

## 4. Versuchsbeobachtungen

In dem im Kapitel 3 beschriebenen Verfahren wurden folgende Messwerte für die Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität  $c_{\text{mg}}$  des Kalorimeters erfasst

	Masse $m$ (?) in g	Temperatur $T$ (?) in K
Kaltes Wasser	368,89	295,25
Erhitztes Wasser	358,69	373,35
Gemischtes Wasser	727,58	329,35

Um die spezifische Wärmekapazität der Proben zu bestimmen, wurde der Versuch jeweils dreimal mit Zinn und Aluminium durchgeführt und einmal mit Blei.

Material	$m_k$ in g	$m_w$ in g	$T_k$ in K	$T_w$ in K	$T_m$ in K
Zinn	205,72	667,00	373,45	295,25	296,95
	205,72	656,07	373,35	295,25	295,75
	205,72	630,34	373,65	295,25	295,55
Aluminium	156,62	601,27	373,45	295,05	298,45
	156,62	614,00	373,55	295,05	298,05
	156,62	641,36	373,55	294,65	297,15
Blei	542,71	679,17	373,85	294,65	296,65

## 5. Auswertung

### 5.1 Mittelwert und Fehlerberechnung

Aus  $n$  Stichproben  $x_i$  berechnet sich der Mittelwert  $\bar{x}$  mit [...]

Weiterführend lässt sich der Fehler  $\sigma_{\bar{x}}$  des Mittelwertes  $\bar{x}$  mit folgender Formel ermitteln [...]

### 5.2 Kalorimeter

Setzt man die angegebenen Werte in Gleichung [...] ein, so erhält man für die spezifische Wärmekapazität des Kalorimeters:  $c_{\text{mg}} = 392,65 \text{ J/K}$

[TABELLE AUS DEM SKRIPT]

### 5.3 Zinn

Für die drei Messungen ergeben sich nach Einsetzen aller Werte in [...] die folgenden spezifischen Wärmekapazitäten von Zinn

$$c_{k, \text{Zinn}1} = 0,344 \text{ J/gK}$$

$$c_{k, \text{Zinn}2} = 0,098 \text{ J/gK}$$

$$c_{k, \text{Zinn}3} = 0,057 \text{ J/gK}$$

Mit den Formeln [...] und [...] berechnet man den Mittelwert mit dem zugehörigen Fehler und erhält:

$$c_{k, \text{Zinn}} = 0,166 \pm 0,236 \text{ J/gK.}$$

Zu dem Literaturwert von  $0,228 \text{ J/gK}$  \*\*\* besteht eine Abweichung von -27,19%.

Der Mittelwert  $c_{\text{Zinn}}$  berechnet sich mit der Formel [...] und ergibt mit den vorherigen Werten:  $c_{\text{Zinn}} = 0,166 \pm 0,236 \text{ J/gK}$ .

Damit verglichen ist der Literaturwert der spez. Wärmekapazität  $0,228 \text{ J/gK}$  (<http://www.periodensystem.info>) \*\*\*

Damit beträgt der Fehler des Mittelwertes mit [...]  $\sigma_{c_{\text{Zinn}}} = 0,236$

Der relative Fehler ist  $r_{c_{\text{Zinn}}} = 1,422 \text{ ??}$  mit [...]

Zur Berechnung der Atomwärme bei konstantem Druck verwendet man die Formel  $c_p = M \cdot c_{\text{Zinn}} \Rightarrow 19,70 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$ .

Die Atomwärme  $c_v$  bei konstantem Volumen lässt sich dann nach Umstellen der Gleichung [...] und Einsetzen von  $c_p$  und den Werten der Tabelle [...] [Tabelle aus der Anleitung] berechnen:

$$c_{v, \text{Zinn}1} = 17,95 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$$c_{v, \text{Zinn}2} = 17,96 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$$c_{v, \text{Zinn}3} = 17,96 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

Gemittelt erhält man einen  $c_v$ -Wert mit Fehler von  $c_{v, \text{Zinn}} = 17,957 \pm 0,003 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$

Dieser Wert weicht mit **-28,00%** von dem Wert von 3R, den Dulong und Petite ermittelt haben, ab.

#### 5.4 Aluminium

Die drei berechneten Werte der spezifischen Wärmekapazität von Aluminium sind

$$c_k \text{ Alu1} = 0,841 \text{ J/gK}$$

$$c_k \text{ Alu2} = 0,751 \text{ J/gK}$$

$$c_k \text{ Alu3} = 0,642 \text{ J/gK}$$

Wieder verwendet man für Mittelwert, Fehler des Mittelwertes (und den relativen Fehler) die Formeln [...]

Man erhält einen Wert von **0,745 ± 0,058 J/gK**. Es besteht eine Abweichung von -17,22% zum Literaturwert 0,9 J/gK

$$\text{Mittelwert: } c_{\text{Alu}} = 0,745 \text{ J/gK} \quad (\text{Literaturwert: } 0,9 \text{ J/gK})$$

$$\text{Fehler des Mittelwertes} = 0,058$$

$$\rightarrow 0,745 \pm 0,058 \text{ J/gK}$$

**Die Abweichung vom Literaturwert beträgt -17,22%.**

$$\text{Relativer Fehler} = 0,078 \text{ ??}$$

Analog zur Rechnung für Zinn ergibt sich für die Atomwärme bei konstantem Druck:  $c_p = 20,115$  und bei konstantem Volumen:

$$c_v \text{ Alu1} = 19,04 \text{ J/mol}^\circ\text{K}$$

$$c_v \text{ Alu2} = 19,04 \text{ J/mol}^\circ\text{K}$$

$$c_v \text{ Alu3} = 19,05 \text{ J/mol}^\circ\text{K}$$

Mit diesen erhält man gemittelt  **$c_v \text{ Alu} = 19,043 \pm 0,003 \text{ J/mol}^\circ\text{K}$** .

Dieser Wert weicht mit **-23,65%** von 3R ab.

#### 5.5 Blei

Für Blei ist die spezifische Wärmekapazität  $c_k \text{ Blei1} = 0,154 \text{ J/gK}$ . Die Abweichung ist 19,38% zum Literaturwert 0,129 J/gK

Damit folgen für die Atomwärmen:

$$\text{Atomwärme bei konstantem Druck: } c_p = 31,908 \text{ J/mol}^\circ\text{K}$$

$$\text{Atomwärme bei konstantem Volumen: } c_v = 30,19 \text{ J/mol}^\circ\text{K}$$

Hier lässt sich eine Abweichung von **21,04%** von 3R feststellen.

### 6 Diskussion

Es fällt auf, dass einige unserer Versuchsergebnisse recht stark von ihren Literaturwerten abweichen. Diese Abweichungen sind **systematische Fehler**, die aus dem Wärmeverlust an die Umgebungsluft während der Durchführung resultieren, beispielsweise beim Transport der Probe vom Wasserbad zum Kalorimeter. Auch beim Öffnen des Kalorimeters kühlt die zu messende Mischungstemperatur ab. Abweichende Temperaturen ergeben sich ebenfalls, wenn sich noch keine einheitliche Mischungstemperatur im Kalorimeter eingestellt hat und man zu früh die Messwerte nimmt. Eine weitere Fehlerquelle könnte die Schnellwaage sein, da bei ungenauer Einstellung des Messgerätes ungenaue Werte für die Massen der verwendeten Proben und (wassergefüllten) Bechergläser angezeigt werden.

Da sich daraus folgernd starke Abweichungen unserer  $c_v$ -Werte von dem erwarteten  $c_v = 3R$  aus dem Dulong-Petitschen Gesetz ergeben haben, lässt sich so keine Aussage zur Richtigkeit der klassischen Methoden treffen.