

VERSUCHSPROTOKOLL T4
ZUSTANDSGLEICHUNG IDEALER GASE

JOHANN FÖRSTER 519519

VERSUCHSPARTNER MEIKEL SOBANSKI

MESSPLATZ 1

HUMBOLDT UNIVERSITÄT ZU BERLIN
INSTITUT FÜR PHYSIK

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1) Physikalische Grundlagen und Aufgabenstellung	3
2.1) Ergebnisse der Messungen der Höhendifferenzen und Bestimmung des jeweiligen Drucks	3-4
2.2) Berechnung des Spannungskoeffizienten γ	4
2.3) Bestimmung der Zimmertemperatur t_Z	4
3) Fehleranalyse und kritische Selbsteinschätzung	5
4) Quellenangabe.....	5
Anhang: Messprotokoll	6

1) Physikalische Grundlagen und Aufgabenstellung

Ziel des Versuches war es, die theoretischen Vorhersagen für das Verhalten eines idealen Gases bei isochorer Zustandsänderung (Gesetz von Gay-Lussac) gemäß Quelle [1], Seite 74-75 experimentell nachzuvollziehen.

2.1) Ergebnisse der Messungen der Höhendifferenzen und Bestimmung des jeweiligen Drucks

Die Messungen der Höhendifferenzen am Jollyschen Gasthermometer ([1], Seite 74) wurden jeweils 6x für die Einstellung auf die Marke M von oben und 6x für die Einstellung auf die Marke M von unten durchgeführt. Im folgenden werden nur die Ergebnisse der Einstellung auf die Marke M von oben verwendet, da es dabei geringere Schwankungen gab und diese Ergebnisse als vertrauenswürdiger empfunden wurden.

Die Unsicherheit bei der Höhendifferenz der Einzelmessungen ergibt sich aus der Ablesegenauigkeit von einem halben Skalenteil $u_1 = 0,5\text{mm}$ sowie der Unsicherheit bei der Einstellung auf die Marke M und wird damit insgesamt zu $u(\Delta h) = 1\text{mm}$ abgeschätzt.

⇒ Messergebnisse:

	Zimmertemperatur	Eiswasser	siedendes Wasser
Höhenänderung $\Delta h \pm u(\Delta h)$ in mm	$33,5 \pm 1$	-42 ± 1	$219,5 \pm 1$
	$34,5 \pm 1$	$-41,5 \pm 1$	218 ± 1
	$34,5 \pm 1$	$-42,5 \pm 1$	218 ± 1
	35 ± 1	-42 ± 1	218 ± 1
	35 ± 1	$-42,5 \pm 1$	220 ± 1
	34 ± 1	$-41,5 \pm 1$	219 ± 1
Mittelwert in mm $\overline{\Delta h} = \frac{\sum_{i=1}^6 \Delta h_i}{6}$	34,416	-42	218,75
Standardabweichung in mm $s = \sqrt{\frac{1}{6-1} \sum_{i=1}^6 (\overline{\Delta h} - \Delta h_i)^2}$	0,585	0,447	0,880
Vertrauensbereich in mm $\bar{s} = \sqrt{\frac{1}{6}} s$	0,239	0,183	0,359
Ergebnis in mm $\underline{\Delta h} = \overline{\Delta h} \pm \bar{s}$	$34,4 \pm 0,3$	$-42,0 \mp 0,2$	$218,8 \pm 0,4$

Der äußere Luftdruck p_a im Zimmer wurde gemessen zu $p_a = (48,8 + 52,2)\text{kPa}$. Bei jeder Teilmessung am Barometer betrug die Unsicherheit etwa $\frac{1}{2}$ Skalenteil (0,5kPa), da zweimal abgelesen wurde beträgt die Unsicherheit also $\frac{\sqrt{2}}{2}\text{kPa}$ und für den äußeren Luftdruck folgt:

$$p_a = (101,0 \pm 0,7)\text{kPa}$$

Der Druck des Gases im Jollyschen Gasthermometer ergibt sich gemäß [1], Seite 74 aus der Summe vom äußeren Luftdruck und dem Druck, den man aus der Höhendifferenz Δh bestimmen kann. Pro Millimeter Quecksibersäule beträgt dieser Druck 133,3 Pa, also ist $p = p_a + \Delta h * 133,3 \frac{\text{Pa}}{\text{mm}}$. Die Unsicherheit ergibt sich nach der Fehlerfortpflanzung zu $u(p) = \sqrt{\left(\frac{\partial p}{\partial p_a} u(p_a)\right)^2 + \left(\frac{\partial p}{\partial \Delta h} u(\Delta h)\right)^2}$.

Damit ergibt sich:

	Wert in kPa
Druck p_L bei Zimmertemperatur	$105,6 \pm 0,7$
Druck p_0 bei Eiswasser	$95,4 \pm 0,7$
Druck p_S bei siedendem Wasser	$130,2 \pm 0,7$

2.2) Berechnung des Spannungskoeffizienten γ

Nach dem Gesetz von Gay-Lussac ([1], Seite 72, Gleichung 7) gilt für eine isochore Zustandsänderung die Beziehung $p_t = p_0(1 + \gamma t)$, also insbesondere

$$p_S = p_0(1 + \gamma t_S) \text{ bzw. nach } \gamma \text{ aufgelöst: } \gamma = \frac{p_S - p_0}{p_0 * t_S}.$$

Die Siedetemperatur t_S ergibt sich nach Gleichung 17, Quelle [1], Seite 75 zu $\frac{t_S}{^\circ C} = 100 + 2,81 * 10^{-4} \left(\frac{p_a}{\text{Pa}} - 10,13 * 10^4\right) = 99,9157$, die Unsicherheit ergibt sich gemäß der Fehlerfortpflanzung zu $u\left(\frac{t_S}{^\circ C}\right) = 2,81 * 10^{-4} \frac{u(p_a)}{\text{Pa}} = 0,199$ und somit ergibt sich für die Siedetemperatur:

$$t_S = (99,9 \pm 0,2)^\circ C$$

Damit lässt sich der Spannungskoeffizient berechnen zu $\gamma = \frac{p_S - p_0}{p_0 * t_S} = 0,0036464 \frac{1}{^\circ C}$

$$\text{mit } u(\gamma) = \sqrt{\left(\frac{\partial \gamma}{\partial p_S} u(p_S)\right)^2 + \left(\frac{\partial \gamma}{\partial p_0} u(p_0)\right)^2 + \left(\frac{\partial \gamma}{\partial t_S} u(t_S)\right)^2} = 0,000126 \frac{1}{^\circ C}$$

$$\Rightarrow \gamma = (0,0036 \pm 0,0001) \frac{1}{^\circ C}$$

Dieser ermittelte Wert stimmt innerhalb seiner Messunsicherheit gut mit dem theoretischen Wert $\gamma = \frac{1}{273,15^\circ C} = 0,00366 \frac{1}{^\circ C}$ überein.

2.3) Bestimmung der Zimmertemperatur t_Z

Nach Gay-Lussac gilt : $p_Z = p_0(1 + \gamma t_Z)$ bzw. $t_Z = \frac{p_Z - p_0}{p_0 \gamma} = 29,28^\circ C$

$$\text{mit } u(t_Z) = \sqrt{\left(\frac{\partial t_Z}{\partial \gamma} u(\gamma)\right)^2 + \left(\frac{\partial t_Z}{\partial p_0} u(p_0)\right)^2 + \left(\frac{\partial t_Z}{\partial p_Z} u(p_Z)\right)^2} = 3,20^\circ C.$$

$$\Rightarrow t_Z = (29 \pm 3)^\circ C$$

Die Zimmertemperatur wurde mit dem Digitalthermometer zu

$T = (27,5 \pm 0,5)^\circ C$ gemessen, die Unsicherheit wurde aufgrund der relativ großen Schwankungen nach mehrfacher Wiederholung der Messung abgeschätzt. Aufgrund der sehr großen Unsicherheit der nach dem Gesetz von Gay-Lussac bestimmten Zimmertemperatur, die hauptsächlich aus der Unsicherheit des äußeren Luftdrucks entstand, überschneiden sich die Ergebnisse innerhalb ihrer Messunsicherheiten.

3) Fehleranalyse und kritische Selbsteinschätzung

Die experimentellen Resultate bestätigen voll und ganz die theoretischen Erwartungen, sowohl der bestimmte Spannungskoeffizient als auch die bestimmte Zimmertemperatur stimmen innerhalb ihrer Messunsicherheit mit den theoretischen Werten überein. Allerdings war die Unsicherheit bei der Bestimmung des Raumlufldrucks mit Hilfe des Barometers sehr hoch, was sich auf alle weiteren Werte auswirkt. Aber auch Luftdruck- und Temperaturschwankungen haben die Ergebnisse beeinflusst. Zusätzlich wurde nicht berücksichtigt, dass bei den Messungen bei Eiswasser und siedendem Wasser die Luft innerhalb der Kapillare eine andere Temperatur hatte als die des restlichen Volumens. Außerdem bezieht sich die Theorie auf ein ideales Gas, während im Experiment mit einem realen Gas experimentiert wurde.

4) Quellenangabe

[1] Skript "Phys. Grundpraktikum I: Mechanik und Thermodynamik", 2005, online verfügbar unter <http://gpr.physik.hu-berlin.de/Skripten/GPRI.html> (Stand: 25.05.2008)