

GIUM – ein unkonventionelles Verfahren der Mikrostrukturabbildung mit Ultraschallanregung und laservibrometrischer Abtastung

Bernd KÖHLER *, Martin BARTH *, Maik Müller**, Frank SCHUBERT *

* Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP,
Institutsteil Dresden (IZFP-D)

** Technische Universität Dresden

Kurzfassung

Das Gefüge von Metalloberflächen wird üblicherweise durch Polieren und Ätzen sichtbar gemacht. Dabei wird die Oberfläche verändert. Allerdings lassen sich an manchen Metallen oder Legierungen nur schwer kontrastreiche Metallografien anfertigen. Auch hängt die Qualität der Aufnahmen von der Einhaltung von Rezepten ab und ist schwer zu kontrollieren. Dies trifft insbesondere für die mobile Metallografie zu, die an großen Bauteilen einzusetzen ist. Das hier vorgestellte Verfahren der Abbildung der Kornstruktur mittels vibrometrischer Abtastung von streifenden Ultraschallwellen kommt ohne chemische Bearbeitung der Oberfläche aus und ist auch für große Bauteile einsetzbar. Das neue Verfahren wird am Beispiel einer austenitischen Schweißnaht demonstriert. Der Vergleich mit EBSD-Aufnahmen (EBSD: *electron backscatter diffraction*) derselben Probe bestätigt die Interpretation der gewonnenen Bilder.

Danksagung: Die dargestellten Arbeiten wurden zum Teil mit Mitteln des BMWi unter dem Förderkennzeichen GRS 1501384 unterstützt, wofür an dieser Stelle herzlich gedankt wird.

GIUM - ein
unkonventionelles
Verfahren der
Mikrostrukturabbildung mit
Ultraschallanregung und
laservibrometrischer
Abtastung

Bernd Köhler*,
Martin Barth*,
Maik Müller**,
Frank Schubert*

* Fraunhofer IZFP-D
** TU Dresden

Bernd.Koehler
@izfp-d.fraunhofer.de
www.izfp-d.fraunhofer.de

12. 11. 2013 Berlin



GIUM - ein ... Verfahren der Mikrostrukturabbildung mit LDV

Gliederung

1. **Motivation:** Ultraschallprüfung von austenitischen und Mischnähten
2. Erfassung und **Visualisierung** der **Ultraschallausbreitung** mittels LDV
3. Verbesserung der SLDV durch **intelligentes Mitteln**
4. Lokale Information aus Kriechwellen (SSLW) gewinnen;
die Ultraschallmikroskopie mit streifenden Einfall
(**Grazing Incidence Ultrasound Microscopy – GIUM**)
5. **Stabilität der Ergebnisse** GIUM für verschiedenen Einfallsrichtungen
6. **Vergleich** mit EBSD-Referenzmessungen
7. Vorläufige Erklärung des Kontrastes
8. **Zusammenfassung**



Angewandte Mikroelektronik und
Nanotechnologie für zerstörungs-
freie Prüfverfahren, Medizin-
technik und Sicherheitstechnik.

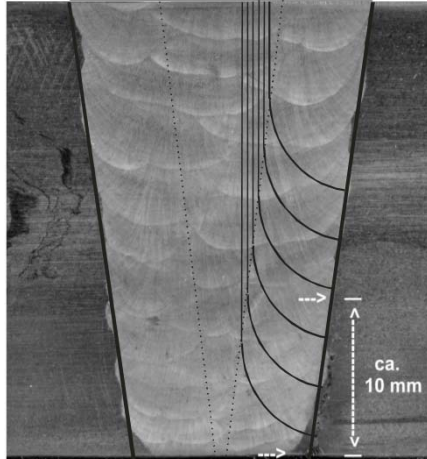
 **Fraunhofer**
IZFP

Motivation: Ultraschall-Prüfung von austenitischen SN

austenitische SN in einer dickwandigen Komponente

Die Dendriten wachsen durch die Schweißraupen

Die Dendriten sind elastisch anisotrop, ihre Orientierung beeinflusst die Schallausbreitung



Angewandte Mikroelektronik und Nanotechnologie für zerstörungsfreie Prüfverfahren, Medizintechnik und Sicherheitstechnik.

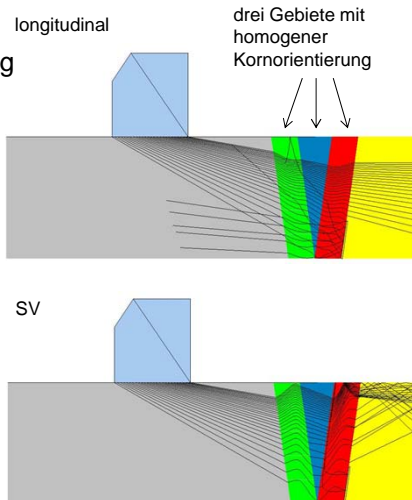


Motivation: Ultraschall-Prüfung von austenitischen SN

Austenitische SN

Modellierung der Wellenausbreitung mittels Ray-Tracing, Einfallswinkel 70°

V. Schmitz, et al.



→ Projekt „Prüfgerechtes Schweißen“
S. Wagner Mo 2.B.4
F. Schubert P49



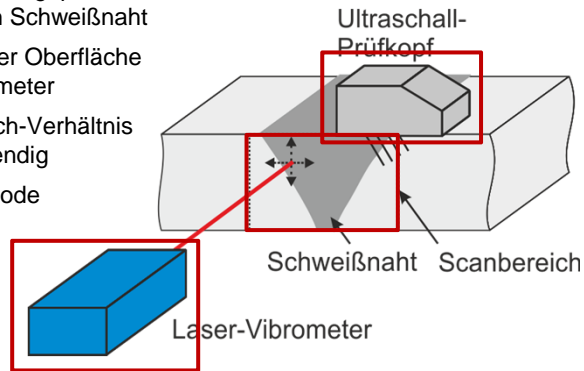
Angewandte Mikroelektronik und Nanotechnologie für zerstörungsfreie Prüfverfahren, Medizintechnik und Sicherheitstechnik.



Visualisierung der Wellenausbreitung mittels LDV

- Testkörper mit Laser-reflektierender Oberfläche an der Schnittfläche
- Ultraschall-Prüfkopf sendet gepulste Longitudinalwellen durch Schweißnaht
- Punktweise Abtastung der Oberfläche mit Laser-Doppler-Vibrometer
- Schlechtes Signal-Rausch-Verhältnis → Signalmittelung notwendig
- Schnelle Mittelungsmethode für kürzere Messzeit entwickelt

austenitische Schweißnaht

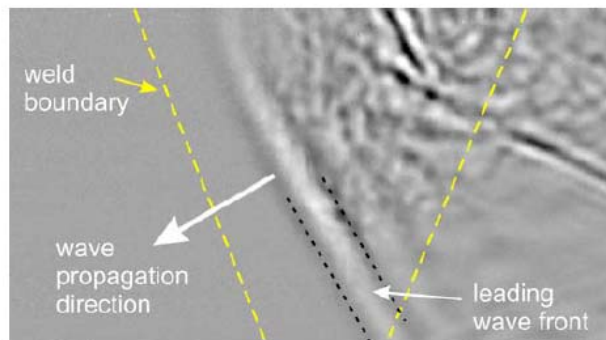


Angewandte Mikroelektronik und Nanotechnologie für zerstörungsfreie Prüfverfahren, Medizintechnik und Sicherheitstechnik.



Visualisierung der Wellenausbreitung mittels LDV

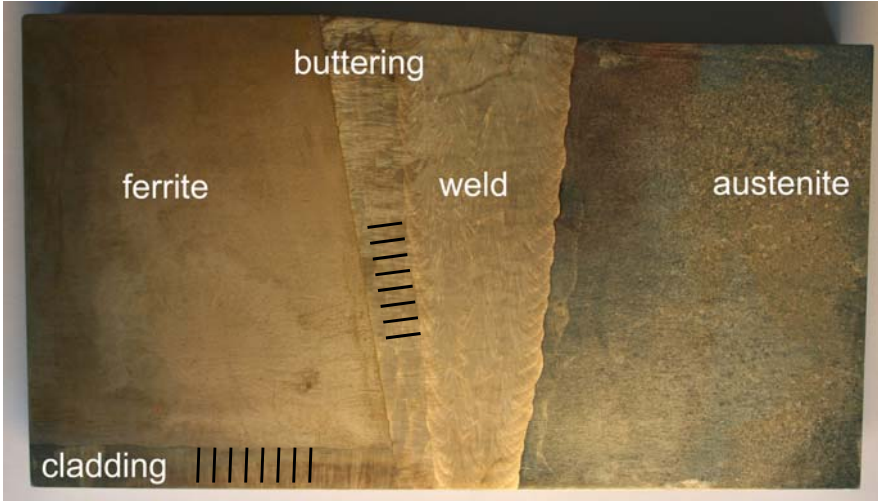
austenitische Schweißnaht



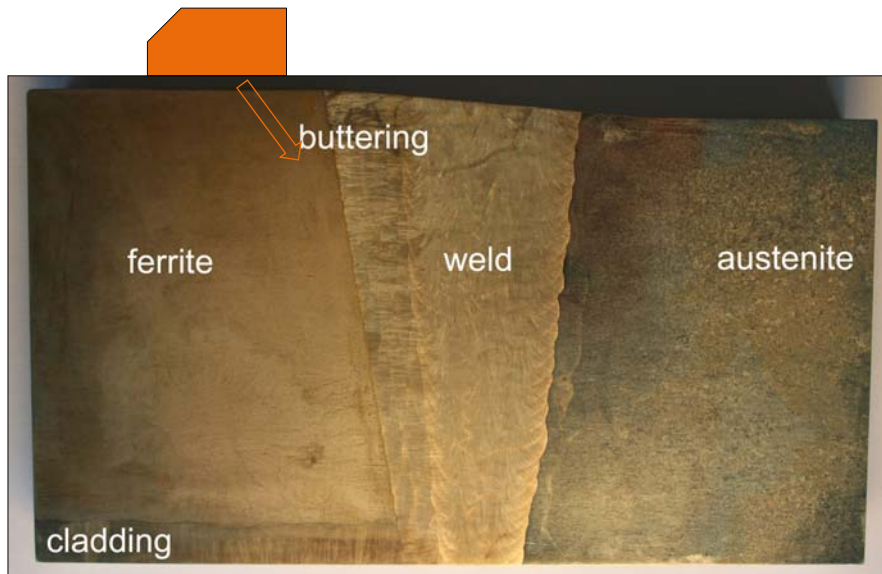
Angewandte Mikroelektronik und Nanotechnologie für zerstörungsfreie Prüfverfahren, Medizintechnik und Sicherheitstechnik.



Verbesserung der LDV durch intelligentes Mitteln



Angewandte Mikroelektronik und Nanotechnologie für zerstörungsfreie Prüfverfahren, Medizintechnik und Sicherheitstechnik.

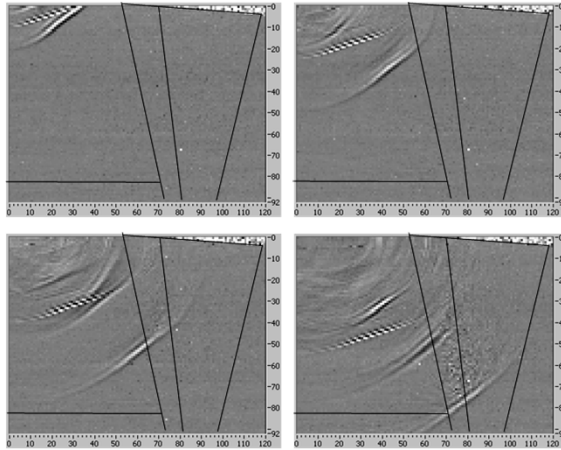


Verbesserung der LDV durch intelligentes Mitteln

45° longitudinal Welle
f = 2 MHz

intelligentes Mitteln:

- Mittelung 4000 x
- Auflösung 1 mm



Schwache WW der I-Welle mit der SN



Angewandte Mikroelektronik und Nanotechnologie für zerstörungsfreie Prüfverfahren, Medizintechnik und Sicherheitstechnik.



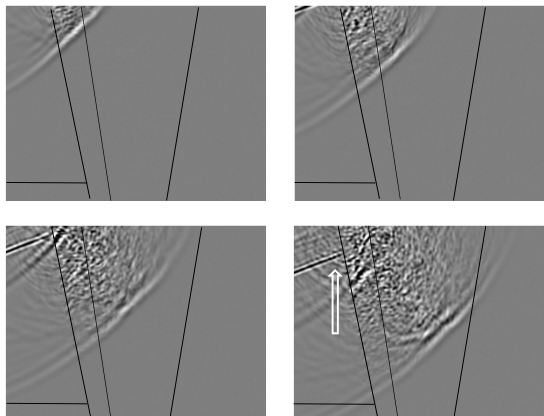
Verbesserung der LDV durch intelligentes Mitteln

45° longitudinal Welle
f = 2 MHz

intelligentes Mitteln:

- Mittelung 10000 x
- Auflösung 0,2 mm

Besseres S/N Verhältnis
höhere Auflösung



Schwache WW der I-Welle mit der SN

Starke Streuung der Transversalwelle

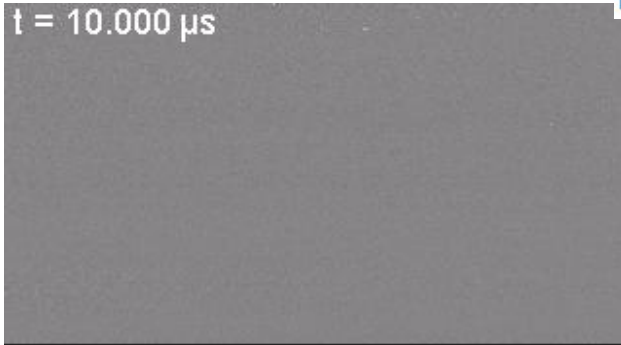
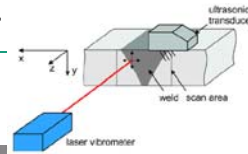


Angewandte Mikroelektronik und Nanotechnologie für zerstörungsfreie Prüfverfahren, Medizintechnik und Sicherheitstechnik.



GIUM – eine Nahfeldmethode zur Abbildung der Mikrostruktur ..

Grazing Incidence Ultrasonic Microscopy -



Die Welle enthält lokale Information,
Wie ist diese extrahierbar?



Angewandte Mikroelektronik und Nanotechnologie für zerstörungsfreie Prüfverfahren, Medizintechnik und Sicherheitstechnik.

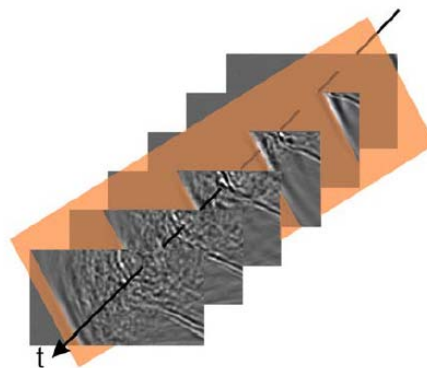
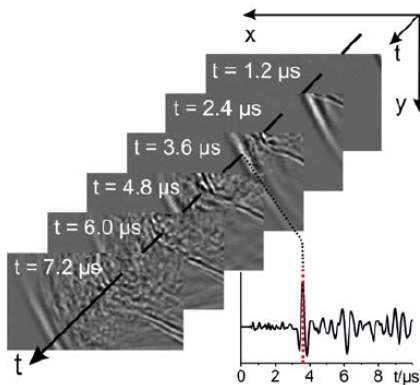


GIUM – eine Nahfeldmethode zur Abbildung der Mikrostruktur ..

Grazing Incidence Ultrasonic Microscopy - GIUM

Methode 1:
Bestimme für jeden (x-y) Pixel den Wert des ersten „echten“ Maximums und trage ihn in ein neues Bild ein

Methode 2:
führe einen geeigneten Schnitt durch den Bildstapel durch (z.B. mit ImageJ® APL **101** (2012))

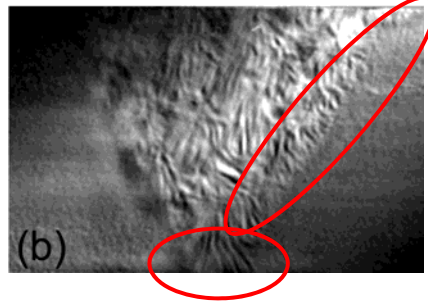
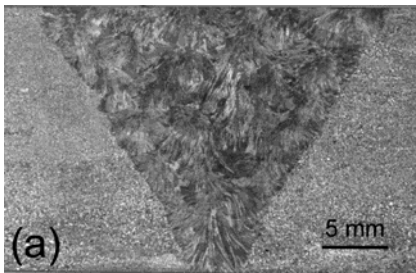
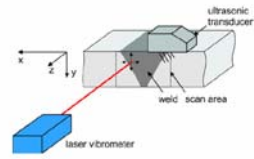


Angewandte Mikroelektronik und Nanotechnologie für zerstörungsfreie Prüfverfahren, Medizintechnik und Sicherheitstechnik.



GIUM – eine Nahfeldmethode zur Abbildung der Mikrostruktur ..

Grazing Incidence Ultrasonic Microscopy



S. Wagner, S. Dugan, MPA Stuttgart

Diese Methode nennen wir „Grazing Incidence Ultrasound Microscopy“ (GIUM)

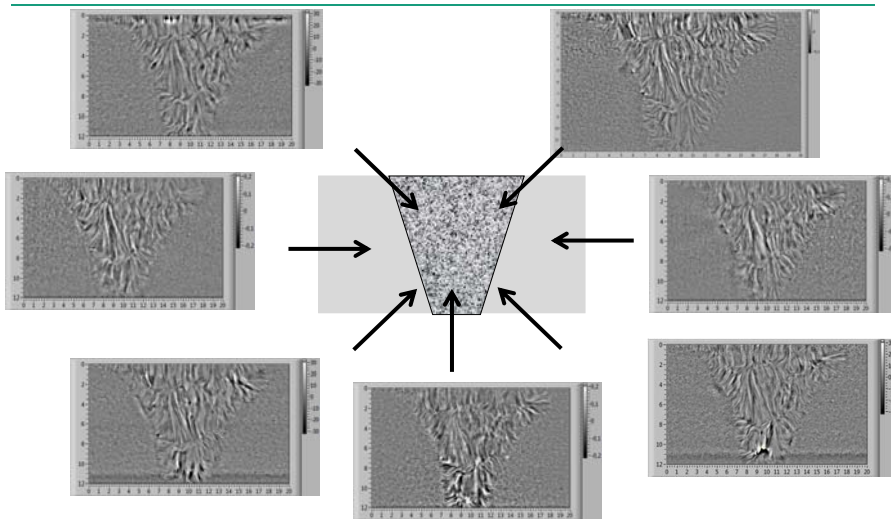


Angewandte Mikroelektronik und Nanotechnologie für zerstörungsfreie Prüfverfahren, Medizintechnik und Sicherheitstechnik.



GIUM – eine Nahfeldmethode zur Abbildung der Mikrostruktur ..

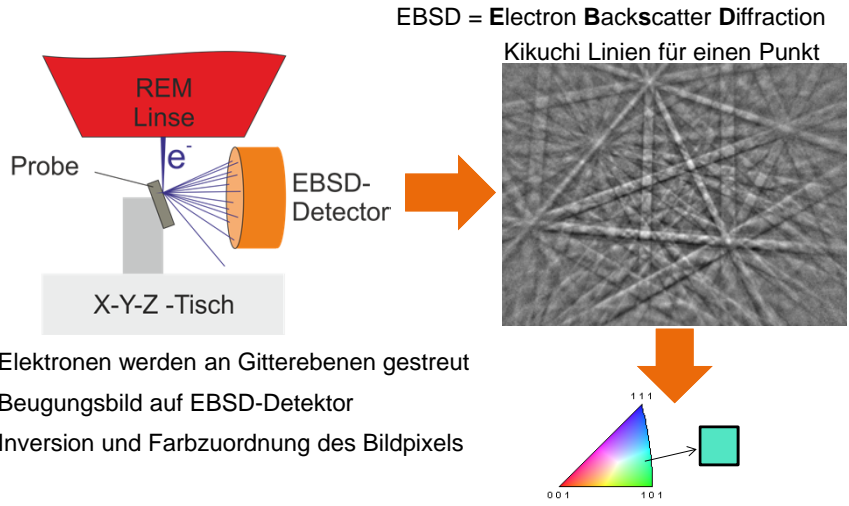
Verifikation I: GIUM für verschiedene SSLV Einfallsrichtungen



Angewandte Mikroelektronik und Nanotechnologie für zerstörungsfreie Prüfverfahren, Medizintechnik und Sicherheitstechnik.



Vergleich mit EBSD-Referenzmessungen



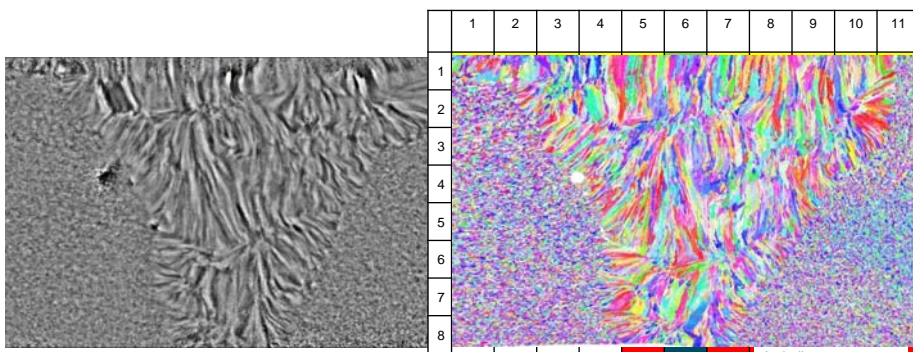
- Elektronen werden an Gitterebenen gestreut
- Beugungsbild auf EBSD-Detektor
- Inversion und Farbzunordnung des Bildpixels



Angewandte Mikroelektronik und Nanotechnologie für zerstörungsfreie Prüfverfahren, Medizintechnik und Sicherheitstechnik.



Vergleich mit EBSD-Referenzmessungen



GIUM

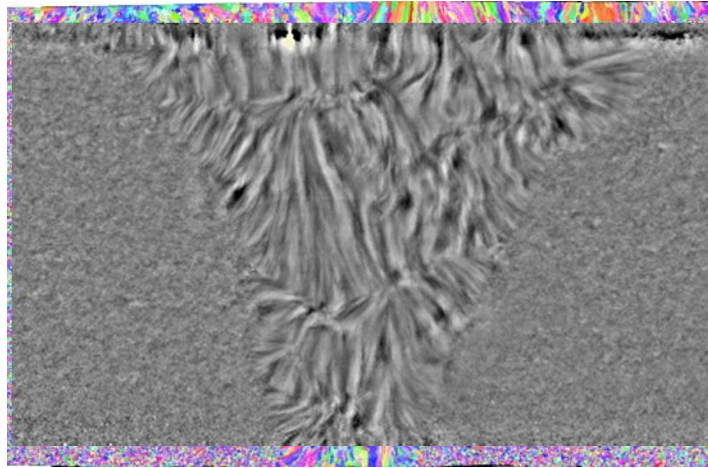
EBSD (88 Einzelbilder)
Maik Müller, IAVT, TU Dresden



Angewandte Mikroelektronik und Nanotechnologie für zerstörungsfreie Prüfverfahren, Medizintechnik und Sicherheitstechnik.



Direktvergleich GIUM und EBSD



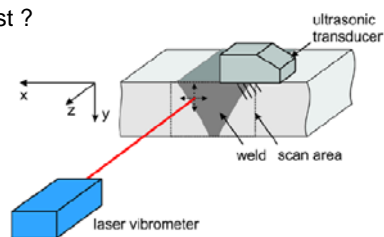
Angewandte Mikroelektronik und Nanotechnologie für zerstörungsfreie Prüfverfahren, Medizintechnik und Sicherheitstechnik.



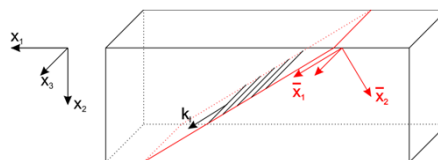
GIUM – eine Nahfeldmethode zur Abbildung der Mikrostruktur ..

Interpretation des Kontrastmechanismus

Woher kommt der GIUM Kontrast ?



Virtueller Schnitt entlang der Einschallrichtung

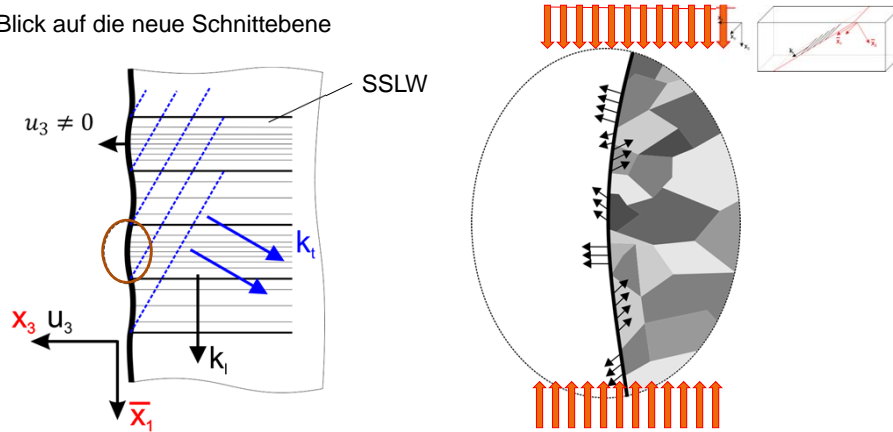


Angewandte Mikroelektronik und Nanotechnologie für zerstörungsfreie Prüfverfahren, Medizintechnik und Sicherheitstechnik.



Interpretation des Kontrastmechanismus

Blick auf die neue Schnittebene



die externe Dehnung induziert zusätzliche (lokale) Verschiebungen diese hängen von der Kornorientierung ab und sind die Ursache für den Kornkontrast



See: APL 101 (2012)



Angewandte Mikroelektronik und Nanotechnologie für zerstörungsfreie Prüfverfahren, Medizintechnik und Sicherheitstechnik.

Fraunhofer
IZFP

Zusammenfassung / Schlussfolgerungen

- Laser Vibrometer Visualisierung hilft die Wellenausbreitung zu verstehen
- GIUM nutzt lokale Variationen der elastischen Eigenschaften zur Visualisierung der Mikrostruktur
- GIUM ist eine **Nahfeldmethode** mit einer Auflösung deutlich unter der akustischen Wellenlänge
- Für austenitische SN kann die dendritische **Mikrostruktur** gemeinsam mit der Wellenausbreitung in einer berührungslosen Messung bestimmt werden
- Laufende Arbeiten betreffen die Anwendung von GIUM auf andere Materialien/Fragestellungen



Angewandte Mikroelektronik und Nanotechnologie für zerstörungsfreie Prüfverfahren, Medizintechnik und Sicherheitstechnik.

Fraunhofer
IZFP

Danksagung

Die Arbeiten wurden zum Teil durch Unterstützung des BMWi im Rahmen des GRS Projektes „Prüfgerechtes Schweißen“ ermöglicht, wofür an dieser Stelle herzlich gedankt wird.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Angewandte Mikroelektronik und
Nanotechnologie für zerstörungs-
freie Prüfverfahren, Medizin-
technik und Sicherheitstechnik.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Sie sind herzlich eingeladen, mit uns an innovativen Ideen in einer Stadt voller
Historie und Kultur, einer hohen Lebensqualität und einer attraktiven Umgebung zu
arbeiten.



Angewandte Mikroelektronik und
Nanotechnologie für zerstörungs-
freie Prüfverfahren, Medizin-
technik und Sicherheitstechnik.

