

# Versuch W01: Ideale Gase

27. Februar 2023

## I. Lernziele

- Zustandsgleichung idealer Gase
- Boyle-Mariottesches Gesetz
- Gay-Lussacsches Gesetz

## II. Physikalische Grundlagen

Eine Zustandsgleichung verknüpft Größen wie z. B. Druck, Volumen und Temperatur miteinander, die den thermodynamischen Zustand eines Systems beschreiben. Ein Gas, dessen punktförmige Teilchen keine Kräfte aufeinander ausüben, nennt man *ideales Gas*. Es genügt der Zustandsgleichung

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

wobei:

$p$	Druck	(in Pa)
$V$	Volumen	(in $\text{m}^3$ )
$n$	Anzahl der Mole im Gasvolumen	
$R$	allgemeine Gaskonstante	$R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
$T$	absolute Temperatur	(in K)

Die meisten Gase - z. B. auch Luft - können bei kleinen Dichten, geringen Drücken und hohen Temperaturen näherungsweise durch Gl. (1) beschrieben werden. Für konstant gehaltene Temperatur geht Gl. (1) über in das *Boyle-Mariottesche Gesetz*

$$T = \text{konstant.} \Rightarrow pV = \text{konstant} \quad (2)$$

Differentiation von Gl. (2) nach  $p$  und Übergang zum Differenzenquotienten liefert

$$V = -p \frac{\Delta V}{\Delta p} \quad (3)$$

wobei  $p$  der Druck,  $\Delta V$  die Volumenänderung und  $\Delta p$  die Druckänderung sind. Die Abhängigkeit des Volumens  $V$  von der Temperatur  $T$  für konstant gehaltenen Druck  $p$  wird durch das *Gay-Lussacsche Gesetz* beschrieben:

$$V(T) = V_0(1 + \alpha T) \leftrightarrow p = \text{konstant} \quad (4)$$

$V_0$  entspricht dabei dem Volumen bei  $0^\circ\text{C}$  und  $T$  der Temperatur in  $^\circ\text{C}$ .

### III. Meßanordnung und Aufgaben

In diesem Versuch sollen das Boyle-Mariottesche (Gl. (2)) und das Gay-Lussacsche Gesetz (Gl. (4)) experimentell nachvollzogen werden.

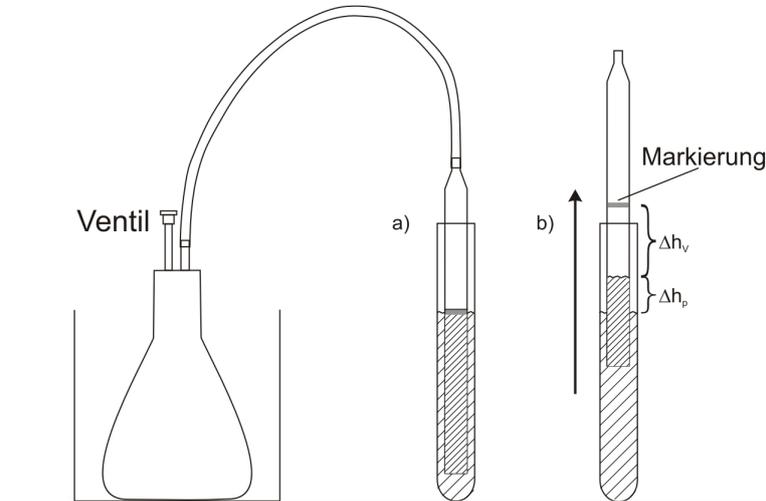


Abbildung 1: Ablesen von  $\Delta p$  und  $\Delta V$  am Manometer. a) Druckausgleich und Nullpunktseichung, b) Volumenänderung durch Heben des Manometerschenkels.

**a) Boyle-Mariotte-Gesetz** Durch Heben und Senken des Manometerschenkels kann das in der Meßanordnung eingeschlossene Volumen um  $\Delta V$  vergrößert oder verkleinert werden. Dabei ändert sich der Druck um

$$\Delta p = \rho_{\text{H}_2\text{O}} g \Delta h_p.$$

In diesem Versuch erfolgt die Änderung des Volumens durch Heben des Schenkels. Bei bekanntem Luftdruck  $p_{\text{atm}}$  (Barometer!) kann dann mit den jeweiligen Wertepaaren  $\Delta V$ ,  $\Delta p$  gemäß

$$V_{\text{Manometer}} = -p_{\text{atm}} \frac{\Delta V}{\Delta p} \quad (5)$$

das Volumen der in der Messanordnung eingeschlossenen Luft  $V_{\text{Manometer}}$  bei Zimmertemperatur bestimmt werden.

Wiederholen Sie die Messung für mindestens sechs verschiedene Wertepaare  $\Delta p$ ,  $\Delta V$  pro Experimentator und berechnen Sie dann zu jedem Wertepaar das Volumen  $V_{\text{Manometer}}$ . Anschliessend sollen davon der Mittelwert sowie die Standardabweichung bestimmt werden. Bestimmen Sie außerdem die Stoffmenge (Anzahl der Mole) der im Manometer eingeschlossenen Luft.

## Hinweise zur Versuchsdurchführung

- Zur Bestimmung von  $\Delta V$  muß der Querschnitt der Röhre gemessen werden!  
( $r = 6 \text{ mm}$ )
- Beachten Sie das Vorzeichen von  $\Delta p$  bzw.  $\Delta V$ .
- Achten Sie auf die verwendeten Einheiten!

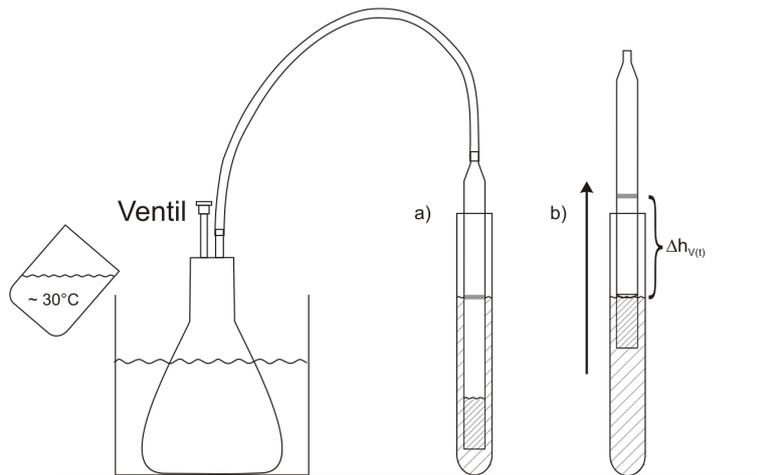


Abbildung 2: Ablesen von  $\Delta V(T)$  am Manometer. a) nach Zufügen des warmen Wassers, b) Druckausgleich durch Heben des Manometerschenkels.

**b) Gay-Lussacsches Gesetz** In diesem Versuch wird bei konstant gehaltenem Druck (Druckausgleich durch Heben des Manometerschenkels) die Abhängigkeit des Volumens von der Temperatur gemessen. Dazu wird die im Manometer eingeschlossene Luft zunächst in einem Wasserbad (max.  $30^\circ\text{C}$ ) erwärmt und dann durch Hinzufügen von Eiswasser langsam abgekühlt.

Messen Sie mindestens zehn verschiedene Wertepaare  $\Delta V(T)$ ,  $T$ .

Um das Volumen der im Manometer eingeschlossenen Luft bei  $0^\circ\text{C}$  ( $V_{\text{Manometer}, 0}$ ) zu bestimmen, addieren Sie die die Meßwerte  $\Delta V(T)$  zu dem bei der Überprüfung des Boyle-Mariotteschen Gesetz bestimmten mittleren Volumen, tragen die so erhaltenen Werte in Abhängigkeit von der Temperatur  $T$  in einem Diagramm auf und bestimmen aus der Steigung der so erhaltenen Geraden gemäß Gl. (4) den Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha$ . Das zur Berechnung von  $\alpha$  notwendige Volumen  $V_{\text{Manometer}, 0}$  erhalten Sie durch graphische oder rechnerische Extrapolation auf  $0^\circ\text{C}$ . Beachten Sie dieses bei der Wahl des Maßstabes Ihrer Graphik!

Diskutieren Sie mögliche Abweichungen von dem theoretischen Wert für  $\alpha$ .

## IV. Fragen und Diskussionspunkte

- Was sind isotherme, isobare, isochore und adiabatische Zustandsänderungen (in  $p$ - $T$ - bzw.  $p$ - $V$ -Diagrammen einzeichnen)?
- Wie lautet die Zustandsgleichung des idealen Gases geschrieben mit der Boltzmannkonstante  $k_B$ ?
- Welches ist die tiefste absolute Temperatur, und wie kann sie erreicht werden?
- Mit welcher Zustandsgleichung können reale Gase beschrieben werden?