

Ein Multi-Sensor-Verfahren zur umfassenden Zerstörungsfreien Prüfung gegossener Großbauteile am Beispiel von Schiffsantriebskomponenten

Hans RIEDER*, Alexander DILLHÖFER*, Peter KREIER**, Markus RAUHUT*, Martin SPIES*

* Fraunhofer Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM, Fraunhofer-Platz 1, 67663 Kaiserslautern, Tel. +49-631-31600-4276, Email Hans.Rieder@itwm.fraunhofer.de ** Innotest AG, Rosenstrasse 13B, CH-8360 Eschlikon, Tel. +41-71970-0970, Email kreier@innotest.ch

Kurzfassung

Ein Schaden an Schiffsantriebskomponenten kann von einer starken Einschränkung bis hin zum vollständigen Verlust der Einsatzfähigkeit eines Schiffes führen. Schäden entstehen beispielsweise durch direkte äußere Einflüsse wie Grundberührung, resultieren aber auch aus Produktions- und Reparaturfehlern. Werden Fehlstellen, Risse und sonstige Beschädigungen mit ZfP-Verfahren frühzeitig detektiert, können Maßnahmen eingeleitet und größere Schäden vermieden werden. Darüber hinaus sind Reparaturmaßnahmen in kritischen Bereichen qualitätsgesichert durchführbar bzw. können verdeckt durchgeführte und nicht angemeldete Reparaturen im Sinne einer Qualitätsprüfung ermittelt und nachgewiesen werden. Die Ultraschall-Imaging Gruppe am ITWM hat in den zurückliegenden Jahren erhebliche Erfahrungen bei der Volumen- und Schweißnahtprüfung von Schiffspropellern und Nabengehäusen von Verstellpropellern mittels Ultraschall können. Zuge der weiteren, durch sammeln Im das BMWi Entwicklungsarbeiten wurde damit begonnen, ein Multi-Sensor-Verfahren für die umfassende zerstörungsfreie Prüfung gegossener Großbauteile zu entwickeln. Dieser Beitrag die beschreibt Zielsetzung, die spezifischen Voraussetzungen Randbedingungen und die Leistungsfähigkeit der eingesetzten Verfahren am Beispiel von gegossenen Schiffsantriebskomponenten. Das Volumen und die Schweißnähte werden mittels Ultraschall, konventionell oder elektromagnetisch angeregt (EMUS) sowie teilweise mit Phased-Array Technik geprüft. Für den oberflächennahen Bereich werden mittels Wirbelstrom offene und teilweise verdeckte Fehler nachgewiesen. Eine visuelle Oberflächeninspektion für korossionsbedingte Fehlstellen, oberflächenoffene Risse und sonstige Beschädigungen ergänzt den multisensoriellen Ansatz.

Ein Multi-Sensor-Verfahren zur umfassenden zerstörungsfreien Prüfung gegossener Großbauteile am Beispiel von Schiffsantriebskomponenten

DGZfP-Jahrestagung 2013 Dresden, 6.-8. Mai 2013

Hans Rieder, Alexander Dillhöfer, Markus Rauhut, Martin Spies, Kai Taeubner

Ultraschall-Imaging – Abteilung Bildverarbeitung Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM Kaiserslautern

Peter Kreier

Innotest AG, Eschlikon, Schweiz

© Fraunhofer ITWM 1



Competence in NDT&E



Förderung

Die Arbeiten wurden im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft geförderten Forschungsvorhabens

ProRepaS I (2005 - 2007)

und

ProRepaS II - (2009 - 2012)

'Entwicklung und Validierung von Methoden zur zerstörungsfreien Prüfung von Propellerwerkstoffen mit Ultraschall' (Kennzeichen 03SX278) durchgeführt.

© Fraunhofer ITWM 2





Inhalt

- Problemstellung
- Prüfansätze mittels Multi-Sensor-Verfahren
 - konventioneller Ultraschall und SAFT Rekonstruktion
 - elektromagnetisch angeregter Ultraschall und SAFT Rekonstruktion
 - Phased-Array Prüfung, Sektorscan und abscannen der Fläche
 - Wirbelstromverfahren für die oberflächennahen Bereiche
 - optische Verfahren für die Oberfläche
- Zusammenfassung

© Fraunhofer ITWM 3



Competence in NDT&E



Motivation für die Prüfung von Schiffantriebskomponenten

- Schäden an Schiffspropellern; Einschränkungen bis zum Verlust der Einsatzfähigkeit
 - durch äußere Einflüsse (Grundberührung, Materialermüdung)
 - Produktionsfehler (Gussvorgang, Abkühlvorgang, Bearbeitung)
 - Reparaturfehler (beim Schweißvorgang)
- frühzeitige Detektion hilft der Vermeidung von Schäden und Kosten
- Reparaturmaßnahmen sind in Bereichen hoher Beanspruchung möglich, wenn qualitätsgesichert geprüft wird
 - Vorgabe des Glloyd bei Reparaturschweißungen: mechanisierte US-Prüfung inkl. SAFT-Rekonstruktion
- Nachweis von nicht angemeldeten Schweißreparaturen

© Fraunhofer ITWM 4





Motivation für die Prüfung von Schiffantriebskomponenten

Herausforderungen:

- komplexe Formen: Vielzahl von Krümmungen, abhängig vom Bauteiltyp
- Schalleigenschaften des Propeller-Materials
- Grobkörnigkeit bei CuNiAl





- Gefügeinhomogenität, abhängig von der Bauteildicke
- Schallschwächung => geringes Signal-Rausch-Verhältnis

© Fraunhofer ITWM 5



Competence in NDT&E



Motivation für die Prüfung von Schiffantriebskomponenten

- Randbedingungen der mechanisierten Prüfung
 - Größe und Form (Freiformflächen)
 - stetig verändertes Dickenprofil
 - Prüfung großer Flächen



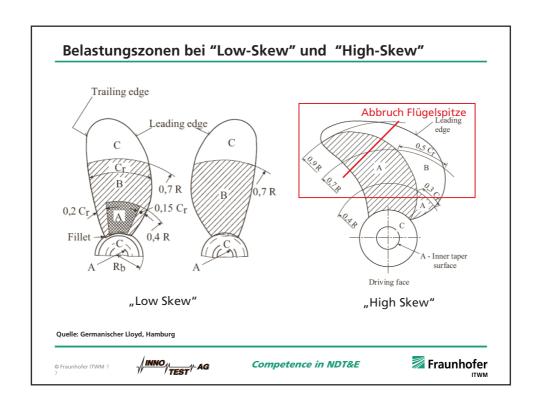


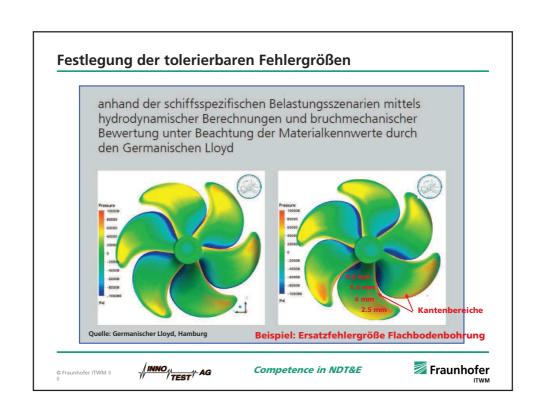
© Fraunhofer ITWM 6

INNO TEST AG

Competence in NDT&E

Fraunhofer









Lösung für die Volumen- und Schweißnahtprüfung

ProRepaS I: Grundlagen und Standardlösung

- Konventionelle Ultraschallprüfung IE und SE mittels Wasserankopplung
 - mechanisierte Ultraschallprüfung
 - angepaßte, mobile Prüfausrüstung
 - Prüffrequenzen 0.6 bis 4 MHz, Einschallwinkeln von 0°, 45° und 60°
 - wenn möglich Prüfung von Druck- und Saugseite
 - bildgebende Rekonstruktion mittels 3D-SAFT für Freiformflächen
 - Aus-und Bewertung der Fehler nach Position, Orientierung und Größe
 - stetige Aktualisierung durch Kalibrierprüfungen

Erfolgreiche Validierung in mehr als 50 Prüfeinsätzen im In- und Ausland

(Drunen, Gent, Zeebrügge, Hamburg, Piräus/Griechenland, Ulsan/Süd-Korea...)

© Fraunhofer ITWM 11



Competence in NDT&E



Schweißnahtprüfung: Erweiterung Multi-Sensor-Verfahren

ProRepaS II: Grundlagen Schweißnahtprüfung

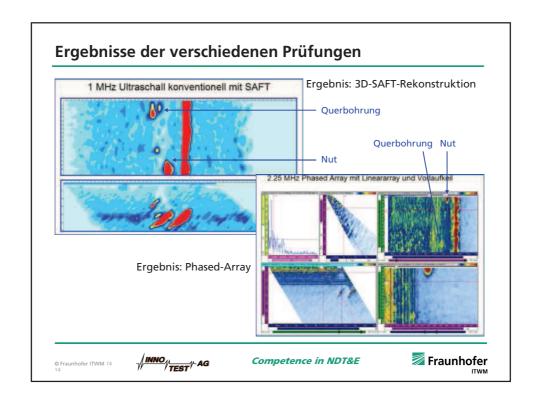
- Welche Techniken können wir noch einsetzen?
 - Phased-Array Prüfung, Sektorscan und abscannen der Fläche und SAFT
 - Steuerung von Winkel und Fokuspunkt
 - elektromagnetisch angeregter Ultraschall und SAFT
 - Prüfung ohne Koppelmittel!
- Welche Bereiche sind noch von Interesse?
 - oberfächennahen Bereiche → Wirbelstromprüfung
 - Oberfläche → optische Prüfung

© Fraunhofer ITWM 12









Ergebnisse der verschiedenen Prüfungen

Testkörper 2

- V-Naht, 49 mm
- 3mm Querbohrung in Schweißnahtflanke
- 3mm/4mm Nut in Schweißnahtwurzel mittig
- 3mm/4mm Nut in Wärmeinflusszone
- 3mm Durchgangbohrung in Schweißnaht

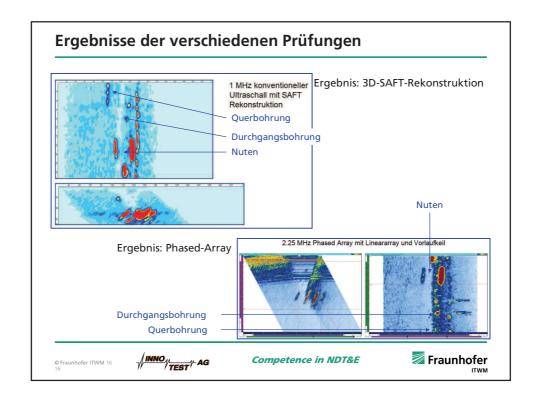


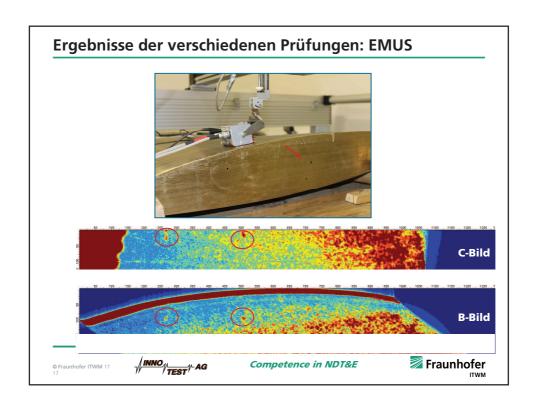


© Fraunhofer ITWM 15



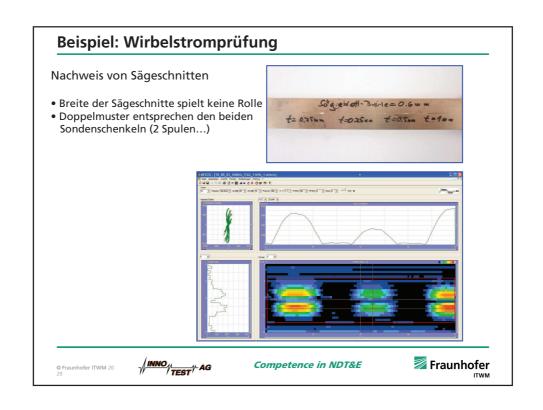


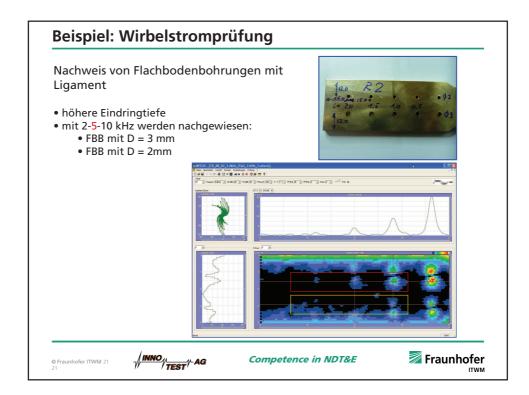












Beispiel: Wirbelstromprüfung

Ergebnisse:

Die prinzipielle Machbarkeit an Schiffsbronzen wurde im Labor aufgezeigt:

- erfolgreicher Nachweis von Flachbodenbohrungen bis D=2 mm und Ligament 0.5 mm bis 1 mm
- Sägeschnitte der Breite 0.6 mm stellen kein Problem dar
- Ziel: Nachweis von Sägeschnitten von 0.3 mm Breite!

Weiteres Potential durch:

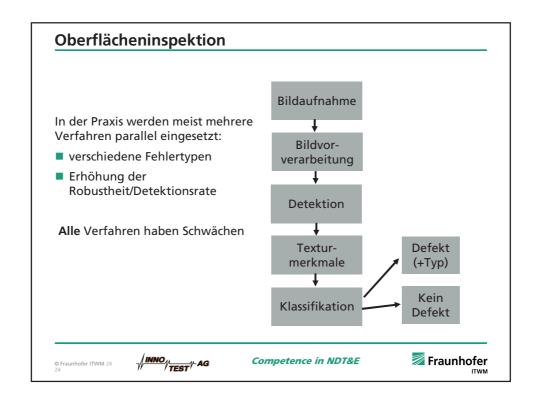
 Aufbau von optimierten Spezialsonden unter Beachtung von Frequenz Empfindlichkeit und Größe

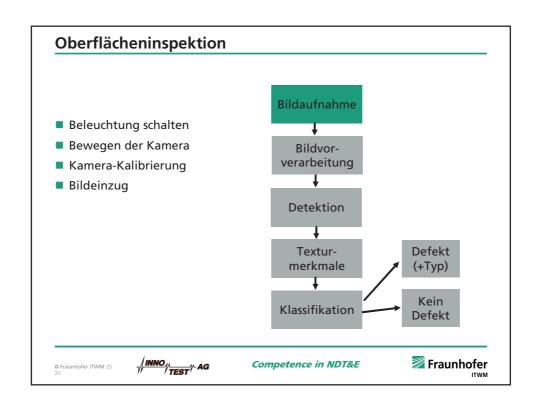
© Fraunhofer ITWM 22

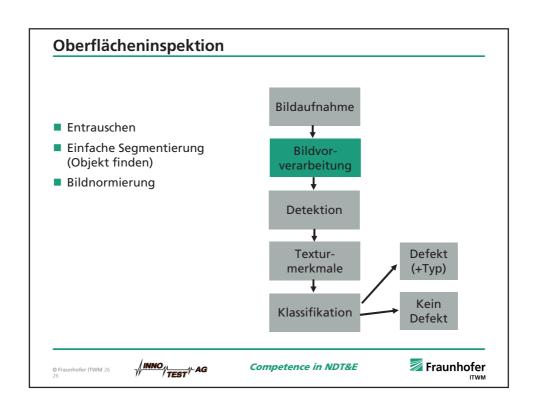


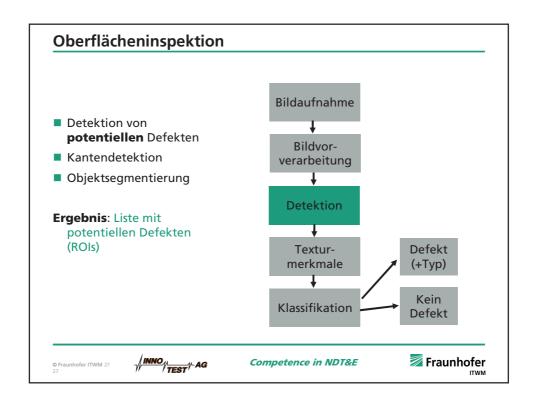


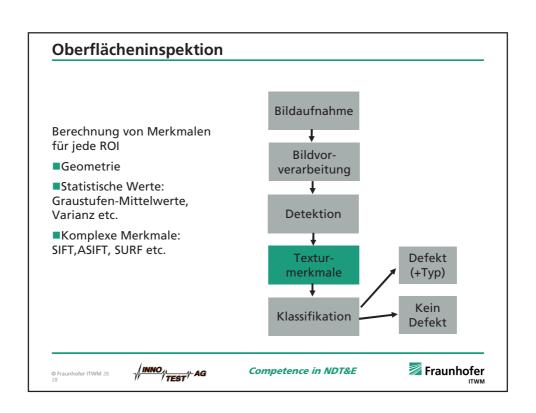


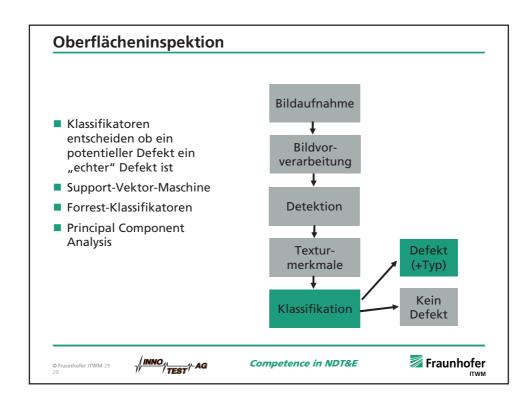


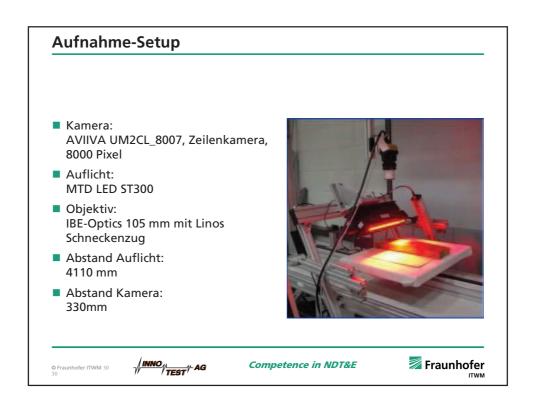


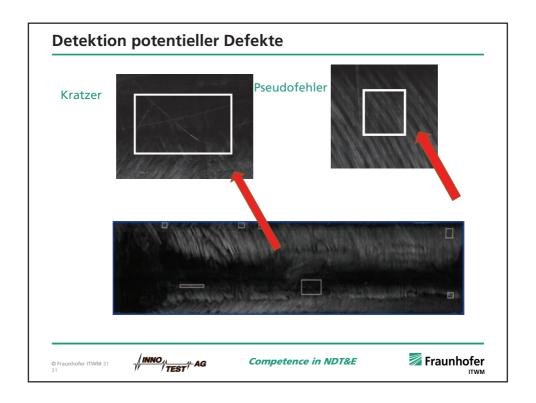












Zusammenfassung

- BMWI-Projekte: ProRepaS I und II
 - Grundlagen und Anwendung für die Prüfung von Bronze
 - Volumen- und Schweißnahtprüfung an Schiffspropellern
- mechanisierte Ultraschallprüfung mit 3D-SAFT für Freiformflächen
- Erweiterung Multi-Sensor-Verfahren durch
 - Phased-Array-Technik
 - elektromagnetisch angeregter Ultraschall
 - Wirbelstromprüfung
 - optische Prüfung
- umfassende Prüfung von maritimen Antriebskomponenten am Beispiel von Schiffspropellern in den Bereichen: Volumen, oberflächennaher Bereich und Oberfläche

© Fraunhofer ITWM 32





