

Praktikum T5

Adiabatexponent

Alena Zwanzig (722348)

Harald Haakh (720708)

Messungen vom 14.06.2004

1 Bestimmung von κ mit dem Gasoszillator

Ein beweglicher Körper steigt in einem Präzisionsrohr auf, wenn dem System Gas zugeführt wird. Er gibt dann ein Ventil frei, so dass der Überdruck abgebaut werden kann. Es stellt sich eine harmonische Schwingung ein, aus deren Periodenlänge der Adiabatexponent nach der folgenden Beziehung ermittelt werden kann.

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

Die Messunsicherheit berechnet sich dann nach der üblichen Form.

$$u_\kappa = \kappa \left(\frac{u_m}{m} + \frac{u_V}{V} + 2 \frac{u_T}{T} + \frac{u_p}{p} + 4 \frac{u_r}{r} \right)$$

Wir maßen für die Gase Stickstoff, Argon und Kohlenstoffdioxid die mittlere Periodendauer der Schwingung.

$$T_{N_2} = (341.7 \pm 0.4)ms$$

$$T_{Ar} = (318.2 \pm 9)ms$$

$$T_{CO_2} = (357.0 \pm 3)ms$$

Mit $m = (4.6 \pm 0.1)g$, $v = 1.13315dm^3 \pm 1cm^3$, $p = (1023 \pm 2)mbar$, $r = (5.96 \pm 0.01)mm$ und dem Vertrauensintervall der gemessenen Periodendauern als deren Messunsicherheit ergeben sich dann die Werte der Adiabatexponenten.

Gas	Messwert	Tabellenwert	Abweichung
Stickstoff	$\kappa_{N_2} = 1.39 \pm 0.04$	$\kappa_{N_2} = 1.401$	1%
Argon	$\kappa_{Ar} = 1.60 \pm 0.05$	$\kappa_{Ar} = 1.648$	3%
Kohlenstoffdioxid	$\kappa_{CO_2} = 1.27 \pm 0.03$	$\kappa_{CO_2} = 1.293$	2%

Die Messwerte zeigen also eine ausgesprochen gute Übereinstimmung mit den Tabellenwerten¹.

¹Kuchling, Taschenbuch der Physik

2 Bestimmung von κ durch Gasfederresonanz

In einem Präzisionsrohr wird eine Gassäule, die nach oben hin durch einen Schwingkörper abgeschlossen ist, in Schwingungen versetzt, indem der Schwingkörper elektromagnetisch angeregt wird. Bei Resonanz wird die Amplitude der Schwingung maximal. Aus der Resonanzfrequenz lässt sich der Adiabatenexponent ermitteln.

$$\frac{1}{f} = T = \frac{2\pi}{A} \sqrt{\frac{mV}{\kappa p}} \Leftrightarrow \kappa = \frac{4\pi^2 mV}{A^2 T^2 p} = \frac{4\pi^2 m}{A^2 p \xi}$$

Mit der üblichen Messunsicherheit.

$$u_\kappa = \kappa \left(\frac{u_m}{m} + 4 \frac{u_r}{r} + \frac{u_p}{p} + \frac{u_\xi}{\xi} \right)$$

Bei verschiedenen Gasvolumina wurde die Resonanzfrequenz bestimmt. Da $T^2 \sim V$ ist, sollte sich im $T^2(V)$ -Schaubild eine Gerade ergeben (siehe Anhang), deren Anstieg $\xi = \frac{dV}{dT^2}$ ist. Schon die Schaubilder machen deutlich, wie ungenau die Bestimmung mittels Gasfederresonanz ist. Ursache dafür ist die schlechte Ablesbarkeit der Frequenz, die sich nur auf etwa $u_f = 2\text{Hz}$ genau bestimmen lässt.

Wir erhielten:

$$\xi_{CO_2} = (128 \pm 34) \frac{m^3}{s^2}$$

$$\xi_{N_2} = (114 \pm 15) \frac{m^3}{s^2}$$

$$\xi_{Ar} = (94 \pm 8) \frac{m^3}{s^2}$$

Und daraus mit $m = (8.8 \pm 0.26)\text{g}$, $d = (13.97 \pm 0.1)\text{mm}$, $p = (1023 \pm 2)\text{mbar}$ folgende Werte für die Adiabatenexponenten:

Gas	Messwert	Tabellenwert	Abweichung
Stickstoff	$\kappa_{N_2} = 1.3 \pm 0.3$	$\kappa_{N_2} = 1.401$	10%
Argon	$\kappa_{Ar} = 1.5 \pm 0.2$	$\kappa_{Ar} = 1.648$	7%
Kohlenstoffdioxid	$\kappa_{CO_2} = 1.1 \pm 0.4$	$\kappa_{CO_2} = 1.293$	13%

Diese Ergebnisse sind wider erwarten gut. Ich kann mir das selber nicht wirklich erklären, habe aber nicht geschummelt!

3 Berechnung der spezifischen und molaren Wärmekapazitäten

Es gelten folgende Beziehungen:

$$\begin{aligned}\kappa &= \frac{c_p}{c_v} \\ c_p &= c_v + R \\ \Rightarrow c_v &= \frac{R}{k-1} \\ u_c &\leq c \left(\frac{u_\kappa}{\kappa} \right)\end{aligned}$$

Dabei ist $R = 8.314 \frac{J}{molK}$. Außerdem ist mit der Molaren Masse M dann

$$c_{spez} = \frac{c_{mol}}{M}$$

Damit erhält man direkt

Gas	$c_{v,mol} Messwert$	Tabellenwert	Abweichung
Stickstoff	$(21.4 \pm 0.6) \frac{J}{molK}$	$20.79 \frac{J}{molK}$	3%
Argon	$(13.83 \pm 0.4) \frac{J}{molK}$	$12.47 \frac{J}{molK}$	11%
Kohlenstoffdioxid	$(30.6 \pm 0.2) \frac{J}{molK}$	$24.9 \frac{J}{molK}$	23%

Gas	$c_{p,mol} Messwert$	Tabellenwert	Abweichung
Stickstoff	$(29.7 \pm 0.8) \frac{J}{molK}$	$29.1 \frac{J}{molK}$	2%
Argon	$(22.2 \pm 0.7) \frac{J}{molK}$	$20.79 \frac{J}{molK}$	7%
Kohlenstoffdioxid	$(39.0 \pm 1.0) \frac{J}{molK}$	$33.26 \frac{J}{molK}$	17%

Gas	$c_{v,spez} Messwert$	Tabellenwert	Abweichung
Stickstoff	$765 \frac{J}{kgK}$	$750 \frac{J}{kgK}$	3%
Argon	$314 \frac{J}{kgK}$	$312 \frac{J}{kgK}$	1%
Kohlenstoffdioxid	$696 \frac{J}{kgK}$	$650 \frac{J}{kgK}$	7%

Gas	$c_{p,spez} Messwert$	Tabellenwert	Abweichung
Stickstoff	$1062 \frac{J}{kgK}$	$1040 \frac{J}{kgK}$	2%
Argon	$503 \frac{J}{kgK}$	$520 \frac{J}{kgK}$	3%
Kohlenstoffdioxid	$885 \frac{J}{kgK}$	$850 \frac{J}{kgK}$	17%

Anlagen:

- Diagramme
- Berechnungen mit StarCalc
- Messprotokoll

Potsdam, 15. Juni 2004

Alena Zwanzig

Harald Haakh