

ANFÄNGERPRAKTIKUM DER FAKULTÄT FÜR PHYSIK,
UNIVERSITÄT GÖTTINGEN

Versuch Spezifische Wärme der Luft

Versuchsprotokoll

Praktikant: Kevin Lüdemann
Michalel Lohmann
E-Mail: kevin.luedemann@stud.uni-goettingen.de,
m.lohmann@stud.uni-goettingen.de
Betreuer: Martin Ochmann
Versuchsdatum: 2.6.2014

Testat:

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Theorie	3
3	Durchführung	3
3.1	Gasthermometer	3
4	Auswertung	3
4.1	Gasthermometer	3
4.1.1	Erwärmung des Gases	3
4.1.2	Abkühlung des Gases	4
4.1.3	gewichteter Mittelwert	4
4.2	Spezifische Wärme von Luft	5
4.2.1	Freiheitsgrade der Luft	5
4.2.2	Spezifische Wärme c_v	7
5	Diskussion	7
5.1	Gasthermometer	7
5.2	Spezifische Wärme der Luft	7

1 Einleitung

2 Theorie

3 Durchführung

3.1 Gasthermometer

4 Auswertung

4.1 Gasthermometer

Die Graphik 1

4.1.1 Erwärmung des Gases

Da die Werte vom Druckmessgerät in kPa/2 ausgegeben werden, müssen alle Werte zum Druck aus dieser Messung mit Faktor zwei multipliziert und dazu der Normaldruck von 1013 hPa addiert werden.

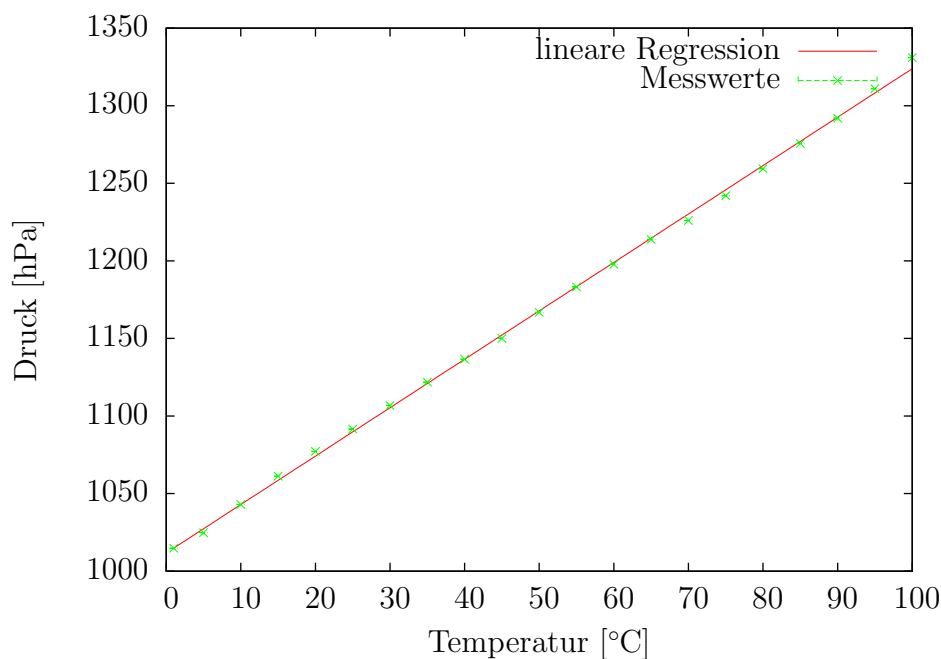


Abbildung 1: Der Druck ist in der Abbildung als Funktion für die Erwärmung aufgetragen. Mit Fehlerbalken von ± 0.08 (Annahmemessfehler) und einer linearen Regression durch die Messpunkte

Aus der Graphik 1 ergeben sich die hier aufgeführten Werte.

$$m = (312.1 \pm 2) \text{ Pa}/^\circ\text{C}$$

$$b = (101173 \pm 112) \text{ Pa}$$

Die Geradengleichung $y = mx + b$ wird nun nach x umgestellt. Es ergibt sich $x = (y - b)/m$. Zu berechnen ist nun die Temperatur bei einem Druck von $p=0$. Diese Temperatur wird aus als Nullpunktstemperatur bezeichnet, da nichts kälter werden kann. Dazu berechnen wir einfach den x-Achsenabschnitt und setzen dafür $y=0$.

$$T = (-308.5 \pm 2.1)^\circ\text{C}$$

Unter der Annahme eines idealen Gases ergibt sich folgende Fehlerfortpflanzung.

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma_b^2 \left(\frac{-1}{m}\right)^2 + \sigma_m^2 \left(\frac{b}{m^2}\right)^2} \quad (1)$$

4.1.2 Abkühlung des Gases

Da sich bei den Messgeräten zur Abkühlung des Gases nichts verändert hat, werden hier auch wieder die Messwerte mit 2 multipliziert und der Normaldruck (1013hPa) hinzu addiert. In der Graphik 2 aufgetragen ist der Druck p gegen die jeweilige Temperatur. Wie bei der Erwärmung ist die Rechnung für die Nullpunktstemperatur die gleiche. Die Fehlerfortpflanzungsformel ist weiterhin:

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma_b^2 \left(\frac{-1}{m}\right)^2 + \sigma_m^2 \left(\frac{b}{m^2}\right)^2} \quad (2)$$

Aus der linearen Regression der Graphik, ergeben sich folgende Werte.

$$m = (327 \pm 5) \text{ Pa}/^\circ\text{C} \quad (3)$$

$$b = (101296 \pm 260) \text{ Pa} \quad (4)$$

Setzt man wieder $y=0$, so ergibt sich aus der Formel (??) der folgende Nullpunktstemperaturwert.

$$T = (-322.8 \pm 5.2)^\circ\text{C}$$

4.1.3 gewichteter Mittelwert

Der gewichtete Mittelwert von der Erwärmung und der Abkühlung des Gases ist:

$$\bar{T} = (-310.1 \pm 1.9)^\circ\text{C}$$

Der Literaturwert von $T = -273.15^\circ\text{C}$ hat somit zu unserem Wert eine Abweichung von 8.8%.

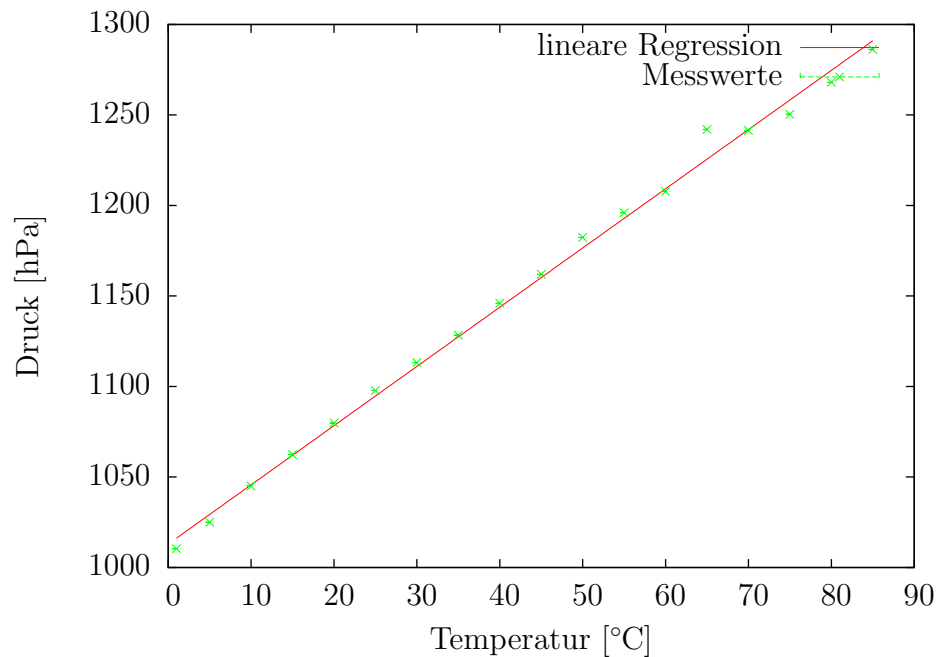


Abbildung 2: lineare Regression der Temperatur gegen den Druck für die Abkühlung

4.2 Spezifische Wärme von Luft

4.2.1 Freiheitsgrade der Luft

Für den zweiten Teil und der Errechnung der Molwärme c_V von Luft muss zunächst aus den gemessenen Daten die Druckänderung jeder Entladung ausgerechnet werden. Mit der Formel $\Delta p = \rho_{H_2O} g h (1 + r_1^2/r_2^2)$, lässt sich die Höhe der Wassersäule ausrechnen. Die Werte für $r_1 = 2.0$ mm und $r_2 = 9.2$ mm sind in der Praktikumsanleitung [S.73] zu finden. ΔQ , also die Änderung der Energie lässt sich mit der Formel aus der Theorie berechnen. Die Kapazität berechnet sich aus zwei parallel geschalteten Kondensatoren mit jeweils $10\mu F$. Mit der Gauß'schen Fehlerfortpflanzung ergibt sich für ΔQ ein Fehler von:

$$\sigma_{\Delta Q} = \sigma_U \cdot C U$$

Der Fehler für Δp ist:

$$\sigma_{\Delta p} = \sigma_h \rho g (1 + r_1^2/r_2^2)$$

Die Graphik 3 zeigt die Druckänderung von Luft gegen die Kondensatorenergie aufgetragen. Mit der Steigung, $m = (142.7 \pm 5.5) \frac{J}{Pa}$ lässt sich über die Formel aus der Theorie die Freiheitsgrade des Gases bestimmen. .

Es wird angenommen, dass $\Delta V = 0$ ist, da das Volumen konstant bleibt. Setzt man

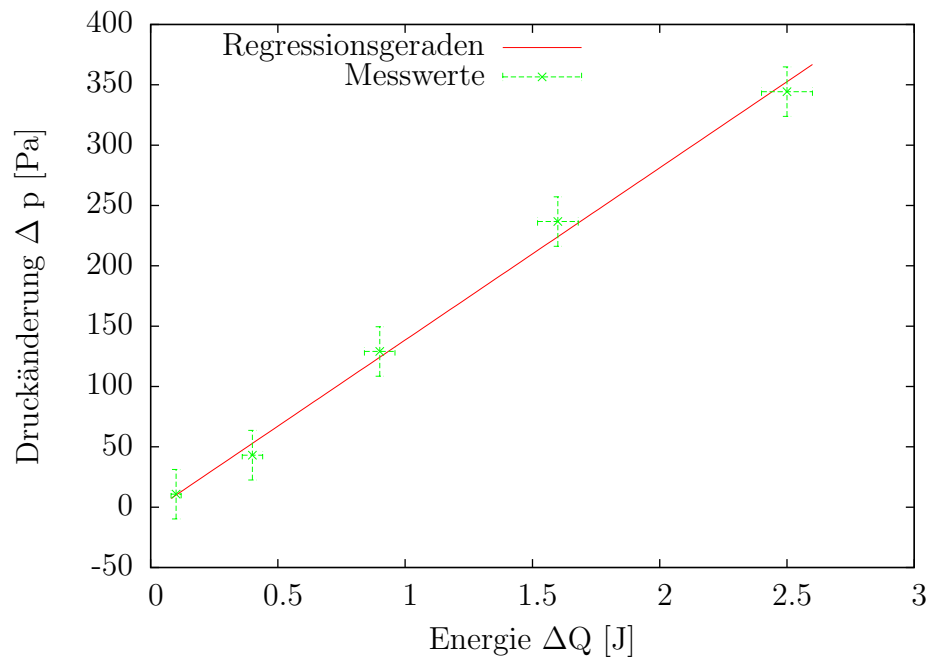


Abbildung 3: Energie des Kondensators aufgetragen gegen die Änderung im Druck

$\frac{\Delta Q}{\Delta p} = \frac{1}{m}$ gilt:

$$f/2 = \frac{\Delta Q}{V \cdot \Delta p} = \frac{1}{V \cdot m} \quad (5)$$

Die gegebenen Maße für das Volumen des Zylinders sind $r=0.044 \pm 0.002\text{m}$ und eine Höhe $h=0.4 \pm 0.005$

Es ergibt sich mit der Gauß'schen Fehlerfortpflanzung .

$$\sigma_f = \sqrt{\sigma_V^2 \left(\frac{-2}{V^2 \cdot m} \right)^2 + \sigma_m^2 \left(\frac{-2}{V \cdot m^2} \right)^2} \quad (6)$$

Es ergibt sich für Luft folgende Freiheitsgrade:

$$f = (6.4 \pm 1.8)$$

Dies entspricht eine Abweichung von 21.9% zu den angenommenen 5 Freiheitsgraden die Luft in idealisierter Form hat.

4.2.2 Spezifische Wärme c_v

Mit den Freiheitsgraden lässt sich die Spezifische Wärme c_v der Luft berechnen. Dafür nutzt man die Formel:

$$c_v = \frac{f \cdot R}{2} \quad (7)$$

Die ist mit einem Fortpflanzungsfehler für f behaftet.

$$\sigma_{c_v} = \sqrt{\sigma_f^2 \left(\frac{R}{2}\right)^2} \quad (8)$$

Es ergibt sich ein Wert für die spezifische Wärme von Luft.

$$c_v = (26.6 \pm 7.5) \text{ J/molK}$$

Der Literaturwert ist $c_v = 20.7 \text{ J/molK}$ [Gerthsen- Seite 260].

5 Diskussion

5.1 Gasthermometer

Die Abweichung des gewichteten Mittelwertes der beiden Messungen zu dem Literaturwert, beträgt 8.8%. Der Literaturwert liegt nicht im Fehlerintervall des aus dem experimentell bestimmten Wert. Dies könnte verschiedene Ursachen haben: Wir gehen davon aus, dass eine der möglichen Fehlerquellen das nicht vollständige Eintauchen des Glasbehälters in das Eiswasser sein könnte. Das Thermometer sehen wir auch als mögliche Fehlerquelle an, da es im Vergleich zu dem Druckmessgerät ziemlich schwer abzulesen war. Trotzdem ist eine Abweichung von ca. 9 % aus unserer Ansicht nicht zu groß, eher hätten wir größere Annahmefehler abschätzen sollen.

5.2 Spezifische Wärme der Luft

Die Abweichung unseres Wertes zum Literaturwert beträgt 22.1% dieser Wert ist zwar recht groß, jedoch liegt der Literaturwert in dem Fehlerintervall woher wir davon ausgehen können, dass die Annahmefehler gut abgeschätzt wurden. Eine Abweichung von 22.1% ist wohl durch den Versuch an sich zu begründen, da es nur sehr schwer war die Höhe der Wassersäule abzulesen. Hier ist es offensichtlich zu größeren Ablesefehler gekommen.