

Notizen für den Versuch

- lautere und leiser werdende Ton bei steigendem Wasserstand
- Abstände zwischen Maxima gemessen:

47, 49, 44, 47, 43, 44

• Frequenz: 4 kHz

Aufgabe 1 - Versuch

a) Durchführung

Die Frequenz des ~~z~~ Generators, der hochfrequente sinusförmige Wechselspannungen liefert wurde auf 4 kHz gesetzt. Anschließend wurde die Amplitude der Schwingung ($\hat{=}$ Spannung) so eingestellt, dass ein deutliches Pfeifton zu vernehmen war.

Das auf dem Boden stehende, mit Wasser gefüllte Glasgefäß wurde angehoben und auf den Tisch gestellt und während dem Eintropfen des Wassers in den Zylinder die Veränderung in den Maxima des Klangs beobachtet.

Nachdem der ~~Säule~~ Säule 3 Sandzylinder ~~unterhalb~~ unterhalb vollgelaufen war, wurde das Glasgefäß wieder auf den Boden gestellt. Jeweils bei den sich einstellenden Lautstärkemaxima wurde der sinkende Wasserpegel im Zylinder ~~mit~~ ^{mit} einem Marker auf der Zylinderoberfläche markiert.

Nachdem das Wasser wieder ganz abgelaufen war, wurden

✓ Die Abstände zwischen den Markierungen abgemessen,

Beobachtung

In der Rubelose des Wassersystems ist ein plötzlicher Ton zu vernehmen.* Sobald der Wasserspiegel im Zylinder langsam ansteigt, ändert sich die Lautstärke ~~sie~~ des Tons: Sie schwimmt im Wechsel an und ab innerhalb bestimmter minimaler und maximaler Grenzen.

Selbiges lässt sich bei Absinken des Wasserspiegels feststellen, es ergeben sich folgende Abstände, für die unrichtigen Wasserspiegel, die zu Lautstärkemaxima führen:

d [mm]

47

49

44

42

43

44

✓

*: Verändern wir die Höhenlage des mit dem Zylinder verbundenen Glasgefäßes, verändert sich der Wasserstand im Zylinder. Erhöhen wir das Gefäß, steigt der Wasserstand langsam an. Senken wir das Gefäß ab, so sinkt auch der Wasserstand langsam bis auf ein niedrigeres Niveau ab.

✓

b) Erklärung

Wir vernehmen nicht nur den vom Lautsprecher erzeugten Ton, sondern durch Resonanz wird auch die Luft im Glaszylinder zum ~~Schwingen~~ Schwingen angeregt, auch diese Schwingung erzeugt eine Schallwelle, die unser Ohr erreicht. In dem Zylinder bildet sich dabei unter bestimmten Umständen eine stehende Welle, die die ~~Intensität~~ Intensität der Schwingung durch positive Interferenzen Begriff? ~~zu~~ zweimal verbleibenden Wellen verstärkt.

Ob sich stehende Wellen bilden hängt dabei von der Beschaffenheit der Enden des Wellenträgers und dessen Länge ab. Bei unserem Versuch ist die Luftsäule oberhalb des Wasserspiegels bis zur Öffnung des Zylinders unser Wellenträger. Die Welle, die von den Schwingungen des Lautsprechers erzeugt wird,

Das Ende an der Wasseroberfläche ist dabei fest. Die hohe Dichte des Wassers blockiert die Druckwelle in der Luft praktisch ab und reflektiert sie so. Die Welle als Verschiebung der Luftteilchen nach rechts oder links ($t \rightarrow s$) wird dabei ~~ohne Phasensprung~~ ~~reflektiert~~ mit einem Phasensprung von 180° reflektiert, so haben sich Originalwelle und reflektierte Welle an der Wasseroberfläche gerade auf. Wie bereits erwähnt kommt es dort nicht zu einer Verschiebung der Luftteilchen, weil diese vom Wasser an ihrer Schwingung gebunden werden.

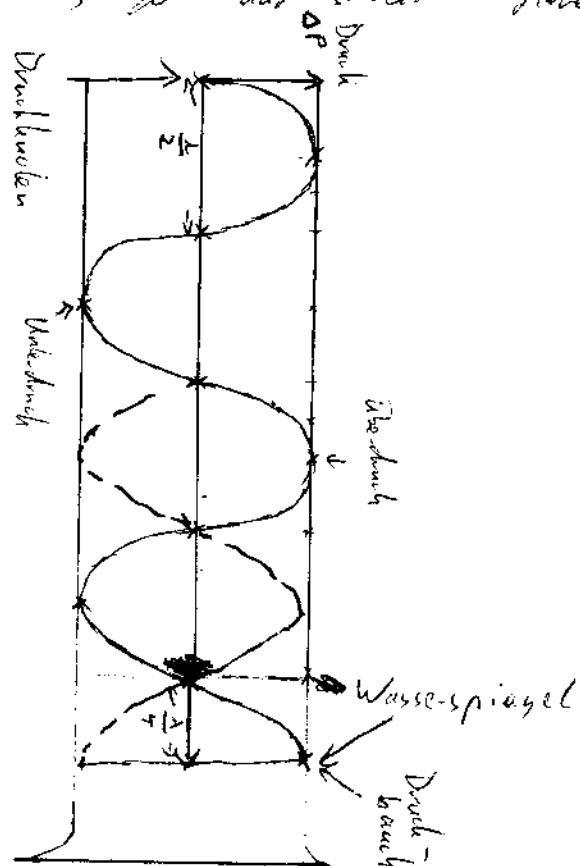
Andererseits sieht es an der Öffnung der Röhre ~~hinaus~~:

Hier haben wir ein sog. freies Ende, auch an diesem kommt es jedoch zu Reflexion. Da die Glasröhre die Luftteilchen hier nicht mehr einzengt können, die mit der Welle fortschreitenden Luftverdrängungen sich hier frei ausbreiten,

Argumentations-
weckend

sozungen "explodieren". Dabei zielen sie jedoch keine
 Luftteilchen mit sich, es läuft also eine Verdünnung als
 Reflexion zurück auf ~~das~~ die Auslenkungen übertragen
 weist das, die Welle läuft ohne Phasensprung zurück,
 am freien Ende ~~ist~~ verstärkt und die Auslenkung
 aus Welle und Reflexion. Man können sich in diesem
 System auch stehende Wellen ausbilden. Bezogen
 auf den Druck an bestimmten Stellen müssen diese
 stehenden Wellen auf freiem Ende einen Druckknoten
 haben (der Druck ändert sich hier kaum weil ja ein statischer
 Ausgleich mit der umliegenden Luft stattfindet) am
 geschlossenen dagegen einen Druckbauch (der Druck
 kann sich nicht weiterbewegen und staut sich maximal
 an).

Die maximale Lautstärke ist ein Indiz für diese starke
 Schwingungen erzeugenden stehenden Wellen. Die
 Druckverteilung bei maximaler Lautstärke erhält aber
 diese Randbedingungen und sieht aber so aus:



UV

~~Abg.~~ Wir sehen hier auch schon, welche Bedingung für maximale Lautstärke erfüllt sein muss: Die Bäube bzw. die Knoten sind je $\frac{\lambda}{2}$ voneinander entfernt. Damit sich eine stehende Welle bilden muss an einem Ende ein Knoten, am anderen ein Bauch ausgebildet werden können. Das ist nur möglich, wenn die Luftsäule die Länge:

$$L = k \cdot \frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda}{4} \quad \text{für } k=1, 2, 3, \dots$$

met. Sonst kann es nur zu einer unausgeprägten Überlagerung verschiedener Wellen kommen. ~~Für~~ Die ~~Abg.~~ Abstände im Wasserpegel zwischen den hörbaren Maxima müssen nach dieser Überlegung also genau $\frac{\lambda}{2}$ betragen.

c) Berechnung der Schallgeschwindigkeit

Der Mittelwert der von uns ermittelten Abstände beträgt:

$$\bar{a} \approx 45,67 \text{ cm}$$

Nach den oben erläuterten Zusammenhängen ergibt sich damit für λ :

$$\lambda \approx 2 \cdot \bar{a} \approx 91,33 \text{ mm}$$

Für die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Wellen gilt:

$$c = f \cdot \lambda$$

Wir ermitteln für f :

$$f = 46 \text{ Hz}$$

Folsetzung Seite 98!

Aufgabe 2

a) Für die Schwingungsdauer T im ^{ungedämpften} Schwingkreis gilt:

$$\checkmark T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

$$L = 590 \text{ H}$$

$$C = 110 \mu\text{F}$$

$$\checkmark \Rightarrow T \approx 1,60 \text{ s}$$

Im ungedämpften Schwingkreis geht keine Energie verloren. Wie wir auch im Unterpunkt erarbeitet haben ist die Gesamtenergie des Schwingkreises also zu jeder Zeit gleich der aufangs in den Kondensator übertragenen Energie, für die gilt:

$$W_{\text{Kond}} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot \hat{U}^2$$

$$\hat{U} = 300 \text{ V}$$

$$\Rightarrow W_{\text{Ges}} = W_{\text{Kond}}$$

$$\checkmark \Rightarrow W_{\text{Ges}} = 4,95 \text{ J}$$

Für die Scheitelstromstärke gilt im Schwingkreis:

$$? \quad \hat{I} = \hat{U} \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$\checkmark \Rightarrow \hat{I} \approx 0,13 \text{ A}$$

Da dritte Teil der Scheitelspannung beträgt:

$$\frac{1}{3} \hat{U} = 100 \text{ V}$$

Zum Zeitpunkt t_1 ist die gesamte Scheitelspannung ~~am~~
am Kondensator, für die Funktion für die ~~ungedämpften~~ ~~Schwing~~
Spannung gilt dann:

$$U(t) = \hat{U} \cdot \cos \omega t \quad \text{mit} \quad \omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

(allg. Funktion für den ungedämpften Schwingkreis)

Wir suchen den Zeitpunkt t_1 , für den gilt:

$$\frac{1}{3} \hat{U} = \hat{U} \cdot \cos \omega t_1,$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{3} = \cos \omega t_1,$$

$$\Rightarrow \cos^{-1} \frac{1}{3} = \omega t_1,$$

$$\Rightarrow t_1 = \frac{\cos^{-1} \frac{1}{3}}{\omega}$$

$$\approx 0,314 \text{ s}$$

Für die magnetische Energie gilt allgemein:

$$W_{\text{mag}}(t) = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2(t)$$

$$\Rightarrow W_{\text{mag}}(t) = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \hat{I}^2 \cdot \sin^2 \omega t$$

Für $t_1 \approx 0,314 \text{ s}$ ergibt sich:

$$W_{\text{mag}}(t_1) \approx 4,4 \text{ J}$$

Für das Verhältnis $\frac{W_{\text{mag}}(t_1)}{W_{\text{ges}}}$ gilt:

$$\frac{W_{\text{mag}}(t_1)}{W_{\text{ges}}} \approx \frac{8}{9} \approx 0,89$$

Für den Zeitpunkt $t_2 = 1,45$ gelten unter Anwendung obiger Formeln.

$$U(t_2) = \hat{U} \cdot \cos \omega t_2$$

$$I(t_2) = -\hat{I} \cdot \sin \omega t_2$$

$$\Rightarrow U(t_2) \approx 211,64 \text{ V}$$

s.o. $I(t_2) \approx \frac{+}{-} 0,0918 \text{ A}$

Die Stromstärke I ist positiv, wenn der Kondensator entladen wird, das Magnetfeld der Spule also aufgebaut wird.

Welche phys. Größe soll hier untersucht werden? \downarrow
s.o.

$$\dot{I}(t_2) = -\hat{I} \cdot \omega \cdot \cos \omega t_2$$

$$\approx -0,36 \text{ ?}$$

(F) Wie die Ableitung zeigt, steigt die Stromstärke an. Das ist der Fall, wenn sich der Kondensator entlädt und das Magnetfeld der Spule aufgebaut wird. Die Stromstärke ist dabei negativ, d.h. der Kondensator wurde vorher durch die Induktionsspannung der Spule umgekehrt zur ursprünglichen Polung aufgeladen, diese Ladung gibt er jetzt auch durch umgekehrten Stromfluss ab.

Das elektrische Feld wird durch weniger Ladung schwächer und schwächer, während durch den jetztigen Stromfluss ~~aber~~ ~~aber~~ mehr Energie in das magnetische Feld der Spule verschoben wird.

d.h. 3. Viertel der Periode
Vergleich $T = 1,65$
 $t_2 = 1,45$
s.o.

Folgerung 1 c)

Damit ergibt sich für c :

$$c \approx 365 \text{ m/s}$$

Dieser Wert liegt also etwas über dem generell angesetzten Wert von etwa 350 m/s für die Schallgeschwindigkeit. ✓

Wir suchen den Zeitpunkt für den gilt:

$$W_{el} = 2 \cdot W_{mag}$$

$$\left(\frac{W_{el}}{W_{mag}} = \frac{1}{2} \right)$$

Es gilt:

$$W_{el}(t_3) = \frac{1}{2} \cdot C \cdot \hat{U}^2 \cdot \cos^2 \omega t_3$$

$$W_{mag}(t_3) = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \hat{I}^2 \cdot \sin^2 \omega t_3$$

$$\hat{I} = \hat{U} \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} \quad \left(\frac{\sqrt{C}}{L} \right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} C \cdot \hat{U}^2 \cdot \cos^2 \omega t_3 = L \cdot \hat{U}^2 \cdot \sin^2 \omega t_3$$

$$\Rightarrow C \cdot \cos^2 \omega t_3 = 2 \cdot C \cdot \sin^2 \omega t_3$$

$$\Rightarrow \cos^2 \omega t_3 = 2 \cdot \sin^2 \omega t_3$$

$$\cos^2 \omega t_3 = 2 \cdot \sin^2 \omega t_3$$

Die Energien teilen sich dabei auf W_{el} aus,
es gilt daher:

Widerstands zu
oben!

$$W_{\text{weil}} = \frac{1}{3} \cdot W_{\text{ges}}$$

$$W_{\text{mag}} = \frac{2}{3} \cdot W_{\text{ges}}$$

✓

$$\Rightarrow W_{\text{el}} \approx 1,65 \text{ J}$$

✓

$$W_{\text{mag}} = 3,3 \text{ J}$$

Ein Zeitpunkt für den dies zutrifft ist ~~etwa~~ lässt
sich nun ermitteln:

$$\frac{1}{3} W_{\text{ges}} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot \dot{U}^2 \cdot \cos^2 \omega t_3$$

✓

$$\Rightarrow t_3 \approx 0,24 \text{ s}$$

b) ^{Für die} Die Schwingungsdauer mit Widerstand gilt:

$$T_2 = 2\pi \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}}$$

$$\approx 1,6039 \text{ s}$$

Die von uns unter Vernachlässigung des Widerstands
ermittelte Schwingungsdauer weicht also nur

$$\frac{|T_2 - T_1|}{T_2} \approx 0,203 \%$$

✓

von exaktem Wert T_2 ab.

Elektrisch

Stromstärke

Spannung

Energie im mag. Feld

Energie im Kondensator

Widerstand R

Kondensatorkapazität

Eigeninduktivität L

Mechanisch

Geschwindigkeit •

Auslenkung |

kinetische Energie •

potenzielle Energie •

lineare Reibung (Gleitreibung) |

~~Konstan~~ Richtgröße D |

Masse m / Trägheit •

uv

14 Punkte 3.11.02
fr

53 1/2