Versuch 221: Bestimmung des Adiabatenkoeffizienten von Luft und Argon

Yago Obispo Gerster

1. März 2024

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Motivation **1**
1.1 Physikalische Grundlagen 1
1.1.1 Adiabatenkoeffizient 2
1.1.2 Methode 1: Clement und Desormes 2
1.1.3 Methode 2: Rüchardt 4

2 Messprotokoll **6**
2.1 Materialienliste 6
2.2 Durchführung 6

3 Auswertung **10**
3.1 Fehlerabschätzung 10
3.2 Berechnung κ mit Clement-Desormes-Methode 10
3.3 Berechnung κ mit Rüchardt-Methode 11

4 Zusammenfassung und Diskussion **11**
4.1 Diskussion 12

5 Quellen **14**

1 Einleitung und Motivation

1.1 Physikalische Grundlagen

Das Ziel des Versuches ist die Bestimmung des Adiabatenkoeffizientes für Luft mit zwei verschiedenen Methoden - der Methode nach Clément und Desormes und der Methode nach Rüchard - und ebenfalls die Bestimmung des Adiabatenkoeffizienten für Argon mit letzterer Methode.

1.1.1 Adiabatenkoeffizient

Der *Adiabatenkoeffizient* ist als das Verhältnis der Wärmekapazität c_p bei konstantem Druck p und der Wärmekapazität c_V bei konstantem Volumen V definiert:

$$\kappa = \frac{c_p}{c_V} \tag{1}$$

Es kann von enormen Vorteil sein, diesen Adiabatenkoeffizient für verschiedene Stoffe zu kennen, da er eine entscheidende Rolle bei adiabatischen Zustandsänderungen trägt. Bei diesen gilt nämlich die Adiabatengleichung für ideale Gase:

$$p \cdot V^{\kappa} = const. \tag{2}$$

Zur Bestimmung des Adiabatenkoeffizienten werden in diesem Versuch zwei unterschiedliche Methoden verwendet.

1.1.2 Methode 1: Clement und Desormes

Die erste Methode wurde nach Clement und Desormes benannt. Der Aufbau

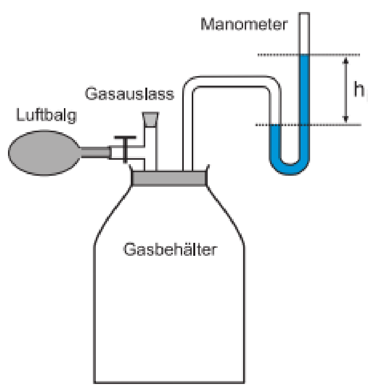


Abbildung 1: Aufbau Clement und Desormes (Quelle: Praktikumsskript V221 S2)

besteht aus einem Luftbalg, mit dem ein Druck in einem Gasbehälter erzeugt werden kann. Dieser Druck kann an der Höhendifferenz des Wassers an einem Manometer abgelesen werden. Mit einem Gasauslassstöpsel der geöffnet werden kann, kann dieser erzeugte Druck wieder ausgeglichen werden. Siehe Abbildung 1.
Zur Ermittlung des Adiabatenkoeffizienten wird geschickt über unterschiedliche Zustandsänderungen eine Formel hergeleitet.
Als erstes erzeugt man im Gasbehälter durch pumpen mit dem Luftbalg einen Druck. Damit erwärmt sich das Gas. Nach kurzer Zeit stabilisiert sich die Temperatur wieder auf Raumtemperatur. Diesen Zustand definieren wir als **Zustand**

1. Zu ihm gehören ein Volumen V_1, Raumtemperatur T_1 und Druck p_1, welcher über den äusseren Luftdruck b und die Höhendifferenz h_1 ausgedrückt werden kann:

$$p_1 = b + h_1 \tag{3}$$

Nun wird der Stöpsel für 2 Sekunden geöffnet. Dabei sinkt der Druck auf den äusseren Luftdruck und das Volumen vergrössert sich mit $\triangle V$. Da die Zeit die der Stöpsel rausgezogen wurde kurz war, nehmen wir näherungsweise an, das kein Wärmeaustausch stattgefunden hat, d.h. der Prozess verlief adiabatisch und das Gas hat die Temperatur $\triangle T$ verloren. Diesen Zustand definieren wir als **Zustand 2**:

$$V_2 = V_1 + \triangle V \tag{4}$$
$$T_2 = T_1 - \triangle T \tag{5}$$
$$p_2 = b \tag{6}$$

Da der Prozess adiabatisch verlaufen ist, gilt die Adiabatengleichung (2):

$$p_1 V_1^\kappa = p_2 V_2^\kappa \tag{7}$$
$$(b + h_1) V_1^\kappa = b(V_1 + \triangle V)^\kappa \tag{8}$$

Die Volumenänderung von Zustand 1 auf Zustand 2 $\triangle V$ ist im Vergleich zum Gesamtvolumen gering. Somit führen wir für den Ausdruck $(1 + \frac{\triangle V}{V_1})^\kappa$ eine Taylorentwicklung bis zur ersten Ordnung:

$$(V_1 + \triangle V)^\kappa = (V_1(1 + \frac{\triangle V}{V_1}))^\kappa = V_1^\kappa (1 + \frac{\triangle V}{V_1})^\kappa \tag{9}$$
$$= V_1^\kappa (1 + \kappa \frac{\triangle V}{V_1}) \tag{10}$$

Dieser Ausdruck kann in die rechte Seite von Gleichung (8) eingesetzt werden:

$$(b + h_1) V_1^\kappa = b V_1^\kappa (1 + \kappa \frac{\triangle V}{V_1}) \tag{11}$$
$$\Leftrightarrow \frac{h_1}{b} = \kappa \frac{\triangle V}{V_1} \tag{12}$$

Anschliessend wartet man, bis das Gas Raumtemperatur angenommen hat. Dabei handelt es sich um einen isochoren Übergang, da sich der Druck verändert, das Volumen jedoch konstant bleibt. Diesen letzten Zustand definieren wir als **Zustand 3**. Es gilt:

$$V_3 = V_1 + \triangle V \tag{13}$$
$$p_3 = b + h_3 \tag{14}$$
$$T_3 = T_1 \tag{15}$$

Wobei h_3 die eingestellte Höhendifferenz am Manometer beschreibt. Daher das in Zustand 3 und 1 die Temperatur gleich ist, folgt nach dem Boyle-Mariotte-Gesetz:

$$p_1 V_1 = p_3 V_3 \tag{16}$$

$$\Leftrightarrow (b + h_1)V_1 = (b + h_3)(V_1 + \triangle V) \tag{17}$$

$$\approx h_1 V_1 = h_3 V_1 + b\triangle V \tag{18}$$

$$\frac{\triangle V}{V_1} = \frac{h_1 - h_3}{b} \tag{19}$$

Dabei wurde der Term $h_3 \triangle V$ vernachlässigt, da die Höhendifferenz deutlich kleiner als der Luftdruck und die Volumendifferenz deutlich kleiner als das Volumen im Zustand 1. Einsetzen in (12) liefert:

$$\kappa = \frac{h_1}{h_1 - h_3} \tag{20}$$

Unter den gemachten Näherungen kann der Adiabatenkoeffizient also allein durch das Bestimmen der Höhendifferenzen h_1 und h_3 bestimmt werden.

1.1.3 Methode 2: Rüchardt

Die zweite Methode wurde nach *Rüchard* benannt. Betrachte dazu den in Abbildung 2 dargestellten Aufbau. Ein kleiner Körper bekannter Masse schwingt in einem Glasrohr auf und ab. Die Schwingung entsteht durch die adiabatische Expansion bzw. Kompression eines Gases, welches sich in einem ans Glasrohr angebrachten Behälter befindet. Da diese Schwingung gedämpft ist, befindet sich in dem Glasrohr eine Öffnung. Dieser bewirkt das der Schwingkörper, wenn er sich unterhalb der Öffnung befindet, einen zusätzlichen Druck erfährt und wenn er sich oberhalb befindet, einen kleineren - da der Gasstrom über die Öffnung entweicht. Damit wurden die Reibungsverluste ausgeglichen.

Im Gleichgewicht muss der Druck p der Summe des Luftdrucks p_0 und des Schweredrucks $\frac{mg}{A}$ entsprechen, wobei A die Querschnittsfläche des Körpers beschreibt:

$$p = p_0 + \frac{mg}{A} \tag{21}$$

Die Schwingung kann durch die Bewegungsgleichung

$$m\ddot{x} = Adp \tag{22}$$

beschrieben werden. Da der Prozess adiabatisch verläuft, kann wieder die Adiabatengleichung $pV^{\kappa} = const. \Leftrightarrow p = V^{-\kappa} \cdot const.$ verwendet werden. Differenziert man diesen Ausdruck nach V, so kommt man auf

$$dp = -\kappa \frac{p}{V} dV \tag{23}$$

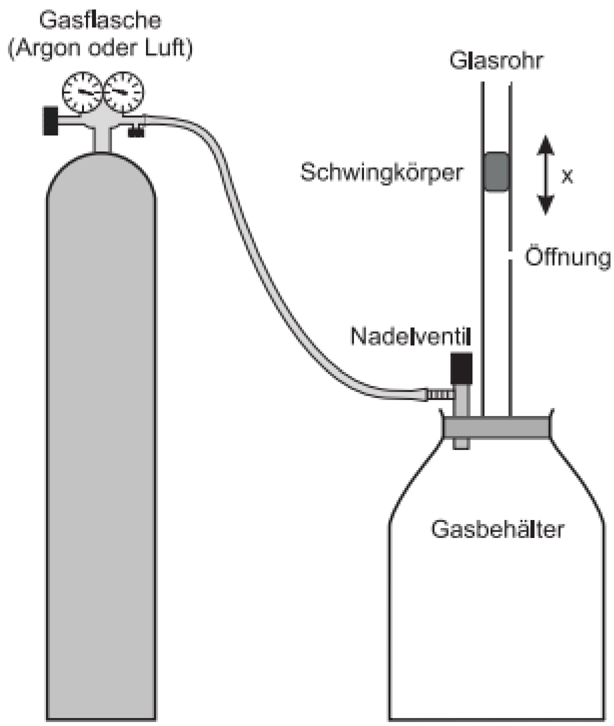


Abbildung 2: Aufbau Rüchardt-Methode (Quelle: Praktikumsskript V221 S3)

Dabei gilt $dV = Ax = \pi r^2 x$, mit dem Radius des Glasrohrs r. Damit ergibt sich:

$$\ddot{x} + \frac{\pi^2 r^4 \kappa p}{mV} x = 0 \tag{24}$$

was der charakteristischen Bewegungsgleichung eines harmonischen Oszillators mit Periodendauer

$$T = \sqrt{\frac{4mV}{r^4 \kappa p}} \tag{25}$$

entspricht. Umgestellt nach κ folgt:

$$\kappa = \frac{4mV}{r^4 T^2 p} \tag{26}$$

Durch eine Messung der Periodendauer des Schwingers kann somit mit dieser zweiten Methode der Adiabatenkoeffizient bestimmt werden.

2 Messprotokoll

2.1 Materialienliste

Bei Clement und Desormes Methode:

- Gasbehälter mit Luft
- Manometer (zum Ablesen des Druckes)
- Luftbalg (zum Erzeugen von Druck im Gasbehälter)

Bei Rüchardt-Methode:

- Gasbehälter mit Rohransatz und Nadelventil
- Glasrohr mit zylindrischem Schwingkörper und einer Öffnung in der Mitte
- Gasflaschen von Luft bzw. Argon
- Stoppuhr

2.2 Durchführung

Im Versuch werden die Adiabatenkoeffizienten von Luft und Argon bestimmt. Im ersten Schritt verwenden wir für Luft den Clement-Desormes Aufbau Abbildung 1. Eine Messung besteht aus der Messung der Höhe des Wasserspiegels auf dem linken Rohr und dem rechten Rohr, einmal nachdem wir einige Male den Gasbalg betätigt haben - und somit den Druck erhöht haben und ein anderes Mal, nachdem wir den Stöpsel für 2 Sekunden geöffnet haben und sich der Spiegel stabilisiert hat. Insgesamt führen wir 5 Messungen dieser Art durch, wodurch wir insgesamt fünf Wertepaare für Höhendifferenzen h_1 und h_3 erhalten.

Im zweiten Schritt nutzen wir den Rüchardt-Aufbau Abbildung 2. Der Versuch wird einmal für Luft und einmal für Argon durchgeführt. Der Aufbau wird so eingestellt, sodass der Körper anfängt zu schwingen. Dafür stellt man mit der Gasflasche einen Druck von etwa 0,4 bar ein und regelt das Nadelventil so, sodass die Schwingung um die Öffnung des Rohrs verläuft. Nun wird die Zeit gemessen, welche der Schwingkörper für insgesamt 50 Schwingungen benötigt.

Messprotokoll V221: Bestimmung des Adiabatenkoeffizienten κ

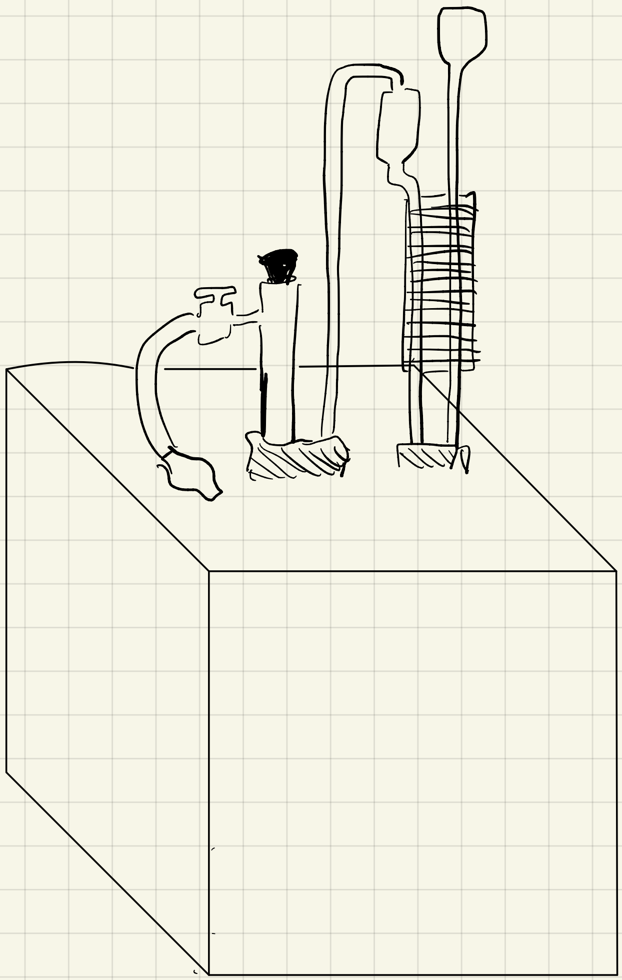
Juan Bueno Fontanilla
Yago Obispo Gerster

Betreuer:
Jonah Lux

Montag 31.10.2023
14 - 17

Methode nach Clément u. Desormes

Skizze 1: Clément u. Desormes Aufbau



Alle Messungen sind Höhen in cm

Tabelle 1: Höhenmessungen (Zustand 1 u. 3)

	M1	M2	M3	M4	M5	
links 1	47,5	49,8	46,4	40,7	44,9	1
rechts 1	56,4	54,1	57,4	63,0	58,9	
links 3	50,9	51,5	51,0	49,5	50,5	3
rechts 3	53,1	52,5	53,0	54,3	53,5	

Tabelle 2: Höhendifferenzen Δh [cm]

	M1	M2	M3	M4	M5
Zustand 1	8,90	4,30	11,00	22,30	14,00
Zustand 3	2,20	1,00	2,00	4,80	3,00
$\sigma(\Delta h)$	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14

Fehler:

$\sigma h = 0{,}1\,cm$ (Ablesefehler)

↳ entspricht Skaleneinteilung

$$\sigma(\Delta h) = \sqrt{0{,}1^2 + 0{,}1^2}\ cm = 0{,}14\ cm$$

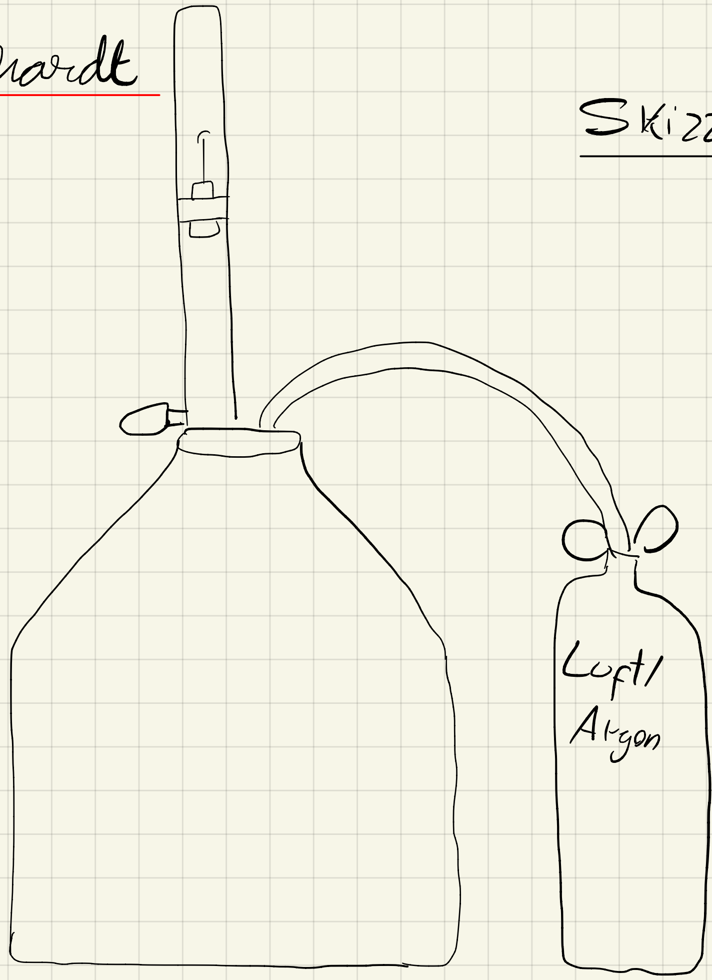
Größen:

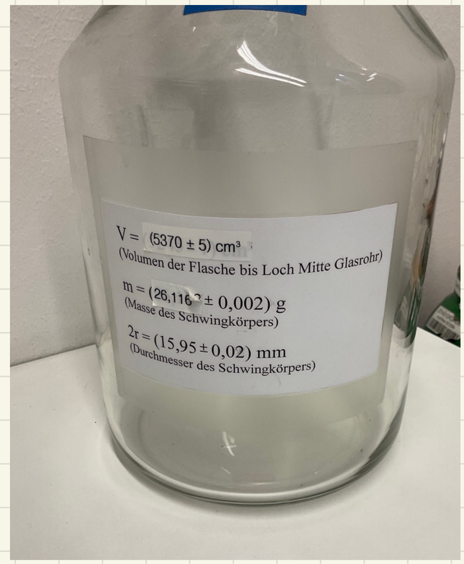
Raumtemperatur: $22{,}6 \pm 0{,}1\ C°$

↳ Veränderung wegen des Versuchs

Rüchhardt

Skizze 2: Rüchhardt





Die Fehler $\delta(m)$, $\delta(V)$ u. $\delta(2r)$ sind gegeben

Tabelle 3: Rüchhardt Methode

$\frac{1}{4}$ Skalenteilung

	$50 \cdot T$ [s]	T [s]	δT [s]	m [g]	P [bar]	V [cm³]	2r [mm]
Argon	46,24	0,925	0,006	26,116 ± 0,002	0,5 ± 0,05	5370 ± 5	15,95 ± 0,02
Druckluft	49,87	0,997	0,006	26,006 ± 0,002	0,6 ± 0,03	5460 ± 5	15,97 ± 0,02

$\frac{3}{10}$ Skalenteilung

$$\delta T = \frac{\text{Reaktionszeit}}{50} = \frac{0{,}3\,s}{50} = \underline{0{,}006\,s}$$

3 Auswertung

3.1 Fehlerabschätzung

Bevor ich mit der Auswertung der Versuchsergebnisse beginne, werde ich die eingeschätzten Fehler angeben und erläutern wie diese entstehen.
Bei der ersten Methode nach Clement und Desormes wurde für die Höhenmessung ein Fehler von $0,1cm$ angenommen, der der Skalenteilung entspricht (dabei haben wir ein ganzes Skalenstück genommen, anstatt wie üblich die Hälfte, da die Wasseroberfläche etwas gekrümmt war und somit keine eindeutige Höhe ablesbar war). Für Höhendifferenzen beträgt der Fehler entsprechend: $\triangle h_1 = \triangle h_3 = \sqrt{0,1^2 + 0,1^2} cm = 0,14cm$.
Die Zeit wurde mit einer Stoppuhr gemessen, für welche wir eine menschliche Reaktionszeit von $0,3s$ berücksichtigen. Der Auflösungsfehler der Stoppuhr ist gegen diesen Reaktionsfehler deutlich kleiner, weshalb dieser vernachlässigt wird. Beim zweiten Versuchsteil wurde die Periodendauer T über 50 Schwingungen bestimmt, weshalb hierfür ein Fehler von $\frac{0,3s}{50} = 0,006s$ berücksichtigt wird.
Die Temperatur wurde zu $(22,6 \pm 0,1)°C$ gemessen, wobei der Fehler insbesondere die Temperaturänderung während des Versuches berücksichtigen soll.
Das Volumen der Gase bei der Rüchardt-Methode hat einen Fehler von $5cm^3$, der Durchmesser einen Fehler von $0,02mm$, d.h. der Radius einen Fehler von $0,01mm$ und die Masse einen von $0,002g$.
Der Druck der beiden Gasflaschen war bei Argon $p = 0,50 \pm 0,05bar$ und für Druckluft $p = 0,60 \pm 0,03bar$. Der Fehler für Argon wurde als $\frac{1}{4}$ der Skalenteilung eingeschätzt, da dieser gut ablesbar war und für Luft $\frac{3}{10}$ der Skalenteilung.

3.2 Berechnung κ mit Clement-Desormes-Methode

Zuerst soll der Adiabatenkoeffizient κ mit der ersten Methode bestimmt werden. Dazu wurde in den Grundlagen Formel (20) hergeleitet, mit einem Fehler von

$$\kappa = \frac{h_1}{h_1 - h_3} \tag{27}$$

$$\triangle\kappa = \kappa\sqrt{\left(\frac{h_3 \triangle h_1}{h_1(h_1 - h_3)}\right)^2 + \left(\frac{\triangle h_3}{h_1 - h_3}\right)^2} \tag{28}$$

Die Höhendifferenzen h_1 und h_3 wurden bereits (5 Male) im Messprotokoll berechnet. Anschliessend wird für jede einzelne Messung der Adiabatenkoeffizient bestimmt und zuletzt wird der Mittelwert gebildet.
Für die einzelnen Adiabatenkoeffizienten erhalten wir die Ergebnisse in Tabelle 1.
Bildet man den Mittelwert hieraus und berücksichtigt neben dem systematischen Fehler, welcher hier, als die grösste Abweichung in Tabelle 1 angenommen wurde, auch den statistischen Fehler des Mittelwertes ($\sqrt{0,029^2 + 0,018^2}$) so

Tabelle 1: Adiabatenkoeffizienten

Messung	Adiabatenkoeffizient κ
1	1.328±0.029
2	1.30±0.06
3	1.222 ±0.019
4	1.274 ±0.010
5	1.273±0.017

erhält man:

$$\boxed{\kappa_{Luft-CD} = (1.28 \pm 0.03)} \tag{29}$$

3.3 Berechnung κ mit Rüchardt-Methode

Mithilfe der zweiten Methode (nach Rüchardt), soll der Adiabatenkoeffizient von Luft und Argon ermittelt werden.
Nach Formel (26) gilt:

$$\kappa = \frac{4mV}{r^4T^2p} \tag{30}$$

$$\triangle\kappa = \kappa\sqrt{(\frac{4\triangle r}{r})^2 + (\frac{2\triangle T}{T})^2 + (\frac{\triangle V}{V})^2 + (\frac{\triangle m}{m})^2 + (\frac{\triangle p}{p})^2} \tag{31}$$

Alle nötigen Messwerte wurden während des Versuches experimentell bestimmt und übersichtlich in Tabelle 3 des Messprotokolls eingetragen.
Der Druck p muss jedoch noch berechnet werden. Am Versuchstag gab es einen Luftdruck von $p_0 = (999 \pm 1)mbar$. Wenn wir die Querschnittsfläche des Schwingkörpers als kreisförmig annehmen, dann kann der Druck p mithilfe von

$$p = p_0 + \frac{mg}{\pi r^2} \tag{32}$$

$$\triangle p = \sqrt{\triangle p_0^2 + \left(\frac{\triangle mg}{\pi r^2}\right)^2 + \left(\frac{\triangle r 2mg}{\pi r^3}\right)^2} \tag{33}$$

berechnet werden, da der Schwingkörper sich im Gleichgewicht befindet, wenn die Summe von äusserem Luftdruck und dem Schweredruck dem Gesamtdruck in der Flasche entspricht.
Setzt man alle Messwerte in die Formel für den Adiabatenkoeffizienten, so erhält man:

$$\kappa_{Argon-R} = (1.602 \pm 0.018) \tag{34}$$

$$\kappa_{Druckluft-R} = (1.389 \pm 0.022) \tag{35}$$

4 Zusammenfassung und Diskussion

Zusammenfassend haben wir in diesem Versuch den Adiabatenkoeffizienten über zwei unterschiedliche Methoden bestimmt.

Bei der ersten Methode - der Clement und Desormes Methode - haben wir über eine Abfolge unterschiedlicher Zustandsänderungen eine Formel für den Adiabatenkoeffizienten hergeleitet. Die Messmethode bestand darin, mit einem Luftbalg einen Druck im Gasbehälter zu erzeugen und diesen anhand der Höhendifferenz von Wasser abzulesen. Der Adiabatenkoeffizient von Luft wurde damit zu $\kappa_{Luft-CD} = (1.28 \pm 0.03)$ bestimmt.
Bei der zweiten Methode- der nach Rüchhardt, wurde die Periodendauer eines Schwingkörpers in einem Rohr welches mit der jeweiligen Gasflasche verbunden war bestimmt. Diese Schwingung kam durch die adiabatische Kompression bzw. Expansion des Gases zustande. Um Reibungsverluste auszugleichen besass das Glasrohr eine kleine Öffnung durch welche Gas ein- und ausströmen konnte. Der Adiabatenkoeffizient von Argon wurde zu $\kappa_{Argon-R} = (1.602 \pm 0.018)$ und der von Luft zu $\kappa_{Druckluft-R} = (1.389 \pm 0.022)$ ermittelt.

4.1 Diskussion

Im Anschluss werde ich die bestimmten Werte der Adiabatenkoeffizienten mit den Literaturweiter und für Luft untereinander zwischen den beiden Methoden vergleichen. Ausserdem werde ich die berechneten Fehler bzw. Fehlerquellen kommentieren und einige Vorschläge präsentieren, wie diese durch Verbesserungen im AUfbau und Durchführung verbessert werden könnten.
Für die Sigma-Abweichungen werde ich die Formel

$$\frac{|Messwert1 - Messwert2|}{\sqrt{Fehler1^2 + Fehler2^2}} \tag{36}$$

verwenden.

Als erstes vergleiche ich die einzelnen Ergebnisse mit den Literaturwerten. Für den Literaturwert des Adiabatenkoeffizienten von Druckluft wird $\kappa_{Druckluft} = 1,400$ verwendet (Aviatik Wiki, Walter Bislins). Bei der ersten Methode kommt es zu einer absoluten Abweichung von $0,120$, was einer σ-Abweichung von 4σ entspricht. Dieser Wert liegt über der üblich tolerierbaren 3σ-Grenze, weshalb sich dieser Fehler nicht alleine durch statistische Abweichungen deuten lässt. Vermutlich wurde der Fehler der Höhendifferenz zu niedrig eingeschätzt.
Weiterhin sollte man beachten, dass wir zur Herleitung der entscheidenden Formel (20) einige theoretischen Annahmen und Näherungen gemacht haben, welche Ungenauigkeiten enthalten. So haben wir beispielsweise angenommen, dass die Zustandsänderungen scharf ineinander übergehen, was jedoch im Versuch nicht unbedingt gegeben war. Beispielsweise nehmen wir an, dass der Prozess beim Öffnen des Stöpsels adiabatisch verläuft, jedoch ging vermutlich durch das Öffnen des Stöpsels auch ein wenig Wärme verloren. Dieser unerwünschte Nebeneffekt könnte minimiert werden, indem der Stöpsel für kürzere Zeit geöffnet wird. Da wir jedoch gleichzeitig dadurch den Druckausgleich mit dem Luftdruck behindern könnten, müsste man die Grösse des Gefässes entsprechend ändern, sodass ein schneller Druckausgleich bei wenig Wärmeverlust möglich ist.

Als möglicher Vorschlag um die Messung der Höhendifferenz mit dem Manometer zu verbessern, sollte man den Luftbalg mehrmals betätigen, sodass der im Glasbehälter entstehende Druck grösser wird. Dadurch würde die Höhendifferenz der Flüssigkeit grösser werden, wodurch der Gesamtfehler bei der Höhendifferenz kleiner werden würde, da bei der Höhendifferenz ein absoluter Fehler betrachtet wurde.

Der Wert des Adiabatenkoeffizienten bei der Rüchardt-Methode besitzt für Luft eine absolute Abweichung von $0,011$, was einer Sigma-Abweichung von $0,5\sigma$ entspricht. Für Argon beträgt die absolute Abweichung $0,046$ was einer $2,6\sigma$-Abweichung entspricht (als Literaturwert wurde der vom Praktikumsskript verwendet: $1,648$).
Erstaunlicherweise sind die absoluten Abweichungen bei diesem Versuch ziemlich klein. Auch die Sigma-Abweichungen liegen unter der signifikanten Grenze. Um die Messgenauigkeit bei dieser Methode weiter zu verfeinern, müsste man die Messung anstatt nur einmal für 50 Schwingungen mehrmals wiederholen und das Ergebnis aus dem Mittelwert dieser Messung bilden.
Ausserdem fiel es uns während des Versuches ziemlich schwer, die Schwingung genau um die Öffnung einzustellen und obwohl wir nach mehrmaligem probieren eine ungefähre Schwingung um die Öffnung einstellen konnten, haben wir per Augenmass entschieden, dass der Schwingkörper um das Zentrum oszilliert. Eine feinere Bedienbarkeit der Gasflaschen würde dies erleichtern.
Dabei muss ebenfalls betont werden, dass die Rohröffnung, welche verwendet wurde um die durch Reibungseffekte entstehende Dämpfung auszugleichen, möglicherweise unsere Ergebnisse leicht verfälscht - da wir zwar qualitativ eine Erklärung dafür gegeben haben, warum diese Öffnung die Dämpfung minimiert, jedoch das Ganze nicht quantitativ genau geprüft haben. Daher dass die Wirkungsweise dieser Öffnung eine entscheidende Rolle in diesem Versuch spielt, sollten wir sie bei Bedarf an Verbesserung unserer Ergebnisse, weiter analysieren.

Des Weiteren werde ich die Abweichung des Adiabatenkoeffizienten von Luft zwischen den beiden Methoden untersuchen. Sie beträgt absolut $0,11$, was einer Sigma-Abweichung von $2,9\sigma$ entspricht.
Die Sigma-Abweichung sollte etwas kleiner sein, da wir wie bereits erwähnt wurde, bei der ersten Methode den Fehler wegen der Höhenmessung vergrössert annehmen sollten. Die beiden Adiabatenkoeffizienten weichen somit nicht stark voneinander ab, weshalb sich beide Methoden als nützlich erweisen.
Insbesondere die zweite Methode liefert dabei jedoch sehr nahe Werte an die Literaturwerte und das bei kleinem Fehler, weshalb ich diese Methode in diesem Fall geeigneter empfinde.

Insgesamt hat mir der Versuch viel Spass bereitet und obwohl sich die Durchführung des Versuches besonders bei der Rüchhardt Methode etwas grob anfühlte (vor allem wegen der Öffnung), war ich beim Schreiben dieses Protokolls selbst über die Genauigkeit dieser Methode überrascht.

5 Quellen

- PAP 2.1 Anleitung der Universität Heidelberg

- Walter Bislins: Adiabatenkoeffizient von Luft