

AUFGABEN:

- Beobachtung des Beugungsmusters bei fester Ultraschallfrequenz für zwei verschiedene Lichtwellenlängen.
- Beobachtung des Beugungsmusters für verschiedene Ultraschallfrequenzen zwischen 1 und 12 MHz.
- Bestimmung der zugehörigen Schallwellenlängen und der Schallgeschwindigkeit.

ZIEL

Bestimmung der Geschwindigkeit von Ultraschallwellen in Flüssigkeiten.

ZUSAMMENFASSUNG

Die periodischen Dichteänderungen einer stehenden Ultraschallwelle in einer Flüssigkeit werden als optisches Gitter zur Beugung eines parallelen, monochromatischen Lichtstrahls genutzt, der sich senkrecht zur Ultraschallwelle ausbreitet. Aus dem Beugungsmuster lässt sich bei bekannter Lichtwellenlänge die Schallwellenlänge in der Flüssigkeit ermitteln und zur Berechnung der Schallgeschwindigkeit nutzen.

BENÖTIGTE GERÄTE

Anzahl	Geräte	Art.-Nr.
1	Ultraschall-cw-Generator	1002576
1	Probengefäß	1002578
1	Laserdiode zum Debye-Sears-Effekt, rot	1002577
1	Laserdiode zum Debye-Sears-Effekt, grün	1002579
1	Taschenbandmaß, 2 m	1002603
1	Ultraschall-Koppelgel	1008575

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Die Beugung von Licht an Ultraschallwellen in Flüssigkeiten wurde 1922 von Brillouin vorhergesagt und 1932 von Debye und Sears sowie Lucas und Biquard experimentell bestätigt. Sie beruht auf der periodischen Änderung des Brechungsindex in der Flüssigkeit, die durch eine Ultraschallwelle hervorgerufen wird. Auf eine senkrecht dazu durchtretende Lichtwelle wirkt diese Anordnung als Phasengitter, das sich mit Schallgeschwindigkeit verschiebt. Seine Gitterkonstante entspricht der Wellenlänge der Ultraschallwellen und hängt somit von deren Frequenz und der Schallgeschwindigkeit des durchstrahlten Mediums ab. Die Bewegung des Phasengitters kann bei Beobachtung auf einem sehr weit entfernten Schirm vernachlässigt werden.

Im Experiment koppelt ein vertikal ausgerichteter Wandler Ultraschallwellen bei Frequenzen zwischen 1 und 12 MHz in die Testflüssigkeit ein. Ein paralleles monochromatisches Lichtbündel durchdringt die Flüssigkeit in horizontaler Richtung und wird am Phasengitter gebeugt. Das Beugungsmuster enthält mehrere Beugungsmaxima in regelmäßigem Abstand zueinander.

Für den Winkel α_k des Beugungsmaximums der k -ten Ordnung gilt

$$(1) \quad \tan \alpha_k = k \cdot \frac{\lambda_L}{\lambda_S}$$

λ_L : Lichtwellenlänge, λ_S : Schallwellenlänge

Daher kann die Schallwellenlänge λ_S aus den Abständen der Beugungsmaxima bestimmt werden. Zusätzlich lässt sich gemäß

$$(2) \quad c = f \cdot \lambda_S$$

die Schallgeschwindigkeit c in der Flüssigkeit berechnen, da auch die Frequenzen f der Schallwellen bekannt sind.

AUSWERTUNG

Es wird die Entfernung s zwischen Ultraschallwandler und Beugungsbild sowie der Abstand x_{2k} zwischen dem $-k$ -ten und dem $+k$ -ten Beugungsmaximum gemessen. Beide Werte gehen in die Berechnung des Winkels α_k für das Beugungsmaximum der k -ten Ordnung ein.

$$\tan \alpha_k = \frac{x_{2k}}{2 \cdot s}$$

Die Bestimmungsgleichung für die Schallwellenlänge λ_S lautet somit

$$\lambda_S = \frac{2 \cdot k \cdot s}{x_{2k}} \cdot \lambda_L$$

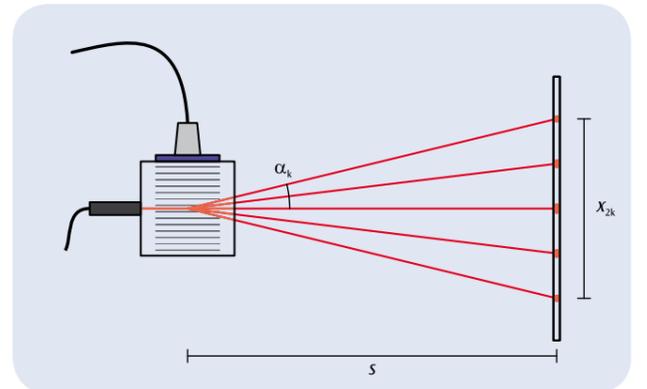


Abb. 1: Schematische Darstellung zur Beugung von Licht an einem mit Ultraschallwellen in einer Flüssigkeit erzeugten Phasengitter (Debye-Sears-Effekt).

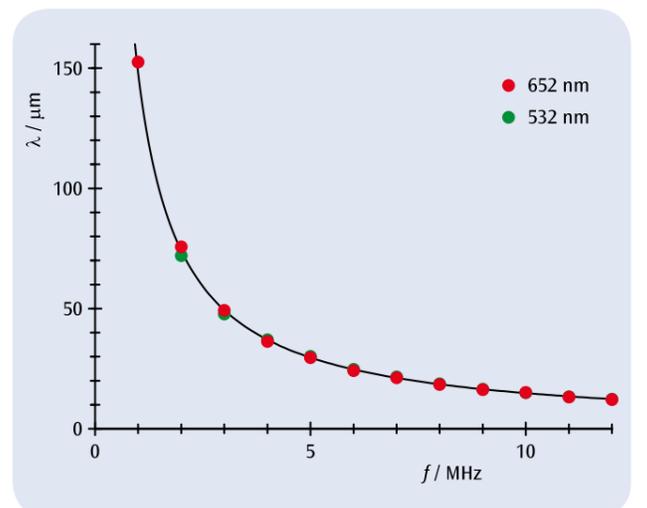


Abb. 2: Schallwellenlänge λ_S in Wasser in Abhängigkeit von der Frequenz f .