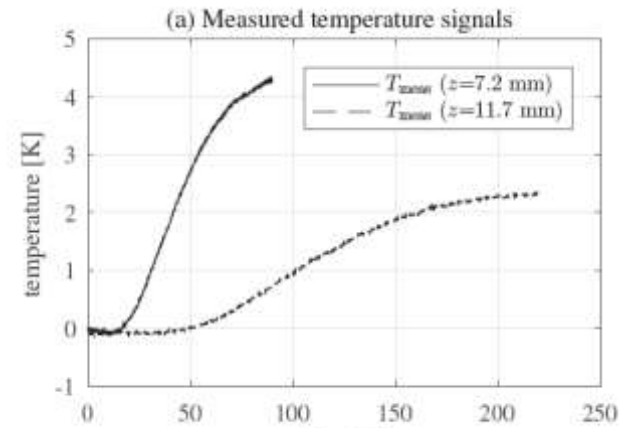
# EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

## Eindimensionales Thermographie-Experiment



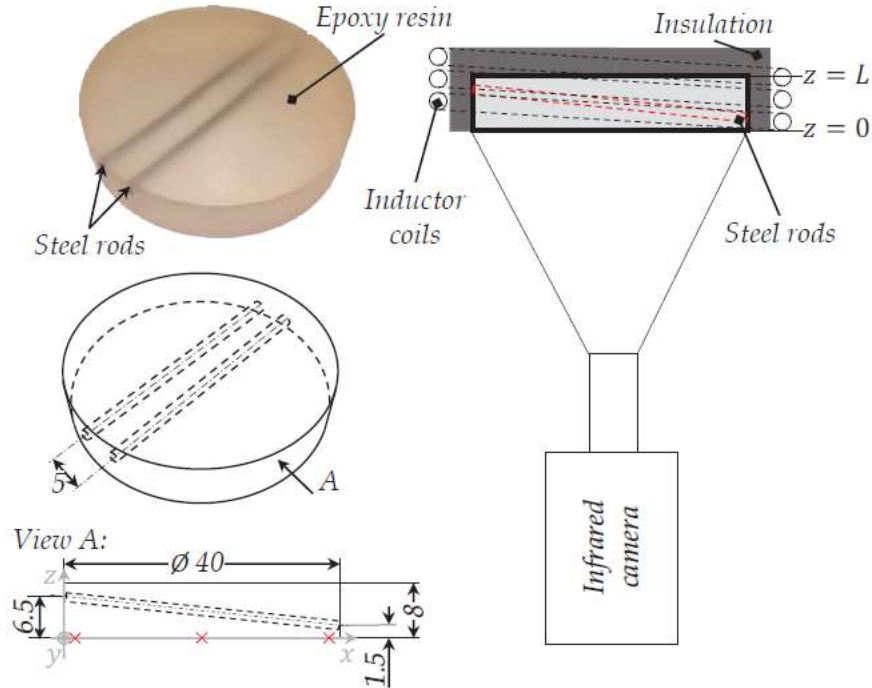
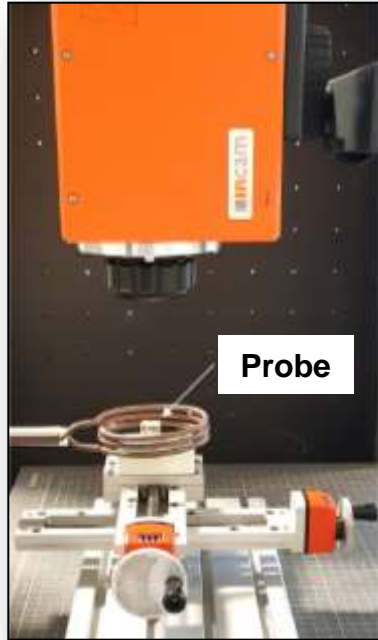
Thermographie  
Messung

Auswertung:  
Thermographische  
Rekonstruktion mit  
Vorabinformationen



# EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

## BESTIMMUNG DER AUFLÖSUNGSGRENZE



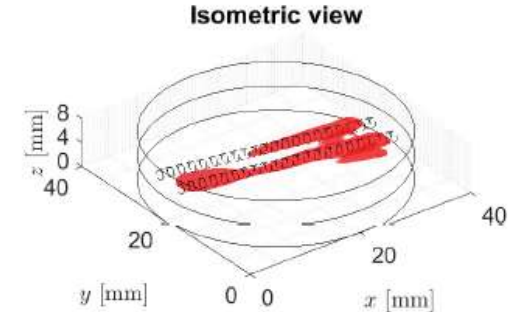
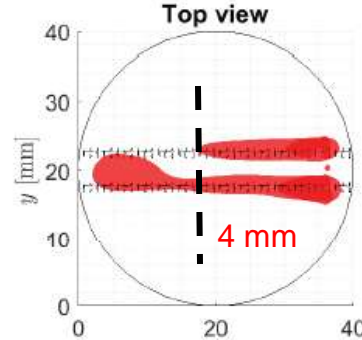
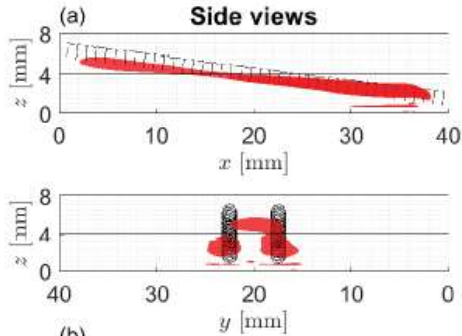


# EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

## VERBESSERUNG DER AUFLÖSUNG

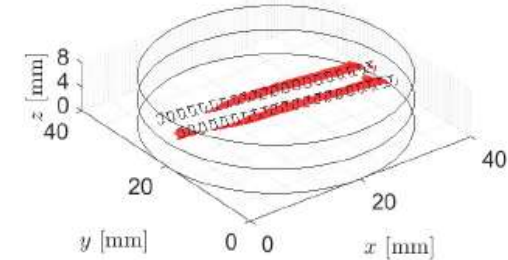
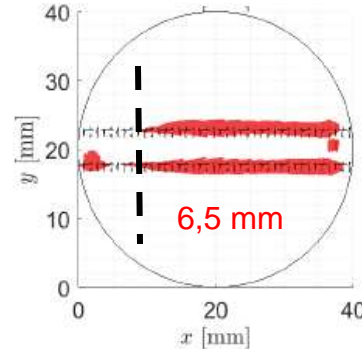
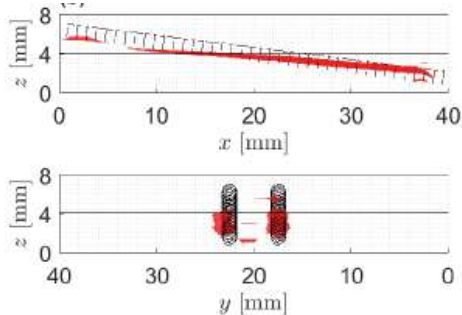
### Vorabinformation:

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

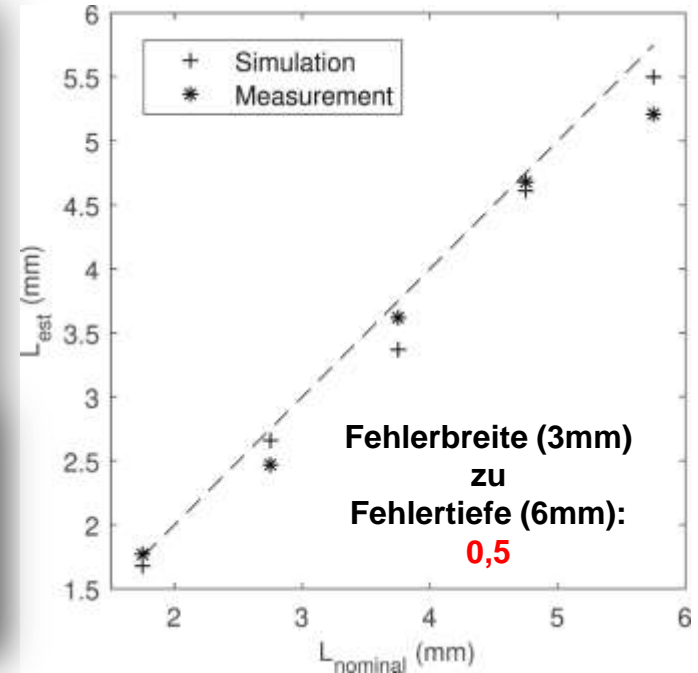
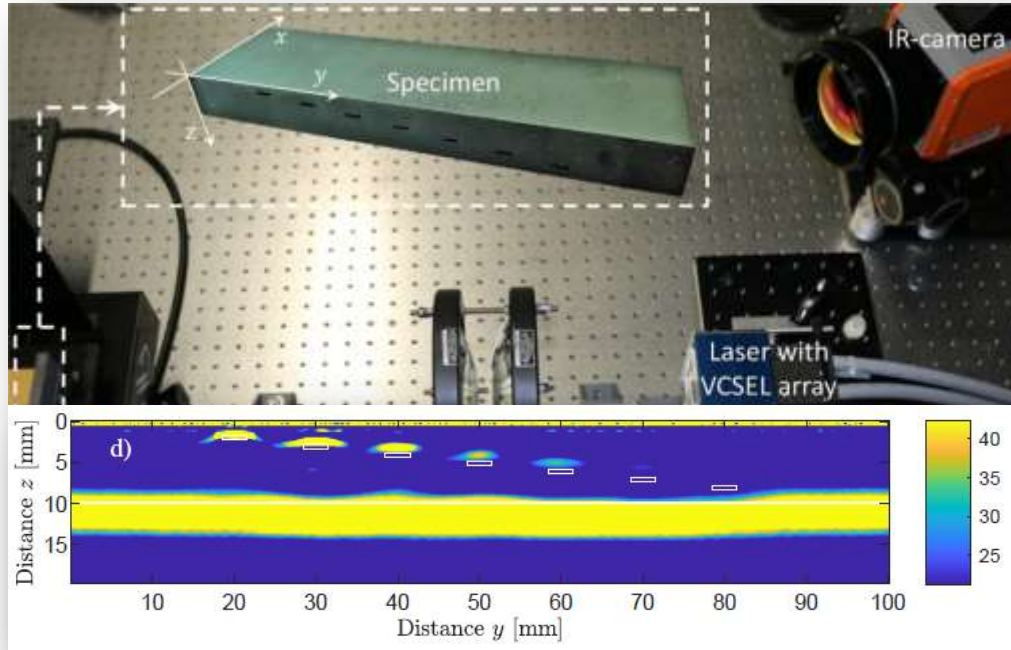


### Vorabinformation:

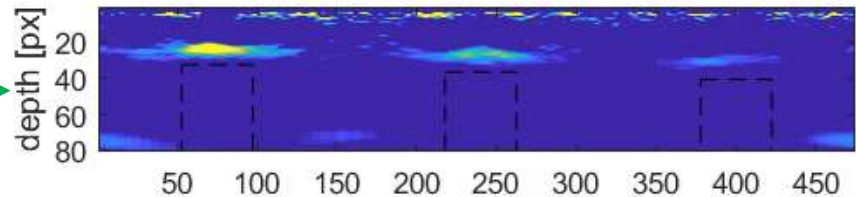
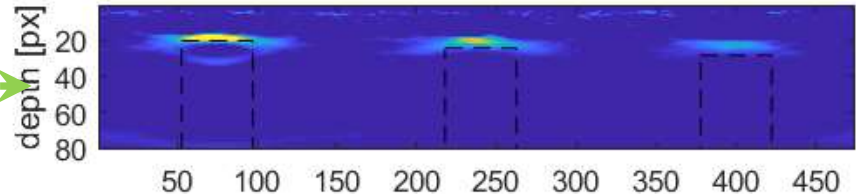
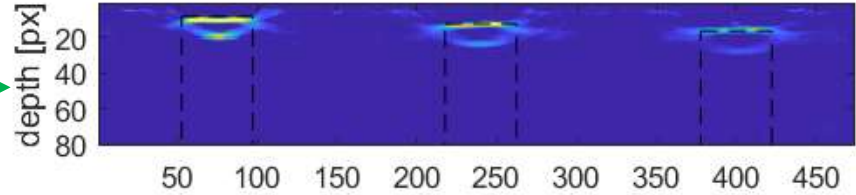
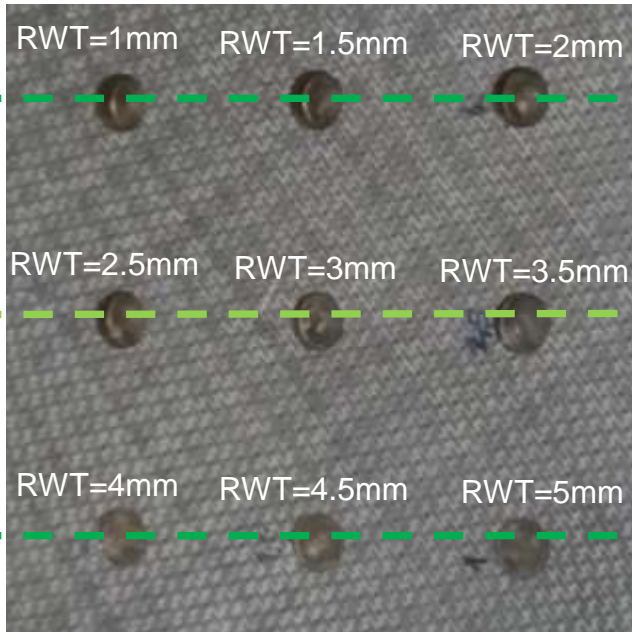
- Rauschen
- Dünn-besetzte Matrix
- Positive Temperatur
- **Nachweis:**  
bis 6,5 mm



# EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN AUFLÖSUNGSGRENZEN bei METALLEN



# EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN AUFLÖSUNGSGRENZE BEI CFK

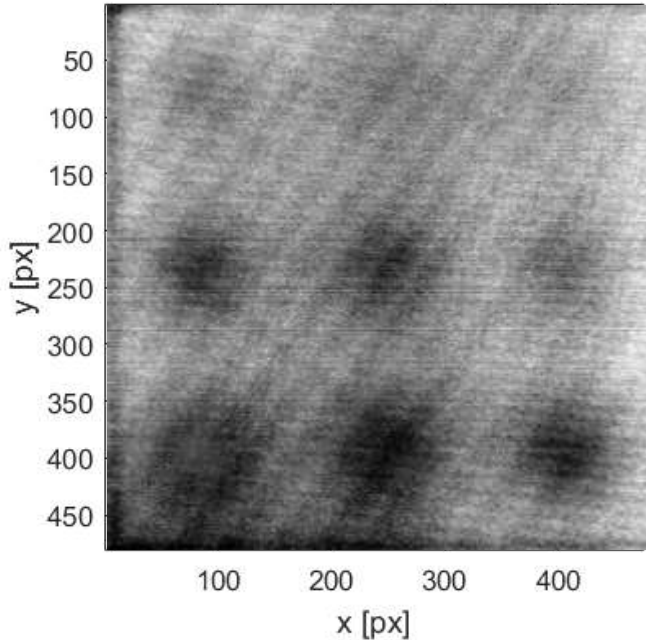


Remaining wall thickness...RWT  
Diameter of FBHs = 11mm, Thickness=6 mm

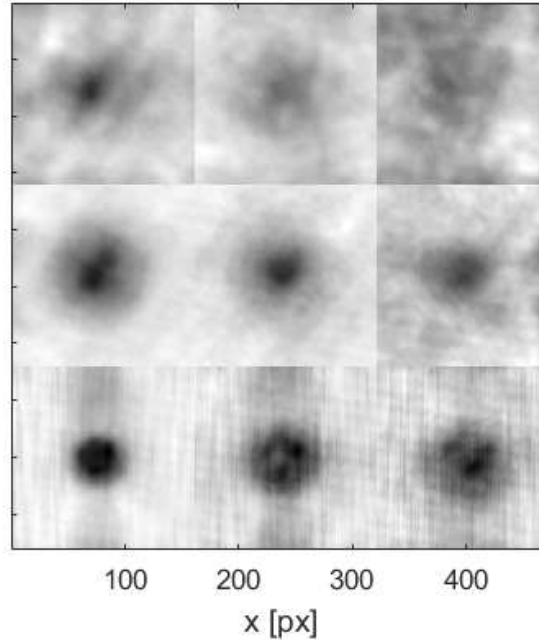
# EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

## AUFLÖSUNGSGRENZE BEI CFK

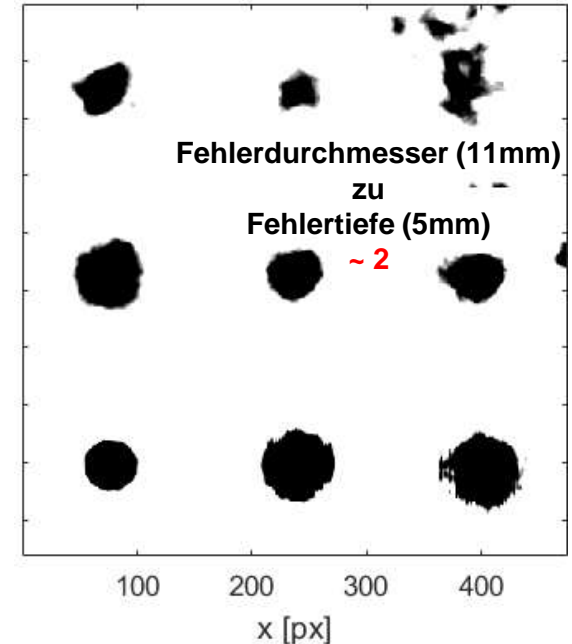
State of the Art



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

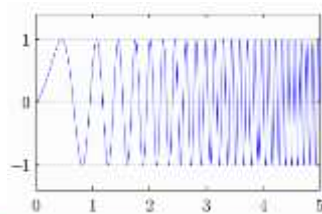
## Thermal Wave Radar

Equipment:

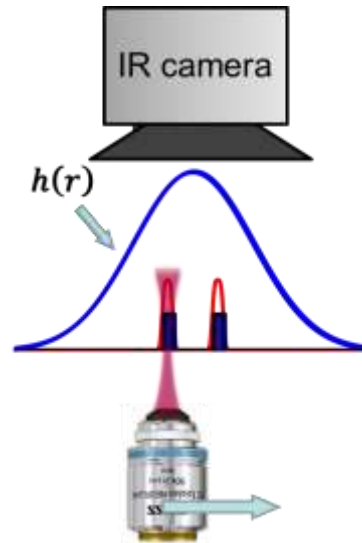
Flashlight      Halogen lamp



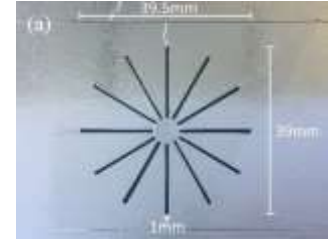
Excitation signal:



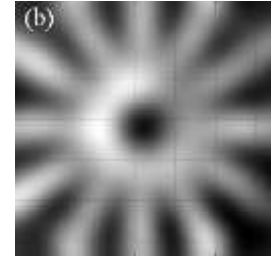
## Super-Resolution Thermography



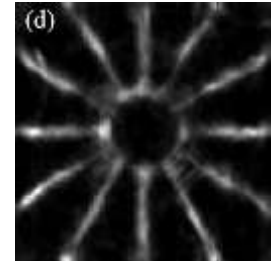
Phantom



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](http://www.thermo-ndt.com)

