

# Bestimmung von oberflächennahen Spannungszuständen in randzonenverfestigten Triebwerkswerkstoffen mittels Rayleigh- Wellen

Sebastian HUBEL \*, Alexander DILLHÖFER \*, Hans RIEDER \*, Martin SPIES \*,  
Joachim BAMBERG \*\*, Joshua GÖTZ \*\*, Roland HESSERT \*\*, Simon LOOSEN \*\*

\* Fraunhofer Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM,  
Abteilung Bildverarbeitung, Kaiserslautern

\*\* MTU Aero Engines AG – Zerstörungsfreie Prüfverfahren, München

## Kurzfassung

Ein entscheidender Faktor hinsichtlich der Lebensdauer von hochbeanspruchten Bauteilen, wie Komponenten von Flugzeugtriebwerken, ist die Oberflächenbeschaffenheit. Durch den Einsatz von Verfestigungsverfahren wie Kugelstrahlen werden die Randzonen der Bauteile plastisch verformt, wodurch unter anderem oberflächennahe Spannungszustände eingebracht werden. Die zerstörungsfreie Ermittlung des induzierten Spannungsprofils stellt aufgrund von teilweise konkurrierenden Gefügeeigenschaften eine anspruchsvolle Aufgabe dar. In vorangegangenen Untersuchungen wurde der Einsatz von Rayleigh-Wellen zur Bestimmung des oberflächennahen Spannungsprofils an den Werkstoffen IN718 und Ti6246 als vielversprechend bewertet. Ziel der weiterführenden Betrachtungen war es daher, die Einflüsse von Textur und Spannung auf das Ausbreitungsverhalten der Rayleigh-Welle genauer zu evaluieren und zu separieren. An unterschiedlich verfestigten Oberflächen von Testkörpern aus Nickel- und Titan-Legierungen wurden mit einem breitbandigen Ultraschallgoniometer und einer 4-Punkt-Biegevorrichtung ausführliche experimentelle Untersuchungen durchgeführt. In unserem Beitrag stellen wir verschiedene experimentelle Setups zur Evaluierung von Spannungs- und Textureinflüssen auf das Ausbreitungsverhalten der Rayleigh-Welle vor und berichten über aktuelle Ergebnisse.



# Bestimmung von oberflächennahen Spannungszuständen in randzonenverfestigten Triebwerkswerkstoffen mittels Oberflächenwellen

Sebastian Hubel, Alexander Dillhöfer, Hans Rieder, Martin Spies

Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik, Abteilung Bildverarbeitung, 67663 Kaiserslautern, www.itwm.fraunhofer.de

Joachim Bamberg, Joshua Götz, Roland Hessert, Simon Loosen

MTU Aero Engines AG - Zerstörungsfreie Prüfverfahren, Dachauerstrasse 665, 80995 München

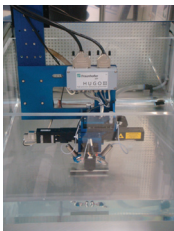
## Motivation

- Hochbeanspruchte, funktions- bzw. sicherheitsrelevante Bauteile müssen hohe Effizianz Anforderungen erfüllen (Gewichtseinsparung bei gleichzeitiger Sicherung der mechanischen Belastbarkeit)
- Einsatz von modernsten Fertigungsverfahren  
→ Notwendigkeit der zerstörungsfreien Prüfung zur Gewährleistung der Bauteileigenschaften

## Herausforderungen

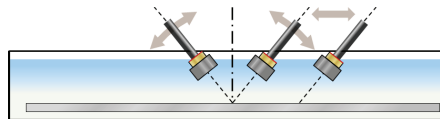
- Geringer Messeffekt (relative Änderung im %-Bereich)  
→ Hohe Anforderung an das Auflösungsvermögen des Messsystems
- Teils konkurrierende Gefügeeekte in derselben Größenordnung  
→ Separation der Einflussgrößen notwendig

## Hochauflösendes Ultraschallgoniometer



- 3-Achsen-Manipulator
- Breitbandige Tauchtechnik-Prüfköpfe
- Software zur Steuerung der Hardware, Datenaufnahme, Auswertung

Variation des Einschallwinkels (Winkelscan) sowie des Ultraschallaufwegs im Material (Achscan)  
→ hohe Variabilität in einem Messinstrument

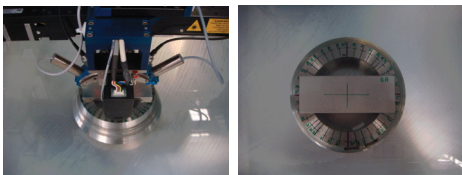


Mess- und Auswerteverfahren

- Winkelscan → Auswertung der Reflexionsspektren
- Achscan → Auswertung der Phasendifferenzen an verschiedenen Messpunkten

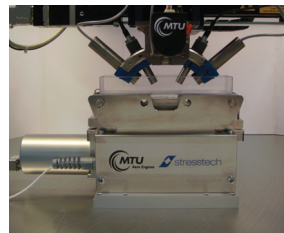
## Experimentelle Ansätze zur Ermittlung von Spannungs- und Gefügeeekten

Polarscan (Rayleigh-Welle)



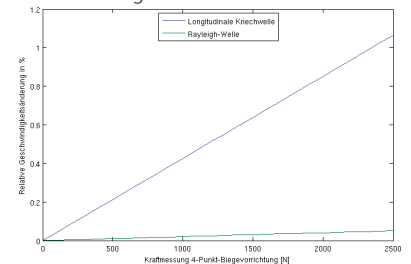
Ermittlung der texturbedingten Änderung der Ultraschallgeschwindigkeit (360°-Scan)

4-Punkt-Biegevorrichtung (Rayleigh-Welle)



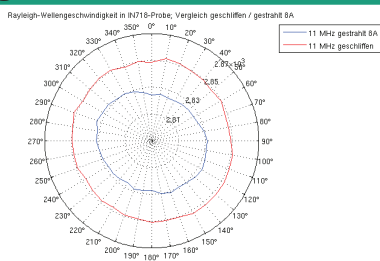
Trennung von Spannungs- und Gefügeeekten zur Bestimmung der akustoelastischen Konstanten

Longitudinale Kriechwelle

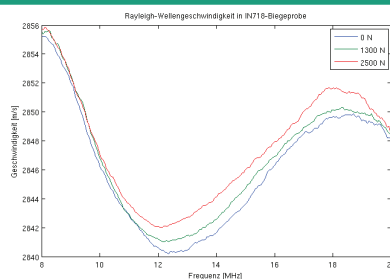


Darstellung der Spannungssensitivität der Kriechwelle im Vergleich zur Rayleigh-Welle

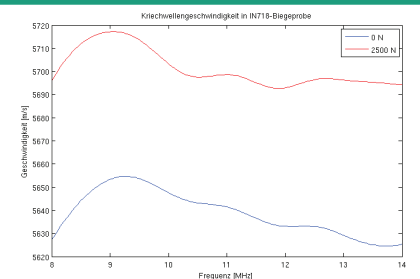
## Ergebnisse



Leichter Textureffekt an kugelgestrahlter Oberfläche (elliptische Geschwindigkeitsverteilung)



Geschwindigkeitsdifferenzen durch Spannungseinfluss im Bereich 0,15 % - 0,5 %



Geschwindigkeitsdifferenzen durch Spannungseinfluss im %-Bereich

## Zusammenfassung

- Variable Möglichkeiten zur Untersuchung und Charakterisierung von randzonenverfestigten Werkstoffen im Labor
- Abhängig von Material und Herstellungsprozess müssen verschiedene Gefügeeekte betrachtet werden
- Für quantitative Aussagen zum Spannungszustand bedarf es einer Weiterentwicklung der Auswertalgorithmen und einer Kombination der Verfahren.

Wir lösen auch ihre Fragestellungen.  
Kontaktieren Sie uns bitte unter:  
zfp@itwm.fraunhofer.de

