

Leistungskurs Physik 2000-2002 - Halbjahr 12.1-Mechanische Wellen

2. Praktikum am 1.12.2000 - "Kundtsches Rohr"

1.) Mitglieder der Arbeitsgruppe: Ling Gong, Stephan Schmidle, Martin Keller,

2.) Vorwissen Das Kundtsche Rohr ist nach dem Physiker August Kundt (18.11.1839 bis 27.5.1894) benannt. Er arbeitete in Lübeck und erzielte dort bedeutende Arbeiten auf dem Gebiet der Akustik. Nach ihm wurden die Kundtschen Staubfiguren benannt, die er benutzte, um die Wellenlänge von Schallwellen zu bestimmen.

(Informationen aus: Das moderne Lexikon; Lexikon-Institut Bertelsmann; Band 10)

3.) Erklärung Das Kundtsche Rohr besteht aus einer waagrecht gelagerten Glasröhre, die über die gesamte Länge im Inneren gleichmäßig mit Korkmehl gefüllt ist. Vor ein Ende der Röhre wird ein Lautsprecher gestellt, der von einem Tongenerator zu Sinusschwingungen angeregt wird und als Wellenträger dient. Bei bestimmten Frequenzen gibt es heftige Resonanzerscheinungen, wobei sich stehende Wellen mit Schnellebäuchen und Schnelleknoten bilden.

Die stehenden Wellen entstehen, da die Welle des Lautsprechers an zwei Enden reflektiert wird und es dadurch eine Interferenz unzähliger Wellen gibt. Das Korkmehl wird in den Schnellebäuchen der stehenden Welle heftig aufgewirbelt und es entstehen "Wanderdünen".

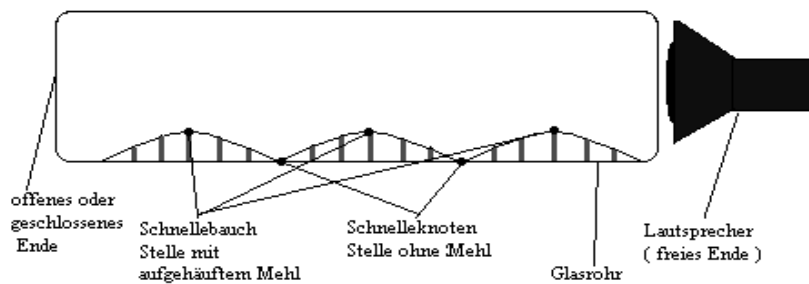
An gewissen Stellen, die immer gleich weit voneinander entfernt sind, wird das Korkmehl zur Seite geworfen, dazwischen bleibt es ruhig liegen. An Schnelleknoten

liegt dann ein Druckbauch vor und an einem Schnellebauch ein Druckknoten.

Dies kann man durch das Einführen eines druckempfindlichen Mikrofons in die Glasröhre messen. Wenn man die aufgewirbelten Stellen, die Bäuche, und die ruhigen Stellen, die Knoten der Schnelle, markiert, kann man mit dem Mikrophon an den einzelnen Stellen den

Druck messen. Wenn man mit einem Oszilloskop das Signal beobachtet, stellt man fest, dass in Schnelleknoten Druckschwankungen (Druckbäuche) und in Schnellebäuchen Druckknoten vorliegen.

In dieser 2D Darstellung sieht man die Mehlerberge und Mehltäler nach dem Einwirken der Schallwellen auf das anfangs gleichmäßig verteilte Korkmehl.



Wellenbild	Bäuche	Knoten	Wellenlänge (L)	Frequenz (f)	Musik-Name
	2	1	$L = 2l$	$f = c/(2l)$	1. Harmonische
	3	2	$L = l$	$f = 2 * c/(2l)$	2. Harmonische
	4	3	$L = 2/3 * l$	$f = 3 * c/(2l)$	3. Harmonische
	k+1	k	$L = 2/k * l$	$f = k * c/(2l)$	k. Harmonische



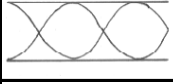
4.) Theorie: Da der Lautsprecher selbst schwingt, verhält er sich wie ein freies Ende.

Allgemein sieht es im Kundtschen Rohr nach dem Einwirken der Schallwellen so wie auf der oben dargestellten Abbildung aus.

Bei zwei freien Enden kann man die Formeln wie oben gezeigt herleiten.

Bei einem freien und einem festem Ende sieht es aus wie rechts angezeigt.

Mit diesen Formeln berechnen wir die Werte, die später aufgeführt werden.

Wellenbild	Bäuche	Knoten	Wellenlänge (L)	Frequenz (f)	Musik-Name
	1	1	$L = 4l$	$f = c/(4l)$	1. Harmonische
	2	2	$L = 4/3 * l$	$f = 3 * c/(4l)$	2. Harmonische
	3	3	$L = 4/5 * l$	$f = 5 * c/(4l)$	3. Harmonische
	k	k	$L = 4/(2k-1) * l$	$f = (2k-1) * c/(4l)$	k. Harmonische

5.) Eigentliches Praktikum:

a.) Interessante Fragestellungen

- Messung von Frequenz und Wellenlänge bei zwei freien Enden und Vergleich mit Theoriewerten
- Messung von Frequenz und Wellenlänge bei einem freiem und einem festen Ende mit Vergleich der Theorie- und Praxiswerten
- Veränderung der Länge des Rohres und die Auswirkung auf die Werte

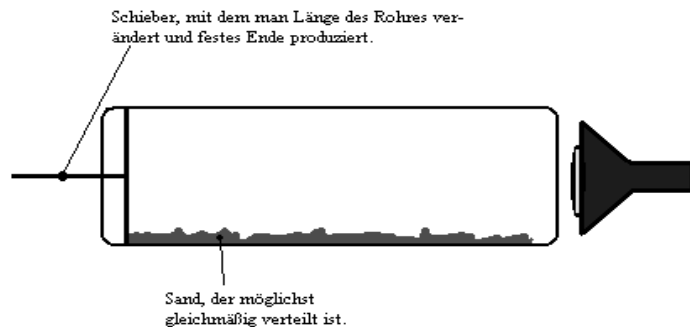
b.) Aufbau des Versuchs

Materialien: Kundtsches Rohr (Glasrohr), Schieber, Lautsprecher mit Sinusgenerator, Korkmehl zusätzlich noch: Schiebellehre, Metermaß und natürlich Ohrstöpsel

c.) Skizze des Aufbaus

d.) Ablauf

- Arbeitsmaterialien zusammengestellt
- Glasrohr mit Korkmehl gefüllt und möglichst waagrecht aufgestellt
- Lautsprecher und Sinusgenerator miteinander verbunden
- Ohrstöpsel eingeführt
- Lautsprecher eingeschaltet, die einzelnen Frequenzbereiche mit dem Sinusgenerator gesucht und die Frequenz abgelesen, bei denen "Staubfiguren" entstehen
- Messung der Wellenlänge
- Auswertung



e.) Messergebnisse im Vergleich mit Theoriewerten

Die folgende Tabelle gilt für das Rohr mit zwei freien Enden, bei einer Rohrlänge von 63,9 cm. (angegebene Frequenzen = Vielfache der Grundschwingung von 266 Hz)

Frequenz (Theorie) in Hertz	Frequenz (Praxis) in Hertz	Abweichung in Prozent	Halbe Wellenlänge (Theorie) in cm	Halbe Wellenlänge (Praxis) in cm	Abweichung in Prozent
798	840	05	21,3	20,0	06

1064	1200	13	16,0	14,5	09
1330	1390	05	12,8	12,0	07
1596	1510	05	10,7	10,0	07
1862	1920	03	09,1	08,5	07

Die folgende Tabelle gilt für ein freies und ein festes Ende bei einer Rohrlänge von 55 cm.
(angegebene Frequenzen = Vielfache der Grundschwingung)

Frequenz (Theorie) in Hertz	Frequenz (Praxis) in Hertz	Abweichung in Prozent	Halbe Wellenlänge (Theorie) in cm	Halbe Wellenlänge (Praxis) in cm	Abweichung in Prozent
465	490	5	36,6	34,0	08
620	580	6	27,5	25,0	10
775	820	6	21,9	19,0	14
930	980	5	18,3	17,5	04

Die folgende Tabelle gilt für ein Röhre mit einem freien und einem festem Ende, bei einer Länge von 50cm.
(angegebene Frequenzen = Vielfache der Grundschwingung)

Frequenz (Theorie) in Hertz	Frequenz (Praxis) in Hertz	Abweichung in Prozent	Halbe Wellenlänge (Theorie) in cm	Halbe Wellenlänge (Praxis) in cm	Abweichung in Prozent
620	660	06	27,4	26,0	05
775	750	03	21,9	20,5	07
930	830	11	18,3	17,0	08
1085	1040	04	16,2	15,5	05
1240	1190	04	13,7	12,5	10

f.) mögliche Fehlerquellen und andere Unbehagen

Fehler könnte es beim Messen der Wellenlänge gegeben haben, da es nicht immer eindeutig war, wo genau Druckbäuche / -knoten vorlagen. Auch konnten wir die Schieblehre nicht immer benutzen, da sie teilweise zu kurz war. Die Bestimmung der Wellenlänge war außerdem sehr schwierig, da man die Abstände durch das Glasrohr messen musste und das nicht unbedingt leicht ist. Wir beschränkten uns deshalb auf 0,5 cm Schritte, da dies im Rahmen der Messgenauigkeit lag. Die Füllung des Rohres mit Korkmehl war ebenfalls ein Problem. Obwohl das Rohr eigentlich waagrecht gelagert war, fiel durch die Vibration und durch das nicht zu behebende starke Wackeln des Rohres ständig Korkmehl auf den Tisch, so dass wir insgesamt dreimal auffüllen mussten. Auch war es schwer die Frequenz nur minimal zu verstellen, wenn man in der Nähe einer der Oberschwingungen war, wodurch uns vielleicht Abweichungen entstanden sind. Zusätzlich mussten wir anfangs auf Mins Gruppe Rücksicht nehmen, da wir sonst ihren Versuch gestört hätten, weshalb wir einiges an Zeit an verloren. Als diese Gruppe dann umgezogen war, beeilten wir uns so sehr, dass vielleicht die Genauigkeit darunter leiden musste. Ein ebenfalls nicht zu unterschätzender Faktor war der Lärm des Lautsprechers. Sobald dieser eingeschaltet wurde, beschwerten sich die anderen, weshalb wir zusätzlich unter Zeitdruck standen.