

W43 Messung des Adiabatexponenten

Assistent: Charlot Riedmüller
Datum Versuchsdurchführung:
24.09.2015

bearbeitet von
Gruppe:
Gentian Rrafshi Matrnr. 2721617

14. Oktober 2015

Inhaltsverzeichnis

1	Versuchsziel	3
2	Grundlagen	3
3	Versuchsdurchführung	5
4	Formeln	6
5	Messwerte	6
6	Auswertung	7
7	Fehlerrechnung	8
8	Zusammenfassung	9
9	Literaturverzeichnis	10
10	Anhang	10

1 Versuchsziel

Ziel des Versuchs ist die Messung des Adiabatenexponenten von Luft, Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Argon (Ar) mit Hilfe der Gasfeder.

2 Grundlagen

Grundlage dieses Versuchs ist der adiabate Prozess. Dieser geschieht genau dann, wenn ein Im Vorgang kein Wärmeaustausch stattfindet.

Da kein Wärmeaustausch stattfindet, ist $\Delta Q = 0$, was mit Hilfe des ersten Hauptsatzes der Thermodynamik

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W \quad (1)$$

als Konsequenz

$$\Delta U = \Delta W \quad (2)$$

mit sich zieht. Damit ist die innere Energie gleich der verrichteten Arbeit.

Der adiabate Prozess ist ein rein theoretischer Vorgang und taucht so nicht in der Natur auf. Es gibt allerdings Vorgänge, die annähernd Adiabat sind. Beispielhaft wäre da die Thermoskanne, bei Kompression einer Luftpumpe und generell alles, was als „Wärmedicht“ bezeichnet wird.

Es wird im allgemeinen zwischen irreversiblen und reversiblen Kreisprozessen unterschieden.

Die Besonderheit hierbei liegt an der Entropie. Ist der Vorgang reversibel, so nennt man den adiabate Zustandsänderung auch Isentrope Zustandsänderung. Zudem heißt dies auch, dass bei reversiblen Prozessen auch keine Entropie dem Vorgang zugeführt wird. Daher bleibt die Entropie konstant.

Bei irreversiblen Vorgängen heißt dies, dass dem System Entropie zugeführt wird. Solche irreversiblen Vorgänge laufen meist spontan ab, wie zum Beispiel beim Temperatúrausgleich.

Eine weitere Grundlage dieses Versuchs bildet die Wärmekapazität eines Körpers, welches das Verhältnis der ihm zugeführten Wärme zu der damit bewirkten Temperaturerhöhung ist. Formal also:

$$C = \frac{dQ}{dT}$$

Wobei dQ die zugeführte Wärme und dT die bewirkte Temperaturerhöhung ist.

Weiterführend zur Wärmekapazität betrachtet man die spezifische Wärmekapazität, welche angibt wie viel Wärme ein Stoff bei Temperaturänderungen pro Masseneinheit aufnimmt bzw. abgibt. Es gilt also:

$$c_{\text{spez}} = \frac{dQ}{m \cdot dT}$$

Hieraus ergibt sich der Isentropenexponent bzw. Adiabatenexponent. Dieser ist das Verhältnis bei Gasen zwischen der (spezifischen) Wärmekapazität bei konstantem Druck (c_p) und konstanten Volumen (c_V). Formal gilt also:

$$\kappa = \frac{c_p}{c_V}$$

Weiterführend gilt als gute Annäherung, dass

$$\kappa = \frac{f + 2}{f}$$

gilt. Hierbei ist f nun die Anzahl der Freiheitsgrade, welches ein System besitzt (in diesem Fall Moleküle und Atome).

Mit Hilfe des Adiabatenexponenten kann man nun die Adiabatengleichungen für Gase in der adiabaten Zustandsänderung definieren, welche wie folgt lauten:

$$\begin{aligned} pV^\kappa &= \text{const.} \\ T^\kappa p^{1-\kappa} &= \text{const.} \\ TV^{\kappa-1} &= \text{const.} \end{aligned}$$

Wobei hier T für die Temperatur, V für das Volumen und p für den Druck stehen.

3 Versuchsdurchführung

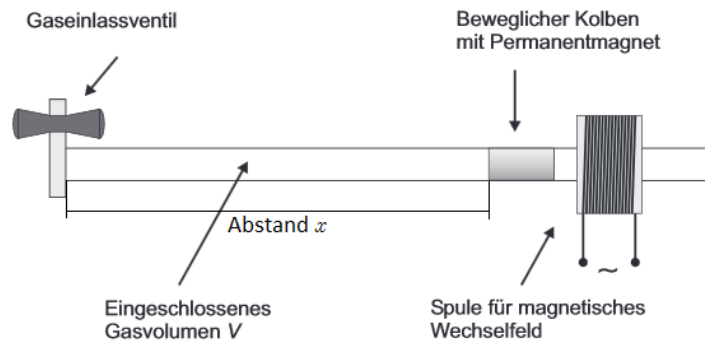


Abbildung 1: Versuchsskizze^[A]

Um den Adiabatenexponent γ für Luft, Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Argon (Ar) zu bestimmen, benötigen wir ein horizontal gelagertes Glasrohr. In diesem Glasrohr ist ein Kolben mit einem Eisenkern, welcher durch einen Permanentmagnet von außen verschoben werden kann.

Auf einer Seite des Glasrohrs ist ein Ventil eingebracht. Durch dieses Ventil kann Gas rein-, rausgelassen und eingeschlossen werden. Mit dem Permanentmagneten lässt sich der Kolben auf eine gewünschten Position hinpositioniert werden. Dieser Abstand x vom Ventil zum Kolben soll notiert werden. Das dadurch eingeschlossene Gas verhält sich nun, wenn der Kolben mit Hilfe der Spule in Schwingung versetzt wird, analog zu einer Feder beim Federpendel.

Durch einen Drehzahlregler soll nun der Kolben so in Schwingung versetzt werden, dass der Kolben den maximal möglichen Ausschlag hat. Diese Frequenz ist dann die Eigenfrequenz des Systems und soll notiert werden. Im Anschluss wird noch der neue Abstand notiert, nach dem der Kolben wieder in Ruhe ist. Dies wird jeweils drei mal für Luft, CO_2 und Argon ausgeführt.

4 Formeln

Für den Versuch ist nur eine Formel relevant:

$$\gamma = \frac{16\pi \cdot m \cdot x \cdot f}{d_{\text{Rohr}}^2 \cdot p_0} \quad (3)$$

Hierbei sind $m = 8,8781 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$, $p_0 = 1,021 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ und $d_{\text{Rohr}} = 16 \text{ mm}$. Desweiteren sind p_0 der Luftdruck, x der Abstand wie in Abbildung (1) eingezeichnet und f die gemessene Frequenz.

5 Messwerte

Abbildung 2: Messwerte für Luft

Abstand davor x [cm]	Abstand danach x [cm]	f [Hz]
30,00	30,40	15,60
20,00	19,60	19,50
10,00	9,90	27,00

Abbildung 3: Messwerte für CO₂

Abstand davor x [cm]	Abstand danach x [cm]	f [Hz]
22,50	22,00	17,70
28,00	27,60	15,70
46,00	45,50	12,00

Abbildung 4: Messwerte für Argon

Abstand davor x [cm]	Abstand danach x [cm]	f [Hz]
27,50	27,80	17,70
39,50	40,50	14,50
10,30	10,50	28,00

6 Auswertung

Mit Hilfe der Formel (4) kann man nun den Adiabatenexponenten γ bestimmen. Dazu eine kleine Beispielrechnung für Luft bei 30,4 cm Abstand. Die übrigen Werte werden dann tabellarisch aufgelistet.

$$\gamma = \frac{16\pi \cdot m \cdot x \cdot f}{d_{\text{Rohr}}^2 \cdot p_0} = \frac{16 \cdot \pi \cdot 8,8781 \cdot 10^{-3} \text{kg} \cdot 0,304 \text{m} \cdot (15,6 \text{s}^{-1})^2}{(1,6 \cdot 10^{-2} \text{m})^2 \cdot 1,021 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 1,26$$

Abbildung 5: Ergebnisse für Luft

Abstand davor x [cm]	Abstand danach x [cm]	f [Hz]	γ
30,00	30,40	15,60	1,26
20,00	19,60	19,50	1,27
10,00	9,90	27,00	1,23

Abbildung 6: Ergebnisse für CO₂

Abstand davor x [cm]	Abstand danach x [cm]	f [Hz]	γ
22,50	22,00	17,70	1,18
28,00	27,60	15,70	1,16
46,00	45,50	12,00	1,12

Abbildung 7: Ergebnisse für Argon

Abstand davor x [cm]	Abstand danach x [cm]	f [Hz]	γ
27,50	27,80	17,70	1,49
39,50	40,50	14,50	1,45
10,30	10,50	28,00	1,40

Gemittelt ergibt sich also folgendes:

$$\bar{\gamma}_{\text{Luft}} = 1,26$$

$$\text{Literaturwert } \gamma_{\text{Luft}} = 1,4$$

$$\bar{\gamma}_{\text{CO}_2} = 1,15$$

$$\text{Literaturwert } \gamma_{\text{CO}_2} = 1,3$$

$$\bar{\gamma}_{\text{Ar}} = 1,45$$

$$\text{Literaturwert } \gamma_{\text{Ar}} = 1,6$$

7 Fehlerrechnung

Folgende Fehler wurden dem Versuch entnommen:

- Außendruck (Luftdruck) $\Delta p_0 = 0,002 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$
- Masse des Oszillators $\Delta m = 0,0001 \text{ g}$
- Durchmesser des Glasrohrs $\Delta d_{\text{Rohr}} = 0,01 \text{ mm}$

Desweiteren werden diese Fehler angenommen:

- Abstand $\Delta x = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- Frequenz $\Delta f = 0,5 \text{ Hz}$

Mit Hilfe der Fehlerfortpflanzung ergibt sich folgender Fehler für γ :

$$\Delta \gamma = \left| \frac{\partial}{\partial m} \gamma \right| \cdot \Delta m + \left| \frac{\partial}{\partial x} \gamma \right| \cdot \Delta x + \left| \frac{\partial}{\partial f} \gamma \right| \cdot \Delta f + \left| \frac{\partial}{\partial d_{\text{Rohr}}} \gamma \right| \cdot \Delta d_{\text{Rohr}} + \left| \frac{\partial}{\partial p_0} \gamma \right| \cdot \Delta p_0$$

$$= 16\pi \left(\frac{x f^2 \Delta m + m f^2 \Delta x + 2 m x \Delta f}{d_{\text{Rohr}}^2 \cdot p_0} + \frac{2 m x f^2 \Delta d_{\text{Rohr}}}{d_{\text{Rohr}}^3 \cdot p_0} + \frac{2 m x f^2 \Delta p_0}{d_{\text{Rohr}}^2 \cdot p_0^2} \right)$$

Da einer Beispielrechnung hier sehr unübersichtlich wird, werden die Ergebnisse gleich in den nachfolgenden Tabellen angegeben:

Abbildung 8: Fehler für Luft

γ	Fehler $\Delta \gamma$
1,26	0,12
1,27	0,18
1,23	0,33

Abbildung 9: Fehler für CO₂

γ	Fehler $\Delta \gamma$
1,18	0,15
1,16	0,12
1,12	0,08

Abbildung 10: Fehler für Argon

γ	Fehler $\Delta \gamma$
1,49	0,15
1,45	0,11
1,40	0,36

Als hat man folgende Fehler:

$$\Delta \bar{\gamma}_{\text{Luft}} = 0,33$$

$$\Delta \bar{\gamma}_{\text{CO}_2} = 0,15$$

$$\Delta \bar{\gamma}_{\text{Ar}} = 0,36$$

8 Zusammenfassung

Ziel dieses Versuchs ist die Bestimmung des Adiabatenexponenten von Luft, Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Argon (Ar). Zusammenfassend werden hier noch einmal alle wichtigen Ergebnisse aufgelistet:

Abbildung 11: Ergebnisse für Luft

Abstand danach x [cm]	f [Hz]	γ	Fehler $\Delta\gamma$
0,30	15,60	1,26	0,12
0,20	19,50	1,27	0,18
0,10	27,00	1,23	0,33

Abbildung 12: Ergebnisse für CO_2

Abstand danach x [cm]	f [Hz]	γ	Fehler $\Delta\gamma$
0,22	17,70	1,18	0,15
0,28	15,70	1,16	0,12
0,46	12,00	1,12	0,08

Abbildung 13: Ergebnisse für Argon

Abstand danach x [cm]	f [Hz]	γ	Fehler $\Delta\gamma$
0,28	17,70	1,49	0,15
0,41	14,50	1,45	0,11
0,11	28,00	1,40	0,36

Gemittelt bekommt man dadurch folgende Adiabatenexponenten:

$$\bar{\gamma}_{\text{Luft}} = 1,26 \pm 0,33$$

$$\text{Literaturwert } \gamma_{\text{Luft}} = 1,4$$

$$\bar{\gamma}_{\text{CO}_2} = 1,15 \pm 0,15$$

$$\text{Literaturwert } \gamma_{\text{CO}_2} = 1,3$$

$$\bar{\gamma}_{\text{Ar}} = 1,45 \pm 0,36$$

$$\text{Literaturwert } \gamma_{\text{Ar}} = 1,6$$

9 Literaturverzeichnis

- [1] „*W₄₃ Messung des Adiabatenexponenten*“, in
<http://www3.physik.uni-stuttgart.de/studium/praktika/ap/>,
unter http://www3.physik.uni-stuttgart.de/studium/praktika/ap/pdf_dateien/W43.pdf;
abgerufen am 06.10.2015
- [A] Graphik aus „*W₄₃ Messung des Adiabatenexponenten*“, in
<http://www3.physik.uni-stuttgart.de/studium/praktika/ap/>,
unter http://www3.physik.uni-stuttgart.de/studium/praktika/ap/pdf_dateien/W43.pdf;
abgerufen am 06.10.2015

10 Anhang