
Versuch Adiabatenexponent

Protokoll

Praktikant: Michael Lohmann
Skrollan Detzler
E-Mail: m.lohmann@stud.uni-goettingen.de
skrollan.detzler@stud.uni-goettingen.de
Versuchsdatum: 16.6.2014
Betreuer: Martin Ochmann

Testat:

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Theorie	3
3	Durchführung	3
4	Auswertung	3
4.1	Messung nach Rüchard	3
4.2	Messung nach Clement-Desormes	5
5	Diskussion	5
	Literatur	6

1 Einleitung

Der Adiabatenexponent ist ein wichtiges Kennzeichen von Gasen. Er beschreibt das Verhältnis des Wärmespeicherkoeffizienten bei konstantem Druck zu dem mit konstantem Volumen ([Mes10, S. 263]). In der Regel wird er mit κ bezeichnet.

2 Theorie

3 Durchführung

4 Auswertung

4.1 Messung nach Rüchard

Die aufbauspezifischen Daten unseres Versuchs finden sich in Tabelle 1. Da beim schwin-

Messgröße	Messwert
Masse	$m = 4.88 \text{ g}$
Durchmesser	$d = 9.97 \text{ mm}$
Volumen	$V = 2300.45 \text{ cm}^3$
Luftdruck	$b_1 = 1015.8 \text{ hPa}$
- nachher	$b_2 = 1015.5 \text{ hPa}$
Temperatur	$T_1 = 25.9^\circ \text{ C}$
- nachher	$T_2 = 23.6^\circ \text{ C}$

Tabelle 1: Versuchsspezifische Größen

genden Gewicht in der Röhre zusätzlich noch das sich darin befindliche Gas bewegt werden muss, ist die effektive Masse m_{eff} höher:

$$m_{\text{eff}} = m + \rho_L \cdot A \cdot l$$

$$\sigma_{m_{\text{eff}}} = \sigma_l \cdot \rho_l \cdot A$$

Mit $A = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$. Der daraus resultierende Druck p wird durch

$$p = b + \frac{m_{\text{eff}} g}{A}$$

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_b^2 + \sigma_{m_{\text{eff}}}^2 \left(\frac{g}{A}\right)^2}$$

berechnet. Die Werte für unseren Versuch sind in Tabelle 2 dargestellt.

Gas	m_{eff} [g]	p [hPa]
CO ₂	4.8983 ± 0.0005	1021.81 ± 0.10
Argon	4.8917 ± 0.0005	1021.80 ± 0.10
Luft	4.8964 ± 0.0005	1021.80 ± 0.10

Tabelle 2: Effektive Masse zu den einzelnen Gasen und die daraus resultierenden Drücke

Gas	Schwingungen	Periodendauer [ms]	κ
CO ₂	1	762.1 ± 1.1	1.2299 ± 0.0034
	10	762.23 ± 0.24	1.2294 ± 0.0008
	20	763.29 ± 0.11	1.2261 ± 0.0004
	50	763.39 ± 0.12	1.2257 ± 0.0004
	100	762.70 ± 0.22	1.2279 ± 0.0007
Argon	1	685.8 ± 1.0	1.517 ± 0.004
	10	686.5 ± 0.4	1.5138 ± 0.0019
	20	686.48 ± 0.27	1.5137 ± 0.0012
	50	686.48 ± 0.15	1.5137 ± 0.0007
	100	686.33 ± 0.06	1.51441 ± 0.00034
Luft	1	737.4 ± 1.0	1.313 ± 0.004
	10	737.4 ± 0.4	1.3133 ± 0.0013
	20	737.96 ± 0.25	1.3112 ± 0.0009
	50	738.6 ± 0.5	1.3090 ± 0.0020
	100	739.1 ± 0.5	1.3072 ± 0.0019

Tabelle 3: Schwingungszeiten unterschiedlicher Gase und die resultierenden κ

$$\kappa = \frac{4\pi^2 \cdot m_{\text{eff}} \cdot V}{T^2 \cdot p \cdot d^4}$$

$$\sigma_{\kappa} = \frac{4\pi^2 V}{T^3 d^4 p^2} \cdot \sqrt{(T m_{\text{eff}})^2 \cdot \sigma_p^2 + (T p)^2 \cdot \sigma_{m_{\text{eff}}}^2 + (2 m_{\text{eff}} p)^2 \cdot \sigma_T^2}$$

Nach den gewichteten Mittelwerten ergibt sich hierbei somit:

$$\begin{aligned}\kappa_{\text{CO}_2} &= 1.22651 \pm 0.00025 \\ \kappa_{\text{Argon}} &= 1.51424 \pm 0.00029 \\ \kappa_{\text{Luft}} &= 1.3111 \pm 0.0007\end{aligned}$$

Nach (??) können nun mit den Werten für Kappa auch die Anzahl der Freiheitsgrade

berechnet werden. Es ergibt sich hier:

$$\begin{aligned}f_{\text{CO}_2} &= 8.83 \approx 9 \\f_{\text{Argon}} &= 3.89 \approx 4 \\f_{\text{Luft}} &= 6.43 \approx 6\end{aligned}$$

Was von den in der Theorie hergeleiteten Werten von stark abweicht. Dass sich nicht nur ganzzahlige Freiheitsgerade bei nicht idealen Gasen ergeben, liegt z.B. an der Temperaturabhängigkeit der Schwingungsmöglichkeiten. Wenn ein Molekül mit mehreren Atomen keine Energie besitzt (absoluter Nullpunkt), so kann mangels fehlender Energie auch keine Schwingung stattfinden. Da die möglichen Schwingungen aber mit steigender Temperatur auch kontinuierlich steigen, so muss auch die Anzahl der Freiheitsgerade mit höher werdender Temperatur kontinuierlich steigen.

4.2 Messung nach Clement-Desormes

Da gilt $\kappa = \frac{\Delta p_1}{\Delta p_1 - \Delta p_2}$ folgt aus der Proportionalität des Drucks zur Steighöhe (nach [Gia10, S. 457] gilt: $p = \rho gh$):

$$\begin{aligned}\kappa &= \frac{\Delta h_1}{\Delta h_1 - \Delta h_2} \\ \sigma_\kappa &= \frac{1}{(\Delta h_1 - \Delta h_2)^2} \cdot \sqrt{\Delta h_1^2 \cdot \sigma_{\Delta h_2}^2 + \Delta h_2^2 \cdot \sigma_{\Delta h_1}^2}\end{aligned}$$

Für unsere Messwerte haben wir die gewichteten Mittelwerte in Tabelle 4 vermerkt.

Öffnungszeit [s]	κ
0.1	1.130 ± 0.014
1.0	1.133 ± 0.013
5.0	1.106 ± 0.014

Tabelle 4: Gew. Mittelwerte von κ zu den jeweiligen Öffnungszeiten

5 Diskussion

In der Tabelle der versuchsspezifischen Größen 1 fällt auf, dass sich die Temperatur im Versuchsraum während der Messungen um über 2° C geändert hat. Dies verfälscht die Messwerte, so dass für zukünftige Messungen empfehlenswert ist, zumindest die Fenster zu schließen, so unangenehm dies auch ist. Noch besser wäre allerdings ein klimatisierter Raum.

Literatur

- [Gia10] Giancoli, Douglas C.: *Physik - Lehr- und Übungsbuch*. Pearson Education Deutschland, München, 3. Auflage, 2010.
- [Mes10] Meschede, Dieter: *Gerthsen Physik*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 24. Auflage, 2010, ISBN 978-3-642-12893-6.