

Versuch 6 A Schallgeschwindigkeit

Versuchsdurchführung

- **Aufgabenstellung:**

Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Luft

Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Glas

Berechnung des E-Moduls für Glas

- **Meßanordnung 1**

Die Abb.3.19 zeigt eine Skizze des Versuchsaufbaus. Auf einer optischen Bank befindet sich ein Lautsprecher L und ein Mikrophon M. Ein Tonfrequenz-Generator (er liefert sinusförmige Wechselspannung variabler Frequenz) ist mit L und parallel dazu mit Kanal I eines Zwei-Kanal-Oszillografen verbunden. Das Mikrophon M wird an Kanal II angeschlossen (Triggerung über Kanal I!).

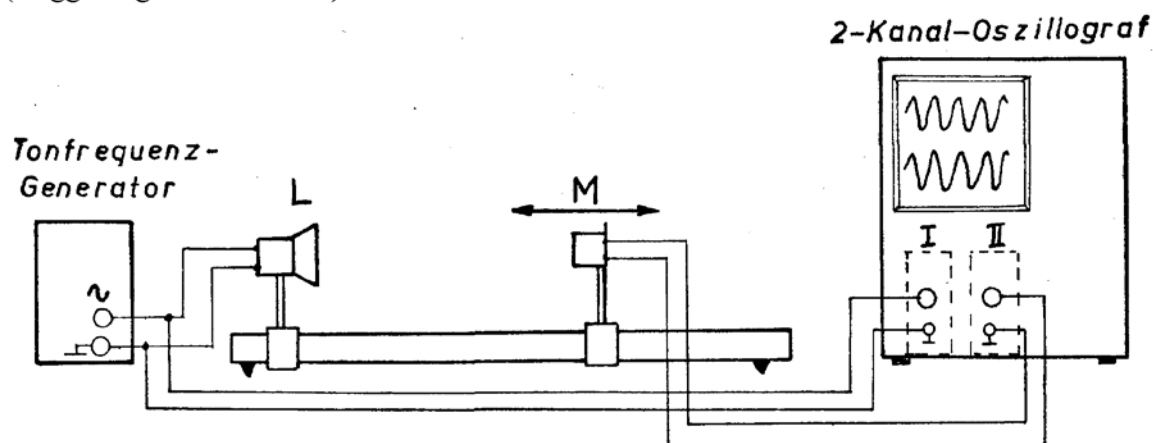


Abb. 3.19: Schematischer Aufbau des Versuchs zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Luft.

Auf dem Oszillografenschirm erscheinen auf diese Weise gleichzeitig zwei Bilder einer Sinusspannung: Auf Kanal I die direkt vom Generator übertragene Wechselspannung, auf Kanal II die von L ausgehende und von M aufgenommene Schallwelle als weitere Sinusspannung (ein Mikrophon wandelt Schallschwingungen in synchrone Spannungsschwankungen um). Zwischen beiden auf dem Schirm erscheinenden Sinusschwingungen besteht eine Phasendifferenz, die vom Abstand Lautsprecher - Mikrophon abhängt. Man verschiebe zunächst M bis die Phasendifferenz z.B. Null ist. Verschiebt man M nun von dieser Stelle aus bis die Phasendifferenz wieder Null ist, so entspricht die Größe der Verschiebung genau einer Wellenlänge der Schallwelle in Luft. Bei bekannter Frequenz läßt sich daraus die Schallgeschwindigkeit in Luft berechnen.

- **Versuchsdurchführung**

1. Man wähle eine Schallfrequenz von $\nu = 10^4$ Hz. Die genaue Einstellung der Frequenz wird mit dem Oszillografen durchgeführt, indem man z.B. einen Time-Base-Wert (Horizontal-

ablenkung) von 0,1 ms/cm wählt und sich überlegt, welchen Abstand dann die Maxima auf dem Schirm haben müssen.

Der Aufbau und die Funktionsweise des Oszillografen sind ausführlich im Rahmen des Versuchs 8 erläutert!

2. Man verschiebe M bis die Phasendifferenz Null ist und notiere die Position s_1 von M auf dem Maßstab der optischen Bank.

3. M um 10 Wellenlängen (entsprechend 10 Periodendauern auf dem Schirm!) verschieben und Position s_2 von M notieren.

Für die Wellenlänge λ_L in Luft gilt dann: $10\lambda_L = |s_1 - s_2|$

4. Man berechne die Schallgeschwindigkeit c_L in Luft aus λ_L und ν für Raumtemperatur und für 0°C .

Für die Temperaturabhängigkeit der Schallgeschwindigkeit in Luft gilt:

$$c_L = c_{0L} \cdot \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

T = Kelvin-Temperatur; $T_0 = 273 \text{ K}$; c_0 = Schallgeschwindigkeit bei 0°C .

5. **Für interessierte Praktikanten:** Erzeugung von Lissajous-Figuren.

Dazu Taste **Mono** und Taste **Hor.ext.** des Oszillografen drücken (weitere Erläuterung durch den Assistenten!).

• Meßanordnung 2

Erregt man einen in der Mitte eingespannten Glasstab der Länge l in seiner Grundfrequenz (z.B. durch Reiben mit einem Tuch), so bildet sich im Stab eine stehende Welle aus mit der Wellenlänge $\lambda_G = 2 \cdot l$. Die zur Berechnung der Schallgeschwindigkeit im Glas zusätzlich erforderliche Frequenz des Stabes kann z.B. mit dem **Kundtschen Rohr** ermittelt werden, wenn die Schallgeschwindigkeit in Luft bekannt ist.

Das Kundtsche Rohr ist ein Glasrohr (Luft enthaltend), das auf der einen Seite mit einem verschiebbaren Stempel S abgeschlossen ist und bei dem auf der anderen Seite sich der eingespannte Glasstab der Länge l befindet (Abb.3.20).

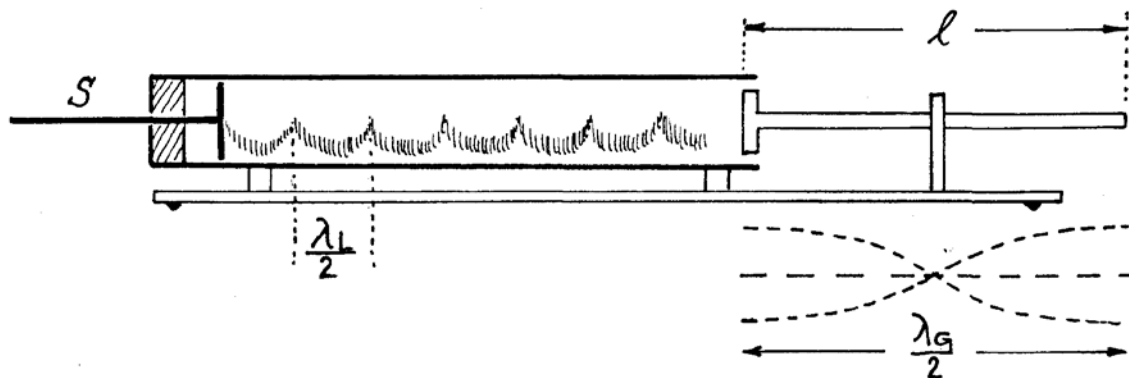


Abb.3.20: Schematische Darstellung der Meßanordnung eines Kundtschen Rohres.

Reibt man den Glasstab mit einem Tuch, so gerät er in Longitudinalschwingungen, die sich im Stab ausbreiten und so zu einer Welle im Glasstab führen. An den Enden des Stabes wird die Welle teilweise reflektiert, teilweise geht sie in die Luft über (mit gleicher Frequenz!). Durch Reflexion am Stempel S entsteht dann im Rohr ebenfalls eine stehende Welle, deren Knoten und Bäuche sich leicht sichtbar machen lassen, wenn man etwas trockenes Korkpulver in einer schmalen Spur in das Rohr gibt. An den Knotenstellen bleibt das Pulver dann liegen, während es in den Bäuchen mit den Schwingungen der Luftmoleküle mitbewegt wird. Der Abstand zweier Knoten ist gleich der halben Wellenlänge.

Zur Ermittlung der Wellenlänge λ_L in Luft lege man einen Maßstab von unten an das Rohr und messe eine Strecke a ab, auf der sich n halbe Wellenlängen befinden (n soll mindestens 10 sein!). Es gilt dann:

$$a = \frac{\lambda_L}{2} \cdot n$$

Auf diese Weise ist die Wellenlänge λ_L in der Luft ermittelt. Bei bekannter Schallgeschwindigkeit der Luft (siehe Vorversuch) läßt sich die Frequenz der Schallwelle berechnen. Es gilt:

$$\text{Frequenz } \nu = c_L / \lambda_L$$

Die gesuchte Schallgeschwindigkeit c_G im Glasstab berechnet sich dann nach der Formel:

$$c_G = \lambda_G \cdot \nu$$

Hinweis: Achten Sie darauf, daß bei der Angabe der Ergebnisse für die Frequenz und die Schallgeschwindigkeit die Stellenzahl nicht höher ist als die Stellenzahl der Meßgrößen (hier also die Strecke a und die Geschwindigkeit c_L in Luft)!

- **Berechnung des E-Moduls für Glas aus der Schallgeschwindigkeit im Glas**

Die Schallgeschwindigkeit in Festkörpern steht in engem Zusammenhang mit den elastischen Konstanten des Körpers. Für eine Longitudinalwelle in einem Festkörper wurde eine entsprechende Beziehung in der Einführung angegeben.

Berechnen Sie den Elastizitätsmodul (E-Modul) für Glas aus der Schallgeschwindigkeit c_G im Glas. Die Dichte des Glases ist am Arbeitsplatz angegeben. Der E-Modul soll in SI-Einheiten angegeben werden.