

Grundpraktikum
T4 Zustandsgleichung idealer Gase

Julien Kluge

4. Mai 2015

Student: Julien Kluge [REDACTED]

Partner: [REDACTED]

Betreuer: Luisa Esguerra

Raum: 316

Messplatz: 2

Inhaltsverzeichnis

1	Abstract	1
2	Versuchsdurchführung	2
3	Mess- und Fehlerwerte	2
3.1	Bestimmung des Höhenunterschieds Δh	2
3.2	Bestimmung des Druckes P	3
4	Auswertung	3
4.1	Bestimmung des Spannungs/-Druckkoeffizienten	3
4.2	Rechnerische Bestimmung der Raumtemperatur	4
5	Fehleranalyse und Ergebniseinschätzung	4
6	Anlagen	5
7	Quellen	5

1 Abstract

Ein Gas welches sich nach der allgemeinen Gasgleichung $pV = \nu RT$ verhält, wird ideales Gas genannt. Verändert man einer der drei nicht konstanten Eigenschaften Druck, Volumen oder Temperatur werden nach der Allgemeinen Gasgleichung die anderen beiden ebenfalls verändert. Da sie das nach der energiesparendsten Weise machen, nennt man das auch das Prinzip des kleinsten Zwanges. Führt man nun molekularenergetische Betrachtungen ein, erkennt man das diese drei Eigenschaften Resultate der durchschnittlichen Geschwindigkeit der Gasteilchen sind. Wendet man das auf ein makroskopisches System an, kann man ein Spannungskoeffizient oder ein Volumenausdehnungskoeffizient für isochore oder isobare Vorgänge bestimmen, welcher das System in einer Änderung beschreibt. ~~Ziel des Experiments ist es, den isochoren Spannungskoeffizienten von Luft zu bestimmen.~~ Er weicht dabei mit $\alpha = (3.35 \pm 0.02) \cdot 10^{-3}$ um circa acht Prozent vom Literaturwert ab, wodurch sich die Raumtemperatur zu $(25.8 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ bestimmt, welche ebenfalls um acht Prozent abweicht.

eig.
Raumtemp.

tr=

2 Versuchsdurchführung Formelzeichen...

Für die Durchführung des Versuchs, wurde ein Jollysches Gasthermometer benutzt. Dieses erlaubt die isochore Messung des Druckes mithilfe einer U-förmigen Quecksilbersäule, welche mit einer Kapillaren verbunden war, die in einen Glasballon mündet. Auf der linken Seite der Säule war eine Messmarkierung angebracht, anhand derer das innere Volumen exakt eingestellt werden konnte. Durch Verändern der Temperatur im Glasballon wurde demnach lediglich der Druck verändert, welcher eine Höhendifferenz in der Säule Δh verursacht hat, die mit einer angebrachten Längenskala auf $\pm 0.5\text{mm}$ genau gemessen werden konnte. Vor jeder Messung wurde das Gasthermometer neu auf die Markierung eingestellt. Zur Veränderung der Temperatur wurde ein Wasserbad benutzt, in welches der Glasballon getaucht wurde. Die Temperatur des Wasserbades wurde dabei mit einem digitalen Thermometer überwacht, welches auf $\pm 0.1\text{K}$ genau messen/anzeigen konnte. Es wurden jeweils zehn Messwerte von drei verschiedenen Temperaturen aufgenommen. Gleichzeitig wurde ein digitales Thermometer neben dem Experiment platziert, welches die Raumtemperatur messen sollte. Der Wert für den Umgebungsdruck wurde von einem Druckmesser im Experimentierraum abgelesen ($(100700 \pm 100)\text{Pa}$).

Als besondere Sicherheitsvorkehrung wurde das Wasserbad, welches den Glasballon umschloss, erst erhitzt/abgekühlt als der Glasballon bereits eingetaucht war, um einen unvorhergesehen Ausschlag (aufgrund einer zu starken plötzlichen Druckänderung) der Quecksilbersäule zu vermeiden, welcher dazu hätte führen können, dass Quecksilber über die Kapillare in den Ballon gezogen wird oder aus dem rechten Ende der Säule herausgedrückt wird. Dies war deshalb wichtig, da Quecksilber (insbesondere Quecksilberdämpfe) latent giftig ist und um die Kapillare/Glasballon möglichst sauber zu halten.

Unsicherheitswerte

3 Mess- und Fehlerwerte

3.1 Bestimmung des Höhenunterschieds Δh

Für die Höhendifferenz Δh wurden folgende Werte gemessen (in Meter):

Was bedeuten diese Werte?

Messwerte:	Reihe 1	Reihe 2	Reihe 3
1.	0.0150	-0.0450	0.1940
2.	0.0165	-0.0470	0.1850
3.	0.0160	-0.0460	0.1940
4.	0.0170	-0.0460	0.1940
5.	0.0160	-0.0470	0.1860
6.	0.0170	-0.0450	0.1940
7.	0.0160	-0.0430	0.1930
8.	0.0160	-0.0420	0.1930
9.	0.0160	-0.0440	0.1950
10.	0.0165	-0.0460	0.1930
Durchschnitt	0.0162	-0.0451	0.1921
Standartabweichung	0.00059	0.0017	0.0035
Wert	0.0142 ± 0.0005	0.0431 ± 0.0007	0.1901 ± 0.0012
Resultierender Druck (in Pascal)	102593 ± 100	94422 ± 100	126040 ± 102

(Reihe 1: $(23.7 \pm 0.1)^\circ\text{C}$, Reihe 2: $(0.0 \pm 0.2)^\circ\text{C}$, Reihe 3: $(100.0 \pm 0.2)^\circ\text{C}$)

Die Fehler der Werte wurden dabei mit $u_e = \sqrt{s^2 + e_a^2}$ abgeschätzt wobei s die Standar-

tabweichung und e_a der Ablesefehler an der Längenskale ist ($\pm 0.5\text{mm}$). Außerdem wurde ein systematischer Fehler von 1.1cm bereits bei den Messwerten abgezogen. Dieser Fehler entstand dadurch, dass die Standardmarkierung unseres Gasthermometers nicht benutzt werden konnte, da aufgrund von Verschmutzung sonst die Quecksilberkuppe nicht länger sichtbar gewesen wäre. Somit haben wir die Markierung, von der aus gemessen wurde, um 1.1cm nach unten versetzt. Eine weitere Korrektur um 2mm nach unten erfolgte durch eine, in der Quecksilbersäule eingeschlossene Luftblase, welche sich nicht entfernen ließ.

3.2 Bestimmung des Druckes P

Der resultierende Druck wurde nach folgendem Verhältnis bestimmt:

$$1\text{mm Hg-Säule} \hat{=} 133.3\text{Pa}$$

Daraus folgt (für Δh in mm):

$$P_{ges} = \frac{\Delta h}{1\text{mm}} \cdot 133.3\text{Pa} + P_{Umgebung} \quad (1)$$

Die Fehlerabschätzung für P_{ges} lässt sich über die Gauß'sche Fehlerfortpflanzung durchführen:

$$u(p_{ges}) = \sqrt{\left(\frac{\partial P_{ges}}{\partial H} \cdot u(H)\right)^2 + \left(\frac{\partial P_{ges}}{\partial p_r} \cdot u(p_r)\right)^2 + \left(\frac{\partial P_{ges}}{\partial P_{Umgebung}} \cdot u(P_{Umgebung})\right)^2} \quad (2)$$

Dabei wurden $u(p_r)$ und $u(P_{Umgebung})$ mit der Anzahl ihrer signifikanten Stellen abgeschätzt. ($u(p_r) \approx \pm 0.1\text{Pa}$ & $u(P_{Umgebung}) \approx \pm 100\text{Pa}$)

Mit Blick auf die nun entstehenden Fehler, wird schnell ersichtlich, dass lediglich der des Umgebungsdruckes groß in den Endfehler eingeht und somit die anderen zu vernachlässigen ~~sind~~ **werden können**

4 Auswertung

4.1 Bestimmung des Spannungs/-Druckkoeffizienten

Für eine isochore Zustandsänderung lässt sich ein Spannungskoeffizient nach

$$\gamma = \frac{p_s - p_0}{p_0 \cdot \left(100 + (2.81 \cdot 10^{-4} \frac{p_a}{p_a - 10.13 \cdot 10^4})\right)} \quad (3)$$

ausrechnen. Mithilfe dieses Wertes lässt sich nach

$$p_t = p_0 (1 + \gamma t) \quad (4)$$

eine isochore Druckänderung berechnen. Dieser Zusammenhang nennt sich auch das *Gay-Lussac* Gesetz. Für die von Messreihe zwei und drei eingesetzte Werte ergibt sich nach (3) das Ergebnis von $\approx (3.35 \pm 0.02) \cdot 10^{-3}$. Der ~~Fehler~~ wurde mithilfe der Gauß'schen Fehlerfortpflanzung ermittelt. Damit liegt er circa 8.7% unter dem angegebenen Literaturwert von $\approx 3.67 \cdot 10^{-3}$. **woher?**

4.2 Rechnerische Bestimmung der Raumtemperatur

Formelzeichen

Mithilfe von Γ und der eben gezeigten Gleichung (4) umgestellt nach t ist es nun möglich, die ungefähre Raumtemperatur zu ermitteln. Diese errechnet sich somit zu circa $(25.8 \pm 0.5)^\circ\text{C}$. Dabei wurden die Fehler über die Gauß'sche Fehlerfortpflanzung ermittelt. Wie in der Versuchsdurchführung beschrieben, lag ebenfalls ein digitales Thermometer unmittelbar neben den Versuchsaufbau und hat eine Temperatur von $(23.7 \pm 0.1)^\circ\text{C}$ gemessen. Damit liegt der errechnete Wert 8.1 % über dem wahren Wert.

5 Fehleranalyse und Ergebniseinschätzung

Wie bereits erwähnt, mussten zwei verschiedene, systematische Abweichungen beachtet und kompensiert werden. Die Eine basierte auf der Tatsache, dass die U-Säule auf der rechten Seite so verdreht war, dass keinerlei Quecksilberkuppe mehr zu sehen war. Dadurch musste die Markierung auf der linken Seite auf einen anderen, weiter unten gelegen, markanten Punkt verlegt werden. Wie in Abbildung (6) zu sehen, haben wir das Ende des Spiegels genommen, da dieser einen hohen Kontrast bieten konnte und damit der Ablesefehler möglichst klein gehalten wurde. Ein weiterer systematischer Fehler, basierte auf einer Luftblase in der Quecksilbersäule, welche sich nicht entfernen ließ. So entstand jedes Mal eine zusätzliche Höhe von circa 2mm. Beide Fehler konnten aufgrund ihrer statischen Richtung und Betrag im Endergebnis korrigiert werden auch wenn hierbei ein weiterer Ablese/-Schätzfehler entstand, der nicht kalkulierbar war.

Dadurch, dass die Rohre/Kapillare verschmutzt waren, entstanden ebenfalls zwei Abweichungen. Zu aller erst, vermindert diese Verschmutzung das Volumen welches vorhanden ist, darüber hinaus verhindert es zufällig die Bildung der Quecksilberkuppe, welche den Ablesefehler erhöht.

Als eine weitere Fehlerbetrachtung kann hier die thermische Ausdehnung des Glases betrachtet werden. Diese führt zu einer Volumenvergrößerung, welche nicht betrachtet wurde. **sicher?** Allerdings kann sie als einer der ~~Hauptfehler~~ verantwortlich gemacht werden, welche den Spannungskoeffizienten γ um ein großes Stück verkleinert hat. Schlussendlich lässt sich sagen, dass aufgrund der errechneten Raumtemperatur, welche auch in ihrer Fehlergrenze nicht mit der Realtemperatur übereinstimmt, die Fehler zu klein eingeschätzt wurden. Hierbei sind die Ablesefehler und Abweichungsfehler zu nennen, die aufgrund der Verschmutzung höchstwahrscheinlich größer sind als angenommen.

6 Anlagen

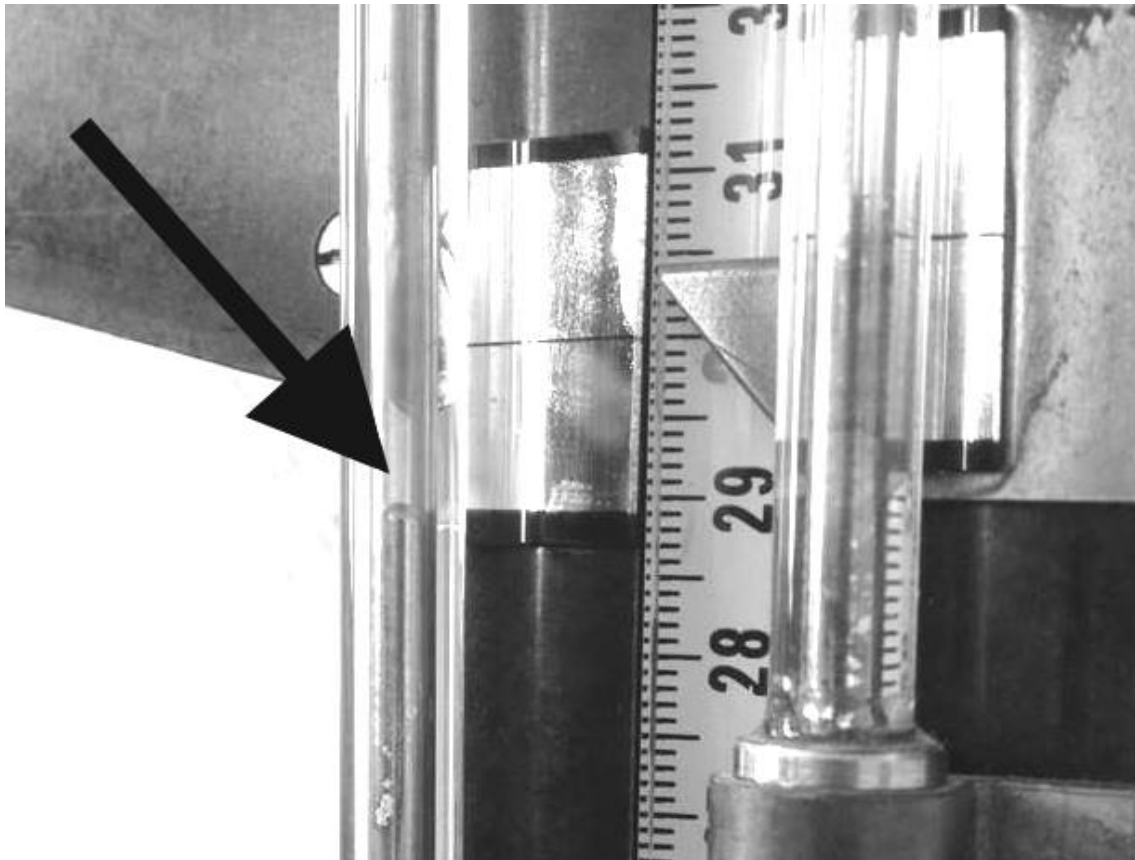


Abbildung 1: Verschiebung des Nullpunktes für den Quecksilberspiegel auf das Ende der Spiegelmarkierung

7 Quellen

1. Script zum Grundpraktikum (*Formeln*)
<http://gpr.physik.hu-berlin.de/Skripten/Mechanik%20und%20Thermodynamik/PDF-Dateien/Mechanik%20und%20Thermodynamik.pdf>
2. Literaturwert für den Spannungskoeffizient in Luft
www.zeno.org/Lueger-1904/A/Spannungskoeffizient