



Versuchsprotokoll

T7 - Spezifische Wärmekapazität idealer Gase

Autor:

Name: R. Brose

Mat.Nr.: 529368

Versuchspartner:

Name: T. Moldenhawer; Mat.Nr.: 528413

Name: S. Nellen; Mat.Nr.: 529284

Versuchsort: NEW 14, 215

Versuchsbetreuer: T. Schröder

Versuchsgruppe: P7

21.04.2009

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Spezifische Wärmekapazität c_p	3
2	Bestimmung des Adiabatenexponent κ von Luft nach Clement-Desormes	3
2.1	Vorbetrachtung	3
2.1.1	Aufbau und Durchführung	3
2.1.2	Verwendete Formeln	3
2.2	Messwerte	4
2.3	Bestimmen der Ungenauigkeit	4
2.4	Diskussion des Messergebnisses	5
3	Bestimmung von κ mithilfe der Schwingungsmethode	5
3.1	Vorbetrachtung	5
3.1.1	Aufbau und Durchführung	5
3.1.2	Verwendete Formeln	5
3.2	Bestimmung für Luft	6
3.2.1	Messwerte	6
3.2.2	Bestimmung der Ungenauigkeiten	6
3.2.3	Diskussion des Messergebnisses	7
3.3	Bestimmung für Argon	7
3.3.1	Messwerte	7
3.3.2	Bestimmung der Ungenauigkeiten	7
3.3.3	Diskussion des Messergebnisses	8
4	Messwertprotokoll	9

1 Einleitung

1.1 Spezifische Wärmekapazität c_P

Zur Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität c_P werden normalerweise die Methoden nach Clement-Desormes oder Rückhardt bestimmt, welche beide im Skript beschrieben sind. Durch sie wird c_P nicht direkt bestimmt, sondern der Adiabatenexponent κ , doch lässt sich c_P nach $c_P = \frac{\kappa}{\kappa-1}R_S$ bestimmen. R_S ist dabei die spezifische Gaskonstante.

An der Methode nach Desormes lässt sich auch gut erkennen, dass die innere Energie eines Gases nur eine Funktion der Temperatur ist. Verrichtet man am System Arbeit, gegen den inneren Druck, so steigt die Temperatur. Lässt man das System bei der Expansion gegen die Kraft des äußeren Luftdrucks, bzw. gegen den äußeren Luftdruck verrichten, sinkt die Temperatur. Die direkte Veränderung der inneren Energie, hat eine direkte Änderung der Temperatur zur Folge, was den beschriebenen funktionalen Zusammenhang belegt.

2 Bestimmung des Adiabatenexponent κ von Luft nach Clement-Desormes

2.1 Vorbetrachtung

2.1.1 Aufbau und Durchführung

Der Aufbau an Versuchsplatz 1 entsprach der Versuchsbeschreibung im Script. Gemessen wurde die angezeigte Höhe der Wassersäule im Abstand von einer Minute jeweils 5 min nach herstellen eines Überdrucks in der Flasche und 5 min nach dem Druckausgleich und verschließen der Flasche.

2.1.2 Verwendete Formeln

Zur Berechnung von κ wurde die im Script angegebene Formel:

$$\kappa = \frac{h_1}{h_1 - h_2} \quad (1)$$

verwendet.

Zur Berechnung der Messunsicherheit wurden auch die partiellen Ableitungen von (1) nach h_1 und h_2 benötigt:

$$\frac{\partial \kappa}{\partial h_1} = \frac{-h_2}{(h_1 - h_2)^2} \quad (2)$$

$$\frac{\partial \kappa}{\partial h_2} = \frac{h_1}{(h_1 - h_2)^2} \quad (3)$$

2.2 Messwerte

Die Ausgangshöhe h_0 betrug jeweils 10,8 cm.

Die Höhe h_1 entspricht jeweils dem Wert w5 der Tabelle abzüglich h_0 . Die zugehörigen h_2 wurden mittels linearer Regression nach dem im Skript beschriebenen Korrekturverfahren bestimmt. Und ergeben sich daraus nach dem Abzug von h_0 .

n	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10
1	15,0	14,4	14,4	14,5	14,5	10,8	11,8	11,9	12,0	12,0
2	16,3	15,5	15,5	15,5	15,5	10,8	12,0	12,1	12,2	12,2
3	16,0	15,2	15,1	15,2	15,2	10,8	11,9	12,0	12,0	12,0
4	17,2	16,2	16,1	16,1	16,1	10,8	12,0	12,1	12,1	12,1
5	17,8	16,7	16,7	16,7	16,7	10,8	12,2	12,3	12,3	12,3
6	16,2	15,3	15,2	15,2	15,2	10,8	11,9	12,0	12,0	12,0

Tabelle 1: Abgelesene Werte

n	Korrigiertes w6	Unsicherheit w6	h_1	h_1 -Fehler	h_2	h_2 -Fehler	κ
1	11,75	0,05	3,70	0,077	0,95	0,123	1,35
2	11,95	0,05	4,70	0,078	1,15	0,123	1,32
3	11,90	0,02	4,40	0,078	1,10	0,093	1,33
4	12,00	0,05	5,30	0,078	1,20	0,123	1,29
5	12,20	0,05	5,90	0,078	1,40	0,123	1,31
6	11,90	0,05	4,40	0,078	1,10	0,123	1,33

Tabelle 2: Korrigiertes w6, h_1 , h_2 sowie κ

Somit ergibt sich für κ im Durchschnitt 1,323.

2.3 Bestimmen der Ungenauigkeit

Die Messunsicherheit der Spiegelskala beträgt $\pm(0,2\text{mm} + 5 \cdot 10^{-4} \cdot l)$. Hierraus ergibt sich jeweils die Unsicherheit für h_1 und h_2 . Die Standardabweichung der κ -Werte beträgt 0,019 und der Durchschnittliche κ -Fehler beträgt 0,052. Die verwendeten Formel (26)-(29) sind dem Skript zum Grundpraktikum entnommen. Der jeweilige κ -Fehler ergibt sich aus $\sum_i \frac{\partial \kappa}{\partial h_i} \delta h_i$. Somit ergibt sich die Gesamtmessunsicherheit zu 0,071.

2.4 Diskussion des Messergebnisses

Das Messergebnis ist also $\kappa = (1,323 \pm 0,071)$.

Der hier bestimmte Wert liegt deutlich unter dem Wert von 1,4, der eigentlich zu erwarten gewesen wäre. Auch die Messunsicherheit schließt den zu erwartenden Wert nicht ein. Allerdings ist dies Angabe für trockene Luft. Da bei unserem Versuch die Luftfeuchtigkeit deutlich über 0% lag, war der zu messende Wert für κ deutlich geringer. Somit liegt der wahre κ -Wert innerhalb unserer Messunsicherheit.

Zusätzlich zu diesem nicht bestimmten Umweltfaktor, kommt die Tatsache, dass dadurch, dass Luft aus dem Gefäß abgelassen wird, eigentlich keine adiabatische Zustandsänderung statt findet. Da das austömende Gasvolumen um Größenordnungen kleiner ist, als das Gesamtvolumen, kann die Zustandsänderung als annähernd adiabatisch angenommen werden. Hierbei entsteht jedoch ein verbleibender, systematischer Messfehler, der sich mit den aufgenommenen Größen nicht korrigieren lässt.

Der festgestellte Einfluss von Änderungen der Raumtemperatur sind allerdings gering und durch die lineare Regression weitestgehend korrigiert. Häufigere und genauere Messungen der Druckänderungen könnten diesen Einflussfaktor weiter minimieren, genau wie die Verwendung von größeren Gefäßen

3 Bestimmung von κ mithilfe der Schwingungsmethode

3.1 Vorbetrachtung

3.1.1 Aufbau und Durchführung

Der Versuchsaufbau war dem Skript entsprechend vorbereitet. Ein Lichtschranke zählte 200 Nulldurchgänge, also 100 Schwingungen ab und stoppte die Zeit. Auffällig war, dass bei der Bestimmung von κ für Luft die Schwingung nicht ungedämpft verlief und nach etwa 15 min neu angestoßen werden musste. Dies zeigt sich auch an den entsprechenden Messwerten deutlich.

3.1.2 Verwendete Formeln

$$p = p_0 + \frac{m_1}{\pi r^2} \quad (4)$$

$$\kappa = \frac{4Vm}{r^4 p T^2} \quad (5)$$

Zur Fehlerberechnung wurden die Standardformel zur Größtfehlerabschätzung verwendet.

3.2 Bestimmung für Luft

3.2.1 Messwerte

Als relevanten Parameter wurden erfasst:

Masse des Schwingkörpers: $m_1 = (6,122 \pm 0,005)g$

Außendruck: $p_0 = (101,8 \pm 0,1)kPa$

Kolbenvolumen: $V = (4381 \pm 10)cm^3$

Glasrohrdurchmesser: $d = (13,93 \pm 0,01)mm$

Glasrohrhöhe: $l = (19,5 \pm 1)cm$

Die Bestimmung Glasrohrhöhe erfolgte sehr grob und mittels eines handelsüblichen Lineals, weswegen der Fehler relativ groß angesetzt wird.

n	T_{100}
1	57,38
2	57,22
3	57,07
4	57,03
5	56,91
6	56,89

Tabelle 3: T_{100}

3.2.2 Bestimmung der Ungenauigkeiten

Bestimmte Periodendauer T:

$T = 0,5708s$ Die Messungenauigkeit der Uhr lag bei 0,01s und die Standardabweichung der Periodendauer bei 0,0035s.

Hierdurch ergibt sich:

$$T = (0,5708 \pm 0,0036)s$$

Nach Formel (4) ergibt sich für den Druck:

$$p = (102194 \pm 100)Pa$$

Und für die an der Schwingung beteiligten Luftmasse:

$$m = (6,160 \pm 0,005)g$$

Das Gesamtvolumen, unter Berücksichtigung des Volumens des Glasrohres, beträgt:

$$V = (4396 \pm 12)cm^3$$

Wichtet man nun die relativen Fehler entsprechend ihrer Potenzen, ergibt sich für den Fehler: $\pm 0,026$

3.2.3 Diskussion des Messergebnisses

Als Messergebnis erhält man:

$$\kappa = (1,382 \pm 0,026)$$

Zu sehen ist, dass dieses Messergebnis wesentlich näher am zu erwartendem Wert liegt, als das Ergebnis nach der ersten Methode. Auch liegt hier der zu erwartende Wert innerhalb der Messunsicherheit.

Die Größe des Fehlers bedingt sich hier, wesentlich stärker als bei der Messung für Argon, aus der Variation der gemessenen Periodendauer. Dies liegt darin Begründet, dass hier eindeutig eine gedämpfte Schwingung, mit immer kürzer werdender Periodendauer vorlag. Diese ist allerdings mit den bestimmten Parametern nicht zu korrigieren.

Weitere Abweichungen werden in den nicht konstanten Umgebungsbedingungen, wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit oder auch Druck, begründet liegen. Einen Einfluss könnte auch die Temperatur des Einströmenden Gases gehabt haben, da dieses aus Druckflaschen stammte und durch die Dekompression wahrscheinlich kälter als die Umgebung war. Theoretisch dürfte bei adiabatischen Zustandsänderungen kein Energie und Stoffaustausch mit der Umgebung statt finden, was sich aber schon durch die Versuchsanordnung nicht vermeiden lässt.

Insgesamt ist allerdings der gemessene Wert sehr nah an realem und theoretischem Wert für κ .

3.3 Bestimmung für Argon

3.3.1 Messwerte

Als relevanten Parameter wurden erfasst:

Masse des Schwingkörpers: $m_1 = (6,231 \pm 0,005)g$

Außendruck: $p_0 = (101,8 \pm 0,1)kPa$

Kolbenvolumen: $V = (4325 \pm 10)cm^3$

Glasrohrdurchmesser: $d = (13,95 \pm 0,01)mm$

Glasrohrhöhe: $l = (22,5 \pm 1)cm$

3.3.2 Bestimmung der Ungenauigkeiten

Bestimmte Periodendauer T:

$T = 0,5251s$ Die Messungenauigkeit der Uhr lag bei 0,01s und die Standardabweichung der Periodendauer bei 0,0006s.

Hierdurch ergibt sich:

$$T = (0,5251 \pm 0,0007)s$$

n	T_{100}
1	52,56
2	52,56
3	52,52
4	52,49
5	52,46
6	52,46

Tabelle 4: T_{100}

Nach Formel (4) ergibt sich für den Druck:

$$p = (102200 \pm 100) Pa$$

Und für die an der Schwingung beteiligten Luftmasse:

$$m = (6,292 \pm 0,005) g$$

Das Gesamtvolumen, unter Berücksichtigung des Volumens des Glasrohres, beträgt:

$$V = (4342 \pm 12) cm^3$$

Wichtet man nun die relativen Fehler entsprechend ihrer Potenzen, ergibt sich für den Fehler: $\pm 0,014$

3.3.3 Diskussion des Messergebnisses

Als Messergebnis erhält man:

$$\kappa = (1,639 \pm 0,014)$$

Offensichtlich liegt auch dieses Messergebnis sehr nah an dem erwarteten Wert, der hier 1,66 beträgt. Problematisch ist, dass die sehr geringe Messabweichung den erwarteten Wert nicht einschließt. Dies könnte darin begründet liegen, dass möglicherweise, abhängig von der Betriebszeit der Anlage, noch Luft mit in dem Gefäß vorhanden war oder auch hier eine gewisse Feuchtigkeit zur Senkung des κ -Wertes beigetragen hat. Letzteres könnte mit der hohen Luftfeuchtigkeit (bewölkt, schwül) an diesem Tag zusammen hängen.

Weiterhin sind hier genau Stoff und Energiewechselwirkungen aufgetreten, die das Ergebnis verfälscht haben könnten.

4 Messwertprotokoll

Simon Keller

Protokoll

27.04.09

Robert Brose

$T_{Ri} = 23,5^\circ\text{C} (\pm 0,5^\circ\text{C})$

$T_{Re} = 24^\circ\text{C} (\pm 0,5^\circ\text{C})$

Kursulbsplatz 7

Ed. Mollebauer

$R_0 = 10,8 \text{ cm} \pm \dots$

h in cm

n	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9	R_{10}
1	15	14,4	14,4	14,5	14,5	10,8	11,8	11,9	12	12
2	16,3	15,5	15,5	15,5	15,5	10,8	12	12,1	12,2	12,2
3	16	15,2	15,1	15,2	15,2	10,8	11,9	12	12	12
4	17,2	16,2	16,1	16,1	16,1	10,8	12	12,1	12,1	12,1
5	17,8	16,7	16,7	16,7	16,7	10,8	12,2	12,3	12,3	12,3
6	16,2	15,3	15,2	15,2	15,2	10,8	11,9	12	12	12

nach R_0 Durchmessergleich

Bestimmung aus Schwingungen in Luft 100 Schwingungen

Platz 1

n	$T \pm \Delta T$
1	57,38 s
2	57,22 s
3	57,07 s
4	57,03 s
5	56,97 s
6	56,89 s

Schwingkörper: $m_1 = (6,122 \pm 0,005) \text{ g}$

Glas Kolben: $V = (4387 \pm 10) \text{ cm}^3$

$D = (13,93 \pm 0,07) \text{ mm}$

äußere Luftdruck: 49 hPa $101,8 \text{ hPa}$

Höhe Rohr: $19,5 \text{ cm}$

Bestimmung aus Schwingungen in Argon 100 Schwingungen

n	$T \pm \Delta T$
1	52,56 s
2	52,56 s
3	52,52 s
4	52,49 s
5	52,46 s
6	52,46 s

Platz 2

Schwingkörper: $m_1 = (6,237 \pm 0,005) \text{ g}$

Glas Kolben: $V = (4325 \pm 10) \text{ cm}^3$

$D = (13,95 \pm 0,07) \text{ mm}$

äußere Luftdruck: $101,8 \text{ hPa}$

Höhe Rohr: $22,5 \text{ cm}$