

# Einsatz von SAFT für die Ultraschall-Handprüfung

Hubert MOOSHOFER \*  
\* Siemens AG Corporate Technology

## Kurzfassung

Die Synthetic Aperture Focussing Technique (SAFT) bringt für die Ultraschallprüfung erhebliche Vorteile und erfreut sich – dank der inzwischen verfügbaren Rechenleistung – zunehmender Beliebtheit. Neben der genaueren Defektlokalisierung und der besseren Trennung benachbarter Defektanzeigen ist auch die Verbesserung des gefügebedingten Signal/Rausch-Abstandes (SNR) ein wichtiger Grund für den Einsatz von SAFT.

Da bei der SAFT-Analyse die Ultraschallsignale vieler Messpunkte phasenrichtig miteinander verrechnet werden, ist die Kenntnis der exakten Messpositionen zum Einsatz von SAFT erforderlich. Bei der mechanisierten Ultraschallprüfung ist dies durch das Prüfraster gegeben. Auch in Anwendungsfällen, in denen eine manuelle Prüfung mit frei geführtem Prüfkopf erfolgt - z.B. weil ein geeigneter Scanner nicht zur Verfügung steht oder nicht wirtschaftlich ist - wäre es hilfreich die Vorteile der SAFT-Analyse nutzen zu können, beispielsweise zur genaueren Untersuchung von Gruppenanzeigen.

Dies scheiterte bisher am Fehlen geeigneter Positionsinformation. Zum Triggern von Ultraschallgeräten üblicherweise verwendete Rad-Encoder sind nicht geeignet, da sie keine präzisen Aperturpositionen bei krummliniger Bewegung und bei Prüfkopfdrehung liefern. Inzwischen stehen 3D-Trackinggeräte zur Verfügung, sich in Verbindung mit gängigen Ultraschall Prüfköpfen einsetzen lassen, so dass die SAFT-Analyse auch der manuellen Prüfung mit frei geführtem Prüfkopf zugänglich ist.

Im Rahmen dieses Vortrages wird gezeigt, dass die SAFT-Analyse für ein irreguläres Messraster angepasst werden kann. Anhand eines konkreten Beispiels wird gezeigt, wie mit Hilfe eines gängigen Ultraschallgeräts und eines akustischen Trackingsystems die SAFT-Analyse für die Handprüfung implementiert werden kann. Die verwendeten Geräte sind gleichermaßen für Phased-Arrays und Einzelschwinger einsetzbar. Da die Daten eines gesamten Scans in die Auswertung eingehen, können sehr große synthetische Aperturen erzielt werden und Prüfungen bei großen Schallwegen durchgeführt werden.

# Einsatz von SAFT für die Ultraschall Handprüfung

## Aufgabenstellung

### Vorteile von SAFT:

- Abgrenzung nahe benachbarter Defekte
  - Mögliche Trennung von Gruppenanzeigen
- Verbesserung der lateralen Größenbestimmung (~ eine Wellenlänge)
- Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses bei Gefügerauschen
- Ergebnis ist für erfahrene Prüfer leicht zu verstehen / interpretieren

### Ziel: Nutzung von SAFT zur Verbesserung der Handprüfung

#### → "Aufrüstung" für Handprüfung:

- 3D Prüfspurerfassung
- Modifikation von SAFT für irreguläres Prüfraster
- Onlinefähigkeit von SAFT
- Online Schnittstelle zum Prüfgerät

## Positionserfassung

SAFT Anforderungen an die Positionsgenauigkeit: Phasenfehler  $< \lambda/4$

z.B.: Stahl, Prüfkopf B2 (2MHz, D=10mm), Schallweg 100mm

→ Maximal zulässiger Positionsfehler  $< 2,3\text{mm}$

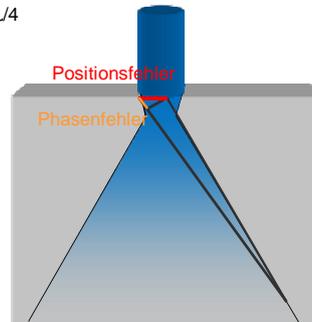
Die Prüfkopfführung darf durch das Gerät zur Erfassung der Prüfspur nicht behindert werden.

Nutzung akustischer Positionserfassung (Luftschall)

- Kann an Standard-Prüfköpfe montiert werden.
- Liefert 3D-Position und -Orientierung
- Genauigkeitstest:  $\pm 0.5\text{mm}$  (Berücksichtigung der Temperatur)
- Kein inkrementeller Fehler

Alternative:

- Optische Positionserfassung (→ Beste Lösung abh. von Genauigkeits- und Kostenanforderungen)



## Positionserfassung



## Kalibration der Positionserfassung

Platzierung des Gerätes zur Positionserfassung relativ zum Prüfkopf muss bestimmt werden  
Dies soll ohne Eingabe von Parametern erfolgen

→ Eine einfache Kalibration bestehend aus drei Schritten wurde implementiert  
Der Benutzer platziert den Prüfkopf relativ zu einer beliebigen Referenzposition  
Kalibration nur einmal nach der Montage nötig

Größte Elementnummer  
zeigt zur Referenzposition



Prüfkopf um 180°  
gedreht



Prüfkopf in Richtung der  
größten Elementnr. bewegt



## Irreguläres Prüfraster

Handprüfung:

- Der Prüfer bewegt den Transducer frei auf der Oberfläche
- Die Prüfpositionen während eines Scans fallen nicht auf ein reguläres Prüfraster

→ Gewichtung der Beiträge der Prüfpositionen basierend auf deren lokaler Dichte  
→ Dichter liegende Prüfpositionen werden schwächer gewichtet als weiter voneinander entfernte

Offline: Bestimmung der Dichte im Nachhinein, wenn alle Prüfpositionen bekannt sind

Online: Die Kausalität begrenzt das (augenblickliche) Wissen über die Prüfpositionen;  
Auswertung der Prüfgeschwindigkeit

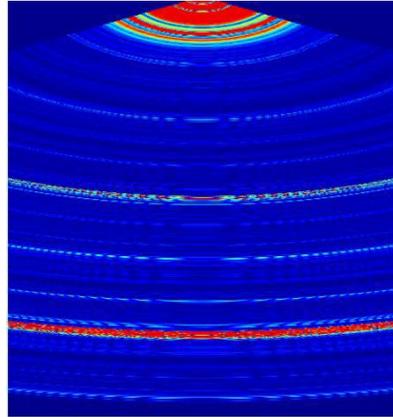
## Online SAFT-Auswertung

Bisher: Voxel-orientierte Operation der SAFT-Auswertung

- Effiziente Speichernutzung
- Nur für nachträgliche SAFT-Auswertung einsetzbar (Offline)

→ Neu: Echosignal-orientierte Operation

- Gestattet Inkrementelle SAFT-Auswertung
- Onlinefähig



## Online SAFT-Auswertung

Online Berechnung = Echtzeit-Anforderungen

Die Rechenzeit hängt von der Größe des rekonstruierten Bereiches ab

Leicht realisierbar: Online Rekonstruktion von 100k Voxel (Ein Prozessorkern, keine GPU)

→ Rekonstruktion von Schnittebenen möglich

→ Pulswiederholfrequenz im Bereich 10Hz...20Hz

Der Rekonstruktionsbereich kann vom Benutzer festgelegt werden:

- Größe und Raster durch Eingabe
- Position und Richtung durch Prüfkopfplatzierung

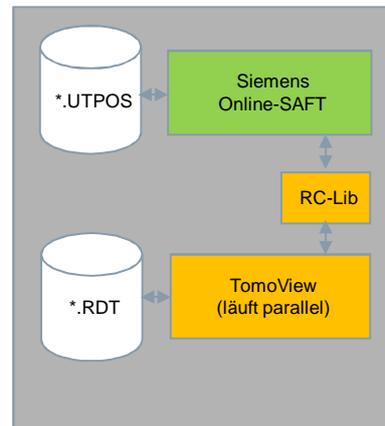
Anzeige während der Inspektion:

- B-Bild vor Beginn der SAFT-Auswertung
- SAFT-Bild nach Beginn der SAFT-Auswertung

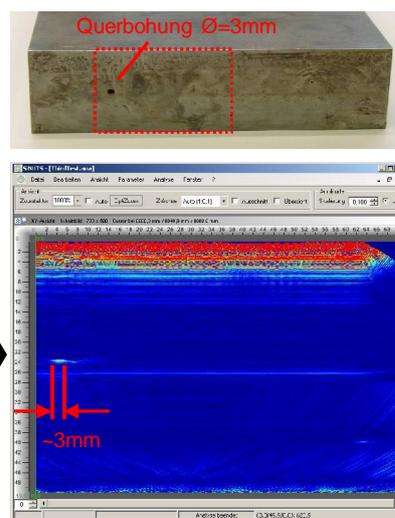
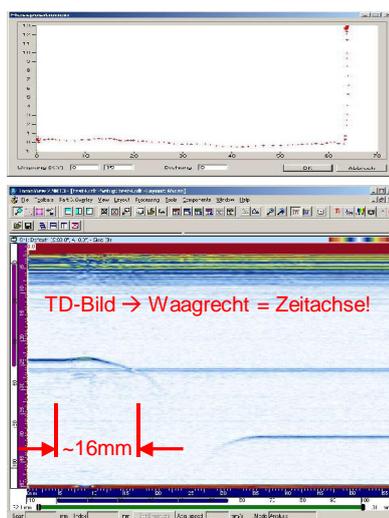
90kVoxel ~60msec  
z.B.: 300 x 300 x 1 Voxel  
oder: 150 x 600 x 1 Voxel  
(Verbesserung möglich durch:  
Multi-Core / GPU-Berechnung)

## Online Schnittstelle zum Inspektionsgerät

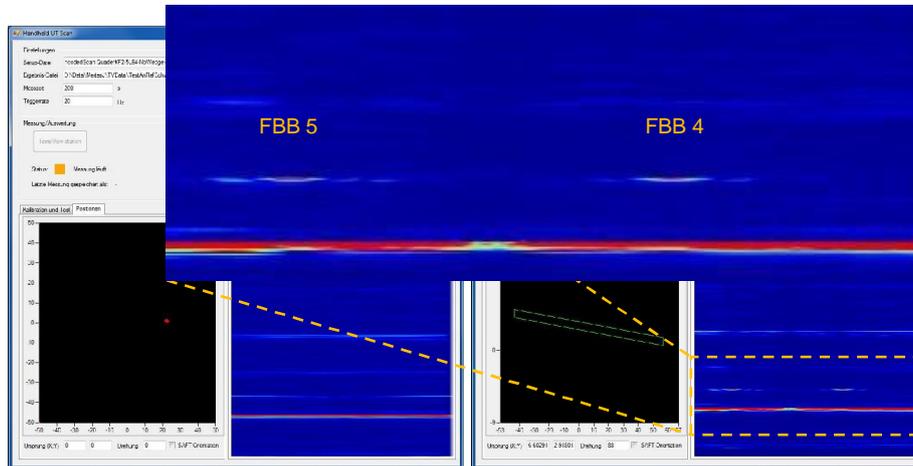
- Benutztes Inspektionsgerät:  
Olympus Focus LT mit TomoView
- Siemens-Software und TomoView laufen parallel
- Zugriff auf gespeicherte Daten mittels DA-Library
- Zugriff auf Online-Daten mittels RC-Library  
(Begrenzt auf einzelnen Beam; Ausnahme:  
Alle Beams eines Linearscans können mittels  
"linear merge" zugegriffen werden)
- Inspektionsergebnisse werden in zwei Dateien  
gespeichert:  
UT-Daten (\*.RDT) + Positionsdaten (\*.UTPOS)



## Ergebnisse – Offline SAFT



## Ergebnisse - Online SAFT



## Zusammenfassung

### Fazit:

- SAFT ist für Handprüfung einsetzbar

### Abfallprodukt:

- 3D-Positionserfassung für manuelle Prüfung  
z.B. zur Dokumentation der Prüfbedeckung

### Ausblick:

- Quantitative Untersuchung
- Verbesserung Online-SAFT