Anfängerpraktikum der Fakultät für Physik,
Universität Göttingen

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

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

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

Tabelle 1: Versuchsspezifische Größen

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

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, da zusätzlich zu dem vorhandenen Luftdruck noch das Gewicht der Masse und des Gases in der Röhre auf das innere des Gefäßes wirkt. 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
	1	762.1 ± 1.1	1.2299 ± 0.0034
	10	762.23 ± 0.24	1.2294 ± 0.0008
CO_2	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
	1	685.8 ± 1.0	1.517 ± 0.004
	10	686.5 ± 0.4	1.5138 ± 0.0019
Argon	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
	1	737.4 ± 1.0	1.313 ± 0.004
	10	737.4 ± 0.4	1.3133 ± 0.0013
Luft	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

$$\kappa = \frac{64 \cdot m_{\text{eff}} \cdot V}{T^2 \cdot p \cdot d^4}$$
$$\sigma_\kappa = \frac{64\ V}{T^3 d^4 p^2} \cdot \sqrt{(T m_{\text{eff}})^2 \cdot \sigma_p^2 + (Tp)^2 \cdot \sigma_{m_{\text{eff}}}^2 + (2 m_{\text{eff}}\ p)^2 \cdot \sigma_T^2}$$

Nach den gewichteten Mittelwerten ergibt sich hierbei somit:

$$\kappa_{CO_2} = 1.22651 \pm 0.00025$$
$$\kappa_{\text{Argon}} = 1.51424 \pm 0.00029$$
$$\kappa_{\text{Luft}} = 1.3111 \pm 0.0007$$

Nach (**??**) können nun mit den Werten für Kappa auch die Anzahl der Freiheitsgerade berechnet werden. Es ergibt sich hier:

$$f_{\mathrm{CO_2}} = 8.83 \approx 9$$
$$f_{\mathrm{Argon}} = 3.89 \approx 4$$
$$f_{\mathrm{Luft}} = 6.43 \approx 6$$

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: $p = \rho g h$ und für Δh klein $\Rightarrow \rho \approx$ const.):

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

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

4.3 κ_{Luft}

Der gewichtete Mittelwert aller Messungen von κ_{Luft} beträgt

$$\kappa_{\mathrm{Luft}} = 1.3096 \pm 0.0007$$

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.

5.1 Rüchardt

Bei der Messung nach Rüchardt sind die aufgenommenen Zeiten durch die Lichtschranke sehr präzise.

5.2 Clement-Desormes

Die zweite Messung verlangte die Öffnung des Ventils für Zeiten von 0.1 bis 5s. Hierbei ist die Zeitmessung sehr ungenau, da sie nur nach Gefühl erfolgte. Da die Öffnungszeiten aber nicht in die Auswertung mit eingehen, ist die Genauigkeit vor allem durch die Präzision der Messgeräte beschränkt. Als wichtige Fehlerquelle ist hier das Problem zu nennen, dass der Gasaustausch nicht überwacht werden kann. Es ist so zu schätzen, wann ein vollständiger Austausch der Gase vollzogen ist. Dieser kann teilweise nicht vollständig erfolgt sein.

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.