

Ultraschallbasierte Multizonenprüfung an Stabstahl mit einer in den Produktionsfluss integrierten vollautomatischen Phased Array Durchlaufprüfanlage

Paulo ALBINO¹, Thomas HELFEN¹, Stephan SCHMITZ¹, Thomas WÜRSCHIG¹
¹ Waygate Technologies, Baker Hughes Digital Solutions GmbH, Hürth

Kontakt E-Mail: thomas.wuerschig@bakerhughes.com

Kurzfassung

Etablierte Standards in der Luft- und Raumfahrtindustrie schreiben eine Ultraschallprüfung von höchster Zuverlässigkeit und auf kleinste Defekte im gesamten Tiefenbereich des Materials vor. Charakteristische Referenzfehler hierbei sind Flachbodenbohrungen mit Durchmessern von unter einem Millimeter. Typischerweise werden dafür Tauchtechnik-Tanksysteme verwendet, die mit mehreren Sätzen von Prüfköpfen bestückt sind, deren Fokussierung jeweils einen bestimmten Tiefenbereich abdeckt. Allerdings sind solche Systeme in industriellen Anwendungen, die aus wirtschaftlichen Gründen eine hohe Durchsatzrate erfordern, auf Grund geringer Prüfgeschwindigkeiten und zeitaufwendiger Ein- und Auslegevorgänge eher ungeeignet. Zudem wirken sich die komplexe Mechanik und die hohen Kosten der eingesetzten Spezialprüfköpfe ungünstig auf die Wirtschaftlichkeit aus. Demgegenüber ermöglichen direkt in den Produktionsfluss eingebettete Durchlaufprüfanlagen mit Phased Array Technologie eine deutliche Produktivitätssteigerung. Basierend auf der Phased Array Technologie ist es möglich, durch Anwendung entsprechender Verzögerungsgesetze mit mehreren unterschiedlich fokussierten Schüssen eines virtuellen Prüfkopfs mehrere Tiefenbereiche optimiert abzudecken. Dies reduziert nicht nur die Anzahl der benötigten physikalischen Prüfköpfe, sondern ermöglicht es auch, den Einsatz deutlich teurerer Spezialprüfköpfe zu umgehen. Trotz der Geschwindigkeitsreduzierung durch die höhere Anzahl an Prüfschüssen im Vergleich zu einer Durchlaufprüfung ohne Multizonenauswertung bietet diese Art der Prüfung immer noch wesentlich höhere Durchsätze bei gleichzeitig weniger Personaleinsatz als die Prüfung mit Tauchtechnik-Tanks.

Im vorliegenden Beitrag wird ein Inline-Prüfsystem für die integrierte Multizonenprüfung vorgestellt. Es basiert auf dem Design der in der Stabstahlprüfung etablierten ROWA™ Ux Plattform. Die Fehlernachweisbarkeit in verschiedenen Tiefenbereichen wird anhand von Messungen mit Referenzmaterial demonstriert. Es werden erreichbare Prüfgeschwindigkeiten bestimmt und systembedingte Randbedingungen hinsichtlich der Wiederholbarkeit diskutiert.



Ultraschallbasierte Multizonenprüfung an Stabstahl mit einer in den Produktionsfluss integrierten vollautomatischen Phased Array Durchlaufprüfanlage

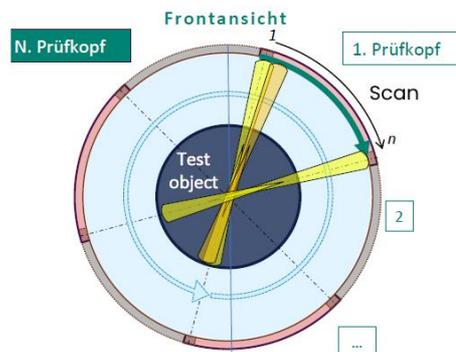
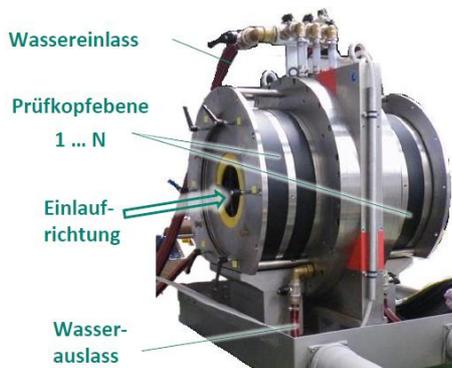
Dr. Thomas Würschig,
Paulo Albino, Thomas Helfen, Stephan Schmitz
DACH-Jahrestagung 2023 - Zerstörungsfreie Materialprüfung, Friedrichshafen

17. Mai 2023

Copyright 2019 Baker Hughes Company. This material contains one or more registered trademarks of Baker Hughes Company and its subsidiaries in one or more countries. All third-party product and company names are trademarks of their respective holders.

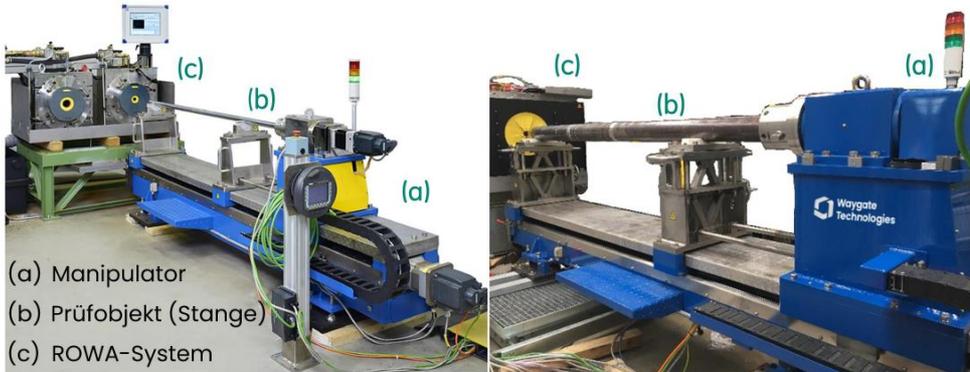
ROWA™ Prüfsysteme

- Radiale Anordnung von Phased Array Prüfköpfen
- 100% Volumenprüfung mit Longitudinal- und Transversalwelle



ROWA™ Prüfsysteme

- 100% Volumenprüfung mit Longitudinal- und Transversalwelle
- Manipulator zum automatischen Abgleich an Testfehlern



3

Waygate Technologies
© Baker Hughes business

ROWA™ Prüfsysteme mit Manipulator



- 100% automatisierter Abgleich
- Im Vergleich zum manuellen Abgleich:
 - ✓ Mehr als 10x schneller
 - ✓ Erhöhte Reproduzierbarkeit
 - ✓ Vermeidung fehlerhafter Einstellung durch Bediener
- Erweiterte Abgleichmöglichkeiten:
z.B. TCG-Abgleich, Verifikation
- Überprüfung radialer (virtuelle Prüfköpfe) und axialer (Prüfkopfebenen) Überlapp
- Schneller Dimensionswechsel

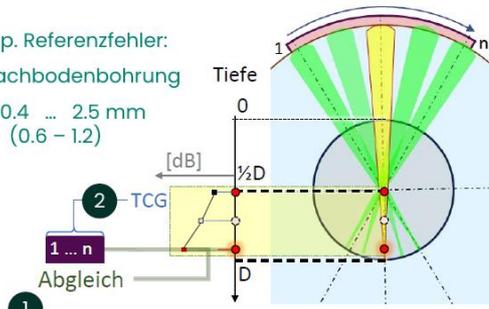
4

Waygate Technologies
© Baker Hughes business

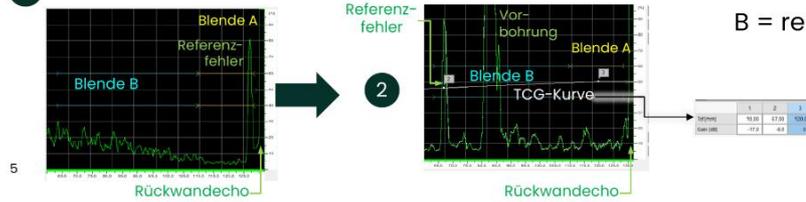
ROWA™ Prüfsysteme: Multizonenprüfung

- Derzeitig typische Umsetzung:

Typ. Referenzfehler:
Flachbodenbohrung
Ø 0.4 ... 2.5 mm
(0.6 - 1.2)



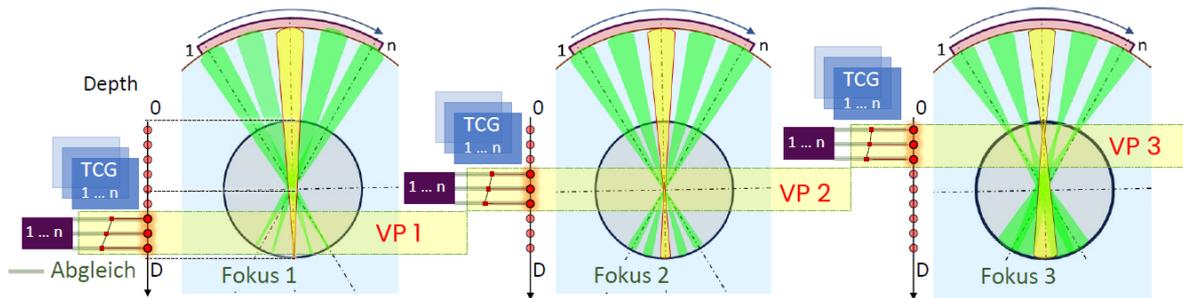
1. Abgleich aller virtuellen Prüfköpfe (VP) auf oberflächennahen Referenzfehler vor der Rückwand
2. Globale TCG-Anpassung pro Prüfkopf für weiter davor liegende Referenzfehler
3. Auswertung des Tiefenbereichs mit 2 Blenden: A = Oberflächennaher Bereich
B = restlicher Bereich bis Mitte



ROWA™ Prüfsysteme: Multizonenprüfung

- Erweiterte, auf Multizonenprüfung optimierte Umsetzung

1. **Verschiedene VP** mit für Tiefenzone angepassten Verzögerungsgesetzen (**auch $< \frac{1}{2}D$**)
2. VP-Abgleich an allen zugehörigen Referenzfehlern (**TCG-Abgleich**)
3. Auswertung des jeweiligen Tiefenbereichs mit **bis zu 5 Blenden**



Verschiedene Fokuspunkte auf Empfängerseite für selben Schuss:

DDF (Dynamic Depth Focusing) mit 4-facher Parallelität!



ROWA™ Prüfsysteme: Automatisierter Abgleich

1 Dateneingabe
Referenzprüfstück

The diagram shows a reference part with dimensions: length 200, 100, 100, 110, 110, 110, 110. The software interface shows a table for 'Reference Reflectors' with columns for Name, Length, Diameter, Pulse/Pulse Density, A, and Tail.

2 Empfindlichkeitsabgleich für jeden VP am Referenzfehler
Vorgabe von **Rastergröße** (Δd) und **Rasterbereich** (R)

The diagram shows a probe head with a grid of sensors. The grid size is Δd and the range is R . The graph shows 'Max. Amplitude' vs. 'Zielwert' (Target Value) with a peak labeled $\max[A_{x,y}]$ and a label 'Abgleich' (Adjustment). A red dot indicates the 'Nominelle Fehlerposition' (Nominal Error Position).

- Messung max. Amplitude
- Anpassung auf Zielwert
- Kontrolle der Verstärkungseinstellung

7



ROWA™ Prüfsysteme: Automatisierter Abgleich

3 Abgleich-Prozedur

The screenshot shows the software interface for the adjustment procedure. It includes a table for 'Reference Reflectors' and a graph showing 'CFI: Gate CF' vs. 'CFI: Gate CF'.

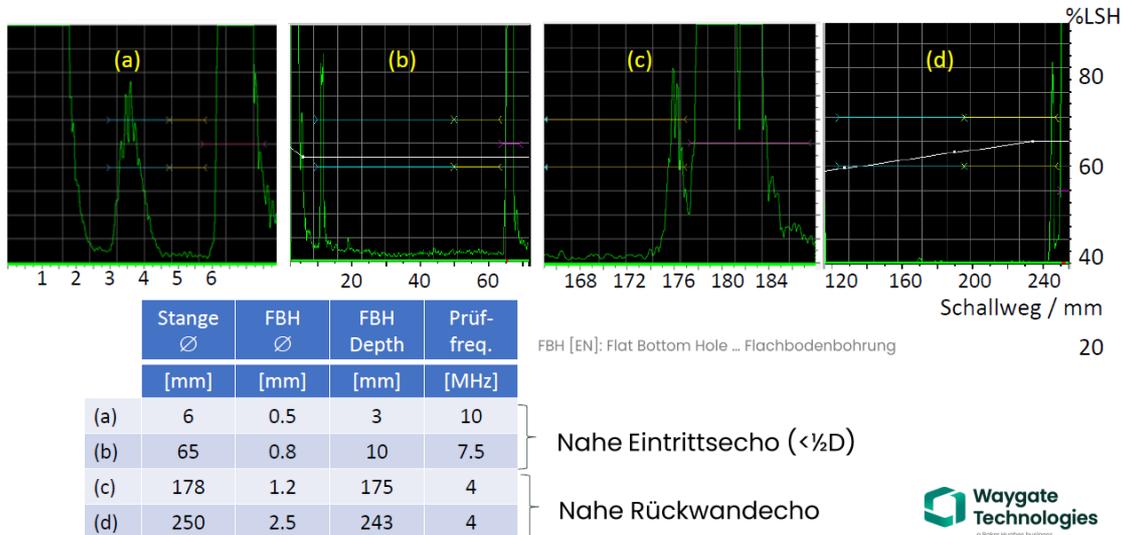
Gate	Start	Width	Sync	Reference Reflector	Select
10.00	15.00	15.00	← =	FBH 1	<input checked="" type="checkbox"/>
25.00	15.00	15.00	← =	FBH 2	<input checked="" type="checkbox"/>
65.00	15.00	15.00	← =	FBH 3	<input checked="" type="checkbox"/>
100.00	20.00	15.00	← =	FBH 4	<input checked="" type="checkbox"/>
130.00	25.00	15.00	← =	FBH 5	<input checked="" type="checkbox"/>
140.00	25.00	15.00	← =	FBH 6	<input checked="" type="checkbox"/>

The graph shows 'CFI: Gate CF' vs. 'CFI: Gate CF' with a peak labeled $\max[A_{x,y}]$ and a label 'Abgleich' (Adjustment). A red dot indicates the 'Nominelle Fehlerposition' (Nominal Error Position).

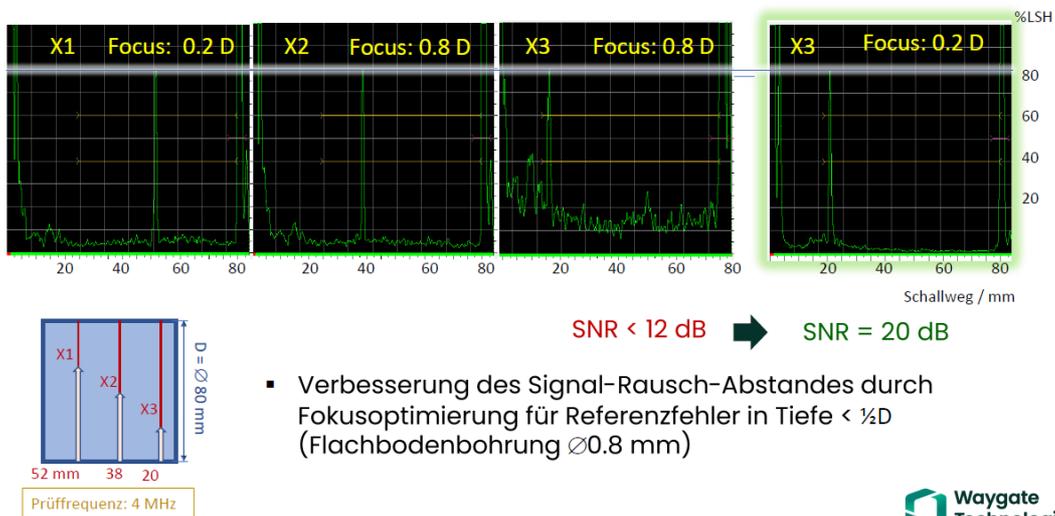
- (a) Auswahl Referenzfehler und A-Scan Blendenbereich für Empfindlichkeitsabgleich
- (b) Statusanzeige
- (c) Visualisierung der Abgleichverstärkungen
- (d) Abgleichprotokoll und Speicherung der Abgleichdaten



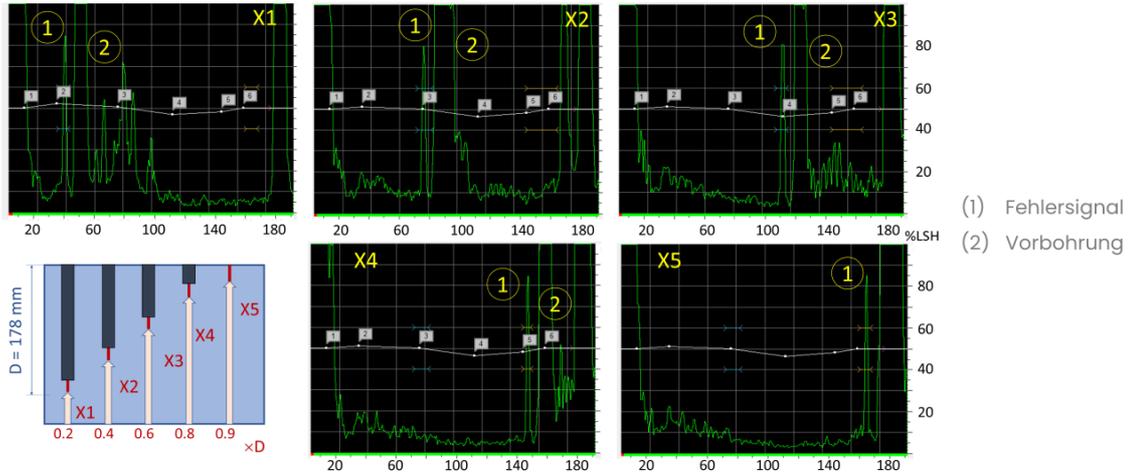
Ergebnisse: Beispiel für verschiedene Referenzfehler



Ergebnisse: Beispiel Fokusoptimierung



Ergebnisse: Beispiel Multizonenprüfung

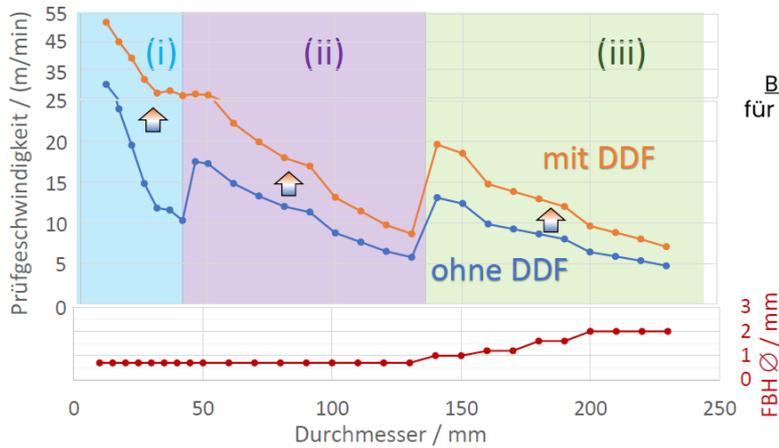


- Nachweis von $\varnothing 0.5\text{mm}$ Flachbodenbohrungen mit **SNR > 12 dB** in verschiedenen Tiefen (Stabmaterial: M50 NIL, AMS 6278)



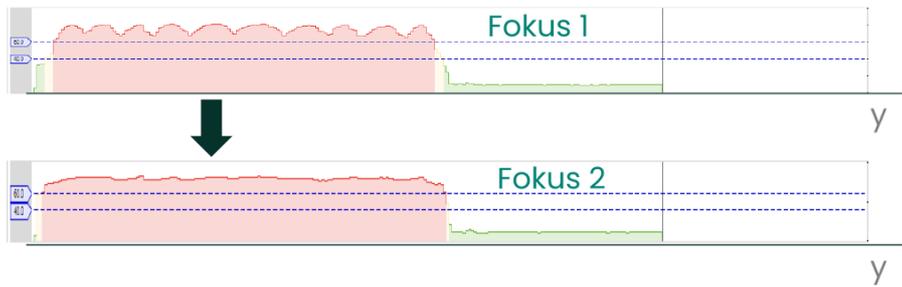
Ergebnisse: Vorteile DDF

- Parallele Auswertung von 4 verschiedenen Fokuspunkten
→ **Erhöhung der Prüfgeschwindigkeit!**



Ergebnisse: Vorteile DDF

- Parallele Auswertung von 4 verschiedenen Fokuspunkten
→ **Erhöhung der Prüfgeschwindigkeit!**
- Optimierung des Fokuspunktes bzgl. der radialen VP-Überlappung
→ **Höhere Zuverlässigkeit / Reproduzierbarkeit!**



Zusammenfassung

- **Optimierung** bestehender ROWA™ Prüfsysteme für **Multizonenprüfung**
 - **Manipulator** für automatischen Abgleich an Referenzfehlern
 - Implementierung eines dedizierten **Abgleichkonzepts**
(u.a. Rasterung an nomineller Fehlerposition, Aufnahme von TCG-Kurven für jeden virtuellen Prüfkopf, sofortige Kontrolle der Abgleichergebnisse ...)
 - **Tiefenspezifische Fokussierung** und Auswertung von bis zu **5 Blenden**
DDF zur Erhöhung von Prüfgeschwindigkeit und Reproduzierbarkeit

Ausblick:

Automatisierte Korrektur von Führungsungenauigkeiten

Prüfkopfoptimierung zur verbesserten Auflösung hinter Eintrittsecho