

# Protokoll

## Isentropenindex

Physikalisches Grundpraktikum  
Free University Berlin

Christoph Haaf - christoph.haaf@fu-berlin.de  
Zacharias V. Fisches - zacharias.vf@gmail.com  
Tutor: Dr. Stefan Mebs

2.12.2014

### Inhaltsverzeichnis

1	Physikalischer Hintergrund	2
	Wärmekapazität . . . . .	2
	Poisson Gleichungen . . . . .	2
	Clemens-Desormes Methode . . . . .	3
2	Aufgaben	3
	Aufgabe 1 . . . . .	3
	Aufgabe 2 . . . . .	3
3	Geräteliste	4
4	Nennfehler und Literaturwerte	4
5	Messprotokoll	4
6	Auswertung	4
7	Fazit	4

# 1 Physikalischer Hintergrund

## Wärmekapazität

Die Wärmekapazität eines Körpers ist definiert als die Wärmemenge  $Q$ , die der Körper bei einer Temperaturänderung um  $\Delta T$  aufnimmt oder abgibt:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad (1)$$

Diese Formel ist allerdings nur eine Durchschnittsgröße und die Wärmekapazität kann von der Temperatur abhängen, sodass im einzelnen ein Limes benutzt werden muss:

$$C(T) = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{Q}{\Delta T}$$

Außerdem hängt die Energie  $Q$  im allgemeinen von Druck und Volumen ab, sodass man  $C_p$  und  $C_V$  als Wärmekapazität bei konstantem Druck bzw. konstantem Volumen definiert. Bezogen auf die Masse oder die Stoffmenge ergeben sich die *spezifische Wärmekapazität*:

$$c = \frac{C}{m}$$

und mit der Stoffmenge  $n$  die *molare Wärmekapazität*:

$$C_{mol} = \frac{C}{n}$$

Analog folgt  $c_p$  und  $c_V$  und wir definieren das Verhältnis als *Adiabatenexponent*:

$$\kappa = \frac{c_p}{c_V} \quad (2)$$

## Poisson Gleichungen

Der *erste Hauptsatz der Thermodynamik* besagt, dass die einem System zugeführte Wärme  $\delta Q$  und Arbeit (hier: Volumenarbeit  $dW = -p \cdot dV$ ) die Zunahme seiner inneren Energie  $dU$  ausmacht:

$$dU = \delta Q - p \cdot dV \quad (3)$$

Für einen adiabatischen Prozess ist  $\delta Q = 0$  und für ein ideales Gas gilt  $dU = C_V dT$  und die *thermische Zustandsgleichung idealer Gase*:

$$p \cdot V = n \cdot R_m \cdot T, \quad (4)$$

wobei  $n$  die Stoffmenge und  $R_m$  die molare Gaskonstante ist. Durch einsetzen erhält man:

$$\frac{1}{T} dT = -\frac{n R_m}{C_V} \frac{1}{V} dV$$

Aufintegration beider Seiten und einsetzen von  $nR_m = C_p - C_V$  liefert sofort:

$$\ln T + \frac{C_p - C_V}{C_V} \ln V = \text{const}$$

und nach Einsetzen von  $\kappa$ :

$$\ln(TV^{\kappa-1}) = \text{const}$$

$$\implies TV^{\kappa-1} = \text{const}$$

Nochmaliges verwenden von (3) liefert die *Poisson Gleichung*:

$$\frac{pV}{nR_m} V^{\kappa-1} = \text{const}$$

$$\implies pV^\kappa = \text{const} \quad (5)$$

### Clemens-Desormes Methode

Die Methode dient der experimentellen Bestimmung von  $\kappa$  eines Gases. Die Idee ist, durch geschicktes Messen des Drucks eines Gases, die schwierige Messung von kleinen Temperaturänderungen vermeiden zu können. *Adiabatisch* und *reversible* Zustandsänderungen, d.h. solche, die thermisch isoliert und ohne Erzeugung von Entropie ablaufen werden durch die *Poisson Gleichungen* beschrieben:

$$p \cdot V^\kappa = \text{const} \quad (6)$$

$$p^{1-\kappa} T^\kappa = \text{const} \quad (7)$$

Bei der Methode von Clemens-Desormes wird praktisch ein mit Gas bei einem Druck  $p_1 > p_A$  befüllter Behälter auf Zimmertemperatur ins thermische Gleichgewicht gebracht, wobei  $p_A$  der Umgebungsdruck ist. Danach wird der Druck durch Öffnen des Behälters schnell auf Außendruck  $p_A$  gebracht. Die Temperaturabsenkung wäre schwierig direkt zu messen, darum wird nun der Behälter verschlossen und das Gas bei gleichem Volumen (*isochor*) wieder ins thermische Gleichgewicht gebracht.

## 2 Aufgaben

### Aufgabe 1

Bestimmung des Verhältnisses der spezifischen Wärmen  $\frac{c_p}{c_V} = \kappa$  für Luft nach der Methode von *Clemens-Desormes*.

### Aufgabe 2

Bestimmung des Wertes  $\kappa$  für ein einatomiges (Argon), ein zweiatomiges ( $N_2$ ) und ein dreiatomiges Gas ( $CO_2$ ) durch Messung der Eigenfrequenzen eines Gasoszillators. Vergleich der Ergebnisse untereinander und mit den erwarteten Werten aus der kinetischen Gastheorie für ein ideales Gas.

3 Geräteliste

4 Nennfehler und Literaturwerte

5 Messprotokoll

Please see inserted page.

6 Auswertung

7 Fazit