

V704

Scanverfahren in der Ultraschalltechnik

Evelyn Romanjuk
evelyn.romanjuk@tu-dortmund.de

Ramona-Gabriela Kallo
ramonagabriela.kallo@tu-dortmund.de

Durchführung: 29.05.18

Abgabe: 05.06.18

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung	3
2	Theorie	3
3	Aufbau und Durchführung	4

1 Zielsetzung

Dieser Versuch beschäftigt sich mit unterschiedlichen Scanverfahren mittels Ultraschall. Genauer werden mit dem A- und B-Scan die Bohrungen in einem Acrylblock untersucht und die Scanverfahren miteinander verglichen, sowie ein Herzmodell mithilfe des TM-Scans analysiert.

2 Theorie

In der Physik wird unter Schall eine longitudinale Welle verstanden, die sich durch Druckschwankungen bewegt. Zu unterscheiden ist zwischen Infraschall, dessen Frequenzbereich unter 16 Hz liegt, dem Hörschall im Bereich von etwa 16 Hz und 20 kHz, dem Ultraschall von 20 kHz bis ca. 1 GHz und Hyperschall ab 1 GHz. Die Welle hat die Form

$$p(x, t) = p_0 + v_0 Z \cos(\omega t - kx) \quad (1)$$

wobei $Z = c \cdot \rho$ als akustische Impedanz bezeichnet wird. Die Dichte ρ und die Schallgeschwindigkeit c machen Z zu einer materialspezifischen Größe, wodurch sich auch die Schallwelle in verschiedenen Materialien unterschiedlich verhält. Während sich Schall in Flüssigkeiten oder Gasen immer longitudinal ausbreitet und im Falle eines flüssigen Mediums von der Dichte ρ und der Kompressibilität κ abhängt und die Schallgeschwindigkeit

$$c_{\text{Fl}} = \sqrt{\frac{1}{\kappa \cdot \rho}} \quad (2)$$

hat, sind in festen Medien wegen Schubspannungen auch transversale Wellen möglich. Hier spielt das Elastizitätsmodul E eine Rolle:

$$c_{\text{Fe}} = \sqrt{\frac{E}{\rho}}. \quad (3)$$

Es gilt, dass Schallgeschwindigkeiten in Festkörpern richtungsabhängig und für longitudinale und transversale Welle verschieden sind. Während der Schall durch ein Medium wandert verliert er durch Absorption einen Teil seiner Energie, wodurch die Intensität I_0 sinkt:

$$I(x) = I_0 \cdot e^{\alpha x} \quad (4)$$

α wird Absorptionskoeffizient der Schallamplitude genannt.

Neben der Absorption sind auch Reflektionen zu beobachten. Diese treten auf, wenn Schallwellen auf die Grenzfläche zweier Medien treffen. Der Reflektionskoeffizient R lässt sich über die akustischen Impedanzen Z der beiden Materialien berechnen:

$$R = \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^2 \quad (5)$$

Der transmittierte Anteil T ist damit:

$$T = 1 - R. \quad (6)$$

Zur Erzeugung von Ultraschallwellen können beispielsweise piezoelektrische Kristalle verwendet werden. In einem elektrischen Wechselfeld beginnen diese zu schwingen, sofern eine der Achsen parallel zum elektrischen Feld ausgerichtet ist. Wenn Anregungsfrequenz und Eigenfrequenz des Kristalls zusammenpassen, so können mit der Resonanz große Schwingungsamplituden und Schallenergiegedichten erreicht werden. Ebenso ist es möglich den Kristall als Empfänger zu verwenden, der zu schwingen beginnt wenn Schallwellen von außerhalb auf den Kristall treffen.

Mit Ultraschall können Laufzeitmessungen durchgeführt werden, die Aufschluss über das durchstrahlte Objekt geben. Hierbei gibt es zwei Verfahren:

- Bei dem Durchschallungs-Verfahren werden ein Ultraschallsender und ein Empfänger verwendet. Wenn es in dem durchstrahlten Material eine Fehlstelle gibt, so wird die Intensität durch Absorption abgeschwächt, was mit dem Empfänger gemessen werden kann. Allerdings ist es mit diesem Verfahren nicht möglich den Ort der Fehlstelle festzustellen.
- Das Impuls-Echo-Verfahren arbeitet mit nur einem Instrument, das sowohl als Sender, als auch als Empfänger eingesetzt wird. Dieses sendet Ultraschallwellen aus, die an der Fehlstelle reflektiert und wieder von der Sonde aufgenommen werden. Bei diesem Verfahren kann die Lage der Fehlstelle über die Schallgeschwindigkeit c und die Laufzeit t ermittelt werden:

$$s = \frac{1}{2}ct. \quad (7)$$

Für Laufzeitdiagramme können drei verschiedenen Darstellungsarten angewandt werden:

- Beim A-Scan (Amplituden Scan) werden die Echoamplituden gegen die Laufzeit aufgetragen, wodurch sich ein eindimensionales Bild ergibt.
- Beim B-Scan (Brightness Scan) entsteht ein zweidimensionales Bild. Dazu wird die Sonde über das Objekt geführt und aus mehreren eindimensionalen A-Scans wird dann sofort ein B-Bild erstellt. Die Echoamplituden werden hier über Helligkeitsabstufungen sichtbar gemacht.
- Beim TM-Scan (Time-Motion-Scan) können auch Bewegungen dargestellt werden, indem eine Reihe von Bildern durch schnelles Abtasten aufgenommen werden.

3 Aufbau und Durchführung

Zu dem Versuchsaufbau gehören ein Ultraschallechoskop, eine Sonde für das Impuls-Echo-Verfahren mit einer Frequenz von 2 MHz und ein Rechner zur Datenverarbeitung und -darstellung.

Nachdem der zu untersuchende Acrylblock ausgemessen wird, werden die Störstellen in dem Block mit einem A-Scan bestimmt. Hierzu wird die Sonde über die betreffenden Stellen gehalten, wobei Wasser als Koppelmittel verwendet wird. Auf dem Rechner ist während der Untersuchung ein Graph zu sehen, aus dem die Abstände zu den Störstellen abgelesen werden können. Die Untersuchung wird für die gegenüberliegende Seite des Blocks wiederholt. Zudem wird das Auflösungsvermögen analysiert, indem zwei kleine, benachbarte Fehlstellen ausgemessen werden.

Im nächsten Versuchsteil wird die Untersuchung der Bohrungen mit dem B-Scan durchgeführt. Dazu wird das Computerprogramm auf den B-Scan eingestellt und dann gestartet. Daraufhin wird die Sonde gleichmäßig über den Block geführt, woraus das Programm ein Bild aus Helligkeitsabstufungen generiert, aus welchem die Lage der Störstellen abgemessen werden können.

Zuletzt wird ein Herzmodell mit dem TM-Scan untersucht. Hierfür wird ein Doppelgefäß mit einer Membran, die mit einer Pumpe gewölbt werden kann, verwendet. Der obere Teil des Gefäßes wird etwa zu einem Drittel mit Wasser gefüllt und die Sonde so angebracht, dass sie gerade die Oberfläche berührt. Dann kann mit einem A-Scan die Laufzeit des Echos ermittelt werden. Mit dem TM-Scan erfolgt die Bestimmung des Herzvolumens und der Frequenz. Dazu wird mit der Pumpe gleichmäßig die Membran bewegt, wodurch die Wasseroberfläche steigt und sinkt. Dies wird über den Computer im M-Mode aufgenommen und zu einem Bild verarbeitet, aus dem die Frequenz und das Herzvolumen bestimmt werden kann.