

Physikalisches Praktikum für Anfänger - Teil 1
Gruppe 2 - Wärmelehre

2.1 Zustandsgleichung von Gasen

1 Grundlagen

Eine Gleichung, die Druck, Volumen und Temperatur eines Gases miteinander verknüpft, heißt *Zustandsgleichung*. Die meisten Gase, darunter auch Luft, gehorchen bei kleinen Dichten (hohe Temperaturen und kleine Drucke) der *Zustandsgleichung idealer Gase*:

$$p \cdot V = \nu \cdot R \cdot T. \quad (1)$$

Hierbei ist p der Druck in Pascal (Pa) V das Volumen des Gases in m^3 , ν die Anzahl der Mole des in V eingeschlossenen Gases und T die Temperatur in Kelvin (K). R ist die allgemeine Gaskonstante und hat den Wert $R = 8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$. Hält man bei einem Versuch die Gasmenge und die Temperatur konstant, so reduziert sich die Zustandsgleichung zum *Boyle-Mariotteschen Gesetz*:

$$p \cdot V = \text{konst} \quad (2)$$

Hält man dagegen die Stoffmenge und das Volumen konstant, so ergibt sich:

$$p = (\nu \cdot R / V) \cdot T = \text{konst} \cdot T. \quad (3)$$

Diese Beziehung wird *Gay-Lussacsches Gesetz* genannt. Bezeichnet t die Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ so gilt

$$T / \text{K} = t / ^{\circ}\text{C} + 273 \quad (4)$$

und

$$p(t) = (273 \text{ K} \cdot \nu R / V) \cdot (1 + t / 273^{\circ}\text{C}) = p(0^{\circ}\text{C}) \cdot (1 + \alpha \cdot t), \quad (5)$$

wobei α der *Spannungskoeffizient* ist. Beide Gesetze sind in diesem Versuch nachzuprüfen.

2 Aufbau und Durchführung

2.1 Boyle-Mariottesches Gesetz

Die Messvorrichtung zum Boyle-Mariotteschen Gesetz besteht aus zwei mit einem Gummischlauch verbundenen Glasröhrchen, wobei das Volumen oberhalb der Quecksilbersäule im einseitig abgeschmolzenen Röhrchen das eigentliche Messvolumen V ist (siehe Abb. 1). Quecksilbersäule und Glasröhrchen bilden ein U-förmiges Quecksilbermanometer, mit dessen Hilfe der Druck p im Messvolumen bestimmt werden kann. Aus der Differenz der Steighöhen h_1 und h_2 ergibt sich p in mmHg zu

$$p = p_{\text{at}} + (h_2 - h_1), \quad (6)$$

wobei p_{at} der an einem Barometer abzulesende momentane Luftdruck in mmHg ist. In dieser Gleichung entsprechen h_1 und h_2 den Drucken in mmHg und können so direkt eingesetzt werden. Durch Anheben des rechten Manometerschenkels lassen sich p und V variieren. V ergibt sich aus der Länge a des Messvolumens gemäß

$$V = A \cdot a \quad \text{mit} \quad A = 0,076 \text{ cm}^2, \quad (7)$$

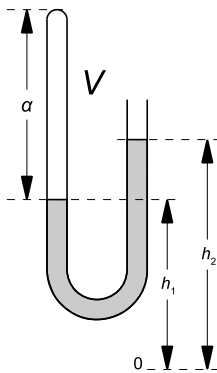


Abbildung 1: Versuchsaufbau zum Boyle--
Mariotteschen Gesetz

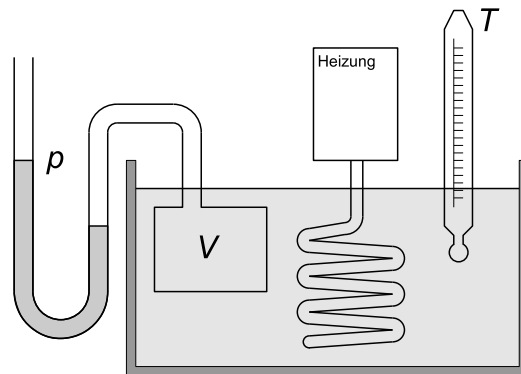


Abbildung 2: Versuchsaufbau zum Gay-Lussacschen Gesetz

wobei A die Querschnittsfläche des Glasröhrchens ist.

Aufgaben:

1. Variieren Sie mehrmals durch Anheben des rechten Manometerschenkels das Volumen V und bestimmen Sie aus dem sich jeweils einstellenden Druck p das Produkt $p \cdot V$. Berechnen Sie den Mittelwert und drücken Sie ihn in Joule aus ($1 \text{ mmHg} = 133,4 \text{ Pa} = 133,4 \text{ N/m}^2$).
2. Bestimmen Sie aus dem Mittelwert von $p \cdot V$ und der Zustandsgleichung (1) die Molzahl ν der eingeschlossenen Gasmenge.

2.2 Gay-Lussacsches Gesetz

Das Gay-Lussacsche Gesetz wird mit Hilfe des in Abb. 2 dargestellten Aufbaus überprüft. In einem mit Wasser gefüllten Behälter befindet sich ein luftgefülltes Gefäß. Es bildet das Messvolumen V . Mit einer elektrischen Heizung kann das Wasser und somit die im Messvolumen eingeschlossene Luft geheizt werden. Ein Quecksilbermanometer dient zur Bestimmung des Druckes p .

Aufgaben:

1. Messen Sie für Temperaturen t zwischen 20°C und 70°C den Druck p der eingeschlossenen Luft. Nehmen Sie p dabei alle 5°C auf. Tragen Sie p als Funktion von t auf.
2. Bei Gültigkeit des Gay-Lussacschen Gesetzes muss der Graph die Form einer Geraden mit der Steigung $m = p(0^\circ\text{C}) \cdot \alpha$ haben. Bestimmen Sie aus den Geraden minimaler und maximaler Steigung den Spannungskoeffizienten α .

Hinweis: Korrekte Ergebnisse erhält man nur, wenn Wasser und Gas bei jeder Messung im Temperaturgleichgewicht stehen. Durch Umrühren des Wassers kann dieser Vorgang beschleunigt werden.

Die Beziehung (5) gilt auch für Gase, die nicht der Zustandsgleichung für ideale Gase entsprechen. In diesem Fall weicht der Spannungskoeffizient α von $1/273^\circ\text{C}$ ab.

3. Diskutieren Sie anhand einer Fehlerbetrachtung eine eventuell vorhandene Abweichung des gemessenen Spannungskoeffizienten von dem Wert $1/273^\circ\text{C}$.

Literatur: Gehrtsen Physik: Kap. 5.2