

# T4 IDEALES GAS

## PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN

**Grundbegriffe: Boyle-Mariottesches Gesetz, Gay-Lussacsches Gesetz, Zustandsgleichung idealer Gase, Gasthermometer, Mol, kinetische Gastheorie.**

Aus den experimentell ermittelten Zusammenhängen der Zustandsgrößen Druck  $p$ , Volumen  $V$  und Temperatur  $T$  bei isothermen ( $T$  konstant), isochoren ( $V$  konstant) und isobaren ( $p$  konstant) Zustandsänderungen von Gasen kann die Zustandsgleichung der idealen Gase

$$pV = nRT \quad (1)$$

abgeleitet werden. Dabei ist  $n$  die Zahl der Mole im Gasvolumen und  $R = 8,3144 \text{ J / (mol K)}$  die allgemeine Gaskonstante, die unabhängig von der Gasart ist.

Aus der Zustandsgleichung ergibt sich für eine isochore Zustandsänderung idealer Gase die Temperaturabhängigkeit

$$p_t = p_0(1 + \gamma t) \quad (2)$$

Hierbei sind  $t$  die Temperatur in  $^{\circ}\text{C}$ ,  $p_0$  bzw.  $p_t$  der Druck bei  $0^{\circ}\text{C}$  bzw.  $t^{\circ}\text{C}$  und  $\gamma = 1/273 \text{ K}^{-1}$  der Druck- oder Spannungskoeffizient.

Die Zustandsgleichung der idealen Gase (Gl. (1)) kann im Modell der kinetischen Gastheorie aus einfachen Annahmen über die Atome abgeleitet werden. In diesem Modell des idealen Gases werden die Atome als Massenpunkte angenommen, deren Eigenvolumen sowie gegenseitige Wechselwirkungskräfte vernachlässigbar sind und die ungeordnete Bewegungen ausführen. Für Gase, deren Temperatur oberhalb des Verflüssigungspunktes liegt und die unter geringem Druck stehen, sind diese Annahmen weitgehend erfüllt. Die makroskopische Zustandsgröße Druck lässt sich in diesem Modell aus den elastischen Stößen der Gasatome mit der Gefäßwand berechnen. Der Druck von Gasatomen der Masse  $m$  und der Atomzahldichte  $n'$  (Atome/Volumeneinheit) ergibt sich zu

$$p = \frac{1}{3} mn' \overline{v^2} \quad (3)$$

wobei  $\overline{v^2}$  der Mittelwert der Quadrate der Geschwindigkeiten ist.

## AUFGABEN

1. Messung der Höhendifferenz  $h$  am Gasthermometer bei Zimmertemperatur, für Eiswasser und siedendes Wasser; jeweils 10 Messwerte.
2. Berechnung des Spannungskoeffizienten nach Gl. (2) mit Abschätzung der Messunsicherheit.
3. Berechnung der Zimmertemperatur mit Hilfe des in Aufgabe 2 ermittelten Spannungskoeffizienten.

## VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Das Gasthermometer besteht aus einem mit Luft gefüllten Glasballon K (Abb. 1), der über eine enge Kapillare R mit einem Quecksilber-Manometer in Verbindung steht. Der rechte Schenkel des Manometers kann mit einer Stellschraube gehoben und gesenkt werden. Durch Einstellen der

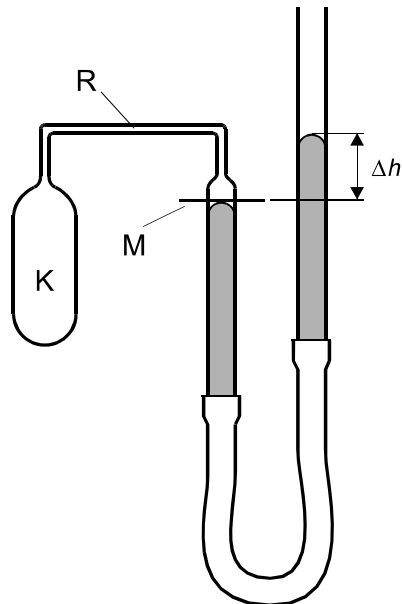


Abb. 1 JOLLY-THERMOMETER

Quecksilberkuppe im linken Schenkel des Manometers auf die Marke M, welche auf einem kleinen Spiegel markiert ist, kann bei jeder Temperatur ein ganz bestimmtes Volumen eingestellt werden. Der Druck, unter dem die Luft in diesem Volumen steht, ist gleich dem äußeren Luftdruck  $p_a$  plus dem aus der jeweiligen Höhendifferenz  $\Delta h$  der beiden Quecksilberkuppen errechneten Druck. Die Höhendifferenz  $\Delta h$  wird in Millimetern Quecksilbersäule an einer Spiegelskala abgelesen und in Pascal (SI-Einheit für Druck) umgerechnet:

$$1 \text{ mm Hg-Säule} \hat{=} 133,3 \text{ Pascal}$$

Für Aufgabe 2 benötigt man die genaue Siedetemperatur  $t_s$  des Wassers, die man aus der empirischen Formel

$$t_s / ^\circ\text{C} = 100 + 2,81 \cdot 10^{-4} (p_a / \text{Pa} - 10,13 \cdot 10^4) \quad (4)$$

ermitteln kann. Die Fehler in beiden Aufgaben werden durch die Fehler der Druckmessungen bedingt; man lege

daher große Sorgfalt auf die Messungen der Höhendifferenz  $\Delta h$  (auf  $\pm 0,5$  mm genau messen!) und des Barometerstandes  $p_a$ .

### ACHTUNG !

Beim Arbeiten mit dem Gasthermometer ist große Vorsicht geboten. Man tauche den Glaskolben nicht in siedendes Wasser, sondern erwärme das Wasser allmählich mit dem Kolben bis zum Sieden. Nach der Druckmessung bei  $100^\circ\text{C}$  muss vor dem Entfernen des Siedegeäßes der Quecksilberspiegel bei M unbedingt so weit gesenkt werden, dass kein Hg in die Kapillare oder in den Glaskolben hinübertreten kann. Ferner müssen während der Messung die Verbindungsstellen zwischen Schlauch und Glas stets unter Quecksilber stehen, damit dort nicht Luft ein- oder austreten kann.

### FRAGEN

1. Inwiefern gehen die Wärmeausdehnung des Glaskolbens und das Volumen der Kapillare, welches nicht auf die Messtemperatur gebracht wurde, als systematischer Fehler ein?
2. Welchen Einfluss hat der äußere Luftdruck auf die Messergebnisse?
3. Welchen Impuls überträgt ein Körper mit dem Impuls  $mv$  beim elastischen Stoß gegen eine ruhende Wand ( $m_{\text{Wand}} \gg m$ )?
4. Erläutern Sie die Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung!