

# Versuch 201 - Das Dulong-Petitsche Gesetz

TU Dortmund, Fakultät Physik  
Anfänger-Praktikum

Marc Posorske

marc.posorske@tu-dortmund.de

Fabian Lehmann

fabian.lehmann@tu-dortmund.de

29. November 2012

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Theorie</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Durchführung</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Auswertung</b>	<b>2</b>
3.1	Bestimmung der Wärmekapazität des Kalorimeters . . . . .	2
3.2	Bestimmung der Wärmekapazität von Graphit . . . . .	2
3.3	Bestimmung der Wärmekapazität von Kupfer . . . . .	3
3.4	Bestimmung der Wärmekapazität von Blei . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>5</b>
4.1	Bestimmung der Wärmekapazität des Kalorimeters . . . . .	5
4.2	Bestimmung der Wärmekapazität verschiedener Proben . . . . .	6

# 1 Theorie

## 2 Durchführung

## 3 Auswertung

### 3.1 Bestimmung der Wärmekapazität des Kalorimeters

	Gewicht [g]
Bleikörper	716,06
Graphitkörper	135,87
Kupferkörper	318,37
Dewar-Gefäß, $m_D$	360,00

Tabelle 3.1: Massen der Versuchsgegenstände

Messprobe	U [mV]	Temperatur [°C]
Wasser im Dewar-Gefäß bei Ausgangstemperatur, $T_x$	0,7	17,52
Mischwasser im Dewar-Gefäß bei Endtemperatur, $T_m$	1,9	47,11
erhitztes Wasser, $T_y$	3,3	80,95

Tabelle 3.2: Messwerte und Temperaturen des Versuchsablaufs (Kalorimeter)

Die gemessenen Spannungen lassen sich mit Gleichung ?? in Temperaturen umrechnen (Tab.3.2). Das Gewicht des hälftig aufgeteilten Wassers wurde auf  $m_x = 104,59\text{g}$  und  $m_y = 104,59\text{g}$  bestimmt. Daraus kann mit Gleichung ?? die Wärmekapazität des Kalorimeters errechnet werden (Gl. 1).

$$c_g m_g = 62,65 \frac{\text{J}}{\text{K}} \quad (1)$$

### 3.2 Bestimmung der Wärmekapazität von Graphit

Material	$\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$M$ [g/Mol]	$\alpha$ [10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\kappa$ [10 <sup>9</sup> N/m <sup>2</sup> ]
Graphit	2,25	12,0	$\approx 8$	33
Kupfer	8,96	63,5	16,8	136
Blei	11,35	207,2	29,0	42

Tabelle 3.3: Physikalische Eigenschaften der verwendeten Probematerialien [1]

Messprobe	U [mV]	Temperatur [°C]
Wasser im Dewar-Gefäß bei Ausgangstemperatur, $T_w$	0,5	12,53
Dewar-Gefäß-Inhalt bei Endtemperatur, $T_m$	0,9	22,49
erhitze Probe, $T_k$	2,8	68,95

**Tabelle 3.4:** Messwerte und Temperaturen des Versuchsablaufs (Graphit)

Die spezifische Wärmekapazität  $c_k$  der Graphitprobe lässt sich mit Gleichung ?? aus den Werten aus Tabelle 3.1 und Tabelle 3.4, sowie der Wassermenge im Dewargefäß von  $m_w = 599,00\text{g} - m_D = 239,00\text{g}$  bestimmen (Gl. 2). Mit Gleichung 3 lässt sich daraus mit Tabelle 3.3 die Atomwärme  $C_P$  errechnen (Gl. 4). Der Zusammenhang zwischen  $C_P$  und  $C_V$  (Gl. ??) führt zu Gleichung 5 (mit  $V_0 = M/\rho$ ) mit welcher sich  $C_V$  für Graphit berechnen lässt (Gl. 6).

$$c_k = 1,67 \frac{\text{J}}{\text{Kg}} \quad (2)$$

$$C_P = c_k * M \quad (3)$$

$$C_P = 20,09 \frac{\text{J}}{\text{KMol}} \quad (4)$$

$$C_V = C_P - 9\alpha^2 \kappa \frac{M}{\rho} T_m \quad (5)$$

$$C_V = 20,06 \frac{\text{J}}{\text{KMol}} \quad (6)$$

### 3.3 Bestimmung der Wärmekapazität von Kupfer

Messprobe	U [mV]	Temperatur [°C]
Wasser im Dewar-Gefäß bei Ausgangstemperatur, $T_w$	0,5	12,53
Dewar-Gefäß-Inhalt bei Endtemperatur, $T_m$	0,8	20,00
erhitze Probe, $T_k$	3,0	73,76

**Tabelle 3.5:** Messwerte und Temperaturen des Versuchsablaufs (Kupfer)

Die Wärmekapazitäten der Kupferprobe lassen sich mit Tabelle 3.5 und mit der Wassermenge im Dewargefäß von  $m_w = 571,99\text{g} - m_D = 211,99\text{g}$  analog zu 3.2 bestimmen.

$$c_k = 0,41 \frac{\text{J}}{\text{Kg}} \quad (7)$$

$$C_P = 26,31 \frac{\text{J}}{\text{KMol}} \quad (8)$$

$$C_V = 25,59 \frac{\text{J}}{\text{KMol}} \quad (9)$$

### 3.4 Bestimmung der Wärmekapazität von Blei

Messprobe	U [mV]	Temperatur [°C]
Wasser im Dewar-Gefäß bei Ausgangstemperatur, $T_w$	0,6	15,03
Dewar-Gefäß-Inhalt bei Endtemperatur, $T_m$	0,8	20,00
erhitze Probe, $T_k$	2,6	64,12

**Tabelle 3.6:** Messwerte und Temperaturen des Versuchsablaufs (Blei(1))

Messprobe	U [mV]	Temperatur [°C]
Wasser im Dewar-Gefäß bei Ausgangstemperatur, $T_w$	0,6	15,03
Dewar-Gefäß-Inhalt bei Endtemperatur, $T_m$	0,9	22,29
erhitze Probe, $T_k$	2,9	71,36

**Tabelle 3.7:** Messwerte und Temperaturen des Versuchsablaufs (Blei(2))

Messprobe	U [mV]	Temperatur [°C]
Wasser im Dewar-Gefäß bei Ausgangstemperatur, $T_w$	0,6	15,03
Dewar-Gefäß-Inhalt bei Endtemperatur, $T_m$	0,7	17,52
erhitze Probe, $T_k$	3,0	73,76

**Tabelle 3.8:** Messwerte und Temperaturen des Versuchsablaufs (Blei(3))

Die Wärmekapazitäten der Bleiprobe lassen sich aus den Tabellen 3.6, 3.7 und 3.8 und mit den Wassermengen im Dewargefäß von  $m_w = 581,92\text{g} - m_D = 221,92\text{g}$  analog zu 3.2

bestimmen.

Bleiprobe (1)

$$c_{k,1} = 0,16 \frac{\text{J}}{\text{Kg}} \quad (10)$$

$$C_{P,1} = 32,33 \frac{\text{J}}{\text{KMol}} \quad (11)$$

$$C_{V,1} = 30,63 \frac{\text{J}}{\text{KMol}} \quad (12)$$

Bleiprobe (2)

$$c_{k,2} = 0,21 \frac{\text{J}}{\text{Kg}} \quad (13)$$

$$C_{P,2} = 43,75 \frac{\text{J}}{\text{KMol}} \quad (14)$$

$$C_{V,2} = 42,04 \frac{\text{J}}{\text{KMol}} \quad (15)$$

Bleiprobe (3)

$$c_{k,3} = 0,06 \frac{\text{J}}{\text{Kg}} \quad (16)$$

$$C_{P,3} = 12,69 \frac{\text{J}}{\text{KMol}} \quad (17)$$

$$C_{V,3} = 11,00 \frac{\text{J}}{\text{KMol}} \quad (18)$$

## 4 Diskussion

### 4.1 Bestimmung der Wärmekapazität des Kalorimeters

Bei der Bestimmung der Wassermassen ist durch die möglichst zu erreichende Halbierung des Wassers vermutlich etwas ungenau gemessen worden, jedoch scheint das Ergebnis von  $c_g m_g = 62,65 \frac{\text{J}}{\text{K}}$  ein akzeptabler Wert zu sein.

Wie auch bei den folgenden Messungen kommt es zu weiteren Ungenauigkeiten durch die Annahme, dass keine Wärme an die Umgebung abgegeben wird. Da das in der Realität allerdings stattfindet, wird das Ergebnis verfälscht.

	Messung 1	Messung 2	Messung 3	Mittelwert
$c_k[\text{J}/(\text{Kg})]$	0,16	0,21	0,06	$0,14 \pm 0,04$
$C_P[\text{J}/(\text{KMol})]$	32,33	43,75	12,69	$29,59 \pm 9,07$
$C_V[\text{J}/(\text{KMol})]$	30,63	42,04	11,00	$27,89 \pm 9,06$

**Tabelle 4.1:** Wärmekapazitätenmittlung (Blei)

Probe	$C_V[\text{J}/(\text{KMol})]$
Graphit	20,06
Kupfer	25,59
Blei	27,89

**Tabelle 4.2:** Wärmekapazitäten  $C_V$  der Messproben

## 4.2 Bestimmung der Wärmekapazität verschiedener Proben

Werden die Werte aus 3.4 gemittelt (Gl. 19) und daraus der Fehler berechnet (Gl. 21), so lässt sich Tabelle 4.1 zusammenstellen.

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (19)$$

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \quad (20)$$

$$\Delta \bar{x} = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (21)$$

Vergleicht man die zusammengestellten Wärmekapazitäten (Tab. 4.2), so lässt sich grundsätzlich eine Tendenz ablesen, je schwerer die Substanz, desto größer der Wert von  $C_V$ , was auch grundsätzlich mit den theoretischen Annahmen übereinstimmt. Anders sieht das mit den Vermutungen über ein streben gegen  $C_V = 3R \approx 24,94 \frac{\text{J}}{\text{KMol}}$  aus, der Mittelwert von Blei weicht sogar nach oben hin ab.

Dieses Verhalten lässt sich vermutlich durch verschiedenste Fehlerquellen erklären. Wie schon in 4.1 kommt es zu Ungenauigkeiten durch die Annahme, dass keine Wärme an die Umgebung abgegeben wird. Diese Problematik wird hier noch verstärkt durch das Abschätzen des Momentes, an welchem  $T_m$  erreicht wird. Eine weitere Unsicherheit bestand durch die mangelnde Genauigkeit (auf 0,1 mV) des Spannungsmessgerätes des Thermoelementes.