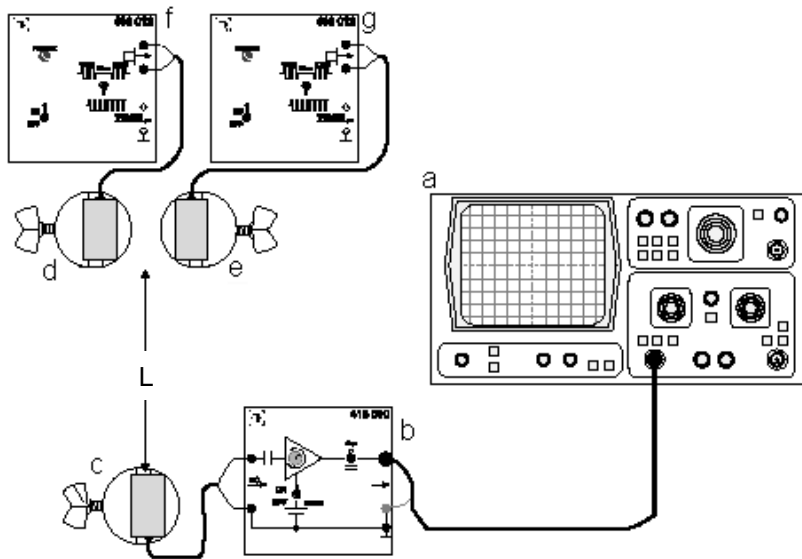


Labor für Technische Physik

Prof. Dr.-Ing. Dieter Kraus, Dipl.-Ing. W.Pieper

Versuch 7c:

Schwebung von Ultraschallwellen



- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| a: Oszilloskop | e: Ultraschallwandler 40 kHz |
| b: AC-Verstärker | f: Generator 40 kHz |
| c: Ultraschallwandler 40 kHz | g: Generator 40 kHz |
| d: Ultraschallwandler 40 kHz | |

1. Versuchsziele

Mit einem Oszilloskop soll die Schwebung von Ultraschallwellen beobachtet sowie deren Schwingungsfrequenz f und Schwebungsfrequenz f_S bestimmt werden. Anschließend ist die Schwingungsfrequenz f mit dem Mittelwert und die Schwebungsfrequenz f_S mit der Differenz der Einzelfrequenzen f_A und f_B zu vergleichen.

2. Theoretische Grundlagen

Auch bei Ultraschall führt die Überlagerung zweier Wellen mit geringfügig voneinander abweichenden Frequenzen f_A bzw. f_B zu dem Phänomen der Schwebung.

An einem festen Ort lautet die Summe der Einzelschwingungen beider Wellen

$$\begin{aligned}
 s(t) &= A_0 \cos(2\pi f_A t + \varphi_A) + A_0 \cos(2\pi f_B t + \varphi_B) \\
 &= 2A_0 \cos\left(\pi(f_A - f_B)t + \frac{\varphi_A - \varphi_B}{2}\right) \cos\left(2\pi \frac{f_A + f_B}{2} t + \frac{\varphi_A + \varphi_B}{2}\right)
 \end{aligned} \quad (1)$$

wobei φ_A und φ_B vom Beobachtungsort und von den Nullphasenwinkeln der Wellen abhängen. Sie lässt sich als eine Schwingung mit der mittleren Frequenz

$$f = \frac{f_A + f_B}{2} = \frac{1}{T} \quad (2)$$

und der sich periodisch ändernden Amplitude

$$A(t) = 2A_0 \cos\left(2\pi \frac{f_A - f_B}{2} t + \frac{\varphi_A - \varphi_B}{2}\right) \quad (3)$$

auffassen. Die Zeit T_S zwischen zwei aufeinanderfolgenden Minima der Amplitude $A(t)$, also zwischen zwei Schwebungsknoten (s. Abb.1) heißt Schwebungsdauer und die Frequenz

$$f_S = \frac{1}{T_S} \quad (4)$$

Schwebungsfrequenz. Für sie gilt der Zusammenhang

$$f_S = f_A - f_B. \quad (5)$$

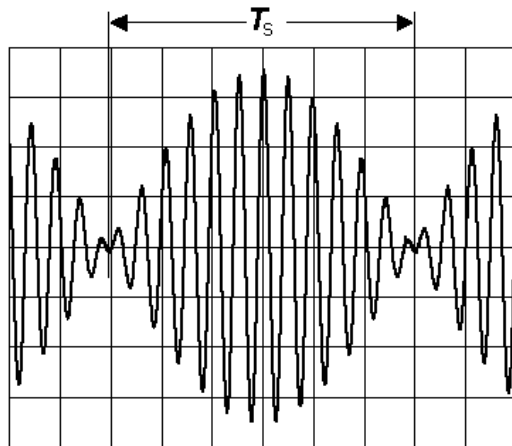


Abb. 1: Schwebung zweier Ultraschallwellen

Drei Ultraschallwandler dienen je nach Beschaltung als Sender bzw. Empfänger. Die Umwandlung zwischen elektrischer und mechanischer Energie erfolgt durch ein piezoelektrisches Material.

Legt man eine elektrische Wechselspannung an das piezoelektrische Material, liefert der Wandler als Sender bei seiner Resonanzfrequenz eine genügend hohe Schallamplitude. Umgekehrt regen die Schallwellen mechanische Schwingungen im Wandler an. Der Wandler dient in diesem Fall als Empfänger. Die Amplitude der erzeugten piezoelektrischen Spannung ist proportional zur Schallamplitude.

3. Versuchsaufbau

Geräteliste

3	Ultraschallwandler, 40 kHz	416 000
2	Generator 40 kHz	416 013
1	AC-Verstärker	416 010
1	Oszilloskop	
1	Messkabel BNC/4 mm	575 24
3	Socket	300 11

Der Versuchsaufbau ist auf der Titelseite dieser Anleitung dargestellt; die Komponenten werden folgendermaßen miteinander verbunden:

- die Ultraschallwandler (d) und (e) als Sender jeweils mit einem Generator (f) und (g)
- der empfangende Ultraschallwandler (c) über den AC-Verstärker (b) mit mit Kanal 1 des Oszilloskops (a)
- Die beiden als Sender arbeitenden Ultraschallwandler in einem Abstand von $d = 10 \text{ cm}$ mit paralleler Abstrahlausrichtung aufstellen.
- Den empfangenden Ultraschallwandler (c) mittig in einer Entfernung von $L = 50 \text{ cm}$ von den Sendern aufstellen.
- Für beide Generatoren die Betriebsart „kontinuierliches Signal“ wählen.
- Den AC-Verstärker auf Betriebsart (-) und zunächst auf minimale Verstärkung einstellen.

Hinweise:

Der AC-Verstärker und der Funktionsgenerator verfügen über eine Abschaltautomatik, deshalb bei fehlendem Signal die Geräte manuell aus- und wieder einschalten.

Screenshots des Oszilloskops werden durch Drücken der Taste ‚Quick Action‘ auf einem vorne eingesteckten USB-Stick als png-Bilddateien mit dem Dateinamen ‚scope_xx‘ gespeichert.

4. Versuchsdurchführung

a) Einstellung der Generatorfrequenzen:

- Einen Generator einschalten, den anderen Generator ausschalten.
- Die Frequenz f_A am Generator dahingehend einstellen, dass die Signalamplitude A_A auf dem Oszilloskop ein Maximum erreicht.
(Einstellungen am Oszilloskop: Amplitude 500 mV/Div.; Zeitbasis: 50 μ s/Div.)
- Nun den aktiven Generator ausschalten, den anderen Generator einschalten.
- Die Frequenz f_B so einstellen, dass die Signalamplitude A_B in etwa gleich der zuvor eingestellten Signalamplitude A_A ist.

b) Darstellung der Schwebung auf dem Oszilloskop

- Beide Generatoren einschalten.
- Die Generatorfrequenzen und die Einstellungen am Oszilloskop dahingehend anpassen, dass die Schwebung als stehende Kurve auf die Bildschirm dargestellt wird, z.B.
 - Generatorfrequenzen f_A und f_B leicht variieren
 - Triggerpegel (Drehknopf ‚Level‘) und Horizontalablenkung
 - Triggereinstellungen: Modus Auto; Kopplung Gleichstrom
 - Eventuell Verstärkung des AC-Verstärkers anpassen
 - Messung einfrieren mit Taste ‚Run/Stop‘

c) Messung der Schwebungsdauer T_S und der Schwingungsdauer T

- Bestimmen sie mit Hilfe der Cursor am Oszilloskop die Schwebungsdauer T_S und die Schwingungsdauer T .
- Ermitteln sie auch die Einzelschwingungsdauern T_A und T_B , indem sie jeweils einen Generator ausschalten.

5. Auswertung

- Bestimmung der Einzelfrequenzen f_A und f_B , der Schwebungsfrequenz f_S und der Schwingungsfrequenz f .
- Vergleich der Schwebungsfrequenz f_S mit der Differenz der Einzelfrequenzen f_A und f_B .
- Vergleich der Schwingungsfrequenz f mit dem Mittelwert der Einzelfrequenzen f_A und f_B .
- Erläutern Sie die Messergebnisse.

Literatur

- [1] Hering, Martin, Stohrer: Physik für Ingenieure, Springer-Lehrbuch
- [2] Kuchling: Taschenbuch der Physik, Fachbuchverlag Leipzig
- [3] Eichler, Kronfeld, Sahn: Das Neue Physikalische Grundpraktikum, Springer-Lehrbuch