

# Bestimmung der strukturabhängigen Ultraschallschwächung in Gusswerkstoffen am Beispiel von gegossenen Nickel- Aluminium-Bronzen

Sebastian HUBEL<sup>\*</sup>, Alexander DILLHÖFER<sup>\*</sup>, Hans RIEDER<sup>\*</sup>, Martin SPIES<sup>\*</sup>,  
Sylvia LEEVER<sup>\*\*</sup>, Adri VAN KOOIJ<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup> Fraunhofer Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM, Fraunhofer-Platz 1,  
67663 Kaiserslautern, Tel. 0631-31600-4344, Email [sebastian.hubel@itwm.fraunhofer.de](mailto:sebastian.hubel@itwm.fraunhofer.de)

<sup>\*\*</sup> Wärtsilä Netherlands, Lipsstraat 52, 5151 RP Drunen, Niederlande

**Kurzfassung.** Gusswerkstoffe wie Duplexstähle und Nickel-Aluminium-Bronzen spielen aufgrund ihrer Festigkeitseigenschaften und ihrer Korrosionsbeständigkeit eine wichtige Rolle unter anderem bei der Fertigung von Schiffsantriebskomponenten und Bauteilen im Off-Shore-Bereich. Aufgrund ihrer für den Ultraschall ungünstigen Eigenschaften zählen sie zu den schwerprüfbareren Werkstoffen. Die Streuung elastischer Wellen an (Grob-)Korn- und/oder Phasengrenzen führt zu einer mitunter beträchtlichen Schallschwächung und damit zu einem geringen Nutzsignal bei der bildgebenden Ultraschallprüfung. Durch die Simulation auf der Basis physikalischer Modelle gelingt es, diese Effekte quantitativ zu erfassen und verbesserte oder neue Prüfverfahren zu entwickeln, wenn die entsprechenden Materialparameter als Eingangsgrößen vorliegen. In diesem Beitrag befassen wir uns daher mit der experimentellen Bestimmung der frequenzabhängigen Schallschwächung. Die Untersuchungen mit Standard-Prüfköpfen unterschiedlicher Frequenz und Bandbreite haben wir an einem speziell gegossenen Bronze-Testkörper durchgeführt. Die in den verschiedenen Dickenbereichen während des Abkühlprozesses ausgebildeten Gefüge entsprechen den in realen Bauteilen vorhandenen Kornstrukturen und sind daher als repräsentativ für gegossene Schiffspropeller aus Cu3 anzusehen. Wir berichten über die Bestimmung der frequenzabhängigen Schallschwächungskoeffizienten für die untersuchten Wanddicken von 30 mm bis 200 mm und deren Korrelation mit der im Gefüge vorliegenden Korngrößen.

# Bestimmung der strukturabhängigen Ultraschallschwächung in Gusswerkstoffen am Beispiel von gegossenen Nickel-Aluminium-Bronzen

S. Hubel, A. Dillhöfer, H. Rieder, M. Spies, Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM, Abteilung Bildverarbeitung, 67663 Kaiserslautern, www.itwm.fraunhofer.de  
 S. Leever, A. van Kooij, Wärtsilä Netherlands, Lipsstraat 52, 5151 RP Drunen, Niederlande

## Gusswerkstoffe - stark schallschwächende Materialien

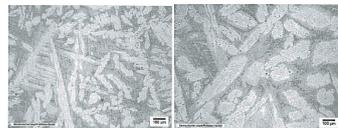
### Gusswerkstoffe

- z. B. Bronzeguss, Stahlguss
- Streuung elastischer Wellen an (Grob-) Korngrenzen und/oder Phasengrenzen

### Nickel-Aluminium-Bronzen

- hohe Zugfestigkeit
- hohe Beständigkeit gegen Korrosionsermüdung bei Salzwassereinwirkung
- Abhängigkeit der mechanischen Eigenschaften vom Gefügestand

Einsatz von Nickel-Aluminium-Bronzen als geeignetes Material für Schiffspropeller



Exemplarische Schlibfbilder links: feinkörnige Struktur an der Flügelspitze eines Schiffspropellers  
 rechts: grobkörnige Struktur am Flügelfuß  
 (Quelle: Germanischer Lloyd Prüflabor, Hamburg)

## Sensorik

### Tragbares Ultraschallprüfgerät

- verstellbare Verstärkung in 0,5 dB-Schritten



eingesetzte Prüfköpfe

exemplarische Rückwandeckfolge

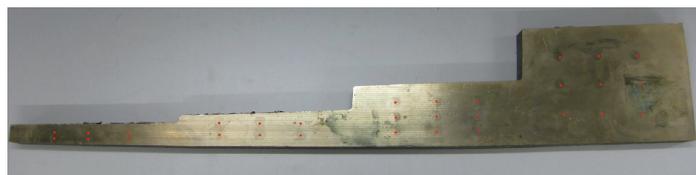


### Longitudinalwellen-Prüfköpfe von GE Inspection und Olympus

- 9 Prüfköpfe (PK) mit unterschiedlichen Mittenfrequenzen (MF) und Bandbreiten (BB)

PK	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MF [MHz]	1	1,5	2,5	2,65	4	1,2	2,6	2,25	4
BB [%]	20	33	28	57	35	17	38	58	28

## Mess- und Auswerteverfahren



Je 2x3 Messpunkte in den Bereichen 30mm und 50mm und je 3x3 Messpunkte in den Bereichen 100mm und 200mm (im Bild rot markiert)

### Messverfahren

- Erfassung zweier aufeinanderfolgender Rückwandeckchos (RWE)
- Verstärkung der Amplitude des ersten RWE auf 100% Bildschirmhöhe und Erfassung der Verstärkung  $V_1$  in [dB]
- Verstärkung der Amplitude des zweiten RWE auf 100% Bildschirmhöhe und Erfassung der Verstärkung  $V_2$  in [dB]

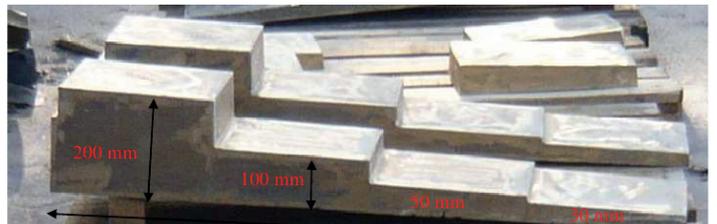
### Berechnung der Schallschwächung

- Schallschwächungskoeffizient  $\alpha$ :  

$$\alpha = 1/x (V_1 - V_2)$$
 (x: Schallweg, V: Verstärkung in [dB])

## Stufentestkörper

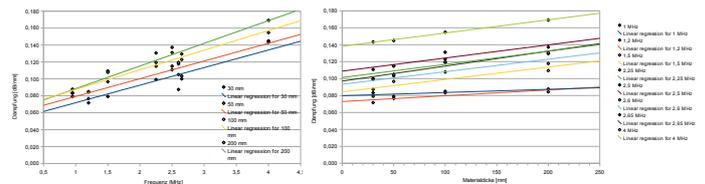
- Nickel-Aluminium-Bronze
- 4 Stufen, deren Dicke von 30mm bis 200mm ansteigt
- Querschnitt aus größerem, speziell angefertigtem Gussteil
- konstante Dicke d in Schallausbreitungsrichtung
- keine spezielle Oberflächenbehandlung



Gussblock, aus dem der für die Messung verwendete Stufentestkörper herausgeschritten wurde (Gesamtlänge ca. 1200mm)

## Ermittelte Schallschwächungskoeffizienten

### Frequenzabhängige Schwächung Strukturabhängige Schwächung



- hohe Schallschwächungskoeffizienten von 0,72 dB/cm bei 1,2 MHz und 30mm Materialdicke bis 1,69 dB/cm bei 4 MHz und 200 mm Materialdicke
- stärkere Schallschwächung bei höheren Frequenzen und zunehmender Materialdicke

## Zusammenfassung und Ausblick

- Die Tendenz der Ergebnisse, die bei höheren Frequenzen und zunehmender Materialdicke eine stärkere Schallschwächung aufweisen, stimmt mit den vorherigen Erwartungen überein.
- Die durchgeführten Untersuchungen und erzielten Ergebnisse helfen bei der Simulation der Schallfelder und verbessern damit auch die Fehlerrekonstruktion bei der Aus- und Bewertung mittels SAFT.
- Weitere Messungen an verschiedenen Testkörpern sollen die erzielten Ergebnisse bestätigen und Schallschwächungskoeffizienten für die verschiedenen Gussvarianten liefern.
- Durch die Aufnahme der HF-Signale mittels geeignetem Datenerfassungssystem und einer anschließenden Spektralanalyse der Rückwandeckchosignale soll die Frequenzabhängigkeit der Schallschwächung genauer spezifiziert werden. Hierbei wird der Breitbandigkeit der Prüfköpfe, welche bei dem hier dargestellten Messverfahren nicht berücksichtigt werden kann, Rechnung getragen.