

Versuch 36: Adiabatenexponenten

(durchgeführt am 14.09.2018 bei Nico Strauß)
Andréz Gockel, Patrick Münnich, (Gruppe 14)
10. Oktober 2018

Inhaltsverzeichnis

1 Ziel des Versuchs	2
2 Theoretische Bestimmung des Adiabatenexponenten	2
3 Experimentelle Bestimmung des Adiabatenexponenten	2
3.1 Aufbau	2
3.2 Durchführung	2
3.3 Theorie	3
3.4 Auswertung und Fehleranalyse	4
3.5 Diskussion	5
4 Anhang	6

1 Ziel des Versuchs

Das Ziel dieses Versuchs ist es, den Adiabatenexponenten von Luft und Argon zu bestimmen¹. Zuerst bestimmen wir aus den Strukturformeln von Stickstoff und Argon deren Molekulare Freiheitsgraden, welche verwendet werden, um den theoretischen Wert des Adiabatenexponentes herzuleiten. Um den Wert experimentell zu bestimmen, wird ein Versuchsaufbau nach Rüchardt-Flammerfeld B1 verwendet, womit die Schwingungsdauer des Schwingkörpers gemessen wird. Leitet man die Formel ?? her, die den Adiabatenexponent in Abhängigkeit der Schwingungsdauer bringt, kann man den dessen Wert bestimmen.

2 Theoretische Bestimmung des Adiabatenexponenten

Die Strukturformel für Stickstoff ist und für Argon ist Um den theoretischen Wert zu bestimmen verwenden wir diese Näherung für die Freiheitsgraden: $f = 3N - b$ [1], die bei diesen Gasen bei Raumtemperatur gilt. Wobei N die Anzahl der Atome ist und b die Anzahl der Bindungen.

Der Adiabatenexponent κ ist definiert als $\kappa = \frac{c_p}{c_v}$, wobei c_p die isobare Wärmekapazität ist und c_v die isochore Wärmekapazität, welche durch Betrachtung der inneren Energie des Gases verallgemeinert werden können, womit wir $\kappa = \frac{f+2}{f}$ bekommen. Mit der Näherung haben wir $\kappa = \frac{3N-b+2}{3N-b}$. Für Stickstoff haben wir zwei Atome mit 3 Bindungen:

$$\kappa = \frac{6 - 3 + 2}{6 - 3} = \frac{5}{3}$$

und für Argon mit einem Atom und null Bindungen bekommen wir ebenfalls:

$$\kappa = \frac{3 - 0 + 2}{3 - 0} = \frac{5}{3}$$

3 Experimentelle Bestimmung des Adiabatenexponenten

3.1 Aufbau

Für dieses experiment haben wir einen Glaskolben den wir mit Luft bzw. Argon gas füllen, am Hals des Kolbens ist ein kleines Loch, welches für den Druckausgleich ist. Der Schwingkörper schwingt um dieses loch und die Anzahl der Schwingungen werden mit einem induktiven Ring gezählt. Wir können das einströmen von Gas durch ein Feinventil regulieren. Es muss ständig etwas Gas einströmen da der Schwingkörper sonst durch Reibung abgebremst werden würde.

3.2 Durchführung

Bevor wir mit den Messungen anfangen können müssen wir sicher sein dass, das Gas in dem Kolben rein ist. Hierfür öffnen wir das Auslassventil und wir lassen die Luft für eine Minute durch den Kolben fließen. Anschließend schliessen wir das Auslassventil und benutzen das Feinventil um eine geringe Strömung zu bekommen die unser Schwingkörper in Schwingung versetzt. Wir schalten dann das Messgerät für 1000 Schwingungen an und schreiben für alle 200 Schwingungen die zeit auf. Zum vergleich schauen wir uns 5 mal 100 Schwingungen an und schreiben diese Zeiten auf.

Demnach schalten wir den Zweiweghahn auf Argon um und öffnen das Auslassventil für 5 Minuten. Die Messungen für Argon liefern genau so ab wie für Luft.

¹Kohlenstoffdioxid war original teil des Experiments, wurde aber ausgelassen da nicht genügend Druck vorhanden war, um eine Schwingung zu erzeugen.

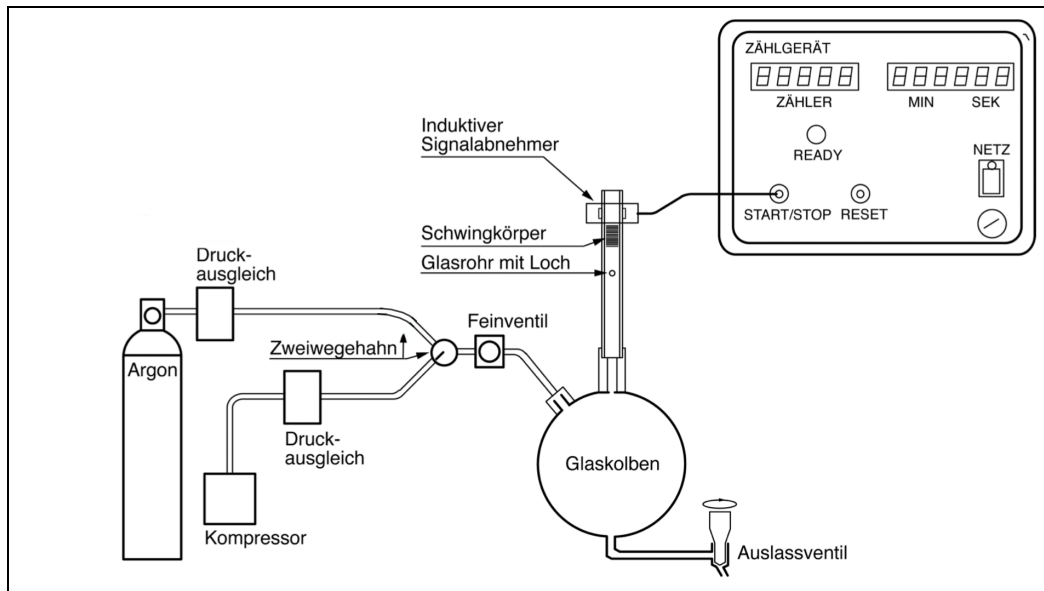


Abbildung B1: Versuchsaufbau [1]

3.3 Theorie

Zur experimentellen Bestimmung des Adiabatenexponentens benutzen wir

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{mV}{q^2 p \kappa}} \quad (1)$$

mit m als die Masse und V das Volumen des Gases. q ist die Fläche des Glasrohrs, p der Druck und κ ist der gesuchte Adiabatenexponent. Außerdem ist ω hier die Frequenz und T die Periodendauer. Diese Formel wird dann zu

$$\kappa = 4\pi^2 \frac{mV}{q^2 p T^2} \quad (2)$$

umgeschrieben.

Die Formel (2) stammt aus der folgenden Herleitung:

$$\begin{aligned} F &= q \, dp \\ V &= qx \Rightarrow dV = q \, dx \\ \Rightarrow dF &= q \, dx = \frac{-pq^2 \kappa \, dx}{V} \\ F &= m\ddot{x} \Rightarrow \omega^2 = \frac{pq^2 \kappa}{mV} \end{aligned}$$

F steht für die auf den Körper wirkende Kraft und x die Auslenkung.

Die Fehler von n und T werden mit

$$s_n = \sqrt{n} \quad (3)$$

für n Schwingungen und

$$s_T = \frac{1}{\sqrt{n}} \overline{T} \quad (4)$$

für die Periodendauer T mit n Schwingungen durchgeführt.

3.4 Auswertung und Fehleranalyse

Zur Berechnung der Fehler nehmen wir folgende Formel für Produkte und Quotienten zunutze:

$$\left| \frac{\Delta z}{z_0} \right| = \sqrt{\left(a \frac{\Delta x}{x_0} \right)^2 + \left(b \frac{\Delta y}{y_0} \right)^2} \quad \text{für } z = x^a y^b. \quad (5)$$

Damit berechnen wir unseren Fehler für die Fläche q

$$\left| \frac{\Delta q}{q} \right| = 2 \frac{\Delta D/2}{D/2}$$

mit Durchmesser $D = (13.5 \pm 0.3) \text{ mm}^2$. Um unser p zu berechnen nutzen wir erstmals die gleiche Formel für unser $p_S = F/q$ und erhalten

$$\left| \frac{\Delta p_S}{p_S} \right| = \sqrt{\left(\frac{\Delta F}{F} \right)^2 + \left(-1 \frac{\Delta q}{q} \right)^2}$$

Da der Druck für die Rechnung aus der Summe vom Außendruck und dem Innendruck besteht brauchen wir noch die Formel für Summen:

$$\Delta z = \sqrt{(a\Delta x)^2 + (b\Delta y)^2 + \dots} \quad \text{für } z = ax + by + \dots \quad (6)$$

Hiermit erhalten wir:

$$\left| \frac{\Delta p}{p} \right| = \sqrt{\Delta p_S + \Delta p_A}$$

Da für κ mehrere aufgrund vergleichbar niedrige Werte vernachlässigbare Terme vorhanden sind, können wir einfach mit der Folgenden Gleichung rechnen:

$$\Delta \kappa = \kappa \sqrt{\left(\frac{\Delta V}{V} \right)^2 + \left(2 \frac{\Delta T_S}{T_S} \right)^2} \quad (7)$$

Die gemessenen Werte der Variablen außerhalb von der Anzahl Schwingungen und der Zeit sind:

- $m = (5.7 \pm 0.3) \text{ g}$
- $V = (2.225 \pm 0.005) \text{ cm}^3$
- $q = (14.3 \pm 0.06) \text{ cm}^2$
- $p_a = (988 \pm 1) \text{ mbar}$

Mit unseren Messwerten, welche im Anhang gefunden werden können, und (2) bekommen wir folgende Werte für Luft und Argon mit 100 Schwingungen:

Tabelle T1: Adiabatenexponente

Messreihe	κ Luft	κ Argon
1	1.6(4)	1.9(4)
2	1.6(4)	1.9(4)
3	1.6(4)	1.9(4)
4	1.6(4)	1.9(4)
5	1.5(4)	1.9(4)

Für 1000 Schwingungen sehen die Werte folgendermaßen aus:

Tabelle T1: Adiabatenexponente

Messreihe	κ Luft	κ Argon
1	1.6(2)	1.8(2)
2	1.6(2)	1.9(2)

3.5 Diskussion

Um unsere Ergebnisse leicht zu vergleichen, bilden wir erstmal die Mittelwerte für κ . Die Formel für die Fehlerberechnung des Mittelwerts lautet:

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}. \quad (8)$$

Somit erhalten wir als Mittelwerte für den gemessenen Adiabatenexponent von Luft 1.59 ± 0.1 und für Argon 1.87 ± 0.1 .

Mithilfe der Formel

$$t = \frac{|x_0 - y|}{u_x} \quad (9)$$

und den Werten von der theoretischen Berechnung und der Messung bekommen wir $t = 0.63$ für Luft und $t = 1.53$ für Argon. Beide dieser Werte liegen innerhalb des erwünschten $t < 2$ Bereichs. Dies bedeutet, dass diese Werte als verträglich gelten.

Zum Verbessern der Versuchsdurchführung hätte man nach Änderung des Gases lange ausspülen können. Zwar wurde für fünf Minuten gespül, indem man das Gas durch den geöffneten Kolben laufen ließ, jedoch ist es durchaus möglich, dass der Kolben trotzdem nicht vollkommen Durchgespült wurde. Zudem kommt, dass das Gas innerhalb der Gasflasche eventuell auch andere Gase beinhaltet.

Dazu kommt, dass sich der Außendruck leicht ändern kann, da der Raum nicht abgeschlossen war. Geöffnete Türen und Fenster können eventuell den Druck ändern. Dies ist jedoch nicht sehr Einflussreich, da der Außendruck sich nicht sehr stark geändert haben wird.

Literatur

- [1] Physikalisches Institut der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg (Hrsg.) (08/2018): Versuchsanleitungen zum Physiklabor für Anfänger*innen, Teil 1, Ferienpraktikum im Sommersemester 2018.

4 Anhang

Tabelle T1: Messwerte

Messreihe	Periode	Luft	Argon
		Zeit in s	Zeit in s
1	1000 ± 32	392.34(13)	371(5)
2	1000 ± 32	392.52(13)	364(5)
3	100 ± 10	39.1(4)	36.10(4)
4	100 ± 10	39.0(4)	36.18(4)
5	100 ± 10	39.2(4)	36.14(4)
6	100 ± 10	39.0(4)	36.10(4)
7	100 ± 10	40.0(4)	36.16(4)