

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 rot eingezeichnet, wobei bei der Resonanz l_{min} mit eins zu zählen begonnen wurde.

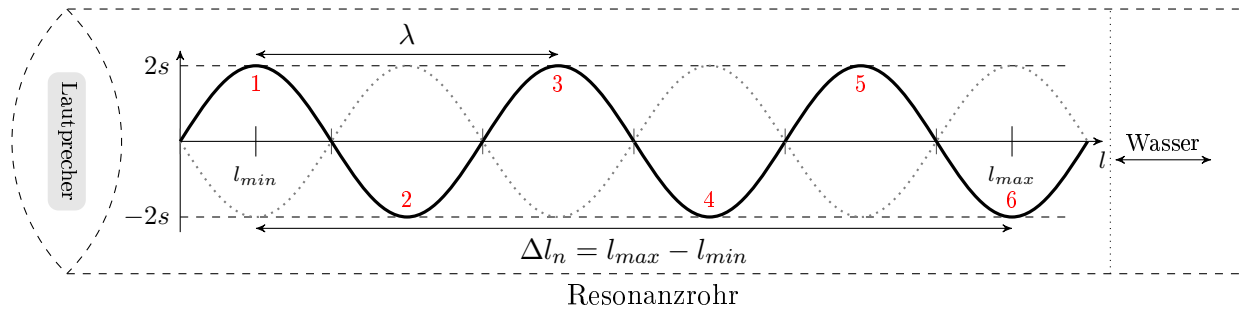


Abbildung 4.1: Veranschaulichung der Stehenden Welle im Resonanzrohr mit Wellenparametern

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 wurden mit den gemessenen Temperaturen für 20 °C mit Gleichung (11) berechnet und sind in Tabelle 4.7 dargestellt.

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

Wie in Tabelle 4.8 zu sehen, ist die Abweichung unserer Messwerte vom Literaturwert mit steigender Frequenz kleiner. Ein Grund dafür ist sehr wahrscheinlich die Wellenlänge, die mit steigender Frequenz kleiner wird. Bei einer kleineren Wellenlänge treten bei einer stehenden Welle auf der gleichen Strecke mehr Wellenbäuche auf. Diese sind dann schmaler und spitzer und deren Extrema können somit mit einer größeren Genauigkeit abgelesen werden. Zur Abschätzung von diesem und weiterer statistischer Fehler wäre eine ausführliche Fehlerrechnung sinnvoll. Zusätzlich traten beim Ablesen von l_{max} systematische Fehler auf, da das untere Rohr nicht vollständig mit Wasser gefüllt ist und man zum Ablesen von l_{max} von schräg oben auf den Maßstab schauen musste. Deshalb tritt hier ein Parallaxenfehler von circa 1 – 2 mm auf. Dieser Fehler verschiebt alle Messwerte in die gleiche Richtung, aber nicht um den gleichen Betrag.

Der Mittelwert aus den Endergebnissen wird auch von dem mit einer großen Abweichung behafteten Wert der ersten Messung beeinflusst und ist daher mit betragsmäßig 2,7 % relativ groß.

In der zweiten Messung war eine Resonanz bei circa 100 cm gemessen. Jedoch hat diese Resonanz keinen Einfluss auf die Qualität unserer Messergebnisse.

Jede unserer Messungen wurde bei circa 20 °C durchgeführt. Deshalb unterscheiden sich in Tabelle 4.7 die normierten Schallgeschwindigkeiten nicht sehr stark von den Messwerten, bei denen die Temperatur nicht berücksichtigt wurde.

Die weiteren Berechnungen basieren auf den selben Messwerten wie die Gesamtergebnisse und sind damit mit den gleichen Fehlern und den dazu gehörigen Ursachen behaftet.

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:
