

Doppler-Effekt

Steven Becker und Stefan Grisad

23. Oktober 2016

WS 2016/2017

1 Versuchsdurchführung

Der Versuch Doppler-Effekt besteht aus fünf einzelnen Versuchen. Zwei dienen dazu die Eigentlichen beiden Messungen vorzubereiten, denn zum einen wird die Geschwindigkeit des Wagens, auf dem der Lautsprecher befestigt ist und zum Anderen wird die Grundfrequenz ν_0 eines frequenzstabilen Generators gemessen.

1.1 Messung der Relativgeschwindigkeit

Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 1 abgebildet. Der durch den zehngängigen Synchronmotor angetriebene Wagen, durch läuft eine von zwei Lichtschranken festgelegte Strecke l . Dabei dienen die Lichtschranken weiter dazu eine Zeitmessung zu beginnen bzw. zu beenden. Die dadurch resultierenden Messgrößen werden dann weiter genutzt um die Geschwindigkeit des Wagens abhängig vom eingestellten Gang zu berechnen. Die in der Abbildung zu erkennende logische Schaltung soll im Folgenden einmal kurz erläutert werden. Zunächst sind die beiden Phototransistoren an sogenannte Schmitt-Trigger angeschlossen. Diese haben die Aufgaben die vom Phototransistor registrierten Impulse in ein für logische Gatter essenzielles TTL-Signal umzuwandeln. Weiter sind beide Schmitt-Trigger an eine bistabile Kippstufe angeschlossen, die sobald einer der Transistor einen Impuls sendet. Entweder auf High (Messung beginnt) oder auf Low (Messung endet) schaltet. Dadurch wird das folgende Und-Gatter für Signale durchlässig oder nicht. Der neben der bistabilen Kippstufe angeschlossene, Zeitgenerator liefert mit einer Genauigkeit von 10^{-5} im Abstand von $1\mu\text{s}$ einen Impuls. Aufgrund dieser Eigenschaft übernimmt er in diesem Versuch die Rolle einer Uhr. Der nach dem Zeitgenerator eingebaute Untersetzer dient hier dazu, um ein Overflow des Zählwerks zu verhindern. Denn er verringert die Anzahl der Impulse um den einstellbaren Faktor 10^n .

1.2 Messung der Schallgeschwindigkeit

Der Versuchsaufbau zur Messung der Schallgeschwindigkeit ist der Abbildung **NUM-MER EINFÜGEN** zu entnehmen.

Im Versuch wird der vom Quarzgenerator erzeugte und der vom Mikrofon gemessene Ton, jeweils auf die x- und y-Achse eines Oszilloskop aufgetragen. Dadurch können sogenannte Lissajou-Figuren erzeugt werden. Diese werden genutzt, um den auf dem Lautsprecher montierten Präzisionsschlitten (Genauigkeit von $10\mu\text{m}$), so einzustellen, dass beide Signale in Phase sind. Dies ist genau dann der Fall, wenn die Lissajou-Figur eine Gerade ergibt. Wenn nun immer der Abstand, zwischen zwei Signalen gleicher Phase, gemessen wird, kann auf die Wellenlänge geschlossen werden. Mithilfe der der Ruhfrequenz des Generators und der gerade gemessenen Wellenlängen kann dann die Schallgeschwindigkeit gefolgert werden.

1.3 Frequenzmessung

Der Oberbegriff Frequenzmessung fasst jeweils drei verschiedene Frequenzmessung zusammen. Die Messung der Grundfrequenz ν_0 für die darauf folgende Messung der Frequenz einer bewegten Quelle wichtig. Denn sie wird für eine nachfolgende Berechnung benötigt. Abschließend wird noch die Frequenz einer Schwebung gemessen.

An dieser Stelle soll noch eine kurze Erklärung der logischen Schaltung für die beiden folgenden Messungen folgen.

Wie im obigen Versuch haben wir auch hier wieder an einen Schmitt-Trigger angeschlossen Phototransistor. Der Schmitt-Trigger bzw. der Phototransistor übernehmen wieder die Aufgabe einen eingestellten Messzeitraum zu starten. Denn nach dem der Schmitt-Trigger den Impuls des Phototransistors in ein TTA-Signal umgewandelt hat, geht dieses in eine Bistabile-Kippstufe. Das nun von der Kippstufe ausgesendete Signal dient, dazu um zwei Und-Gatter zu schalten. Das eine Und-Gatter ist mit dem Mikrofon und einem Impulsforma (Sinusschwingung zu Rechteckschwingung) verbunden. Das heißt, sobald das Und-Gatter vom Flip-Flop ein High Potential erhält, wird es freigeschaltet und das dahinter liegende Zählwerk kann die vom Mikrofon gesendeten Impulse (nur ganzzahlig) zählen. Das andere Und-Gatter ist noch mit dem Zählwerk verbunden. Wird es nach dem High Impuls von der Kippstufe freigeschaltet, steuert das Zählwerk mit regelmäßigen Impulsen ($1 \text{ pro } 1\mu\text{s}$) einen Untersetzer. Der Untersetzer hat die Aufgabe ein reproduzierbares Zeitintervall festzulegen. Denn nach 10^n Signalen vom Zeitbasisgenerator sendet der Untersetzer ein Low Impuls an die Bistabilekippstufe. Dadurch wird dann der Messzeitraum beendet.

1.3.1 Ruhefrequenz

Um die Ruhefrequenz zu messen, bewegt sich der auf dem Wagen montierte Lautsprecher nicht. Das vom Lautsprecher erzeugte Signal wird vom Mikrofon wahrgenommen und vom Zählwerk gemessen. Nachdem Ablauf des vorher festgelegten Zeitraums, kann dann die Grundfrequenz bestimmt werden.

1.4 Bewegte Quelle

Im Gegensatz zur Messung der Ruhefrequenz bewegen sich hier Wagen und Lautsprecher. Die Geschwindigkeit ist dabei abhängig von dem beim Motor eingestellten Gang. Sobald der Wagen jetzt die Lichtschranke durchläuft, beginnt der Messzeitraum und endet nach der beim Untersetzer eingestellten Zeit. Wichtig, ist noch zu erwähnen, dass hier nicht nur eine Bewegungsrichtung gemessen wird. Das heißt, es werden jeweils Messreihen aufgestellt, in denen sich der Wagen in positiver (auf das Mikrofon) oder in negative (weg vom Mikrofon) Richtung bewegt.

1.4.1 Schwebungsmethode

Eine Schwebung entsteht allgemein, wenn sich zwei Schwingungen mit ähnlicher Frequenz überlagern. Es kommt zu einer zeitabhängigen Amplitude. Den Effekt der Schwebung macht man sich bei diesem Versuch zunutze.

Der grundlegende Versuchsaufbau ist in Abbildung **Abbildung einfügen** zu sehen. Der Lautsprecher wird neben dem Mikrofon platziert, aber so dass er in Richtung eines auf dem Wagen montierten Spiegels zeigt. Denn dadurch misst das Mikrofon nicht nur die Grundschiwingung vom Lautsprecher, sondern auch die vom Spiegel reflektierte. Es sei zu erwähnen, dass sich der Lautsprecher in der Nähe vom Mikrofon befinden muss, da sonst keine Schwebung messbar ist. Besagter Spiegel befindet sich auf dem Wagen. Dieser wird vom zehngängigen Motor angetrieben. Dadurch kommt es bei der vom Spiegel reflektierten Schwingung zu einer Frequenzänderung und eine Schwebung entsteht. Die vom Mikrofon gemessene Schwingung wird anschließend durch einen Gleichrichter und einen Tiefpass geschickt. Der Tiefpass filtert nun die Schwebung heraus. Da auch in diesem Versuch wieder ein Untersetzer eingesetzt wird, um ein Zeitintervall festzulegen. Kann die Frequenz der Schwebung danach bestimmt werden. Diese Frequenz entspricht dann gerade der Frequenzdifferenz durch den Dopplereffekt.