



Physikalisches Grundpraktikum

Versuchsprotokoll

T4 - Zustandsgleichung Idealer Gase

Versuchsort: NEW 14'316

Versuchsbetreuer: A. Nagy

Robert Riemann (521085)

Versuchspartner: Thomas Murach (517771)

6. Juli 2008

Inhaltsverzeichnis

1 Versuchsziel	2
2 Auswertung	2
2.1 Bestimmung des Spannungskoeffizienten	2
2.2 Bestimmung der Zimmertemperatur	3
3 Diskussion der Ergebnisse	3
3.1 Vergleich mit Referenzwerten . .	3
3.2 Fehlerbetrachtung	3

Abbildungsverzeichnis

1 Messprotokoll	5
---------------------------	---

1 Versuchsziel

Das Ziel des Versuches "Zustandsgleichung Idealer Gase" ist die experimentelle Bestimmung des Spannungskoeffizienten γ , dem Reziproken von 0°C gemessen in K. Hierzu wird die isochore Druckveränderung bei verschiedenen Temperaturen mittels eines Gasthermometers untersucht. Schließlich ist die Bestimmung der Zimmertemperatur und deren Vergleich mit einem Referenzwert möglich.

Weitere Information sind der Versuchsbeschreibung im [Skript] zu entnehmen.

2 Auswertung

2.1 Bestimmung des Spannungskoeffizienten

Bei konstantem Volumen V (isochore Zustandsänderung) lässt sich der Druck p_t aus der Temperatur t in $^\circ\text{C}$ sowie dem Normaldruck p_0 bei 0°C berechnen. Der Proportionalitätsfaktor ist in diesem Fall der Spannungskoeffizient γ .

$$p_t = p_0(1 + \gamma t) \quad (1)$$

Wie dem [Skript] zu entnehmen ist, lässt sich mit Gl. (1) ein Ausdruck für den Spannungskoeffizienten γ in Abhängigkeit der Siedetemperatur von Wasser t_s sowie dem Druck p_s bei dieser

Temperatur finden.

$$\gamma = \frac{p_s - p_0}{p_0 t_s} \quad (2)$$

Im Versuch wurde zunächst der aktuelle Luftdruck p_a mittels Quecksilberbarometer gemessen. Hierzu müssen zwei Werte addiert werden und mit 100 multipliziert werden um das Ergebnis in Pascal zu erhalten. Der Fehler wird auf Grundlage der Ablesungenauigkeit von $\pm 100 \cdot 1 \text{ mm}$, welcher wegen der Differenz verdoppelt wird, auf $\pm 100 \cdot 2 \text{ mm}$ geschätzt.

$$p_a = (1005,883 \pm 0,002) \text{ hPa} \quad (3)$$

Nun wurde der Druck p bei der Temperatur von Eiswasser (gemessen: $0,0^\circ\text{C}$), von siedendem Wasser (gemessen: $99,8^\circ\text{C}$) sowie von der Umgebungstemperatur (gemessen: $29,4^\circ\text{C}$). Zur Druckmessung wurde für das Rohr zum Gasgefäß hin stets 30 cm als Füllhöhe eingestellt. Der andere Füllstand wurde für jede Temperatur zehn mal gemessen, womit die Berechnung von Standardabweichung s und zugehöriger Varianz $\bar{s} = \frac{s}{\sqrt{10}}$ zur Fehlerbehandlung sinnvoll ist. Der Ablesefehler von $\pm 0,5 \text{ mm}$ beeinflusst auch hier die gesamte Unsicherheit des Druckes u_p . Um den Druck im Gefäß zu berechnen zu können, muss zum Mittelwert aus der Differenz $\overline{\Delta h}$, welche mit dem Umrechnungsfaktor $c = 133,3 \text{ Pa/mmHg}$ in Pascal umgerechnet wird, noch der Außendruck addiert werden.

$$p = p_a + c \cdot \overline{\Delta h} \quad (4)$$

$$u_p = \sqrt{u_{p_a}^2 + (2c \cdot 0,5 \text{ mm})^2 + (c \cdot \bar{s})^2} \quad (5)$$

t in $^\circ\text{C}$	$\overline{\Delta h}$ in mm	\bar{s} in mm	p in hPa
29,4	39,35	0,211 476	$p_z = 1058 \pm 3$
0	-35,95	0,189 296	$p_0 = 958 \pm 3$
99,8	224,05	0,625 611	$p_s = 1305 \pm 3$

Tabelle 1: Druck im Gasbehälter bei verschiedenen Temperaturen

Um nun nach Gl. (2) den Spannungskoeffizienten berechnen zu können, ist noch die Siede-

temperatur t_s nötig.

$$t_s = 100^\circ\text{C} + 2,81 \cdot 10^{-4}^\circ\text{C}/\text{Pa}(p_a - 10,34 \cdot 10^4 \text{ Pa}) \quad (6)$$

Die Unsicherheit ergibt sich aus dem Fehler für p_a nach den Fehlerfortpflanzungsgesetzen.

$$u_{t_s} = 2,81 \cdot 10^{-4}^\circ\text{C}/\text{Pa} \cdot u_{p_a} \quad (7)$$

$$t_s = (99,800\,00 \pm 0,000\,06)^\circ\text{C} \quad (8)$$

Diese Temperatur stimmt auch mit dem experimentell ermittelten Wert überein.

Nun sind alle Größen bekannt, um γ zu berechnen. Der Fehler für γ ergibt sich aus den Fehlerfortpflanzungsgesetzen.

$$u_\gamma^2 = \left(\frac{u_{p_s}}{p_0 t_s}\right)^2 + \left(\frac{u_{p_0 p_s}}{p_0^2 t_s}\right)^2 + \left(\frac{u_{p_s} - p_0}{p_0 t_s^2} u_{t_s}\right)^2$$

Als Endergebnis für den Spannungskoeffizienten ergibt sich nun:

$$\gamma = \underline{\underline{(3,63 \pm 0,05) \cdot 10^{-3}/^\circ\text{C}}} \quad (9)$$

2.2 Bestimmung der Zimmertemperatur

Nach Gl. (1) gilt auch folgender Zusammenhang, wobei p_z der Gasdruck bei Zimmertemperatur und t_z die gesuchte Zimmertemperatur ist.

$$p_z = p_0(1 + \gamma t_z) \quad (10)$$

Da alle Größen bekannt sind, kann nun auch auf diese Weise t_z bestimmt werden.

$$t_z = \frac{1}{\gamma} \left(\frac{p_z}{p_0} - 1 \right) \quad (11)$$

$$u_{t_z}^2 = \left(\frac{t_z u_\gamma}{\gamma} \right)^2 + \left(\frac{u_{p_z}}{\gamma p_0} \right)^2 + \left(\frac{p_z u_{p_0}}{\gamma p_0^2} \right)^2 \quad (12)$$

Man erhält als Ergebnis für die Zimmertemperatur:

$$t_z = \underline{\underline{(29 \pm 1)^\circ\text{C}}} \quad (13)$$

3 Diskussion der Ergebnisse

3.1 Vergleich mit Referenzwerten

Der Spannungskoeffizient $\frac{1}{\gamma}$ entspricht dem Kehrwert von $273,15^\circ\text{C}$.

$$\gamma_{\text{ref}} \approx 3,66 \cdot 10^{-3}/^\circ\text{C} \quad (14)$$

Der experimentell ermittelte Wert für γ enthält diesen Wert. Das kann als richtig im Rahmen seiner Genauigkeit gewertet werden.

Die Raumtemperatur wurde mit einem Digitalthermometer zu $29,4^\circ\text{C}$ gemessen. Der berechnete Wert enthält auch diesen Wert.

3.2 Fehlerbetrachtung

Für die Berechnungen wurden einige vereinfachende Annahmen gemacht. So wurde von einem konstantem Volumen des Gasgefäßes aus Glas ausgegangen. Jedoch unterliegt jenes der Wärmeausdehnung.

$$p_s = p_0(1 + \gamma t_s) \underbrace{\frac{V_0}{V_s}}_{<1} \quad (15)$$

Somit wurde p_s eigentlich zu groß bestimmt und sollte eine systematische Korrektur nach unten hin erfahren. Jedoch ist der Quotient der Volumen in sehr guter Näherung 1, womit die Vernachlässigung gegenüber den anderen Fehlerquellen gerechtfertigt ist.

Weiterhin wurde das Gas, welches sich in den Kapillaren befindet, nicht erwärmt. Somit fällt die Volumenzunahme bei Erhitzung geringer aus als erwartet und demzufolge auch die Druckzunahme. Daher müsste eine systematische Korrektur nach oben hin erfolgen.

Es zeigt sich, dass beide nicht betrachteten Fehler einander entgegenwirken und somit insgesamt einen sehr geringen, zu vernachlässigenden Einfluss haben.

Ohnehin treten beide Fehlerquellen nur bei Temperaturen auf, welche stark von $t_0 = 0^\circ\text{C}$ abweichen. Somit hat dies nur für die Druckmessung von p_s bei siedendem Wasser Bedeutung.

Sollte nun insgesamt p_0 zu klein sein, so würde auch γ als zu klein bestimmt, womit die berechnete Temperatur t_z als zu groß bestimmt

worden wäre. Sollte p_0 zu groß sein, verhalten sich die Endergebnisse in ihrer Tendenz entsprechend umgekehrt.

Literatur und Programme

- [Skript] Physikalisches Grundpraktikum, Optik und Elektrodynamik, Humboldt-Universität 2005
- [MAD] Physikalisches Grundpraktikum, Einführung in die Messung, Auswertung und Darstellung experimenteller Ergebnisse in der Physik, Humboldt-Universität 2007
- [Paetec] Formeln und Tabellen. 9. Auflage. Paetec. Berlin 2001.
- [Maple] Maple 11, Maplesoft, a division of Waterloo Maple Inc., 2007.

Messprotokoll 3
2.7.08

T4

Barometer: oben: 48,8 cm
unten: 52 cm (sowohl vorher als auch nachher)

Thomas Morach 517771
Robert Riemann 521085

bei Zimmertemperatur: (nahe $M \approx 30 \text{ cm}$), Thermometeranzeige: 29,4°C

Messung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Höhe in cm	33,8	34,0	33,9	33,9	33,95	33,9	34,0	34,0	33,9	34,0

nicht einwaendig:

Messung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Höhe in cm	26,3	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,35	26,5	26,5	26,4

Thermometeranzeige: 29,0°C

nicht einwaendig:

Messung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Höhe in cm	52,2	52,6	52,4	52,0	52,3	52,5	52,3	52,5	52,55	52,5

Thermometeranzeige: 29,8°C

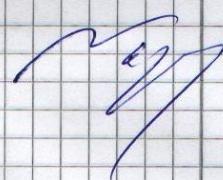


Abbildung 1: Messprotokoll