

1 Theorie

Der Doppler-Effekt tritt immer dann auf, wenn sich Sender und Empfänger einer Welle relativ zueinander bewegen. In dem Versuch 104 soll insbesondere die Verschiebung von akustischen Signalen, sprich die Frequenzänderung von Schallwellen im Medium Luft untersucht werden. Anders als bei elektromagnetischen Wellen, besteht hier ein Unterschied zwischen den Fällen in denen nur der Sender bzw. nur der Empfänger in Bewegung ist.

1.1 Sender in Ruhe, bewegter Empfänger

In diesem Fall gilt für die empfangene Frequenz ν_E :

$$\nu_E = \nu_0 \left(1 + \frac{u}{c}\right) \quad (1)$$

Mit der Ruhfrequenz ν_0 , der Geschwindigkeit u des Empfängers sowie der Phasengeschwindigkeit c (hier: Schallgeschwindigkeit in Luft bei Raumtemperatur). Das heißt die Frequenzverschiebung beträgt:

$$\Delta\nu = \nu_0 \frac{u}{c} \quad (2)$$

Entsprechend wird die Frequenz höher, wenn sich E auf S zu bewegt ($u > 0$) resp. tiefer, wenn sich E von S weg bewegt ($u < 0$).

1.2 Empfänger in Ruhe, bewegter Sender

Hierbei ergibt sich für die empfangene Frequenz ν_Q :

$$\nu_Q = \nu_0 \cdot \frac{1}{1 - \frac{u}{c}} \quad (3)$$

Dieser Ausdruck lässt sich in eine Reihe nach Potenzen von $\frac{u}{c}$ entwickeln:

$$\nu_Q = \nu_0 \left(1 + \frac{u}{c} + \left(\frac{u}{c}\right)^2 + \left(\frac{u}{c}\right)^3 + \dots\right) \quad (4)$$

$$= \nu_E + \nu_0 \left(\left(\frac{u}{c}\right)^2 + \dots\right) \quad (5)$$

Hieran lässt sich erkennen, dass stets $\nu_Q > \nu_E > \nu_0$ (für $u > 0$) gilt und dasss für den Fall $|u| \ll c$, $\nu_E \approx \nu_Q$ folgt.

Das Experiment soll die angegebenen Zusammenhänge überprüfen, wozu Messungen der einzelnen Größen durchgeführt wurden.

2 Versuchsdurchführung

Der Versuch Doppler-Effekt bestand an sich aus vier einzelnen Versuchen. In jedem dieser sollte entweder der Doppler-Effekt selber gemessen oder eine für die Auswertung entscheidene Größe bestimmt werden.

2.1 Messung der Relativgeschwindigkeit

Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 1 zu entnehmen. Der Wagen wurde von einem zehngängigen Synchronmotor angetrieben. Dabei sollen die Lichtschranken Start- und Endpunkt der Messung festlegen. Um somit die Zeit zu bestimmen, die der Wagen benötigt um die beiden Lichtschranken zu passieren.

2.2 Messung der Schallgeschwindigkeit

Der Versuchsaufbau zur Messung der Schallgeschwindigkeit ist Abbildung **NUMMER EINFÜGEN** zu entnehmen.

Im Versuch werden das vom Quarzgenerator gelieferte Ton und der vom Mikrofon gemessene Ton an einem Oszilloskop angelegt. Dabei werden die Signale so eingestellt Lissajou-Figuren entstehen. Diese werden genutzt um den auf dem Lautsprecher montierten Schlitten, so einzustellen, dass beide Signale in Phase (Lissajou Figur entspricht einer Geraden) sind. Wenn nun immer der Abstand abgelesen wird, zwischen zwei Signalen gleicher Phase, kann auf die Wellenlänge geschlossen werden.

2.3 Frequenzmessung

Im Anhang **Nummer einfügen** wird der Versuchsaufbau dargestellt. Beim Versuch bewegt sich der, auf dem Wagen montierte, Lautsprecher entweder in Richtung des Mikrofons oder in gegengesetzter Richtung vom Mikrofons. Dadurch entsteht eine Relativbewegung und somit auch der Doppler-Effekt. Nachdem der Wagen mittels einer Lichtschranke den Messzeitraum startet. Das Mikrofon misst solange, jede angekommene Phase, bis der Untersetzter die Messung beendet. Der Versuch wird mit verschiedenen Wangengeschwindigkeit wiederholt, um die unterschiedliche Stärke des Doppler-Effekts festzustellen.

2.4 Frequenzmessung mit der Schwebungsmethode

Der Versuchsaufbau ist im Anhang **Nummer einfügen** skizziert. Im wesentlichen besteht hier der Unterschied zur vorherigen Frequenzmessung, dass sich bei dieser Messung Mikrofon und Lautsprecher statisch sind. Lediglich ein Reflektor auf einem Wagen bewegt sich. Der Lautsprecher, der neben dem Mikrofon platziert ist, schallt auf den Reflektor. Dadurch kommt es zu einer Überlagerung von zwei Schwingungen (1. Ruhefrequenz vom Lautsprecher und 2. vom Reflektor reflektierte Schwingung). Dadurch entsteht eine Schwebung, die vom Mikrofon gemessen wird. Anschließend filtert ein Tiefpass die vom Dopplereffekt verursachte Frequenzänderung raus.

3 Diskussion

Im folgenden sollen die gewonnenen Ergebnisse aus dem voran gegangenen Abschnitt, mit Hinblick auf die Präzision des verwendeten Versuchsaufbaus, auf ihre Plausibilität hin überprüft werden.

Der Literaturwert für die Schallgeschwindigkeit beträgt $v_{Schall} = 330 \text{ m/s}$ [Quelle]. Der in (Bezug) ermittelte Wert weicht um (IST/SOLL) nach unten hin ab. Als maßgebliche Fehlerquelle ist hierfür das unpräzise Ablesen der Lissajou-Figuren zu nennen. Die vom Oszilloskop visualisierte verstärkte Signalspannung des Mikrophons wich stark von dem ausgesandten Signal des Generators ab, was es kompliziert machte, die entsprechenden Figuren zu reproduzieren. In den drei Teilversuchen (Bezug...) wurde jeweils der Wert für die inverse Wellenlänge bestimmt. Hierbei weicht vor allem der gefundene Wert mittels der Schwebungsmethode von den anderen beiden Werten ab. (hier prozentuale Abweichung und Ergebnis des t-tests (dieser deutet vermutlich auf systematische Fehler hin...)) Als Begründung hierfür sind mehrere Bestandteile des verwendeten Versuchsaufbaus zu nennen. Bei der Messung der Geschwindigkeit des durch den Synchrotronmotor angetriebenen Wagens zeigte sich, dass die Laufzeiten durchaus stark variierten, was sich in der Standardabweichung des Mittelwerts (Bezug) widerspiegelt. In Verbindung mit der bereits erwähnten unpräzisen Tonmessung sieht sich hier die Ungenauigkeit der Schwebungsmessung begründet. Beides wirkt sich maßgeblich auf die Messung mittels der Schwebungsmethode aus.

Zum Abschluss sei noch zu erwähnen, dass die verwendeten Lichtschranken ab der Geschwindigkeit in Gang 36 nicht mehr auslösten. Da sich hierdurch die Größe der Stichprobe in allen Messungen halbierte, ist die Signifikanz der Ergebnisse als relativ gering einzustufen.