

ANFÄNGERPRAKTIKUM DER FAKULTÄT FÜR PHYSIK,
UNIVERSITÄT GÖTTINGEN

Spezifische Wärme der Luft und Gasthermometer

Praktikanten: Silke Andrea Teepe
Marcel Kramer

E-Mail:

Betreuer: Alexander Schmelev

Testat:

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Theorie	1
3	Durchführung	1
4	Auswertung	1
4.1	Rüchardt	1
4.2	Clement-Desormes	2
5	Diskussion	3

1 Einleitung

2 Theorie

3 Durchführung

4 Auswertung

4.1 Rüchardt

Vor dem Versuch wurde der Umgebungsdruck im Raum gemessen. Dieser betrug $p_0 = 1004,1$ hPa. Außerdem wurden folgende Werte von dem Versuchsaufbau abgelesen: $M = 4,88$ g (Masse des schwingenden Körpers), $d = 9,97$ mm (Rohrdurchmesser) und $V = 2300$ cm³ (Kolbenvolumen). Der Fehler des Umgebungsdrucks ist klein und kann daher vernachlässigt werden. Die abgelesenen Wert waren ohne Fehlerangabe und werden daher als exakt angenommen.

Aus diesen Werten berechnet sich der Druck im Kolben mit Formel ?? und $A = \pi \cdot (d/2)^2$ zu $p = 101024$ Pa. Um die effektive Masse des schwingenden Körpers zu bestimmen muss die Masse der mitschwingenden Luftsäule $m_L = hA\rho_L$ beachtet werden. Dabei ist $\rho_L = 1,225$ kg / m³ die Luftdichte bei 15 °C und $h = 11,5$ cm die Höhe der Luftsäule. Die effektive Masse ist dann

$$m_{eff} = m + m_L = 4,89 \cdot 10^{-3} \text{ kg} .$$

Nun kann aus denn Messwerten und der Formel

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v} = \frac{64 \cdot m_{eff} \cdot V}{T^2 \cdot p \cdot d^4}$$

für jede Messung der Adiabatenexponent bestimmt werden. Die gewichteten Mittelwerte der Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammen mit dem Fehler aufgeführt. Zur Fehlerberchnung wurde davon ausgegangen, dass die Stopuhr mit einem systematischen Fehler σ_T von maximal 3% behaftet ist. Der Gesamtfehler ergibt sich dann durch Fehlerfortpflanzung zu

$$\sigma_\kappa = \sqrt{\left(\frac{\partial \kappa}{\partial T}\right)^2 \sigma_T^2} = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 64 \cdot m \cdot V}{T^3 \cdot p \cdot d^4}\right)^2 \sigma_T^2}.$$

Gas	κ	σ_κ	f	σ_f
Luft	1,28	0,02	7,14	0,14
CO ₂	1,22	0,02	9,09	0,18
Arg	1,53	0,02	3,77	0,08

Tabelle 1: Ergebnisse nach Rüchardt

Zum Schluss lassen sich die Freiheitsgrade mit Formel ?? berechnen

$$f = \frac{2}{\kappa - 1}$$

mit dem Fehler

$$\sigma_f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial \kappa}\right)^2} \sigma_\kappa^2 = \frac{2}{(k-1)^2} \sigma_\kappa.$$

Die Ergebnisse sind ebenfalls in Tabelle 1 zu finden.

4.2 Clement-Desormes

Die Adiabatenexponente nach Clement-Desormes berechnete sich durch

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v} = \frac{\Delta h_1}{\Delta h_1 - \Delta h_2}$$

mit dem Fehler

$$\sigma_\kappa = \sqrt{\left(\frac{\partial \kappa}{\partial h_1}\right)^2 \sigma_{\Delta h_1}^2 + \left(\frac{\partial \kappa}{\partial h_2}\right)^2 \sigma_{\Delta h_2}^2} = \sqrt{\frac{\Delta h_2}{(\Delta h_2 - \Delta h_1)^2} \sigma_{\Delta h_1} + \frac{\Delta h_1}{(\Delta h_1 - \Delta h_2)^2} \sigma_{\Delta h_2}}$$

Die berechneten gewichteten Mittelwerte für die einzelnen Zeitintervalle sind in Tabelle 2 aufgeführt. Der Ablesefehler wurde mit $\sigma_{\Delta h_1} = \sigma_{\Delta h_2} = 1 \text{ mm}$ abgeschätzt. Insgesamt beträgt der gewichtete Mittelwert aus den Messdaten

$$\kappa = 1,35 \pm 0,01.$$

$T [s]$	κ	σ_κ
0,1	1,38	0,03
1,0	1,38	0,03
5,0	1,3	0,03

Tabelle 2:

Nun soll noch der gewichtet Mittelwert von κ für Luft aus den beiden Experimenten gebildet werden. Dieser berechnet sich zu

$$\kappa = \frac{\kappa_R / \sigma_{\kappa_R}^2 + \kappa_C / \sigma_{\kappa_C}^2}{1 / \sigma_{\kappa_R}^2 + 1 / \sigma_{\kappa_C}^2} \pm \sqrt{\left(\frac{1}{\sigma_{\kappa_R}^2} + \frac{1}{\sigma_{\kappa_C}^2}\right)^{-1}} = 1,34 \pm 0,02$$

5 Diskussion

Der theoretische Wert des Adiabatenexponenten von Luft liegt bei $\kappa = 1,40$. Unser Ergebnis liegt zwar nicht in der Fehlertoleranz, weicht aber nur um weniger als 5% von diesem Wert ab. Bei der Berechnung nach Rüchardt fällt auf, dass die Werte des Adiabatenexponenten für alle drei Gase deutlich unter dem theoretisch zu erwartenden Werten liegen. Daher liegt die Vermutung nahe, dass hier ein systematischer Fehler vorliegt. Dieser Fehler setzt sich in der Berechnung der Freiheitsgrade fort, was deren Abweichungen erklärt.

Anhang

Messung	Perioden	Luft	CO ₂	Ar
1	1	751	768	685
2	1	750	769	687
3	1	749	770	686
4	1	751	769	687
5	1	749	771	687
6	1	749	770	687
7	1	751	771	685
8	1	751	770	686
9	1	749	771	686
10	1	750	768	686
1	10	7512	7698	6862
2	10	7520	7702	6864
3	10	7524	7701	6866
1	20	15012	15407	13735
2	20	15007	15412	13737
3	20	15028	15419	13734
1	50	37540	38542	34350
2	50	37560	38533	34345
3	50	37567	38573	34352
1	100	75176	77110	68726
2	100	75192	77138	68722
3	100	75216	77157	68544

Tabelle 3: Messwerte in Millisekunden für den Versuch nach Rüchardt

Öffnungszeit	Δh_1 [mm]	Δh_2 [mm]
0,1	48	14
0,1	32	8
0,1	31	10
1,0	54	14
1,0	40	10
1,0	35	11
5,0	44	12
5,0	32	7
5,0	37	7

Tabelle 4: Messwerte für den Versuch nach Clement-Desormes