

# Neuer Prüfansatz – Prüfen von Kurbelwellen von Großmotoren mit FMC/TFM im Vergleich mit einem Phased Array Sektorscan

Heiko KÜCHLER<sup>1</sup>, Stephan ECKERT<sup>2</sup>, Alexander MÄSCHKE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Olympus Deutschland GmbH, Hamburg

<sup>2</sup> Wildauer Schmiede- und Kurbelwellentechnik GmbH, Wildau

Kontakt E-Mail: heiko.kuechler@olympus.de

**Kurzfassung.** Die Firma Wildauer Schmiede- und Kurbelwellentechnik GmbH stellt Kurbelwellen für Großmotoren her. Diese Motoren treiben Generatoren in Schiffen mit Leistungen über 17.000 kW an. Es handelt sich unter anderem um Viertakt V-Motoren mit 18 Zylindern.

Die Kurbelwellen sind extrem hohen Dauerbelastungen ausgesetzt. Entsprechend genau muss geprüft werden. Neben Oberflächenrissprüfung und Videoskopie von Bohrlöchern für die Schmiermittelzuführung wird der Übergang vom Haupt- zum Pleuellager mit Ultraschall geprüft.

Vor vier Jahren wurde die konventionelle Ultraschallprüfung der Kurbelwellen ergänzt durch die Prüfung mit der Phased Array Technik, um die Auffindwahrscheinlichkeit (POD) von Anzeigen zu erhöhen.

Durch die Weiterentwicklung der tragbaren Phased Array Ultraschallprüfgeräte ist es möglich, auch in Echtzeit mit der FMC/TFM Methode zu prüfen. Diese Technologie bietet den Vorteil, dass Anzeigen ortstreuer und genauer detektiert werden können. Die Nachweisgrenze kleiner Anzeigen wird erhöht.

In diesem Vortrag wird untersucht, inwieweit die Prüfung mittels Phased Array Sektorscan durch die FMC/TFM Methode ergänzt werden kann, um Anzeigen in der Kurbelwelle besser zu charakterisieren. Es wird untersucht, welcher Prüfkopf und welcher Vorlaufkeil die Aufgaben dieses neuen Prüfansatzes am besten abdecken.

Ziel ist es, die Qualität in der Produktion zu erhöhen.

## Einführung

Die Firma Wildauer Schmiede- und Kurbelwellentechnik GmbH stellt Kurbelwellen für Großmotoren her. Diese Motoren treiben Generatoren in Schiffen mit Leistungen über 17.000 kW an. Es handelt sich unter Anderem um Viertakt V-Motoren mit 18 Zylindern.

Die Kurbelwellen sind extrem hohen Dauerbelastungen ausgesetzt. Entsprechend genau muss geprüft werden. Neben Oberflächenrisssprüfung und Videoskopie von Bohrlöchern für die Schmiermittelzuführung, wird der Übergang vom Haupt- zum Pleuellager mit Ultraschall geprüft.

Vor vier Jahren wurde dabei die konventionelle Ultraschallprüfung der Kurbelwellen, um die Prüfung mit der Phased Array Technik ergänzt, um so die Auffindwahrscheinlichkeit (POD) von Anzeigen zu verbessern.



3

## Einführung

Durch die Weiterentwicklung der tragbaren Phased Array Ultraschallprüfgeräte ist es möglich, auch in Echtzeit mit der FMC/TFM Methode zu prüfen. Diese Technologie ermöglicht ein höheres Auflösungsvermögen von UT-Anzeigen sowie eine genauere Ermittlung von Anzeigenkoordinaten. Durch eine erhöhte Nachweisempfindlichkeit wird die Nachweisgrenze kleiner. In diesem Vortrag wird untersucht, inwieweit die Prüfung mittels Phased Array Sektorscan durch die FMC/TFM Methode ergänzt werden kann, um Anzeigen in der Kurbelwelle besser zu charakterisieren. Es wird untersucht, welcher Prüfkopf und welcher Vorlaufkeil die Aufgaben dieses neuen Prüfansatzes am besten abdecken.

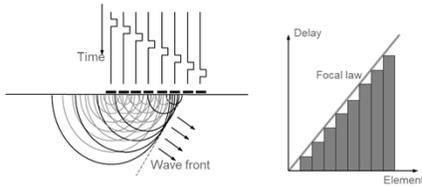
Ziel ist es, die Materialqualität in der Produktion zu erhöhen.



4

## Phased Array vs. FMC / TFM

Bei beiden der genannten Ultraschallprüfstrategien wird ein Ultraschallprüfkopf, der aus vielen Einzelementen besteht, zeitversetzt angesteuert.



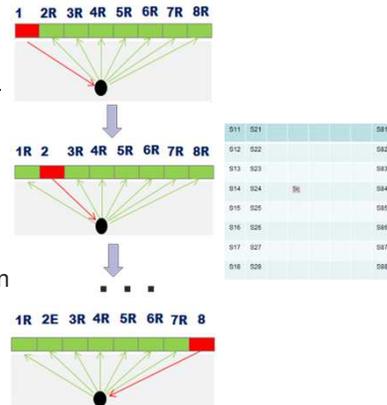
### Senden eines Phased Array Winkelschwenks

- Schallstrahl wird nach dem Huyghens'schen Prinzip erzeugt
- Die erzeugten Zeitverzögerungen generieren einen Winkelschwenk, moderates Datenaufkommen bei Winkelbereich 40-70°  
→ 31 Winkel / A-Bilder

### FMC = Full Matrix Capture

- 1. Element sendet, alle empfangen
- 2. Element sendet, alle empfangen
- usw. ....

Alle Laufzeiten / Amplituden werden in einer Matrix erfasst, viele Datenpunkte (8x8 im Bsp.)



5

## Die aktuell durchgeführte Prüfung mit Phased Array

Die Prüfung wird mit der Phased Array Technik im Sektorscan über Prüfköpfe mit radiusangepassten Vorlaufkeilen durchgeführt. Zum Einsatz kommt ein OmniScan SX mit dem dafür spezifizierten 10MHz Prüfkopf 10L16-4.96X5-A00.



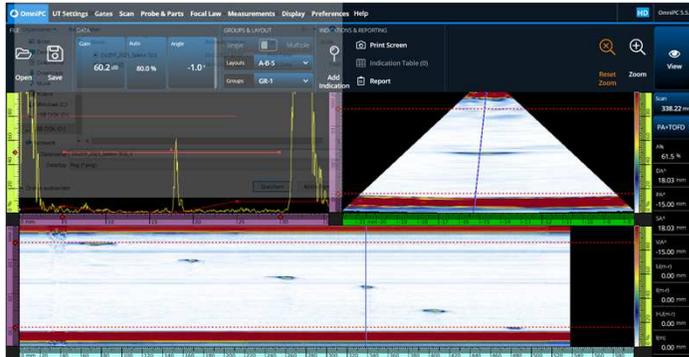
6

## Die aktuell durchgeführte Prüfung mit Phased Array

Justiert wird an einem eigens angefertigtem Testblock mit 0,5mm Flachbodenbohrungen in verschiedenen Tiefen.

Dieser Testkörper entspricht der zu prüfenden Oberfläche und Bauteilgeometrie.

Justiert wird damit eine TCG Kurve.

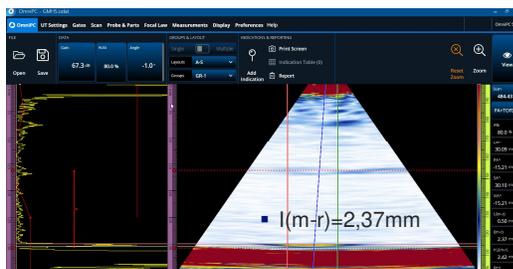
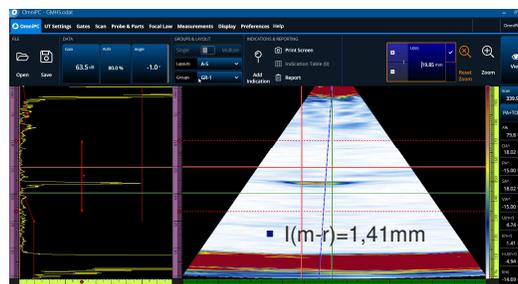
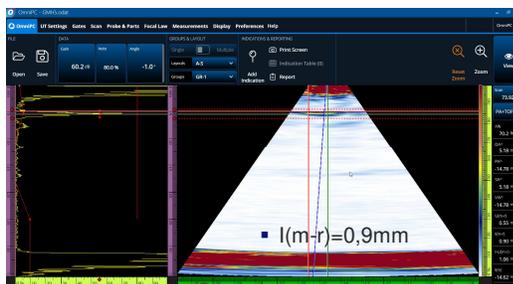


Page 7 Prüfen von Kurbelwellen für Großmotoren mit FMC/TFM im Vergleich zu einem Phased Array Sektorscan

OLYMPUS

7

## Die aktuell durchgeführte Prüfung mit Phased Array



Anhand der Justierung an den 0,5mm Flachbodenbohrungen wird eine TCG Kurve aufgenommen. Damit ist eine Vergleichbarkeit der Anzeigen in verschiedenen Tiefen möglich

Der Nachteil beim Sektorscan ist, dass bei größeren Tiefen die Anzeigen immer breiter dargestellt werden.

Die Fragestellung ist, ob mittels FMC / TFM das Auflösungsvermögen verbessert werden kann.

Page 8 Prüfen von Kurbelwellen für Großmotoren mit FMC/TFM im Vergleich zu einem Phased Array Sektorscan

OLYMPUS

8

## Die aktuell durchgeführte Prüfung mit Phased Array

Das nach ISO 9712 zertifizierte Personal führt dann in der Produktion die Prüfung durch



9

## Kann FMC / TFM diese Prüfung verbessern?

Setup für diese Prüfaufgabe



AIM – Amplitude Influence Map

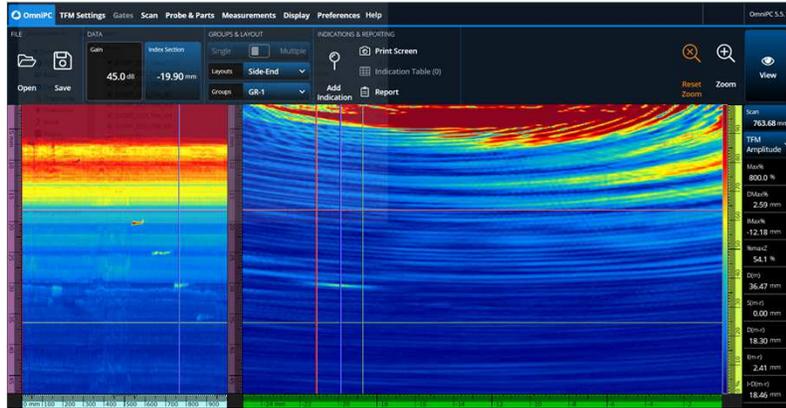
Die AIM (Acoustic Influence Map) zeigt die Zonen der höchsten zu erwartenden Amplitude. Die AIM kann Amplitudenhöhen für sphärische oder flächige Reflektoren darstellen. Daneben wird der Sensitivitätsindex angezeigt. Dies ist ein errechneter Wert für die maximal zu erwartende Amplitude

In der AIM ist deutlich zu sehen, dass das Schallfeld aufgrund des kleinen Phased Array Sensors 10L16-A00, Fläche ca. 25mm<sup>2</sup>, nur stark eingeschränkt im dargestellten Tiefenbereich bis 40mm nutzbar ist.

Da die Größe des Sensors mit der passenden Vorlaufstrecke durch die Prüfaufgabe definiert ist, stellt sich die Frage: „kann man mit einem Tiefenausgleich über die AIM eine Verbesserung erreichen?“

10

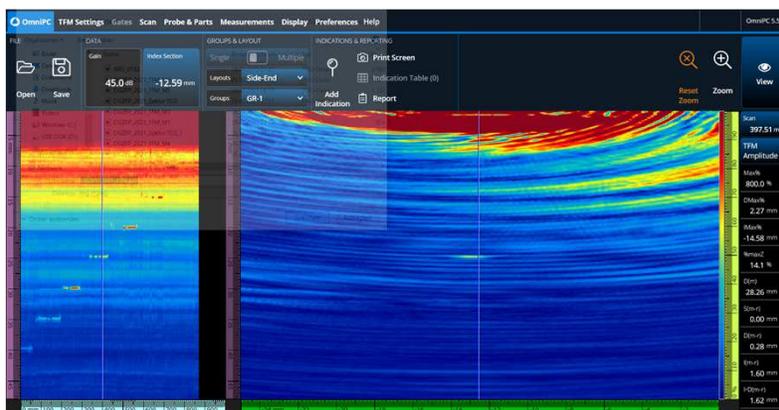
## Kann FMC / TFM diese Prüfung verbessern?



Die Seitenansicht, links in der Bildschirmkopie, zeigt die 0,5mm KRS Bohrungen ohne Tiefenausgleich.

11

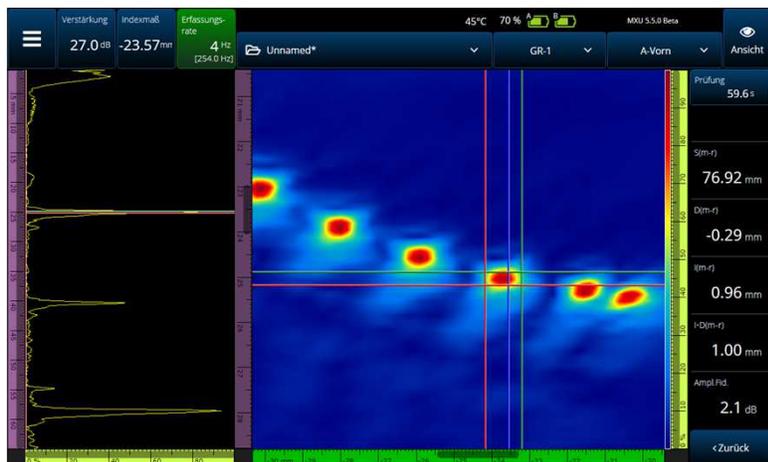
## Kann FMC / TFM diese Prüfung verbessern?



- Hier wurde mit Hilfe der AIM über die Prüftiefe ein Tiefenausgleich errechnet.
- Die Unterschiede im B-Scan sind durch Ankoppelschwankungen zu erklären.
- Die Flachbodenbohrungen im B-Scan in 30 und 40mm Tiefe sind nicht mehr bei 80% Amplitudenhöhe, hier wirkt die TCG, die aus der AIM errechnet wurde, nicht mehr.

12

## Kann FMC / TFM diese Prüfung verbessern?

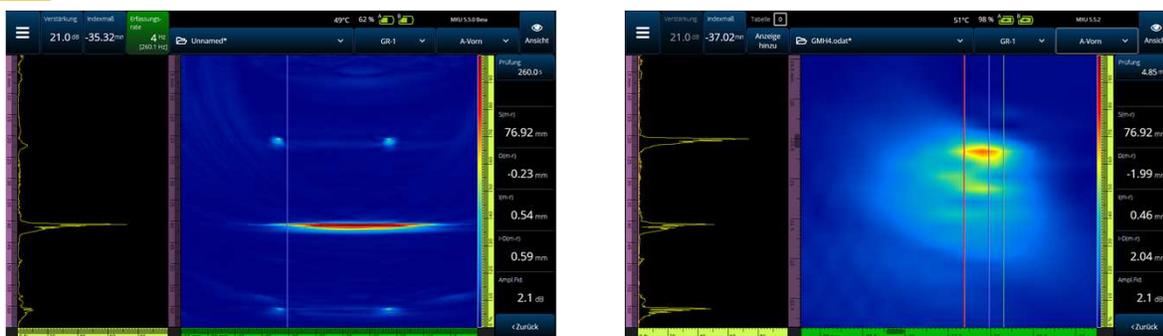


Um Anzeigen besser klassifizieren zu können war die Idee, die Anzeigen in der Ultraschallachse (Messindex) m-r (Mess- minus Referenzkursor) in Ihrer Breite auszumessen. Die Tiefe kann mit den Messkursoren ermittelt werden.

Ausmessen der 1mm Querbohrung an einem Testblock , das passt gut!

13

## Kann FMC / TFM diese Prüfung verbessern?

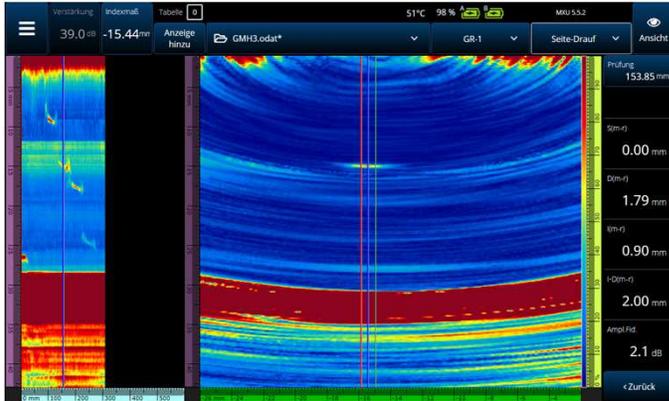


Darstellung der 0,5mm Querbohrungen aus dem Testblock. Das rechte Bild zeigt im Messwert I(m-r), dass im 6dB Abfall der Durchmesser recht genau bestimmt werden kann (0,46mm).

14

## Kann FMC / TFM diese Prüfung verbessern?

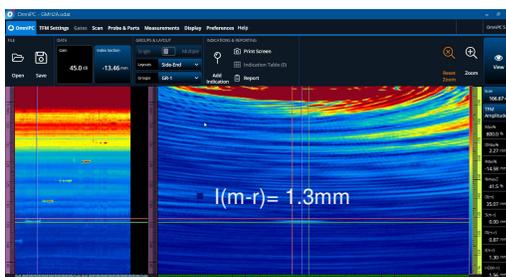
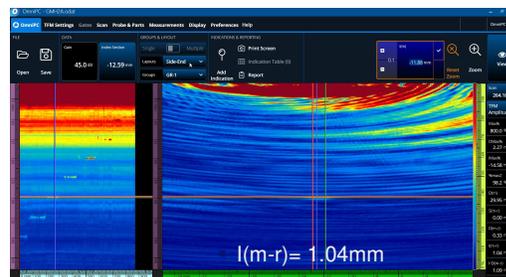
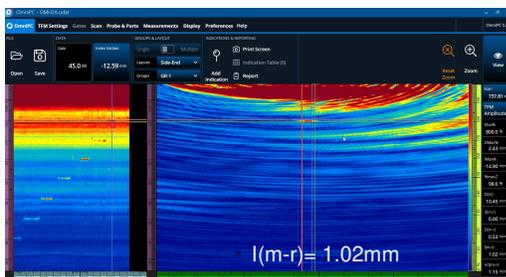
- Nun stellt sich die Frage: Kann die Fläche der Kreisscheibe der Testbohrung direkt in mm ausgemessen werden? Das wäre ein direkter Vorteil gegenüber des bisher benutzten Phased Array Sektorscan.



- Darstellung einer Anzeige. Diese wurde mit den Indexkursoren I(m-r) vermessen. I(m-r) – Index ergibt eine Ausdehnung von 0,9mm unterhalb des Prüfkopfes. Die Fläche der Flachbodenbohrung wird also zu groß dargestellt, wenn man den 6dB Abfall als Maßstab nimmt.
- Dennoch liegt die Größenausmessung nahe am Original und das in allen Tiefen, im Unterschied zur Messung beim Sektorscan

15

## Kann FMC / TFM diese Prüfung verbessern?



Die Messabweichung I(m-r) ist deutlich kleiner als beim Sektorscannen

16

## Kann FMC / TFM diese Prüfung verbessern?

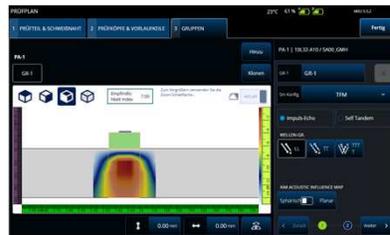
- Hier Beispiele für AIM mit größerer Apertur,



- 10L16-A00, SI = 2,28



- 10L16-A10, SI = 5.0



- 10L32-A10, SI = 7,0

Die AIM = Amplituden Einflußverteilung ist eine grafische Darstellung, bei der die zu erwartende Echo-amplitude eines Reflektors bestimmter Form (sphärisch, flächig, Orientierung) in der Einschallebene eines Arrays für TFM farbcodiert und auf 100% BSH normiert dargestellt wird. Der zugehörige Empfindlichkeitsindex SI (Sensitivitätsindex) ist die theoretisch berechnete, maximale Amplitude des gewählten Reflektors in der Einschallebene vor der Normierung: Je höher der SI, um so sicherer wird der Nachweis des gewählten Reflektortyps, bzw. um so höhere Amplituden sind zu erwarten.

17

## Fazit

Mit der derzeit benutzten Phased Array Konfiguration des 10L16-A00 und der TCG Kurve an den 0,5mm Kreisscheibenbohrungen ist die Bewertung der Fehlergröße sicherer als mit TFM.

Das Auffinden von kleinen Anzeigen ist im Sektorscan einfacher als mit TFM.

Wenn es möglich wäre, einen Sensor mit größerer Apertur zu benutzen, kann die Darstellung und Auffindwahrscheinlichkeit von Ultraschallanzeigen im FMC / TFM Modus besser werden.

18