

---

# Spezifische Wärme der Luft und Gasthermometer Protokoll:

---

Praktikant: Skrollan Detzler  
Felix Kurtz  
E-Mail: skrollan.detzler@stud.uni-goettingen.de  
felix.kurtz@stud.uni-goettingen.de  
Betreuer: Martin Ochmann  
Versuchsdatum: 02.06.2014

Testat:
---------

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Theorie</b>	<b>3</b>
2.1	Ideales Gas und Absoluter Temperaturnullpunkt . . . . .	3
2.2	Spezifische Wärme der Luft . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Durchführung</b>	<b>4</b>
3.1	Gasthermometer . . . . .	4
3.2	Spezifische Wärme der Luft . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Auswertung</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>Anhang</b>	<b>6</b>
	<b>Literatur</b>	<b>6</b>

## 1 Einleitung

Der erste Teil des Versuches dient der Bestimmung des absoluten Temperatur-Nullpunktes, eine der wichtigsten Naturkonstanten in der Thermodynamik. Dies geschieht mithilfe eines Gasthermometers.

Im zweiten Teil bestimmt man die spezifische Wärme  $c_V$  von Luft. Diese gibt an, wie viel Energie pro Kilogramm benötigt wird, um sie um ein Kelvin zu erwärmen.

## 2 Theorie

### 2.1 Ideales Gas und Absoluter Temperaturnullpunkt

Um Gase zu beschreiben benutzen wir hier das einfachste Modell, nämlich das des idealen Gases. Dabei geht man von Punktteilchen aus. Für mehratomige Gase wird diese Annahme immer ungenauer.

Die Abhängigkeiten zwischen Druck  $p$ , Volumen  $V$  und Temperatur  $T$  eines idealen Gases wird durch die folgende *universelle Gasgleichung* beschrieben.

$$p \cdot V = nRT \quad (1)$$

Dabei ist  $R \approx 8.314 \text{ Jmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$  die universelle Gaskonstante und  $n$  die Stoffmenge in Mol. Hält man neben der Stoffmenge noch  $V$  oder  $p$  konstant, erhält man folgende Abhängigkeiten (Gesetze von Gay-Lussac):

$$p(\vartheta) = p_0[1 + \beta\vartheta] \quad , \quad V = \text{const.} \quad (2)$$

$$V(\vartheta) = V_0[1 + \beta\vartheta] \quad , \quad p = \text{const.} \quad (3)$$

Hierbei wird die Temperatur  $\vartheta$  in Celsius gemessen, sodass  $p_0$  der Druck und  $V_0$  das Volumen bei  $0^\circ\text{C}$  ist. Außerdem ist der Faktor  $\beta = 1/(273.15^\circ\text{C})$  der Umrechnung zwischen der Kelvin- und der Celsius-Skala geschuldet.

Aus obigen Gesetzmäßigkeiten kann der absolute Nullpunkt abgeleitet werden, der den Ursprung der absoluten Temperaturskala definiert, also  $0 \text{ K} = -273.15^\circ\text{C} = -1/\beta$ . Bei dieser Temperatur hätte jeder Stoff keine Ausdehnung. Er ist jedoch experimentell nicht zu erreichen und kann per Extrapolation berechnet werden.

### 2.2 Spezifische Wärme der Luft

Die innere Energie  $U$  eines Gases hängt proportional von seiner Temperatur ab.

$$U = \frac{f}{2}nRT \quad (4)$$

Dabei ist  $f$  die Anzahl der Freiheitsgrade des Gases. Bei einem idealen Gas sind dies die 3 Raumrichtungen. Mehratomige Gase können noch rotieren, etc. So erhöht sich die

Zahl der Freiheitsgrade entsprechend.

Der 1. Hauptsatz der Wärmelehre besagt

$$dQ = dU + dW = dU + p dV \quad (5)$$

Aus der idealen Gasgleichung folgt mit der Produktregel  $R \Delta T = p \Delta V + V \Delta p$ . Außerdem gilt für ideale Gase  $U = c_V n T$  mit der spezifischen Wärme  $c_V$ . Mit diesen Gleichungen sowie dem ersten Hauptsatz kann man nun für  $\Delta V \ll V$  die Anzahl der Freiheitsgrade bzw. die spezifische Wärme eines Gases berechnen:

$$\begin{aligned} \frac{f}{2} = \frac{c_V}{R} &= \frac{\Delta U}{R \Delta T} \\ &= \frac{\Delta Q - p \Delta V}{p \Delta V + V \Delta p} \end{aligned} \quad (6)$$

Die in einem *Kondensator* gespeicherte Energie lässt sich durch Integration von  $Q = CU$  nach  $U$  berechnen.

$$W = \int_0^U Q dU' = \frac{1}{2} C U^2 \quad (7)$$

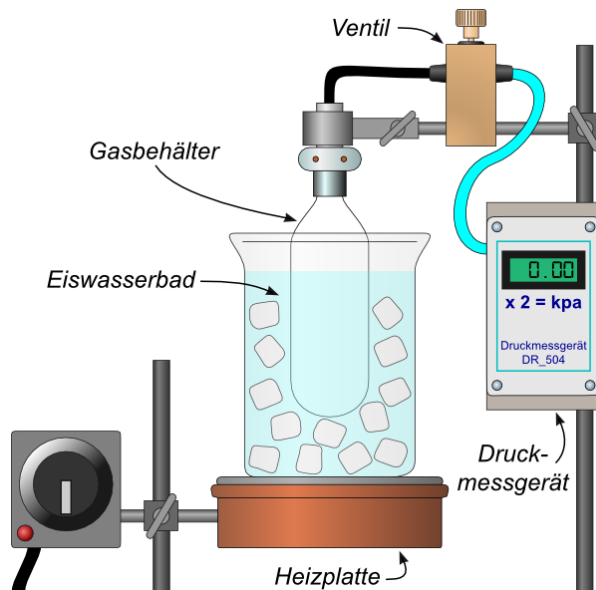
## 3 Durchführung

### 3.1 Gasthermometer

Bevor man mit dem eigentlichen Versuch beginnt, liest man am Barometer den Umgebungsdruck ab. Dies wird später für die Auswertung benötigt.

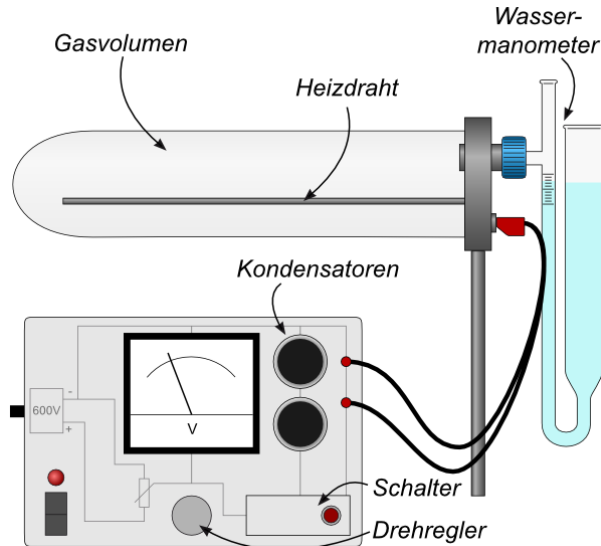
Zuerst wird das Ventil des Druckmessgerätes geöffnet, um im Gaskolben Umgebungsdruck herzustellen. Nun wird der Glaskolben durch Eiswasser auf etwa 0° C heruntergekühlt. Das Druckmessgerät sollte ungefähr 0 kPa anzeigen, da es nur Differenzen zum Umgebungsdruck angibt. Danach das Ventil schließen.

Nun wird die Heizplatte angeschaltet und damit das den Glaskolben umgebende Wasser auf bis zu 100° C erhitzt. Dabei misst man in 5° C Schritten den Überdruck im Kolben. Es ist also immer auf das Thermometer zu achten. Außerdem muss das Wasser ständig umgerührt werden, um eine möglichst homogene Temperatur sicherzustellen. Ferner sollte man bei hohen Temperaturen aufpassen, dass man sich nicht verbrüht. Dann wird die Platte abgeschaltet, das Gefäß von dieser herunterbewegt und das Wasser mit Eis heruntergekühlt. Dabei muss auf die Menge geachtet werden, da man auch beim Abkühlen den Druck in Abhängigkeit von der Temperatur messen soll. Deshalb ist auch das Umrühren unerlässlich. Des weiteren muss dafür gesorgt werden, dass das überlaufende Wasser aufgefangen wird.



**Abbildung 1:** Skizze des Gasthermometers [3]

## 3.2 Spezifische Wärme der Luft



**Abbildung 2:** schematischer Aufbau, um die spezifische Wärme von Luft zu messen [3]

Zuerst wird der Kondensator mit einer voreingestellten Spannung zwischen 100V und 500V geladen. Diesen entlädt man daraufhin über den Heizdraht, während man parallel den Maximalausschlag des Manometers abliest. Dieser Vorgang wird für mehrere

Spannungen je dreimal wiederholt. Zwischen den Messungen wird der Zylinder belüftet. Zuletzt sollte das Ventil geöffnet zurückgelassen werden. Ferner wird das Volumen des Zylinders gemessen.

## 4 Auswertung

$$p = p_L + \Delta p \quad (8)$$

## 5 Diskussion

## 6 Anhang

## Literatur

- [1] DIETER MESCHEDE (2010): *Gerthsen Physik*, 24. Auflage, Springer Heidelberg Dordrecht London New York
- [2] WOLFGANG DEMTRÖDER (2008): *Experimentalphysik 1 - Mechanik und Wärme*, 5. Auflage, Springer Berlin, Heidelberg
- [3] *Lehrportal der Universität Göttingen, Spezifische Wärme der Luft und Gasthermometer*, <http://lp.uni-goettingen.de/get/text/3643>, abgerufen 23.07.14 11:13 Uhr