

VERSUCHSBERICHT ZU

W2 - ADIABATENEXPONENT c_p/c_v VON
GASEN

Gruppe 14Mo

Alexander Neuwirth (E-Mail: a_neuw01@wwu.de)
Leonhard Segger (E-Mail: l_segg03@uni-muenster.de)

durchgeführt am 28.05.2018
betreut von
Pascal Grenz

3. Juni 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	3
2	Methoden	3
2.1	Rüchardt-Flammersfeld	3
2.2	Clément-Desormes	3
3	Ergebnisse und Diskussion	4
3.1	Beobachtungen und Datenanalyse	4
3.1.1	Unsicherheiten	4
3.1.2	Bestimmung von κ nach Rüchardt-Flammersfeld	4
3.1.3	Bestimmung von κ nach Clément-Desormes	6
3.2	Diskussion	6
4	Schlussfolgerung	6

1 Kurzfassung

2 Methoden

Es wurden zwei verschiedene Experimente zur Bestimmung des Adiabatenexponenten durchgeführt:

2.1 Rüchardt-Flammersfeld

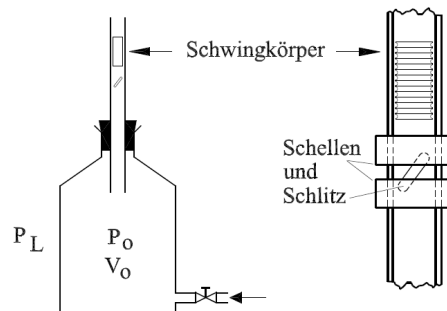


Abbildung 1: Experiment nach Rüchardt und Flammersfeld.

Das Experiment wurde wie in Abb. 1 aufgebaut. Ein Gasstrom strömte in eine Flasche, auf die ein Glasrohr aufgesetzt war. Dieses Glasrohr war mit einem Schlitz versehen, dessen wirksame Lochgröße durch zwei verschiebbare Schellen begrenzt wurde. Nun wurde ein Schwingkörper in das Glasrohr gebracht und der Gasstrom so eingestellt, dass der Schwingkörper eine symmetrische Schwingung um das Loch ausführt. Für die Gase Luft, Argon und Kohlenstoffdioxid wurde die Zeit für je 100 Schwingungen und sechs verschiedene Abstände der Schellen gemessen.

2.2 Clément-Desormes

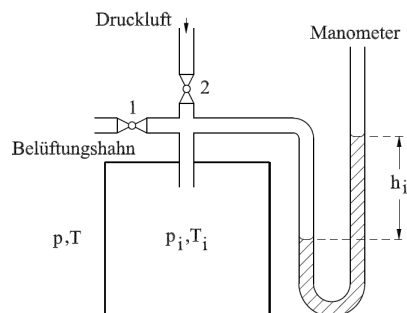


Abbildung 2: Experiment nach Clément und Desormes.

Das Experiment wurde gemäß Abb. 2 aufgebaut, wobei das Gasgefäß durch eine Plastiktonne realisiert wurde. Das Manometer war mit einer gefärbten Flüssigkeit gefüllt und die Druckluft durch einen Handblasebalg zugeführt. Belüftungshahn 1 wurde geschlossen und Druckluft durch den geöffneten Hahn 2 zugeführt. Dann wurde dieser auch geschlossen und gewartet, bis sich der Stand des Manometers nicht mehr änderte. Sobald dies der Fall war, wurde dieser gemessen und dann der Belüftungshahn so kurz geöffnet, dass der Druckausgleich mit der Umgebung gerade möglich war. Erneut wurde gewartet, bis sich das Manometer nicht mehr änderte und dann dieses abgelesen. Dies wurde fünf mal durchgeführt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Beobachtungen und Datenanalyse

3.1.1 Unsicherheiten

Die Unsicherheiten wurden gemäß GUM ermittelt. Außerdem wurde für Unsicherheitsrechnungen die Python Bibliothek „uncertainties“ verwendet.

Waage: Die Waage zeigt das Gewicht mit einer Nachkommastelle an, woraus eine Unsicherheit von 0,03 g folgt (rechteckige WDF).

Stoppuhr: Die Zeit wurde in Sekunden mit zwei Nachkommastellen gemessen. Folglich ist die Unsicherheit 0,003 s (rechteckige WDF), jedoch hat die Reaktionszeit einen größeren Einfluss, weshalb eine Unsicherheit von 0,1 s angenommen wird.

Messschieber: Die Unsicherheit des Messschiebers wurde auf 0,06 mm abgeschätzt (dreieckige WDF).

Maßstäbe: Ebenfalls eine analoge Messung, wobei die Unsicherheit 0,04 cm beträgt.

Schwingungszählung: Beim Zählen der 100 Schwingungen wird von maximal einer Schwingung zu viel bzw. zu wenig ausgegangen, sodass die Unsicherheit 0,6 beträgt (rechteckige WDF).

Luftdruck: Der Umgebungsdruck wurde mit einer Unsicherheit von 0,4 kPa ermittelt.

Glasflasche: Auf der Glasflasche war keine Unsicherheit angegeben. Außerdem war unklar, ob das Volumen des Stöpfels mit in die Angabe von 5450 cm³ eingeht oder nicht. Deshalb wurde die Unsicherheit des Volumens mit 30 cm³ abgeschätzt.

3.1.2 Bestimmung von κ nach Rüchardt-Flammersfeld

Es wurden wie in Abschnitt 2 beschrieben die Zeit für 100 Schwingungen bei unterschiedlichen Abständen der Schellen gemessen. In Abb. 3 sind die Schwingdauern von Luft, Argon und Kohlenstoffdioxid gegen den Abstand der Schellen gemessen. Es wurde

ein linearer York-Fit verwendet, da dieser auch die X-Fehler berücksichtigt. Aus den Y-Achsenabschnitten der Fit-Funktionen lassen sich die Schwingdauern für einen auf Null extrapolierten Wert des Schellenabstands bestimmen. Diese sind in Tabelle 1 aufgeführt.

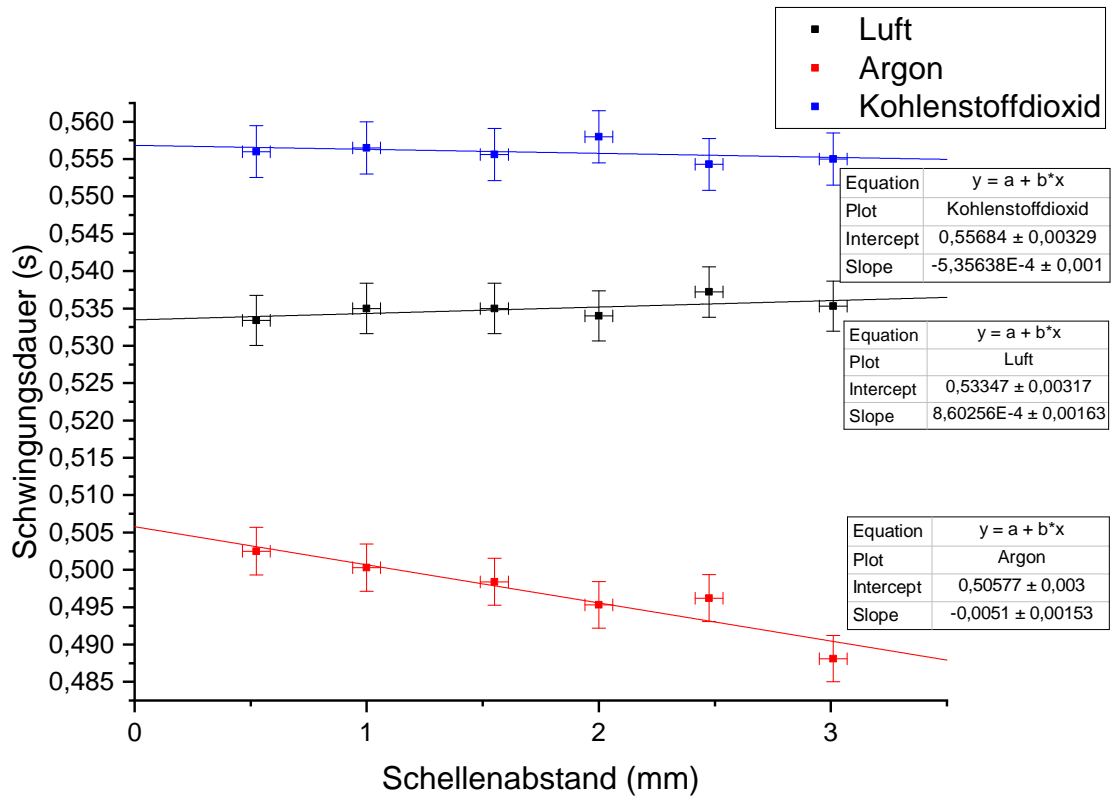


Abbildung 3: Gemessene Schwingdauern in Abhängigkeit von dem Abstand der Schellen.

In der Einführung wurde folgende Formel zur Bestimmung des Adiabatenexponenten hergeleitet:

$$\kappa = \frac{4\pi^2 m V_0}{p_0 A^2 T^2} \quad (1)$$

$$u(\kappa) = \kappa \sqrt{\left(\frac{u(m)}{m}\right)^2 + \left(\frac{u(V_0)}{V_0}\right)^2 + \left(\frac{u(p_0)}{p_0}\right)^2 + \left(\frac{2u(T)}{T}\right)^2 + \left(\frac{2u(A)}{A}\right)^2} \quad (2)$$

Das Volumen V_0 setzt sich zusammen aus dem der Glasflasche $V_F = (5450 \pm 30) \text{ cm}^3$ und dem Glasrohr mit einem Radius $r = (0,798 \pm 0,003) \text{ cm}$ und einer Höhe zum Spalt $h = (10,05 \pm 0,06) \text{ cm}$.

$$V_0 = V_F + r^2 \pi h \quad (3)$$

Somit betragen:

- Volumen $V_0 = (5470 \pm 30) \text{ cm}^3$.
- Fläche $A = r^2 \pi = (1,998 \pm 0,015) \text{ cm}^2$

- Masse $m = (7,20 \pm 0,03) \text{ g}$ (Messung)
- Umgebungsdruck $p_L = (101,2 \pm 0,4) \text{ kPa}$ (Messung)
- Innendruck $p_0 = p_L + \frac{m \cdot g}{A} = (101,5 \pm 0,4) \text{ kPa}$

In Tabelle 1 sind die berechneten Adiabatenkoeffizienten zu den jeweiligen Schwingdauern aufgelistet.

Tabelle 1: Extrapolierte Schwingdauern sowie resultierende Adiabatenkoeffizienten.

	Luft	Argon	Kohlenstoffdioxid
Schwingungsdauer T in s	$0,533 \pm 0,003$	$0,506 \pm 0,003$	$0,557 \pm 0,003$
Adiabatenkoeffizient κ	$1,351 \pm 0,028$	$1,499 \pm 0,031$	$1,237 \pm 0,025$

3.1.3 Bestimmung von κ nach Clément-Desormes

In der Einführung wurde folgende Formel zur Bestimmung des Adiabatenexponenten hergeleitet:

$$\kappa = \frac{h_1}{h_1 - h_3} \quad (4)$$

$$u(\kappa) = \kappa^2 \cdot \sqrt{\left(\frac{h_3}{h_1}\right)^2 + 1} \cdot \frac{u(h)}{h_1} \quad (5)$$

Dabei ist h_1 die Höhe der Flüssigkeitssäule im Manometer nach der Erhöhung des Drucks im Gefäß und dessen folgender Temperatúrausgleich mit der Umgebung. h_3 ist die Höhe, die sich ergibt, wenn man den Druck im Gefäß an den der Umgebung anpasst und sich, unter Druckänderung, ein (adiabatischer) Temperaturgleichgewicht einstellt.

In Tabelle 2 sind die Messwerte sowie folgende Adiabatenkoeffizienten aufgeführt. Es folgt ein Mittelwert für κ_{Luft} von $1,355 \pm 0,004$.

Tabelle 2: Gemessene Höhe der Flüssigkeitssäule im Manometer und nach Gleichung (4) berechnete Adiabatenexponenten κ_{Luft} von Luft.

h_1 in cm	h_3 in cm	κ_{Luft}
$16,64 \pm 0,06$	$4,35 \pm 0,06$	$1,354 \pm 0,007$
$20,63 \pm 0,06$	$5,52 \pm 0,06$	$1,365 \pm 0,006$
$25,34 \pm 0,06$	$6,72 \pm 0,06$	$1,361 \pm 0,005$
$36,70 \pm 0,06$	$9,41 \pm 0,06$	$1,345 \pm 0,003$
$10,98 \pm 0,06$	$2,84 \pm 0,06$	$1,349 \pm 0,010$

3.2 Diskussion

4 Schlussfolgerung