

# Bildgebende Ultraschallprüfung zur verbesserten Fehlercharakterisierung bei der Schweißnahtprüfung von längsnahtgeschweißten Großrohren

Oliver NEMITZ \*, Alfred GRAFF \*, Till SCHMITTE \*, Nikolai CHICHKOV \*,  
Thomas ORTH \*, Thomas KERSTING \*\*, Alexander DILLHÖFER \*\*\*,  
Hans RIEDER \*\*\*, Martin SPIES \*\*\*

\* Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH

\*\* EUROPIPE GmbH

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

## Kurzfassung












In diesem Beitrag stellen wir mehrere bildgebende Ultraschallsysteme zur Fehlercharakterisierung in längsnahtgeschweißten Großrohren vor. Wir präsentieren ein werkstaugliches System auf Basis der Synthetic-Aperture-Focusing-Technique zur Charakterisierung von Längsfehlern. Durch Erweiterung der verwendeten Elektronik wird der Einsatz von Phased-Array Prüfköpfen ermöglicht. Die zusätzlich erhaltenen Ultraschalldaten werden mit der Total-Focusing-Methode zur hochaufgelösten Fehlerrekonstruktion verwendet. Die zu diesem Zweck entwickelte und an die Werksanforderungen angepasste Software wird detailliert vorgestellt und anhand von Probefehlern validiert.

## **Bildgebende Ultraschallprüfung zur verbesserten Fehlercharakterisierung bei der Schweißnahtprüfung von längsnahtgeschweißten Großrohren**

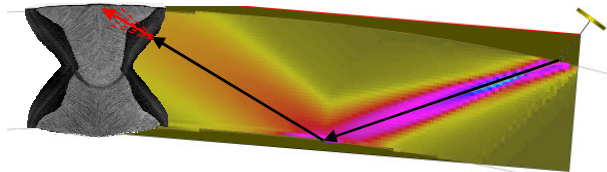
*O. Nemitz, A. Graff, Salzgitter Mannesmann Forschung,  
T. Schmitte, N. Chichkov, Duisburg  
T. Orth*

*T. Kersting, EUROPIPE, Mülheim a. d. Ruhr  
A. Dillhöfer, H. Rieder, Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern  
M. Spies*

DGZfP-Fachausschuss Ultraschallprüfung  
11.11.2013

-  Ausgangssituation und Motivation
-  Synthetic-Aperture-Focusing Technique (SAFT)
  -  System zur Längsfehlerprüfung\*
  -  Mechanischer Aufbau
  -  Auswertung
-  Total-Focusing-Method (TFM)
  -  Phased-Array Elektronik
  -  SZMF Software
  -  GPU Implementierung
  -  Laborversuche
-  Zusammenfassung und Ausblick

## Motivation: Konventionelle Prüfung



Competence in NDT&E

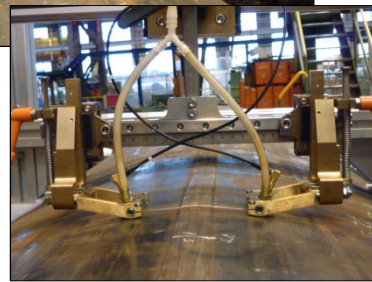
## Motivation

- Konventionelle Inline-Prüfung erlaubt keine Bestimmung der Fehlergröße
- Genauere Bestimmung der Fehlergröße und Lage ist kritisch für folgende Prozessschritte:
  - Ausschluss des Rohres oder Nachbearbeitung?
  - Art der Nachbearbeitung, wenn möglich und erlaubt
- Zusätzliche Prüfverfahren müssen eingesetzt werden (z.B. Röntgen, US-Handprüfung)
- Bildgebende Ultraschallprüfung bietet erweiterte Möglichkeiten zur Fehlercharakterisierung
  - Synthetic-Aperture-Focusing Technique
  - Total-Focusing-Method

Competence in NDT&E

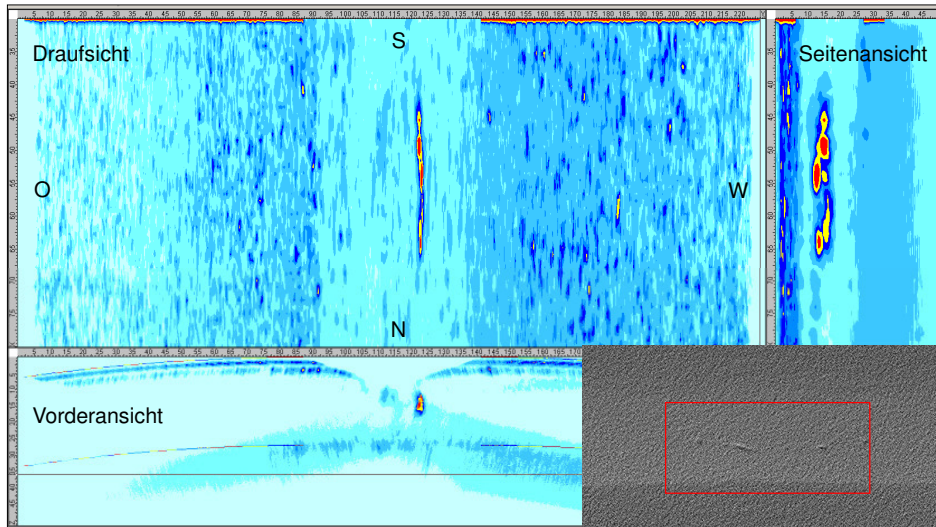
**SAFT System\***

- Mechanik entwickelt von ITWM und SZMF
  - Motorsteuerung
  - PC mit Ultraschallkarte
  - Automatisierte Messung
  - Zwei Prüfköpfe auf beiden Seiten der Schweißnaht
  - Flexible Einstellung des Einschallwinkels
- Auswertesoftware
  - Programmierung ITWM
  - Berücksichtigung gekrümmter Oberflächen
  - Unterstützt vollen Sprung!



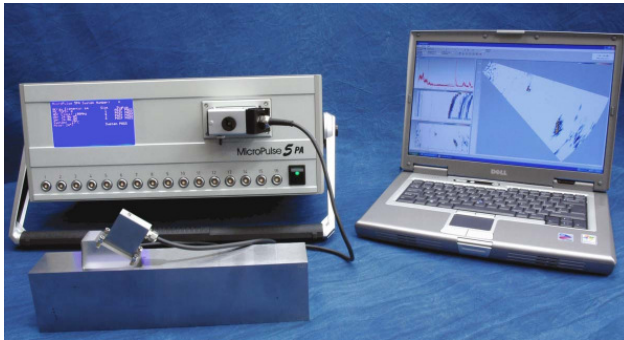
\* Rieder et al., DGZIF Jahrestagung 2010, Mi.2.A.1

**SAFT-Auswertung\***



\* Rieder et al., DGZIF Jahrestagung 2010, Mi.2.A.1

### TFM: Phased-Array Elektronik

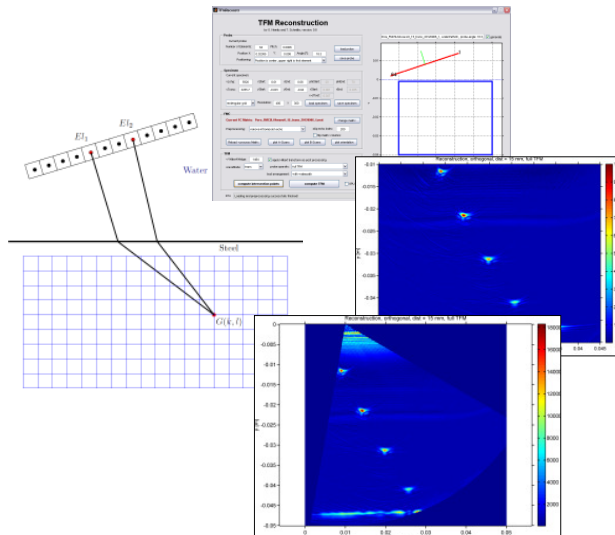


#### PeakNDT, MicroPulse 5PA

- ▶ 128 Kanäle
- ▶ Pulser 200 V
- ▶ PRF bis 20 kHz
- ▶ ADC 12 bit 100 MHz

### TFM Software

- ▶ SZMF Programm
  - ▶ Matlab GUI
  - ▶ Rekonstruktion in C++
- ▶ Angepasst an verschiedene Prüfsituationen:
  - ▶ Mit und ohne Wasservorlauf
  - ▶ Ebene und gekrümmte Oberflächen
- ▶ Schnelle Rekonstruktion mithilfe von GPU



**TFM Software: GUI**

**TFM Reconstruction**  
by O. Nanda and T. Scheible, version 0.0

**Probe:**  
Current probe: G4 PRK: 0.0035  
Number of Elements: 64  
Position X: 0.0295 Y: 0.000 Angle P: 18.3  
Positioning: Position is center\_upper right is first element

**Specimen:**  
Current specimen:  
vLong: 5500 vStart: 0.01 vEnd: 0.09 pStart: 20 pEnd: 70  
vTrans: 3251.7 yStart: -0.001 yEnd: -0.04 vStart: 0.003 vEnd: 0.025  
rectangular grid Resolution: 400 X 200

**FMC:**  
Current FMC Matrix: Pure\_FMC\_SL6Rewand\_15\_trans\_2012006\_1.mat  
Preprocessing: remove-intersection-echo skip-echo-label  
Rebuild + process Matrix plot A-Scans plot B-Scans plot orientation

**TFM:**  
vWaterHeight: 1.404 apply Hilbert transform to post processing  
waveMode: trans probe separation: full TFM  
test arrangement: with waterpath

Buttons: compute intersection points, compute TFM, save result, save setup, load setup

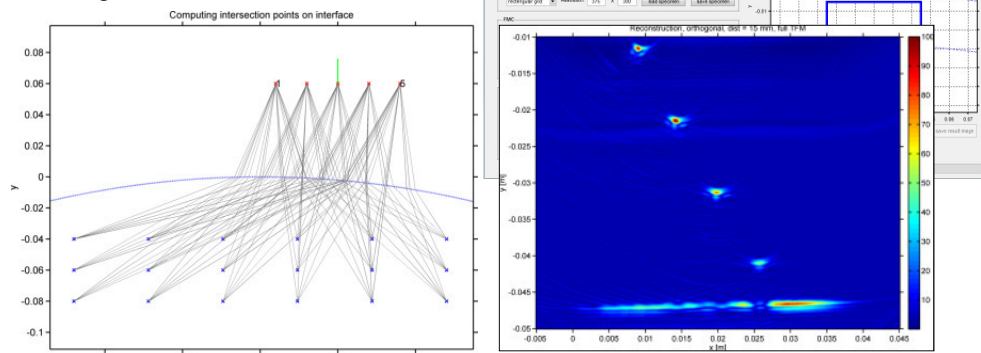
Current Setup: Setup\_Pure\_Angle18\_3\_checks/Ok\_Meas1

Annotations:  
- PA-Einstellungen: points to 'Angle P' field.  
- Rekonstruktions Parameter: points to 'vLong', 'vStart', 'vEnd', 'pStart', 'pEnd' fields.  
- Matrix: Vorverarbeitung + Plotten: points to 'Rebuild + process Matrix' button.  
- TFM Einstellungen: points to 'compute TFM' button.  
- Laden/Speichern Resultat/Setup: points to 'save result', 'save setup', 'load setup' buttons.

Competence in NDT&E **Fraunhofer ITWM**

**TFM Software: Rekonstruktion**

- Berechnung möglicher Schallwege im Rekonstruktionsbereich
- Zeitversetztes Aufaddieren von Zeitsignalen





### TFM Software: Rekonstruktion

#### Software Schnittstelle für Nvidia-Karten: CUDA

- Rekonstruktion programmiert mit „C for CUDA“ (C mit Nvidia Erweiterung)
- Schallwege werden auf mehreren GPU-Kernen gleichzeitig berechnet



#### Beispiel:

Auflösung 375x300 Pixel, PA-Prüfkopf mit 64 Elementen

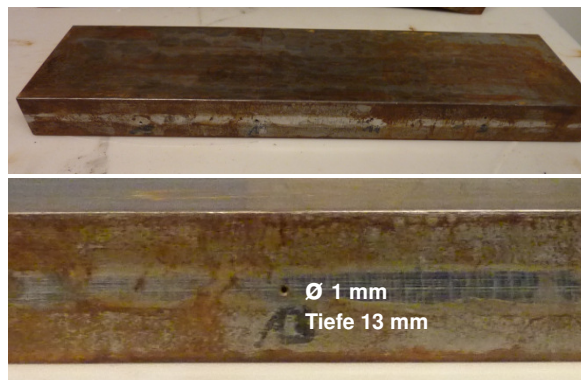
CPU: Intel Xeon CPU E5-1620 3.6 GHz → ~16 s

GPU: Nvidia Geforce GTX 670 → ~0,4 s

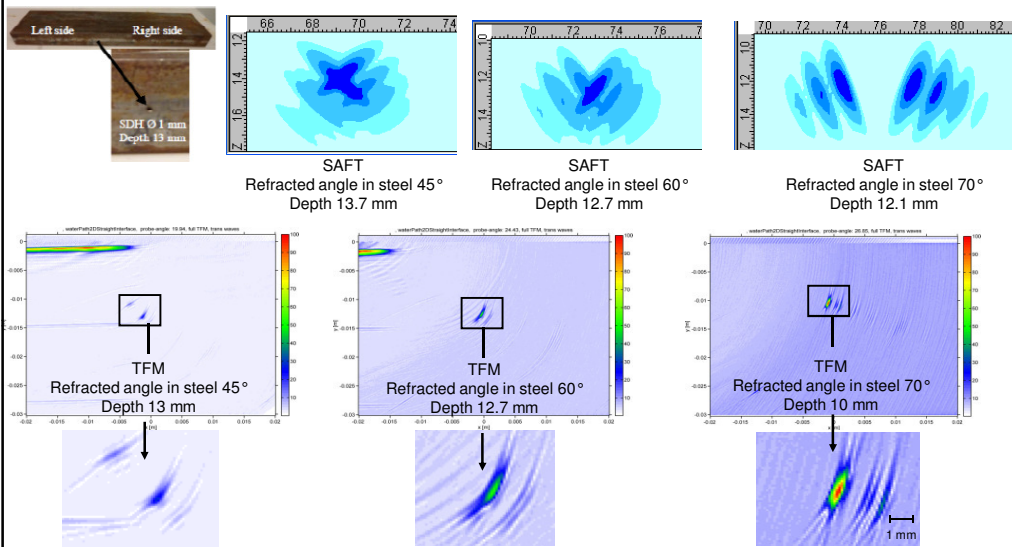
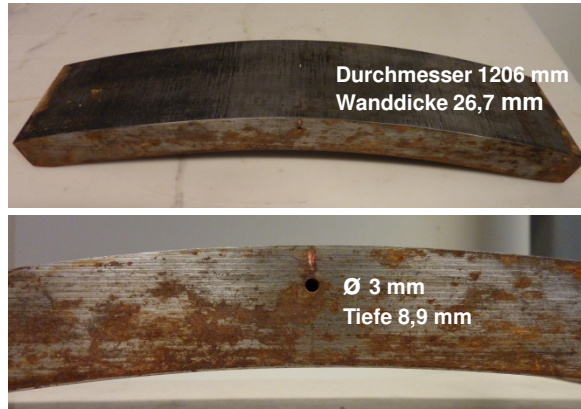
**Faktor 40!**

### TFM: Tiefengenaugigkeit und Auflösung

#### 25 mm Blech mit Zylinderbohrung (SDH)

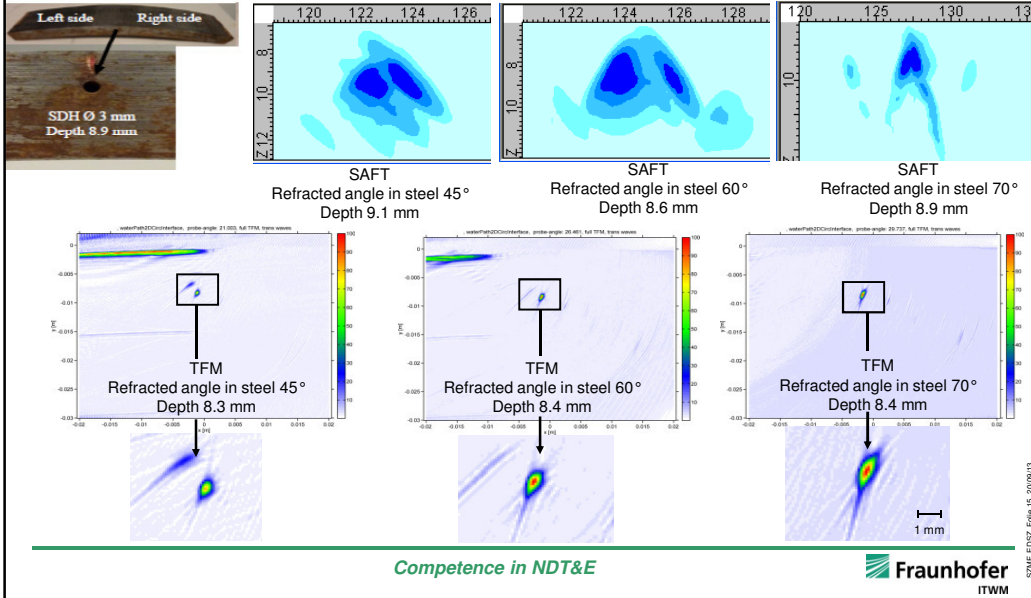


**Rohrsegment mit Zylinderbohrung (SDH)**



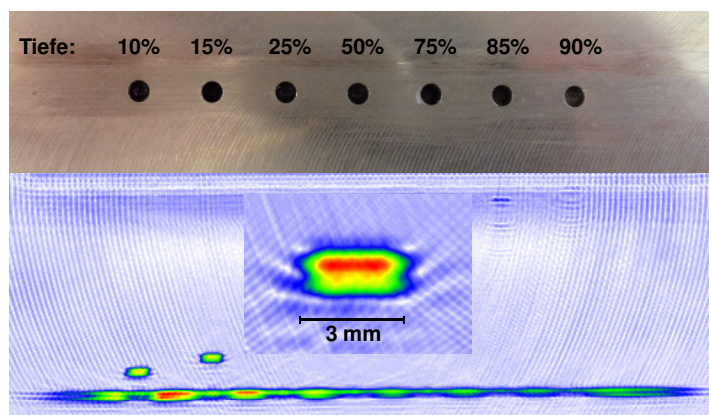


**TFM: Tiefengenaugigkeit und Auflösung**







**TFM: Größenbestimmung**

**Flachbodenbohrungen in 30 mm Blech  
Durchmesser 3 mm**



## Zusammenfassung und Ausblick

-  Betriebstaugliches SAFT-System zur Fehlercharakterisierung in längsnahtgeschweißten Großrohren vorgestellt
-  Schnelle Fehlerrekonstruktion mit neu entwickelter TFM Software
-  Fehlercharakterisierung mit Sub-Millimeter-Genauigkeit möglich
-  Noch schnellere und genauere Fehlercharakterisierung durch Prüfdatenreduktion und weitergehende Bildverarbeitung\*

**Danke für Ihre Aufmerksamkeit.**

DGZfP-Fachausschuss Ultraschallprüfung,  
11.11.2013