

Das Mischkalorimeter

Ziel: Es soll die Wärmekapazität von verschiedenen Feststoffen mit einem Mischkalorimeter bestimmt werden.

Stichworte: Dewar, Dulong-Petit, Hauptsatz der Wärmelehre, Mischkalorimeter, Temperaturmessung, Wärmekapazität

Theoretische Grundlagen

Die Wärmemenge Q , die zur Temperaturerhöhung eines Körpers aufgebracht werden muß, ist proportional zur Masse m des Körpers und der Temperaturerhöhung ΔT . Die Proportionalitätskonstante wird *spezifische Wärmekapazität* genannt und ist materialabhängig.

In dem vorliegenden Experiment wird die spezifische Wärme von Festkörpern mit einem *Mischkalorimeter* bestimmt. Hierbei wird der Austausch der Wärmeenergie durch zwei Körper mit unterschiedlichen Temperaturen gemessen. Der erhitzte Körper (T_w, m_w) wird in ein mit Wasser (T_K, m_k) gefülltes Kalorimeter getaucht. Aus den Massen und Temperaturen der Körper wird die Wärmekapazität gemessen.

$$c_2 = \frac{(c m_1 + c_g m_g)(T_1 - T_m)}{m_2 (T_m - T_2)} \quad (1)$$

Wird ein Aluminiumkalorimeter verwendet, dann nimmt das innere Gefäß aufgrund der guten Wärmeleitfähigkeit die Temperatur des Wassers an.

Weicht die Temperatur des Wassers im Kalorimeter von der Umgebungstemperatur ab, so erfolgt ein Wärmeaustausch. Um diesen Einfluß zu berücksichtigen, wird die Temperatur als Funktion der Zeit gemessen und die Mischtemperatur wird graphisch bestimmt.

Vorbereitung:

Informieren Sie sich in der Literatur über die spezifische Wärmekapazität von

Wasser (H_2O) : $c_{H_2O} =$ _____

Aluminium (Al) : $c_{Al} =$ _____

Kupfer (Cu) : $c_{Cu} =$ _____

Glas : $c_{Glas} =$ _____

In welcher Literatur haben Sie die Werte gefunden? ¹: _____

Wie lautet das Gesetz von Dulong-Petit? _____

¹WIKIPEDIA ist keine zitierfähige Literaturquelle!

Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

Da das Kalorimeter nur teilweise die Temperatur des enthaltenen Wassers annimmt, hängt die Wärmekapazität des Kalorimeters vom Füllstand ab. Bei allen Versuchen muss also dieselbe Wassermenge verwendet werden!!!!

Bevor die Wärmekapazität c_2 eines Festkörpers bestimmt wird, muss die Wärmekapazität des Kalorimeters $c_g m_g$ gemessen werden, da das verwendete Gefäß durch Aufnahme bzw Abgabe von Wärmeenergie die Messung beeinflusst.

$$c_g m_g = \frac{c m_k (T_m - T_k) - c m_w (T_m - T_w)}{(T_m - T_k)} = -c \left(m_w \frac{T_m - T_w}{T_m - T_k} + m_k \right) \quad (2)$$

Bedienung der Waage EBM-S:

- Die Waage wird mit der Taste *ON* eingeschaltet. Die Waage hat eine Anwärmzeit von ca 3 Minuten. Erst dann werden zuverlässige Messwerte angezeigt.
- Soll die Waage nur die zugeführte Wassermenge anzeigen, so kann die 'Trier-Funktion' verwendet werden. Stellen Sie hierzu das Kalorimeter auf die Waage und drücken Sie *TARE*. Auf der Anzeige erscheint 0. Dieser Vorgang kann so oft wiederholt werden, bis der gesamte Wägebereich der Waage (maximal 500 g) erreicht ist. Achtung!!! Wird die *TARE*-Taste länger gedrückt (einige Sekunden), dann wechselt die Wägeeinheit.
- Wenn Sie z.B. das Wasser in das Kalorimeter gießen, sollte das Kalorimeter NICHT auf der Waage stehen. Die Waage führt bei kleinen Mengenentnahmen bzw -zuführungen eine Stabilitätskompensation durch. Dies kann zu falschen Wägebearbeitungen führen.
- Die Waage ist Batterie betrieben. Müssen die Batterien ersetzt werden, dann erscheint *LO* auf der Waage.

$m_{Dewar} =$ _____

Aufgabe 1: Bestimmen Sie die Wärmekapazität des Dewar-Gefäßes.

Diese Messung ist sehr empfindlich!!!. Messen Sie aus diesem Grund die Wassermengen zuerst mit einem Becherglas oder Messzylinder ab. Zur genaueren Bestimmung der Massen werden diese anschließend gewogen. Machen Sie sich mit den Komponenten vertraut und überlegen Sie sich, welche Schritte Sie nacheinander durchführen. Es empfiehlt sich ein 'Trockendurchlauf'.

- In das Kalorimeter sollen insgesamt 150 ml Wasser gefüllt werden. Messen Sie 75 ml kaltes Wasser ab (das Wasser sollte möglichst Raumtemperatur haben, warum?) und füllen Sie das kalte Wasser in das Kalorimeter. Warten Sie einige Minuten bis die Wände des Aluminiumbechers die Wassertemperatur angenommen haben.
- Bestimmen Sie sowohl die Temperatur (T_k) als auch die Masse des Wassers (m_k).
- Messen Sie 75 ml warmes Wasser ab. Messen Sie die Temperatur (T_w) und füllen Sie das warme Wasser in das Kalorimeter und bestimmen Sie die Mischtemperatur (T_m). Zur

besseren Vermischung verrühren Sie mit dem Thermometer die Wassermengen. Da das Alkoholthermometer eine gewisse Trägheit hat, können Sie die Mischtemperatur ablesen, sobald Sie vom Thermometer angezeigt wird.

- Bestimmen Sie anschliessend die Masse des warmen Wassers.
- Berechnen Sie die Wärmekapazität des Dewar-Gefäßes.

	m_k [g]	T_k [°C]	m_w [g]	T_w [°C]	T_m [°C]	$c_g m_g$ [$\frac{cal}{gK}$]
1						
2						

$$c_g m_g = -c \left(m_k \frac{T_k - T_m}{T_w - T_m} + m_w \right) \quad (3)$$

Messunsicherheit des Thermometers: $\Delta T =$ _____

Messunsicherheit der Waage : $\Delta m =$ _____

Messunsicherheit der Massen: $\Delta m_k =$ _____

$\Delta m_w =$ _____

$\Delta(c_g m_g) =$

Ergebnis: $c_g m_g =$

Aufgabe 2: Bestimmen Sie die Wärmekapazität eines Festkörpers und Vergleichen Sie das Ergebnis mit der Vorhersage von Dulong-Petit.

Als Materialien stehen Aluminiumschrot (Al), Kupferschrot (Cu) und Glaskügelchen zur Verfügung.

- Heizen Sie den Festkörper auf ca. 100 Grad Celsius auf.
- Messen Sie 150 ml kaltes Wasser ab und füllen Sie das kalte Wasser in das Kalorimeter. Das kalte Wasser sollte auch in diesem Versuchsteil möglichst Raumtemperatur haben.
- Bestimmen Sie sowohl die Temperatur T_1 als auch die Masse des Wassers m_1 .
- Die Temperatur des Wassers wird unter stetigem Rühren 1 Minuten lang alle 15 Sekunden abgelesen.
- Bestimmen Sie die Temperatur T_2 des Festkörpers.
- Geben Sie einen 'guten Esslöffel' des Materials in das kalte Wasser und messen Sie unter Rühren alle 15 Sekunden die Mischtemperatur bis diese nahezu konstant ist (mindestens 1 Minuten).
- Bestimmen Sie die Masse m_2 des verwendeten Materials.
- Berechnen Sie die Wärmekapazität des verwendeten Materials aus den gemessenen Daten. (Messunsicherheit nicht vergessen!)
- Vergleichen Sie die gemessene Wärmekapazität mit dem Gesetz von Dulong-Petit.

$$c_2 = \frac{(c m_1 + c_g m_g)(T_1 - T_m)}{m_2 (T_m - T_2)} \quad (4)$$

$$\Delta c_2 =$$

Material:

t [s]	T [°C]		
0			
15			
30			
45			
60			
75			
90			
115			
120			
135			
150			
165			
180			
195			
210			
225			
240			
255			
270			
285			
300			

$m_1 =$ _____

$T_1 =$ _____

$m_2 =$ _____

$T_2 =$ _____

$T_m =$ _____

$\Delta m_1 =$ _____

$\Delta T_1 =$ _____

$\Delta m_2 =$ _____

$\Delta T_2 =$ _____

$\Delta T_m =$ _____

$c_2 =$ _____

$\Delta c_2 =$ _____

Ergebnisse: $c_g m_g =$

$$c_2 =$$

Vergleich mit Dulong-Petit: