

Einleitung:

Im Gegensatz zu festen und flüssigen Körpern hängt die Ausdehnung der Gase bei Erwärmung *nicht von der Art des Gases* ab. Gase sind hingegen kompressibel (zusammenpressbar), das heisst der Druck spielt ebenfalls eine Rolle.

Wir untersuchen folgendes:

- Zusammenhang zwischen Volumen und Druck bei konstanter Temperatur
- Zusammenhang zwischen Volumen und Temperatur bei konstantem Druck
- Zusammenhang zwischen Druck und Temperatur bei konstantem Volumen
- Bei welcher Temperatur ist theoretisch das Volumen eines Gases gleich Null?
- Bei welcher Temperatur ist theoretisch der Druck in einem Gas gleich Null?

Da sich alle Gase in Bezug auf diese Fragen gleich verhalten, verwenden wir Luft.

Messungen:

1) Volumen und Druck bei konstanter Temperatur

Verwenden Sie für die erste Messung die 20 ml-Plastikspritze. Diese soll vorerst noch nicht mit dem Gasdruck-Sensor verbunden sein.

Der Kolben der Spritze wird soweit hineingeschoben, dass die vordere Kante des schwarzen Rings bei der 10 ml-Marke liegt (siehe Abbildung).

Anschliessend wird der Gasdruck-Sensor mit der 20 ml-Plastikspritze verbunden.



Öffnen Sie das Programm Nr. 30 «Gasdruck und Volumen» von Logger Pro.

Um möglichst genaue Resultat zu erhalten, muss das Volumen der Luft, die sich im Gas-Sensor befindet, dazugezählt werden. Dieses Volumen beträgt 0.8 ml. Das heisst, wenn Sie bei der Spritze ein Volumen von 10.0 ml ablesen, beträgt das Gesamtvolumen 10.8 ml. Dieses Gesamtvolumen brauchen Sie für Ihre Datenanalyse.

Klicken Sie auf *Starten*.

Drücken Sie den Kolben hinein, bis die vordere Kante des schwarzen Rings bei der 5.0 ml-Marke liegt. Halten Sie den Kolben in dieser Stellung, bis sich der Druck stabilisiert. Klicken Sie auf *Beibehalten*. (Jetzt kann die Spritze wieder losgelassen werden.) Tippen Sie das Gesamtvolumen ein (zu den 5.0 ml müssen 0.8 ml dazugezählt werden, das heisst 5.8 ml). Drücken Sie auf *OK* um die Daten zu speichern.

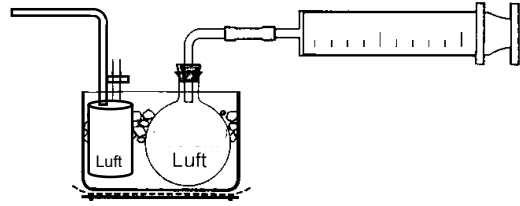
Machen Sie weitere Messungen bei 3.0 ml, 7.0 ml, 9.0 ml, 11.0 ml, 13.0 ml, 15.0 ml und 17.0 ml.

Klicken Sie auf *Stop* wenn Sie mit den Messungen fertig sind. Übertragen Sie Ihre Messwerte mittels *Copy-Paste* in eine Excel-Tabelle. Speichern Sie diese auf einem Memory-Stick.

Notieren Sie die Zimmertemperatur. Vergessen Sie nicht, je eine Fehlerschranke für Druck, Volumen und Zimmertemperatur anzugeben.

2) Volumen und Temperatur bei konstantem Druck, sowie Druck und Temperatur bei konstantem Volumen

Hier werden gleichzeitig zwei verschiedene Messungen ausgeführt. Zwei Behälter werden in einem Wasserbad erhitzt (siehe Abbildung). Im einen Behälter (runder Glaskolben, rechts) interessieren wir uns für die Veränderung des Volumens und im anderen (kleiner Glasbehälter, links) für die Veränderung des Drucks.



Veränderliches Volumen, konstanter Druck (runder Glaskolben):

Geben Sie einige Eiswürfel ins Wasserbad und rühren Sie, bis das Gemisch aus Eis und Wasser die Temperatur $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hat. Tauchen Sie den runden Glasbehälter (ohne dass er mit der Glasspritze verbunden ist) vollständig hinein und warten Sie ca. 1 Minute, bis sich die Luft im Behälter ebenfalls auf $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ abgekühlt hat.

Schieben Sie den Kolben der Glasspritze vollständig hinein und verbinden Sie sie (via Schlauch) mit dem runden Glasbehälter.

Bereiten Sie eine Tabelle vor, in der Sie Ihre Messwerte eintragen können. Die Tabelle enthält zwei Spalten: Temperatur ϑ in $^{\circ}\text{C}$, zusätzliches Volumen ΔV in der Spritze in $\text{m}\ell$. Das Volumen des Glaskolbens inklusive Röhrchen beträgt $253\text{ m}\ell$. Fehlerschranken nicht vergessen!

Veränderlicher Druck, konstantes Volumen (kleiner Glasbehälter):

Öffnen Sie den Zweiweg-Hahn. Verbinden Sie den kleinen Glasbehälter via Schlauch mit dem Gasdruck-Sensor. Schliessen Sie den Hahn.

Öffnen Sie das Programm Nr. 31 «Gasdruck und Temperatur» von Logger Pro. Klicken Sie auf **Starten**.

Tauchen Sie den kleinen Glasbehälter vollständig ins Wasserbad und warten Sie, bis sich Druck und Temperatur stabilisiert haben. Klicken Sie auf **Beibehalten**.

Nehmen Sie die beiden Glasbehälter aus dem Wasserbad, während sie mit ihren jeweiligen Apparaturen verbunden bleiben. Entfernen Sie die Eiswürfel und giessen Sie ein wenig warmes Wasser ins Wasserbad, so dass die Temperatur *ungefähr* $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ beträgt. Tauchen Sie die beiden Behälter wieder ins Wasserbad ein.

Messen Sie die *genaue* Temperatur ϑ und lesen Sie das zusätzliche Luftvolumen ΔV am Kolben der Glasspritze ab. Tragen Sie Ihre Messwerte in die Tabelle ein.

Klicken Sie am Computer auf **Beibehalten** um die Werte für Temperatur und Druck zu speichern.

Wiederholen Sie die Messungen bei *ungefähr* $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. (Die *genaue* Temperatur jeweils messen und in der Tabelle eintragen!)

Klicken Sie auf **Stop** wenn Sie mit den Messungen fertig sind. Übertragen Sie Ihre Messwerte mittels *Copy-Paste* in eine Excel-Tabelle. Speichern Sie diese auf einem Memory-Stick. Notieren Sie das Volumen des kleinen Glasbehälters. Fehlerschranken nicht vergessen!

Messen Sie den Luftdruck im Schulzimmer mit Hilfe des Gasdruck-Sensors und notieren Sie diesen Wert auf dem (handgeschriebenen) Datenblatt zur Volumen-Messung. Lassen Sie dieses Datenblatt von der Lehrperson signieren.

Auswertung:

1) Druck und Volumen bei konstanter Temperatur

Öffnen Sie die Excel-Tabelle, in der Sie Ihre Daten der ersten Messung gespeichert haben. Schreiben Sie die Spalten korrekt (mit Einheiten) an. Fehlerschranken nicht vergessen!

Die Messwerte werden in einem Diagramm dargestellt. ACHTUNG: Punkt-x-y-Diagramm wählen! Das Diagramm soll die Abhängigkeit des Drucks p vom Volumen V zeigen. Das bedeutet, dass der Druck auf die y-Achse (vertikale Achse) kommt und das Volumen auf die x-Achse (horizontale Achse).

Zeigen Sie die Fehlerschranken als Fehlerindikatoren im Diagramm an (in x- und in y-Richtung). Achten Sie darauf, dass die Achsen korrekt beschriftet sind (mit Symbolen und Einheiten), und dass die Skala bei beiden Achsen bei Null beginnt.

Fitten Sie (mit Hilfe von *Trendlinie*) eine lineare Funktion sowie eine potenzielle Funktion über Ihre Messwerte. Wählen Sie unter *Optionen* «Formel im Diagramm darstellen».

2) Druck und Temperatur bei konstantem Volumen

Öffnen Sie die Excel-Tabelle, in der Sie Ihre Daten der zweiten Messung gespeichert haben. Schreiben Sie die Spalten korrekt (mit Einheiten) an. Fehlerschranken nicht vergessen!

Fügen Sie eine weitere Spalte hinzu: für die Temperatur T in K (Formel in Excel eingeben und ausrechnen)

Erstellen Sie ein Diagramm, das zeigt, wie der Druck p von der Temperatur T in K abhängt. ACHTUNG: Punkt-x-y-Diagramm wählen! Achsen korrekt beschriften (Skalen beginnen bei Null), Fehlerindikatoren nicht vergessen!

Fitten Sie (mit Hilfe von *Trendlinie*) eine lineare Funktion sowie eine quadratische Funktion über Ihre Messwerte. Wählen Sie unter *Optionen* «Formel im Diagramm darstellen».

3) Volumen und Temperatur bei konstantem Druck

Tippen Sie Ihre handgeschriebenen Messwerte für die verbleibenden Messung (zusätzliches Volumen ΔV und Temperatur ϑ) in Excel ein. Schreiben Sie die Spalten korrekt (mit Einheiten) an. Fehlerschranken nicht vergessen!

Fügen Sie zwei weitere Spalten hinzu: eine für die Temperatur T in K (Formel in Excel eingeben und aus ϑ ausrechnen). Die andere für das Gesamtvolumen V in $\text{m}\ell$ (ebenfalls Formel in Excel eingeben und aus ΔV und dem Volumen des Kolbens ($253 \text{ m}\ell$) ausrechnen).

Erstellen Sie ein Diagramm, das zeigt, wie das Gesamtvolumen V von der Temperatur T in K abhängt. ACHTUNG: Punkt-x-y-Diagramm wählen! Achsen korrekt beschriften (Skalen beginnen bei Null), Fehlerindikatoren nicht vergessen!

Fitten Sie (mit Hilfe von *Trendlinie*) eine lineare Funktion sowie eine quadratische Funktion über Ihre Messwerte. Wählen Sie unter *Optionen* «Formel im Diagramm darstellen».

Interpretation:

Wie sehen die Diagramme aus? Beschreiben Sie für jedes Diagramm den entsprechenden Zusammenhang. Welche der gefitteten Kurven passt am besten? Besteht ein linearer, quadratischer, potenzieller Zusammenhang?

Wie verändert sich der Druck, wenn das Volumen verdoppelt wird? (Bei konstanter Temperatur)

Wie verändert sich der Druck, wenn die Temperatur in K verdoppelt wird? (Bei konstantem Volumen)

Wie verändert sich das Volumen, wenn die Temperatur in K verdoppelt wird? (Bei konstantem Druck)

Bei welcher Temperatur ist der Druck bzw. das Volumen gleich Null?

Beurteilen Sie die Genauigkeit Ihrer Messungen in Bezug auf die Fehlerschranken.

Theorie:

- 1) Wie sieht die Modellvorstellung «ideales Gas» aus? Welche Eigenschaften hat ein «ideales Gas»?
- 2) Unter welchen Bedingungen lässt sich ein reales Gas mit dem Modell des idealen Gases gut beschreiben?
- 3) Welche Formel beschreibt den Zusammenhang zwischen Druck, Volumen und Temperatur in einem idealen Gas? Welche Temperatur-Skala wird verwendet? Warum?
- 4) Überprüfen Sie, ob Ihre Messungen die universelle Gasgleichung im Rahmen der Messgenauigkeit erfüllen. (Aus jeder Messreihe je ein Wertepaar als «Beispiel» auswählen.)