

Einsatz von Luftschall-Prüfköpfen mit geringer akustischer Impedanz

M. GAAL, J. DÖRING, J. BARTUSCH, G. BREKOW
BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

Kurzfassung. Einer der Schwerpunkte für die Entwicklung von Luftschall-Prüfköpfen ist die Impedanzanpassung an das Medium Luft. Einen neuartigen Ansatz zur Überwindung dieses Problems liefern piezoelektrische Kunststoff-Schaumfolien. Ihre niedrige akustische Impedanz ist an die akustische Impedanz der Luft bestens angepasst.

Ein Vergleich der verschiedenen Methoden zur Impedanzanpassung, wie die mit Keramikwandlern häufig benutzten Anpassschichten, die Erhöhung der Luftdichte und die Verwendung von kapazitiven Wandlern (CMUT, capacitive micromachined ultrasonic transducers) belegt die Vorzüge der Schaumfolien für die ZfP.

Einsatz von Luftschall-Prüfköpfen mit geringer akustischer Impedanz

M. Gaal, J. Döring, J. Bartusch, G. Brekow

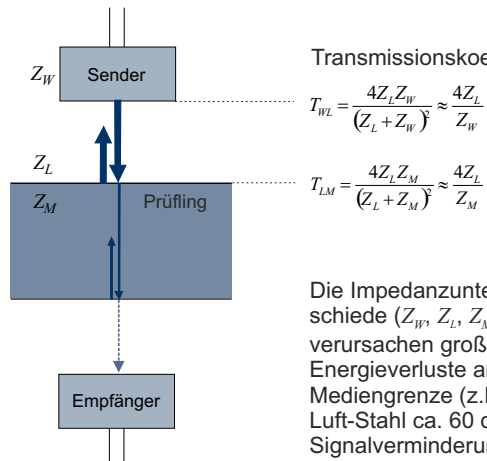
BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung; Unter den Eichen 87, 12205 Berlin

Einleitung

Einer der Schwerpunkte für die Entwicklung von Luftschall-Prüfköpfen ist die Impedanzanpassung an das Medium Luft. Einen neuartigen Ansatz zur Überwindung dieses Problems liefern piezoelektrische Kunststoff-Schaumfolien. Ihre niedrige akustische Impedanz ist an die akustische Impedanz der Luft bestens angepasst.

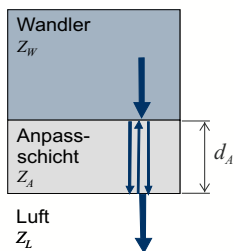
Ein Vergleich der verschiedenen Methoden zur Impedanzanpassung, wie die mit Keramikwandlern häufig benutzten Anpassschichten, die Erhöhung der Luftdichte und die Verwendung von kapazitiven Wandlern (CMUT, capacitive micromachined ultrasonic transducers) belegt die Vorzüge der Schaumfolien für die ZfP.

Problem: Impedanzsprünge bei Luftankopplung



Impedanzanpassung

a) Anpassschichten



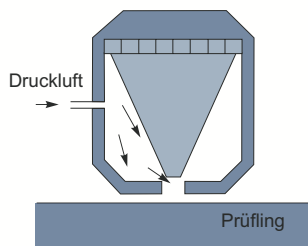
Ideal: $d_A = \frac{\lambda}{4}$ und $Z_A = \sqrt{Z_W Z_L}$

In Wirklichkeit:

- keine sinusförmige Impulse
- kein Material mit passender Impedanz

Problem: lange Impulse

b) Erhöhung des Luftdrucks



Druckluft-Gleitschuh, 10 bar, Erhöhung des Signals um 40 dB (IZFP Saarbrücken)

Probleme: Luftverwirbelungen, Störung des Luftschallfeldes, Rauschen; komplizierter Aufbau

b) Kapazitive Wandler



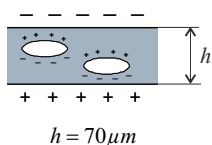
CMUT: capacitive micromachined ultrasonic transducers

Gute Anpassung an die Luft wegen hoher Biegsamkeit der Membrane

Kollapsspannung bei $\Delta d = d_0/3$

Problem: Begrenzung für die Anregung durch die Kollapsspannung

Neues Wandlermaterial: poröses Polypropylen



Kleine Dichte und Schallgeschwindigkeit

$$\rho = 330 \text{ kg/m}^3$$

$$v \approx 80 \text{ m/s}$$

ergeben eine sehr niedrige akustische Impedanz:

$$Z = \rho \cdot v = 0,026 \text{ Mrayl}$$

Vergleich von Wandlermaterialien

	PZT (Bleizirkoniumtitanat)	Verbundwerkstoff (PZT mit Polymer)	PVDF (Polyvinylidenfluorid)	Poröses Polypropylen
Z [Mrayl] akustische Impedanz	25-37*	6,5*	3,9*	0,020 bis 0,028**
k Kopplungsfaktor	0,35 bis 0,55*	0,65*	0,11 bis 0,15*	0,06 bis 0,12**
FOM [10 ⁴ Mrayl ⁻²] figure of merit	ca. 0,06	42	0,19	200 bis 2000

*aus der Literatur; **eigene Messungen

$FOM = 10^4 \frac{k^4}{Z_W^2}$ beschreibt die Energieübertragung auf der ganzen Strecke Sender-Empfänger