

# **Dopplereffekt**

**Versuch V104**

9. März 2017

# 1 Zielsetzung

Soll der Doppler-Effekt bei einer bewegten Quelle untersucht werden.

## 2 Theorie

Der Doppler Effekt tritt immer dann auf, wenn es eine relative Bewegung zwischen Quelle und Empfänger gibt. Dadurch kommt es zu einer Verschiebung der wahrgenommenen Frequenz. Das heißt, der Empfänger hört entweder den Ton mit einer höheren oder mit einer niedrigeren Frequenz. Bewegt sich der Empfänger und ist die Quelle in Ruhe so gilt für die Frequenz:

$$f_{\text{empf}} = f_0 \left(1 + \frac{u}{c}\right).$$

Es sei hierbei  $u$  die Geschwindigkeit des Empfängers und  $c$  die Phasengeschwindigkeit (in Luft: Schallgeschwindigkeit).

Umgekehrt erhält man bei bewegter Quelle und ruhenden Empfänger:

$$f_{\text{quell}} = f_0 \left(1 + \frac{u}{c}\right)^{-1}.$$

Hier gibt  $u$  die Geschwindigkeit der Quelle an.

## 3 Versuchsaufbau/-durchführung

### 3.1 Messung der Relativgeschwindigkeit

Der Wagen wird von einem zehngängigen Synchronmotor angetrieben. Der Messzeitraum wird durch zwei Lichtschranken festgelegt. Durch vermessen des Abstandes zwischen den beiden Lichtschranken, kann auf die Geschwindigkeit geschlossen werden. Die Verknüpfung von Lichtschranke mit der Stoppuhr wird mit Hilfe einer logischen Schaltung realisiert. Die Zeit wird mit einer Genauigkeit von  $10^{-5}$  genau gemessen. Zusätzlich wird bei der Zeitmessung ein Untersetzer benötigt, dieser verringert die Anzahl der Impulse um den einstellbaren Faktor  $10^n$ .

### 3.2 Messung der Schallgeschwindigkeit

Um die Schallgeschwindigkeit zu messen, wird das erzeugte und gemessene (von einem Mikrofon) Signal eines Quarzgenerators auf die x- und y-Achse eines Oszilloskops gegeben. Die so entstehende Lissajou-Figur wird genutzt, um den auf einem Präzisionsschlitten (Genauigkeit  $10\text{ }\mu\text{m}$ ) montierten Lautsprecher so einzustellen, dass beide Signale in Phase sind. Wird nun der Abstand zwischen zwei Punkten gleicher Phase bestimmt, erhält man direkt die Wellenlänge. Mit dieser und der Ruhefrequenz des Generators erhält man dann die Schallgeschwindigkeit  $c = \lambda f$ .

### 3.3 Messung der Ruhefrequenz

Der Wagen und der auf ihm platzierte Lautsprecher ruhen während der Messung. Zeitgleich wird das vom Lautsprecher erzeugte Signal vom Mikrofon aufgezeichnet und vom Zählwerk gemessen. Mithilfe des vorher eingestellten Messzeit kann dann die Ruhefrequenz bestimmt werden.

### 3.4 Messung der Frequenz (bewegte Quelle)

Nun bewegt sich der Wagen, mit der vorher am Motor eingestellten Geschwindigkeit. Die Messung beginnt, sobald der Wagen die erste Lichtschranke durchläuft und endet sobald er die Zweite erreicht. Das Zählwerk misst auch hier wieder die ankommenden Impulse. Die Fälle des zum Mikrofon hinbewegen und zurückbewegen werden gesondert betrachtet.

### 3.5 Schwebungsmethode

Bei diesem Teilversuch bewegt sich der Lautsprecher nicht selber, sondern ein auf den Lautsprecher gerichteten Spiegel. Da sich der Lautsprecher neben dem Mikrofon befindet, kann dank Schallreflexion am Spiegel, eine Schwebung vom Mikrofon festgestellt werden. Das vom Mikrofon gemessene Signal wird von einem Gleichrichter und einem Tiefpass verarbeitet. Der Tiefpass filtert das Schwebungssignal heraus und leitet es an das Zählwerk weiter. Mit diesem und dem vorher eingestellten Zeitintervall kann dann auf die Schwebungsfrequenz geschlossen werden. Die Frequenz entspricht dann gerade der Frequenzdifferenz zur Ruhefrequenz, verursacht durch den Dopplereffekt. Beachte die Geschwindigkeit des Spiegels, ist  $2u$ .

## 4 Ergebnis

- Wert für die Schallgeschwindigkeit wurde Präzise gemessen (Abweichung  $-8.3\%$ )
- genaues ablesen der Lissajou-Figuren nicht möglich, da womöglich das Mikrofon einen defekt hatte (Sinus, war kein Sinus)
- Frequenzmessung, Abweichung unter den Versuchen (Schwebungsmethode:  $21.5\%$ ), bewegte Quelle  $11\%$ )
- Studentschen t-Test offenbart systematischen Fehler (Wahrscheinlichkeit über  $90\%$ )
- systematischen Fehler: Synchrotronmotor, Mikrofon
- Lichtschranke löste ab Gang 36 nicht mehr aus, dadurch nur die Hälfte aller Messwerte