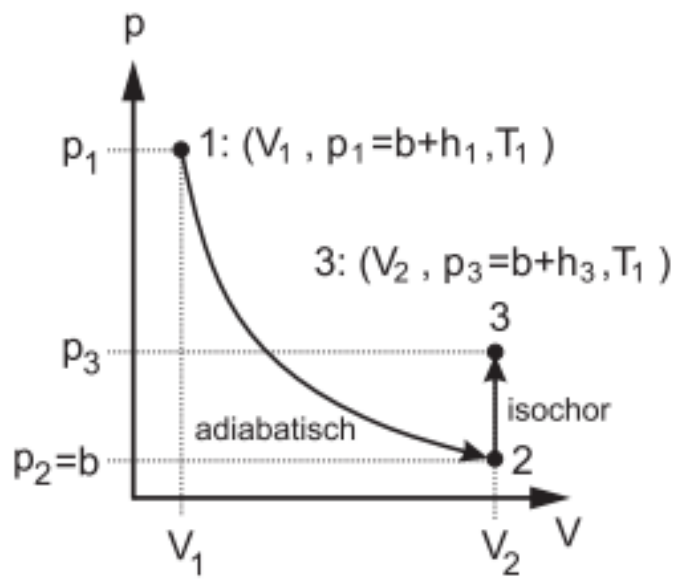


Versuch 221 - Adiabatenkoeffizient

PAP 2.1, [2] [1]

21.10.2024



[2]

Teilnehmender Student: **Jonathan Rodemers**

Gruppe des Teilnehmenden: 4

Kurs: Montags

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Messverfahren	1
1.3	Grundlagen aus der Physik	1
1.3.1	Clement-Desormes-Verfahren	1
1.3.2	Rüchardt-Verfahren	2
1.3.3	Theoretische Koeffizineten	2
2	Durchführung	3
2.1	Messprotokol	3
3	Auswertung	5
3.1	Adiabatenkoeffizient nach Clement und Desormes	5
3.2	Adiabatenkoeffizient nach Rüchardt	5
3.3	Theoretischer Adiabatenkoeffizient udn Vergleich	5
3.3.0.1	Druckluft	5
3.3.0.2	Argon	5
3.3.1	Vergleich	6
4	Zusammenfassung und Diskussion	7
5	Anhang	8
	Quellen- und Literaturverzeichnis	11

1. Einleitung

1.1 Motivation

Ziel dieses Experiments ist es, den Adiabatenkoeffizienten (κ) von Gasen wie Luft und Argon zu bestimmen. Der Adiabatenkoeffizient ist ein wichtiger Parameter in der Thermodynamik, der das Verhältnis zwischen den spezifischen Wärmekapazitäten bei konstantem Druck (c_p) und konstantem Volumen (c_v) wiedergibt. Er ist grundlegend für das Verständnis des Verhaltens von Gasen bei Prozessen, bei denen kein Wärmeaustausch stattfindet (adiabatische Prozesse). Mit diesem Experiment können wir mit zwei verschiedenen Methoden experimentell messen: der Clement-Desormes-Methode und der Rüchardt-Methode.

1.2 Messverfahren

Zur Bestimmung des Adiabatenkoeffizienten werden zwei Versuchsaufbauten verwendet:

1. Clement-Desormes-Methode: Bei dieser Methode wird ein mit einem Manometer und einem Blasebalg ausgestatteter Gasbehälter verwendet. Zunächst wird im Gasbehälter durch Pumpen am Balg ein Überdruck erzeugt. Dabei erhöht sich die Gastemperatur. Wir warten, bis das Gas auf Raumtemperatur abgekühlt ist. Anschließend wird der Gasauslass kurz geöffnet, so dass der Druck adiabatisch abfällt. Nach dem Schließen des Auslasses wird erneut gewartet, bis das Gas bei höherem Druck wieder Raumtemperatur erreicht hat. Aus den Höhenunterschieden der Manometermessungen (h_1 und h_3) wird der Adiabatenkoeffizient errechnet.
2. Rüchardt-Methode: Bei dieser Methode ist ein Gasbehälter mit einem Glasrohr verbunden, in dem sich ein zylindrischer Kolben befindet. Der Kolben schwingt in dem Rohr und komprimiert und expandiert das Gas adiabatisch. Durch Messung der Schwingungsdauer (T) des Kolbens kann der Adiabatenkoeffizient bestimmt werden.

1.3 Grundlagen aus der Physik

Das Experiment beruht auf den Grundsätzen der Thermodynamik, insbesondere auf dem Verhalten von Gasen bei adiabatischen Prozessen. Ein adiabatischer Prozess liegt vor, wenn ein System keine Wärme mit seiner Umgebung austauscht und die Zustandsänderungen nur interne Energie und Arbeit beinhalten. Die Beziehung zwischen Druck, Volumen und Adiabatenkoeffizient bei solchen Prozessen wird durch die Poisson-Gleichung bestimmt:

$$pV^{\kappa} = \text{Konstant} \quad (1.1)$$

Diese Gleichung gilt sowohl für die Clement-Desormes- als auch für die Rüchardt-Methode und gewährleistet, dass die Prozesse wirklich adiabatisch sind.

1.3.1 Clement-Desormes-Verfahren

Bei der Clement-Desormes-Methode sind die adiabatische Ausdehnung und die anschließende isochore (volumenkonstante) Erwärmung des Gases Schlüsselbegriffe. Die Druckänderung ermöglicht die Berechnung von κ aus den gemessenen Druckunterschieden.

$$\kappa = \frac{h_1}{h_1 - h_3} \quad (1.2)$$

1.3.2 Rüchardt-Verfahren

Bei der Rüchardt-Methode wird die Bewegung des schwingenden Kolbens durch die Gleichung eines harmonischen Oszillators beschrieben, wobei die Kreisfrequenz ω von k abhängt:

$$\omega = \sqrt{\frac{\pi^2 r^4 k p}{m V}} \quad (1.3)$$

Durch Umformung mit der Periodendauer erhalten wir folgende Formel für den Adiabatenkoeffizienten:

$$k = \frac{4mV}{r^4 T^2 p} \quad (1.4)$$

1.3.3 Theoretische Koeffizienten

Eine Beziehung zwischen κ , c_v , c_p ist gegeben durch:

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v} \quad (1.5)$$

Nach dem Gleichverteilungssatz gilt weiterhin:

$$c_v = \frac{f}{2} R \quad (1.6)$$

Nun kann man c_p auch darstellen als:

$$c_p = c_v + R \quad (1.7)$$

Damit folgt:

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v} = \frac{c_v + R}{c_v} = 1 + \frac{2}{f} \quad (1.8)$$

2. Durchführung

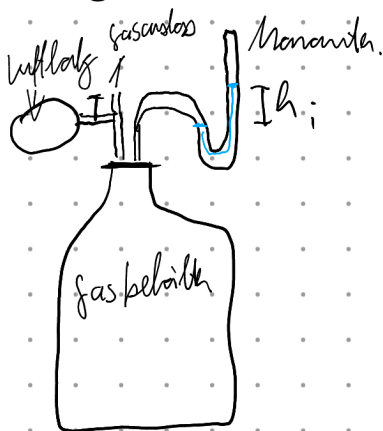
2.1 Messprotokoll

Versuchsprotokoll: Versuch 221
 21.10.24 | Adiabatenkoeffizient.
 gewichtl. Bodomet
 Manuel Sorgenfrei

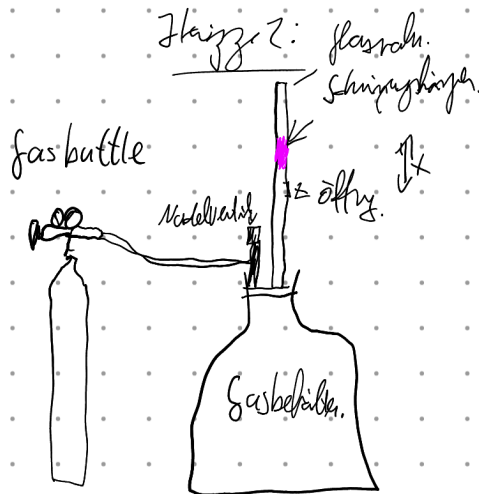
Geräte des Versuchs

- Gasbehälter mit Manometeransatz und Luftbalg
- Gasbehälter mit Rohransatz und Nadelventil.
- Glasrohr mit zylindrischem Schwinghänger.
- Gasflaschen für Argon und Luft.
- Stempel.

Zeichn. 1:



Zeichn. 2:



Druckluft

$$V = 15460 \pm 5 \text{ cm}^3$$

$$m = (26,006 \pm 0,002) \text{ g}$$

$$2r = (15,97 \pm 0,05) \text{ mm}$$

Argon

$$V = 9370 \pm 5 \text{ cm}^3$$

$$m = (26,116 \pm 0,002) \text{ g}$$

$$2r = (17,97 \pm 0,02) \text{ mm}$$

Aufgabe 2:

Nr.	h_1 [cm]	h_3 [cm]
1	$8,9 \pm 0,1$	$2,2 \pm 0,1$
2	$9,5 \pm 0,1$	$2,5 \pm 0,1$
3	$9,3 \pm 0,1$	$2,3 \pm 0,1$
4	$9,4 \pm 0,1$	$2,5 \pm 0,1$
5	$9,2 \pm 0,1$	$2,3 \pm 0,1$

Aufgabe 3

$$p_0 = 1012,5 \pm 0,5 \text{ hPa}$$

Argon:

$$T_{51} = 46,51 \pm 0,2 \text{ sec}$$

$$p = 1011,8 \pm 0,1$$

Fluorwasser

$$T_{50} = 50,35 \pm 0,2 \text{ sec}$$

P. Wein

3. Auswertung

3.1 Adiabatenkoeffizient nach Clement und Desormes

Mithilfe der Formel 1.2 errechnen wir den Adiabatenkoeffizienten und nutzen dabei die Fehlerformel:

$$\Delta\kappa = \sqrt{\left(\left(\frac{-h_1}{(h_1 - h_3)^2} + \frac{1}{h_1 - h_3}\right)\Delta h_1\right)^2 + \left(\frac{h_1}{(h_1 - h_3)^2}\Delta h_3\right)^2} \quad (3.1)$$

Da wir 5 Messungen durchgeführt haben, berechnen wir den Mittelwert und den Standardfehler des Mittelwerts. Damit kommen wir auf folgenden Wert:

$$\kappa_{Luft} = (1,358 \pm 0,021)$$

Dabei wurde der Python Code im Anhang benutzt.

3.2 Adiabatenkoeffizient nach Rüchardt

Um den Adiabatenkoeffizienten nach Rüchardt zu errechnen benutzen wir Formel 1.4 und mittels der Gausschenfehlerfortpflanzung ermittelten Fehlerformel:

$$\Delta\kappa = \sqrt{\left(\frac{4V}{T^2 p r^4}\Delta m\right)^2 + \left(\frac{4m}{T^2 p r^4}\Delta V\right)^2 + \left(\frac{-16Vm}{T^2 p r^5}\Delta r\right)^2 + \left(\frac{-8Vm}{T^3 p r^4}\Delta T\right)^2 + \left(\frac{-4Vm}{T^2 p^2 r^4}\Delta p\right)^2} \quad (3.2)$$

Wir erhalten somit für die Druckluft:

$$(1,37 \pm 0,11)$$

und für Argon:

$$(1,65 \pm 0,13)$$

3.3 Theoretischer Adiabatenkoeffizient und Vergleich

Nach der Gleichung 1.8 können wir folgern, dass für Argon und Druckluft folgende Adiabatenkoeffizienten sich ergeben sollten.

3.3.0.1 Druckluft

Da Druckluft hauptsächlich aus zweiatomigen Molekülen besteht ist hier $f = 5$. Es folgt:

$$\kappa_{Luft} = \frac{7}{5}$$

3.3.0.2 Argon

Argon liegt hier immer als Einatomiges Molekül vor und besitzt dadurch nur die translationsfreiheitsgrade, also $f=3$.

$$\kappa_{Argon} = \frac{5}{3}$$

3.3.1 Vergleich

Ein Vergleich der Abweichungen der gemessenen Werte und der theoretisch Bestimmten ergibt folgende Tabelle:

Adiabatenkoeffizient	gemessen	Theorie	Abweichung
$\kappa_{Luft-Clement}$	$1,358 \pm 0,021$	$7/5$	$1,96\sigma$
$\kappa_{Luft-Rüchardt}$	$1,37 \pm 0,11$	$7/5$	$0,28\sigma$
$\kappa_{Argon-Rüchardt}$	$1,65 \pm 0,13$	$5/3$	$0,15\sigma$

Tabelle 3.1: Vergleich Adiabatenkoeffizienten

4. Zusammenfassung und Diskussion

Ziel des Experiments war es, den Adiabatenkoeffizienten ($\kappa = c_p/c_V$) für Luft und Argon mit zwei verschiedenen Methoden zu bestimmen: der Clement-Desormes-Methode und der Rüchardt-Methode. Ziel war es, die experimentell gemessenen Werte mit theoretischen Vorhersagen zu vergleichen.

Mit der Clement-Desormes-Methode wurde der adiabatenkoeffizient für Luft ermittelt mit:

$$\kappa_{\text{Luft}} = (1.358 \pm 0.021).$$

Bei der Rüchardt-Methode wurden die Werte für Luft und Argon wie folgt berechnet:

$$\kappa_{\text{Luft}} = (1.37 \pm 0.11) \quad \text{und} \quad \kappa_{\text{Argon}} = (1.65 \pm 0.13)$$

Nach theoretischen Werten müsste Luft als zweiatomiges Gas ($f=5$) einen Adiabatenkoeffizienten von $\kappa = 7/5 = 1,4$ haben. Für Argon, ein einatomiges Edelgas ($f=3$), beträgt der theoretische Wert $\kappa = 5/3 \approx 1,67$. Der mit der Clement-Desormes-Methode gemessene Wert für Luft zeigt im Vergleich zu den anderen eine beachtliche Abweichung von $1,96\sigma$ vom theoretischen Wert, was auf eine Diskrepanz hindeutet. Die Luftvermessung nach der Rüchardt-Methode liegt jedoch mit einer geringen Abweichung von $0,28\sigma$, die innerhalb der experimentellen Fehlermarge liegt, viel näher am erwarteten Ergebnis. Auch der gemessene Wert für Argon stimmt gut mit der theoretischen Vorhersage überein und weicht nur um $0,15\sigma$ ab.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Rüchardt-Methode genauere Messungen liefert als die Clement-Desormes-Methode, insbesondere für Luft. Die geringere Abweichung bei der Rüchardt-Methode deutet darauf hin, dass sie empfindlicher auf den adiabatischen Prozess reagiert, was zu genaueren Werten für κ führt. Im Gegensatz dazu könnte der größere Fehler bei der Clement-Desormes-Methode auf Ungenauigkeiten beim Ablesen des Manometers oder eine unvollkommene adiabatische Ausdehnung während des schnellen Druckabbaus zurückzuführen sein.

Mögliche Gründe für die Diskrepanzen könnten also die Ableseungenauigkeiten des Manometers bei der Clement-Desormes-Methode sein oder ein minimaler Wärmeaustausch mit der Umgebung während des Druckausgleichs. Um das Experiment zu verbessern, könnte eine noch bessere Isolierung des Gasbehälter den Wärmeaustausch mit der Umgebung weiter verringern, sowie für eine konstatere Zimmertemperatur sorgen. Darüber hinaus würde die Automatisierung der Zeitmessungen bei der Rüchardt-Methode die Präzision erhöhen, da menschliche Fehler bei der Zeitmessung ausgeschlossen werden könnten.

Insgesamt lieferte das Experiment zwar gute Ergebnisse, vor allem bei der Rüchardt-Methode, aber insbesondere bei der Clement-Desormes-Methode gibt es noch Verbesserungspotenzial.

5. Anhang

221

October 22, 2024

```
[31]: import numpy as np

data_h1 = [8.9,9.3,9.5,9.4,9.2]
data_h3 = [2.2,2.3,2.9,2.5,2.3]
data_error_1 = [0.14,0.14,0.14,0.14,0.14]
data_error_2 = [0.14,0.14,0.14,0.14,0.14]
errors = []
data_output = []

def error_formula(data_1,data_2,data_3,data_4): # data1 = h1 data2= h3 data3 = u
    err1 data4 = err2
    err = np.sqrt(((data_1/(data_1 - data_2)**2 + 1/(data_1 -
    data_2))*data_3)**2 + ((data_1/(data_1 - data_2)**2)*data_4)**2)
    return err

for i in range(len(data_h1)):
    err = error_formula(data_h1[i],data_h3[i],data_error_1[i],data_error_2[i])
    errors.append(err)

def adiabat(erstes,zweites):
    f = (erstes)/(erstes-zweites)
    return f

def minus(data1,data2):
    c = data1-data2
    return c

for i in range(len(data_h1)):
    g = adiabat(data_h1[i],data_h3[i])
    data_output.append(g)

#print(data_output)
#print(errors)
u = 0
for i in range(len(data_output)):
```

1

```

    u += data_output[i]

f = (u)/(len(data_output))
print(f)

q = np.std(data_output, ddof=1) / np.sqrt(np.size(data_output))
print(q)

```

1.358395150166727
0.021208448874044352

```

[32]: import numpy as np

# DruckLuft
m = 26.006*10**(-3)
V = 5460
r = 1.595/2
p = 1011.8
T = 50.35/50
k_1 = (4*m*V)/(r**4 * T**2 * p )
Deltam = 0.002
DeltaV = 5
Deltar = 0.005
DeltaT = 0.2/50
Deltap = 0.5

#error Druckluft
delta_k_1 = np.sqrt(((4*V/(T**2*p*r**4))*Deltam)**2 + ((4*m/
→ (T**2*p*r**4))*DeltaV)**2 + ((-16*V*m/(T**2*p*r**5))*Deltar)**2 + ((-8*V*m/
→ (T**3*p*r**4))*DeltaT)**2 + ((-4*V*m/(T**2*p**2*r**4))*Deltap)**2)

print(k)
print(delta_k_1)

# Argoon

V2 = 5370
m2 = 26.116*10**(-3)
r2 = 1.595/2
T2 = 46.51/51

Deltam2 = 0.002
DeltaV2 = 5
Deltar2 = 0.002
DeltaT2 = 0.2/51

```

```

Deltap2 = 0.5

k_2 = (4*m2*V2)/(r2**4 * T2**2 *p )
delta_k_2 = np.sqrt(((4*V2/(T2**2*p*r2**4))*Deltam2)**2 + ((4*m2/
    ↳(T2**2*p*r2**4))*DeltaV2)**2 + ((-16*V2*m2/(T2**2*p*r2**5))*Deltar2)**2 +
    ↳((-8*V2*m2/(T2**3*p*r2**4))*DeltaT2)**2 + ((-4*V2*m2/
    ↳(T2**2*p**2*r2**4))*Deltap2)**2)
print(k_2)
print(delta_k_2)

```

```

1.3685157788536768
0.11124232412131178
1.6480529772767751
0.12808686418070997

```

```

[34]: def abweichung(wert1,wert2,error1,error2):
      g = (abs(wert1-wert2))/(np.sqrt(error1**2 + error2**2))
      return g
      print(abweichung(f,7/5,q,0))
      print(abweichung(k_1,7/5,delta_k_1,0))
      print(abweichung(k_2,5/3,delta_k_2,0))

```

```

1.9617111124138042
0.2830237627181268
0.14532082980523814

```

Quellen- und Literaturverzeichnis

- [1] CAPTAIN JONI: *pap1-tex-vorlage*. <https://github.com/captain-joni/pap1-tex-vorlage>. – [Online; Stand 28.08.2024]
- [2] DR. J. WAGNER: *Physikalisches Praktikum 1 für Studierende der Physik B.Sc.* <https://www.physi.uni-heidelberg.de/Einrichtungen/AP/info/Corona/PAP1.pdf>. – [Online; Stand 01/2014]