

US3

## **Doppler-Sonographie**

Amelie Hater  
amelie.hater@tu-dortmund.de

Ngoc Le  
ngoc.le@tu-dortmund.de

Durchführung: 07.05.2024

Abgabe: 14.05.2024

TU Dortmund – Fakultät Physik

# Inhaltsverzeichnis

|                                     |          |
|-------------------------------------|----------|
| <b>1 Zielsetzung</b>                | <b>3</b> |
| <b>2 Theorie</b>                    | <b>3</b> |
| 2.1 Vorbereitungsaufgaben . . . . . | 3        |
| <b>3 Durchführung</b>               | <b>4</b> |
| <b>4 Auswertung</b>                 | <b>4</b> |
| <b>5 Diskussion</b>                 | <b>4</b> |
| <b>Literatur</b>                    | <b>4</b> |
| <b>Anhang</b>                       | <b>4</b> |
| Originaldaten . . . . .             | 4        |

# 1 Zielsetzung

Das Ziel dieses Versuchs ist die Untersuchung der charakteristischen Eigenschaften von Strömungen anhand des Impuls-Echo-Verfahren.

# 2 Theorie

Die menschliche Hörschwelle liegt zwischen ca. 16 Hz und ca. 20 kHz. Der Ultraschall Frequenzbereich liegt oberhalb der Hörschwelle bei ca. 20 kHz bis ca. 1 GHz. Von einem Hyperschall wird gesprochen, wenn der Frequenzbereich über 1 GHz liegt. Der Infraschall Frequenzbereich liegt unterhalb der Hörschwelle. Der Doppler-Effekt beschreibt die Änderung der Frequenz bei relativer Bewegung zwischen einem Beobachter und einer Schallquelle. Wenn sich die Quelle auf den Beobachter zu bewegt, wird die Frequenz  $\nu_0$  zu einer höheren Frequenz  $\nu_{\text{gr}}$  und wenn die Quelle sich vom Beobachter entfernt, sinkt die Frequenz  $\nu_0$  auf eine niedrigeren Frequenz  $\nu_{\text{kl}}$ . Diese Beziehungen lassen sich mit der Gleichung

$$\nu_{\text{gr/kl}} = \frac{\nu_0}{1 \mp \frac{v}{c}} \quad (1)$$

beschreiben, wobei  $v$  die Geschwindigkeit des Objekts und  $c$  die Schallgeschwindigkeit ist. Falls die Quelle stationär bleibt und der Beobachter sich der Quelle nähert, dann erhöht sich die Frequenz  $\nu_0$  auf eine höhere Frequenz  $\nu_{\text{h}}$ . Entfernt sich der Beobachter von der Quelle weg, dann sinkt die Frequenz  $\nu_0$  auf eine Frequenz  $\nu_{\text{n}}$ . Die Veränderungen lassen sich durch folgende Beziehung beschreiben

$$\nu_{\text{h/n}} = \nu_0 \left( 1 \pm \frac{v}{c} \right) . \quad (2)$$

Die Frequenzverschiebung  $\Delta\nu$  wird mithilfe der Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  ermittelt, welche die Winkel zwischen der Geschwindigkeit  $v$  und der Wellennormalen der einlaufenden bzw. auslaufenden Welle beschreibt. Diese Beziehung lautet

$$\Delta\nu = \nu_0 \frac{v}{c} (\cos \alpha + \cos \beta) . \quad (3)$$

Bei diesem Versuch wird das Impuls-Echo-Verfahren verwendet, bei dem die Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  identisch sind. Daraus folgt für die Frequenzverschiebung

$$\Delta\nu = 2\nu_0 \frac{v}{c} \cos \alpha . \quad (4)$$

Die Erzeugung von Ultraschall ist unter anderem durch die Methode des reziproken piezoelektrischen Effekts möglich. Hierfür wird ein piezoelektrischer Kristall in ein elektrisches Wechselfeld eingeführt. Der Kristall wird zum schwingen angeregt, wenn eine polare Achse des Kristalls zum elektrischen Feld zeigen und strahlt Ultraschallwellen währenddessen ab.

## 2.1 Vorbereitungsaufgaben

Zur Vorbereitung soll der Dopplerwinkel von drei verschiedenen Prismenwinkeln  $\theta$  berechnet werden. Diese lassen sich mithilfe der Gleichung ?? bestimmen und sind in der Tabelle 2 aufgelistet.

**Tabelle 1:** Berechnete Dopplerwinkel zu drei verschiedene Prismenwinkel mit den Schallgeschwindigkeiten  $c_L = 1800 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  und  $c_P = 2700 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

| $\theta [^\circ]$ | $\alpha [^\circ]$ |
|-------------------|-------------------|
| 15                | 80,06             |
| 30                | 70,53             |
| 60                | 54,74             |

Außerdem sollen die Tiefeneinstellungen bestimmt werden, bei denen die Flussgeschwindigkeit der drei verschiedenen Röhren gemessen werden kann. Diese werden durch einen Dreisatz bestimmt, da bei Acryl für die Tiefeneinstellung  $4 \mu\text{s} \hat{=} 10 \text{ mm}$  und für die Dopplerflüssigkeit  $4 \mu\text{s} \hat{=} 7 \text{ mm}$  gilt.

**Tabelle 2:** Berechnete Tiefeneinstellungen für drei verschiedene Röhreninnendruckmessern für Acryl und der Dopplerflüssigkeit.

|                    | $[\mu\text{s}]$<br>bei 7 mm | $[\mu\text{s}]$<br>bei 10 mm | $[\mu\text{s}]$<br>bei 16 mm |
|--------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Acryl              | 2,8                         | 4                            | 6,4                          |
| Dopplerflüssigkeit | 4                           | 5,714                        | 9,143                        |

## 3 Durchführung

## 4 Auswertung

## 5 Diskussion

## Literatur

[1] Unknown. *Doppler-Sonographie*. TU Dortmund, Fakultät Physik. 2024.

## Anhang

## Originaldaten