

# Labor Physik - Versuch S2

# Bestimmung der Schallgeschwindigkeit mit dem Resonanzrohr

Marius Neumann & Nico Herkner

### 17. November 2017

# Inhaltsverzeichnis

T	Theorie	T
2	Versuch	1
3	Versuchsdurchführung	1
4	Auswertung 4.1 Berechnung von $\overline{\Delta l_n}$	<b>2</b> 2
	4.2 Berechnung der Wellenlänge $\lambda$	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
3 Versuchsdurchführung  4 Auswertung  4.1 Berechnung von $\overline{\Delta l_n}$ 4.2 Berechnung der Wellenlänge $\lambda$ 4.3 Berechnung der Schallgeschwindigkeit $c$ 4.4 Berücksichtigung des Temperatureinflusses  4.5 Zusammenfassung der Ergebnisse und Vergleich mit Literaturwert	5	
6	Messprotokoll	6

Nico Herkner, 70452700 Marius Neumann, 70453277 D1, 17. November 2017

### Frau Dr. Nicolaus Labor Physik - Versuch S2 Versuchsdurchführung



Fakultät: Elektrotechnik

#### 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.  $\Delta l_n$  wurde wie folgt berechnet:

$$\Delta l_n = l_{max,n} - l_{min,n} \tag{4.1}$$

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
$\Delta l_1$	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
$\Delta l_1$	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
$\Delta l_3$	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
$\Delta l_4$	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 $\lambda$

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.

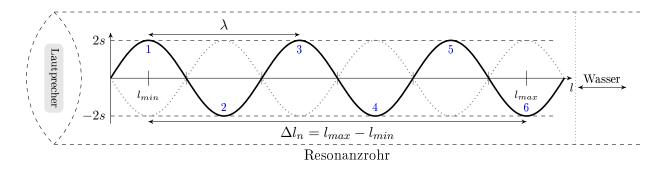


Abbildung 4.1: Veranschaulichung der Stehenden Welle im Resonanzrohr mit Wellenparametern

Aus der Abbildung lässt sich folgender Zusammenhang ableiten:

$$\lambda_n = \frac{\Delta l_n}{n-1} \cdot 2 \tag{4.2}$$

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

Tabelle 4.5: Berechnete Wellenlänge für die vier Messungen

Messung	$\overline{\Delta l_n}$ in $cm$	n	$\lambda$ 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

#### 4.3Berechnung der Schallgeschwindigkeit c

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

$$c_n = f_n \cdot \lambda \tag{4.3}$$

Tabelle 4.6: Ergebnisse der Berechnung der Schallgeschwindigkeit

Messung	f  in  Hz	$\lambda$ 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

### Berücksichtigung des Temperatureinflusses

Die Schallgeschwindigkeiten bei  $20~^{\circ}C$  der vier Messungen wurde mit Gleichung (11) berechnet und sind in Tabelle 4.7



Tabelle 4.7: Werte der Schallgeschwindigkeit bei  $20~^{\circ}C$  der einzelnen Messungen

	Messung	$T_v \text{ in } {}^{\circ}C$	$T_n \text{ in } {}^{\circ}C$	c  in  m/s	$c_{exp}(20  ^{\circ}C) \text{ in } m/s$
Ī	$1 (500 \; Hz)$	20,0	20,1	$308,\!57$	308,54
Ī	$2 (1000 \; Hz)$	20,1	20,0	340,20	340,17
	$3 (1510 \; Hz)$	20,0	20,1	342,28	342,25
ĺ	$4 (2000 \; Hz)$	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	$c_{exp}(20  ^{\circ}C)$	$c_{lit}(20 \ ^{\circ}C)$	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 schmaler 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  $c_{exp}(20~^{\circ}C)$  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	${ m Lautsprecher}$
2	${ m Resonanzrohr}$
3	Rohr mit Wasser
4	Frequenzgenerator
5	Mikrofon
6	$\operatorname{Verst\ddot{a}rker}$
7	Digitaloszolloskop
8	${ m Thermometer}$

# 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

## Frau Dr. Nicolaus Labor Physik - Versuch S2 Messprotokoll



6 Messprotokoll

Tabelle 6.2: Messwerte der 1. Messung

$f_1$ in $Hz$										
$T_1 \text{ in } {}^{\circ}C$										
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: