


**ZIEL**

Bestimmung des Adiabatenexponenten  $C_p / C_v$  von Luft nach Rüchardt

**ZUSAMMENFASSUNG**

Im Experiment führt ein Aluminiumkolben in einer Präzisionsglasröhre, die senkrecht auf einer Glasflasche steht, harmonische Schwingungen auf dem durch das abgeschlossene Luftvolumen gebildeten Luftpolster aus. Aus der Schwingungsdauer des Aluminiumkolbens lässt sich der Adiabatenexponent errechnen.

**AUFGABEN**

- Messung der Schwingungsdauer des Aluminiumkolbens.
- Bestimmung des Gleichgewichtsdrucks im eingeschlossenen Luftvolumen
- Bestimmung des Adiabatenexponenten von Luft und Vergleich mit dem Literaturwert.

**BENÖTIGTE GERÄTE**

| Anzahl                       | Geräte                       | Art.-Nr. |
|------------------------------|------------------------------|----------|
| 1                            | Mariotte'sche Flasche        | 1002894  |
| 1                            | Schwingungsröhre             | 1002895  |
| 1                            | Mechanische Stoppuhr, 15 min | 1003369  |
| 1                            | Hand-Vakuumpumpe             | 1012856  |
| <b>Zusätzlich empfohlen:</b> |                              |          |
| 1                            | Aneroid-Barometer F          | 1010232  |
| 1                            | Messschieber, 150 mm         | 1002601  |
| 1                            | Elektronische Waage 200 g    | 1003433  |

**2**
**ALLGEMEINE GRUNDLAGEN**

In einer klassischen Anordnung nach Rüchardt lässt sich der Adiabatenexponent von Luft aus den vertikalen Schwingungen eines Kolbens bestimmen, der in einem Rohr mit konstantem Querschnitt auf einem Luftvolumen ruht und dieses nach oben abschließt. Eine Auslenkung des Kolbens aus der Ruhelage erzeugt einen Über- oder Unterdruck im Luftvolumen, der den Kolben in seine Ruhelage zurücktreibt. Die zurücktreibende Kraft ist proportional zur Auslenkung aus der Ruhelage; der Kolben schwingt daher harmonisch.

Da kein Wärmeaustausch mit der Umgebung stattfindet, sind die Schwingungen mit adiabatischen Zustandsänderungen verbunden. Zwischen dem Druck  $p$  und dem Volumen  $V$  der eingeschlossenen Luft besteht der Zusammenhang

$$(1) \quad p \cdot V^\gamma = \text{const.}$$

Der Adiabatenexponent  $\gamma$  ist dabei das Verhältnis der spezifischen Wärmekapazitäten bei konstantem Druck  $C_p$  und bei konstantem Volumen  $C_v$ :

$$(2) \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

Aus (1) folgt für die Druck- und Volumenänderungen  $\Delta p$  und  $\Delta V$

$$(3) \quad \Delta p + \gamma \cdot \frac{p}{V} \cdot \Delta V = 0.$$

Durch Einsetzen der Innenquerschnittsfläche  $A$  des Rohres lässt sich aus der Druckänderung die zurücktreibende Kraft  $\Delta F$  und aus der Volumenänderung die Auslenkung  $\Delta s$  des Kolbens aus der Ruhelage berechnen. Somit ergibt sich

$$(4) \quad \Delta F = -\gamma \cdot \frac{p}{V} \cdot A^2 \cdot \Delta s = 0.$$

und schließlich als Bewegungsgleichung für den schwingenden Kolben

$$(5) \quad m \cdot \frac{d^2 \Delta s}{dt^2} + \gamma \cdot \frac{p}{V} \cdot A^2 \cdot \Delta s = 0$$

$m$ : Masse des Kolbens

Die Lösungen dieser klassischen Bewegungsgleichung eines harmonischen Oszillators sind Schwingungen mit der Schwingungsdauer

$$(6) \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{\gamma} \cdot \frac{V}{p} \cdot \frac{m}{A^2}},$$

aus der sich der Adiabatenkoeffizient berechnen lässt, wenn die übrigen Größen bekannt sind.

Im Experiment setzt man ein Präzisionsglasrohr mit kleinem Querschnitt  $A$  senkrecht in den durchbohrten Gummistopfen einer Glasflasche mit großem Volumen  $V$  und lässt einen passenden Aluminiumkolben bekannter Masse  $m$  in die Glasröhre gleiten. Der Aluminiumkolben führt harmonische Schwingungen auf dem durch das abgeschlossene Luftvolumen gebildeten Luftpolster aus. Aus der Schwingungsdauer des Aluminiumkolbens lässt sich der Adiabatenexponent errechnen.

**AUSWERTUNG**

Für die Bestimmung des Adiabatenexponenten folgt aus (6):

$$\gamma = \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 \cdot \frac{m}{A^2} \cdot \frac{V}{p}$$

Das Gleichgewichtsvolumen  $V$  entspricht dem Volumen der Gasflasche, da das Präzisionsglasrohr vernachlässigt werden kann.

Der Gleichgewichtsdruck  $p$  ergibt sich aus dem äußeren Luftdruck  $p_0$  und dem Druck, den der ruhende Aluminiumkolben auf die eingeschlossene Luft ausübt:

$$p = p_0 + \frac{m \cdot g}{A}, \quad g: \text{Fallbeschleunigung}$$

Als Ergebnis erwartet wird der Wert  $\gamma = \frac{7}{5} = 1,4$

da Luft im Wesentlichen aus zweiatomigen Molekülen mit 5 Freiheitsgraden zur Aufnahme von Wärmeenergie besteht.

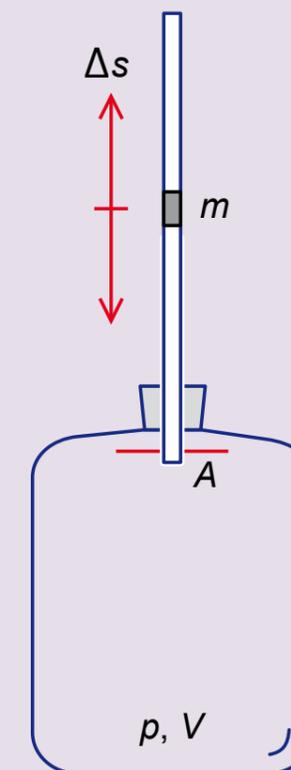


Abb. 1: Schema des Experimentieraufbaus