

Labor Physik - Versuch S2

Bestimmung der Schallgeschwindigkeit mit dem Resonanzrohr

Marius Neumann & Nico Herkner

17. November 2017

Inhaltsverzeichnis

1	Theorie	1
2	Versuch	1
3	Versuchsdurchführung	1
4	Auswertung	2
4.1	Berechnung von $\overline{\Delta l_n}$	2
4.2	Berechnung der Wellenlänge λ	2
4.3	Berechnung der Schallgeschwindigkeit c	3
4.4	Berücksichtigung des Temperatureinflusses	3
4.5	Zusammenfassung der Ergebnisse und Vergleich mit Literaturwert	4
4.6	Diskussion der Ergebnisse	4
5	Geräteliste	5
	Anhang	5
6	Messprotokoll	6

1 Theorie

Wir haben uns anhand [1, 2, 3] mit den genannten Themen vertraut gemacht und uns die Versuchsanleitung sorgfältig durchgelesen. Uns sind keine weiteren Fragen offengeblieben. Des Weiteren haben wir uns die Vorbereitungsstichpunkte genau angeschaut.

2 Versuch

Wir haben uns sorgfältig mit dem Versuchsaufbau beschäftigt. Die Skizze zum Versuchsaufbau befindet sich in der Versuchsanleitung.

3 Versuchsdurchführung

Wir haben die Messung, wie im Laborumdruck beschrieben, für vier verschiedene Messpunkte durchgeführt und die Messwerte im Messprotokoll eingetragen. Siehe Tabelle 6.1 bis 6.5.

4 Auswertung

4.1 Berechnung von $\overline{\Delta l_n}$

Die Tabellen 4.1 bis 4.4 zeigen unsere Messergebnisse mit den dazu gehörigen Differenzen. Δl_n wurde wie folgt berechnet:

$$\Delta l_n = l_{max,n} - l_{min,n} \quad (4.1)$$

Tabelle 4.1: Messwerte mit berechneten Differenzen für die 1. Messung (500 Hz)

Messung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mittelwert
$l_{max,1}$	98,5	98,5	98,4	98,6	98,6	98,8	98,7	98,5	98,8	98,8	98,6
$l_{min,1}$	6,0	6,0	6,1	6,0	6,1	6,1	6,1	6,0	6,0	6,1	6,1
Δl_1	92,5	92,5	92,3	92,6	92,5	92,7	92,6	92,5	92,8	92,7	92,6

Tabelle 4.2: Messwerte mit berechneten Differenzen für die 2. Messung (1000 Hz)

Messung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mittelwert
$l_{max,1}$	98,5	98,5	98,4	98,6	98,6	98,8	98,7	98,5	98,8	98,8	98,6
$l_{min,1}$	6,0	6,0	6,1	6,0	6,1	6,1	6,1	6,0	6,0	6,1	6,1
Δl_1	92,5	92,5	92,3	92,6	92,5	92,7	92,6	92,5	92,8	92,7	92,6

Tabelle 4.3: Messwerte mit berechneten Differenzen für die 3. Messung (1500 Hz)

Messung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mittelwert
$l_{max,1}$	98,3	98,2	98,1	98,2	98,3	98,4	98,4	98,3	98,5	98,5	98,3
$l_{min,1}$	7,5	7,5	7,5	7,6	7,6	7,7	7,7	7,8	7,8	7,8	7,7
Δl_3	90,8	90,7	90,6	90,6	90,7	90,7	90,7	90,5	90,7	90,7	90,7

Tabelle 4.4: Messwerte mit berechneten Differenzen für die 4. Messung (2000 Hz)

Messung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mittelwert
$l_{max,1}$	98,4	98,5	98,6	98,3	98,1	98,1	98,1	98,0	97,8	98,0	98,2
$l_{min,1}$	3,7	3,6	3,6	3,6	3,7	3,5	3,5	3,5	3,5	3,6	3,6
Δl_4	94,7	94,9	95,0	94,7	94,4	94,6	94,6	94,5	94,3	94,4	94,6

4.2 Berechnung der Wellenlänge λ

Abbildung 4.1 zeigt die stehende Welle im Resonanzrohr mit den dazugehörigen Längenbeziehungen. Die Anzahl der Resonanzen ist in blau eingezeichnet, wobei bei der Resonanz l_{min} mit eins zu zählen begonnen wurde.

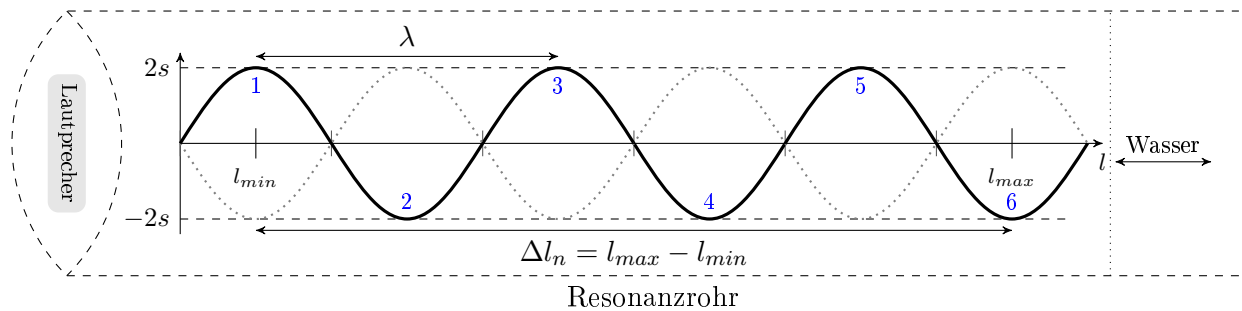


Abbildung 4.1: Veranschaulichung der Stehenden Welle im Resonanzrohr mit Wellenparametern

Aus der Abbildung lässt sich folgender Zusammenhang ableiten:

$$\lambda_n = \frac{\Delta l_n}{n-1} \cdot 2 \quad (4.2)$$

Mit den Mittelwerten der vier Messungen aus Abschnitt 4.1 und der Gleichung 4.2 wurde jeweils die Wellenlänge λ berechnet und in Tabelle 4.5 dargestellt.

Tabelle 4.5: Berechnete Wellenlänge für die vier Messungen

Messung	Δl_n in cm	n	λ in cm
1 (500 Hz)	92,57	4	61,71
2 (1000 Hz)	68,04	5	34,02
3 (1510 Hz)	90,67	9	22,67
4 (2000 Hz)	94,61	12	17,20

4.3 Berechnung der Schallgeschwindigkeit c

Die Schallgeschwindigkeit c wurde wie folgt berechnet und ist in Tabelle 4.6 für jede Messung dargestellt.

$$c_n = f_n \cdot \lambda \quad (4.3)$$

Tabelle 4.6: Ergebnisse der Berechnung der Schallgeschwindigkeit

Messung	f in Hz	λ in cm	c in m/s
1	500	61,7	308,6
2	1000	34,0	340,2
3	1510	22,7	342,3
4	2000	17,2	344,0

4.4 Berücksichtigung des Temperatureinflusses

Die Schallgeschwindigkeiten bei 20 °C der vier Messungen wurde mit Gleichung (11) berechnet und sind in Tabelle 4.7

Tabelle 4.7: Werte der Schallgeschwindigkeit bei 20 °C der einzelnen Messungen

Messung	T_v in °C	T_n in °C	c in m/s	$c_{exp}(20\text{ °C})$ in m/s
1 (500 Hz)	20,0	20,1	308,57	308,54
2 (1000 Hz)	20,1	20,0	340,20	340,17
3 (1510 Hz)	20,0	20,1	342,28	342,25
4 (2000 Hz)	20,1	19,9	344,02	344,02

4.5 Zusammenfassung der Ergebnisse und Vergleich mit Literaturwert

Tabelle 4.8 zeigt den Vergleich des experimentellen Wertes c_{exp} mit dem Literaturwert $c_{lit} = 343,14$ in Luft bei 20 °C.

Tabelle 4.8: Vergleich der Messwerte mit dem Literaturwert bei 20 °C

Messung	$c_{exp}(20\text{ °C})$	$c_{lit}(20\text{ °C})$	abs. Abweichung	rel. Abweichung
1 (500 Hz)	308,540 m/s	343,14 m/s	-34,600 m/s	-10,083 %
2 (1000 Hz)	340,171 m/s	343,14 m/s	-2,969 m/s	-0,865 %
3 (1510 Hz)	342,250 m/s	343,14 m/s	-0,890 m/s	-0,259 %
4 (2000 Hz)	344,018 m/s	343,14 m/s	0,878 m/s	0,256 %
Mittelwert	333,745 m/s	343,14 m/s	-9,395 m/s	-2,738 %

4.6 Diskussion der Ergebnisse

Betrachtet man Tabelle 4.8 fällt auf, dass mit steigender Frequenz die Abweichung vom Literaturwert größer wird. Dies liegt wahrscheinlich daran, dass die Bandbreite der einzelnen Resonanzen geringer wird, weil mehr Resonanzen auf der Länge des Resonanzrohres zu messen sind, und somit die Wellenbäuche spitzer und schmäler werden. Daher war die Stelle der Auslenkungsmaxima präziser abzulesen.

Ein weiterer Grund für Fehler trat beim Ablesen auf. Hier war es schwierig Werte für l_{max} genau zu bestimmen, da man nicht direkt im rechten Winkel auf den Maßstab schauen konnte, sondern von schräg oben ablesen musste, weil das mit Wasser gefüllte Rohr im Weg war. Dabei schätzen wir eine Messungenauigkeit von 1 – 2 mm. Für die Messung wäre auch eine ausführliche Fehlerrechnung möglich, um so die Ergebnisse besser zu beurteilen. In der Tabelle 4.8 kann man sehen, dass die Werte für $c_{exp}(20\text{ °C})$ mit steigender Frequenz näher am Literaturwert liegen. Dies liegt an der Wellenlänge der stehenden Welle. Da bei steigender Frequenz die Wellenlänge kleiner wird 4.5 und somit die Wellenflanken steiler werden, kann man die Position der Resonanzen besser ablesen. Da die Wellenflanken bei 500 Hz sehr flach sind, ist der Fehler dort besonders groß. Ein weiterer Fehler ergibt sich aus der Ableseungenauigkeit bei l_{max} . Wenn man l_{max} abgelesen hat, musste man von schräg oben auf die Skala schauen. Durch die Oberflächenspannung und Lichtbrechung im Wasser schätzen wir einen Parallaxenfehler von 1 – 2 mm.

5 Geräteliste

Tabelle 5.1: Geräteliste

Nr.	Gerät
1	Lautsprecher
2	Resonanzrohr
3	Rohr mit Wasser
4	Frequenzgenerator
5	Mikrofon
6	Verstärker
7	Digitaloszilloskop
8	Thermometer

Literatur

- [1] Bleckwedel, Axel: *Vorlesung Analysis und Statistik: Mitschrift von Nico Herkner*, Sommersemester 2017, Wolfenbüttel, Ostfalia, Hochschule für angewandte Wissenschaften, Fakultät Elektrotechnik.
- [2] Dorn, Friedrich und Bader, Franz: *Physik - Gymnasium Sek II*. Schroedel, Hannover, 2008.
- [3] Turtur, Claus Wilhelm: *Vorlesung Physik: Mitschrift von Nico Herkner*, Sommersemester 2017, Wolfenbüttel, Ostfalia, Hochschule für angewandte Wissenschaften, Fakultät Elektrotechnik.

Anhang

6 Messprotokoll

Tabelle 6.1: Temperatur vor der ersten Messung

T_0 in $^{\circ}C$	
----------------------	--

Tabelle 6.2: Messwerte der 1. Messung

f_1 in Hz										
T_1 in $^{\circ}C$										
Resonanzen n_1										
Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{max,1}$										
$l_{min,1}$										

Tabelle 6.3: Messwerte der 2. Messung

f_2 in Hz										
T_2 in $^{\circ}C$										
Resonanzen n_2										
Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{max,2}$										
$l_{min,2}$										

Tabelle 6.4: Messwerte der 3. Messung

f_3 in Hz										
T_3 in $^{\circ}C$										
Resonanzen n_3										
Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{max,3}$										
$l_{min,3}$										

Tabelle 6.5: Messwerte der 4. Messung

f_4 in Hz										
T_4 in $^{\circ}C$										
Resonanzen n_4										
Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{max,4}$										
$l_{min,4}$										

Zusätzliche Bemerkungen:
