

<i>Gruppe :</i> <i>Namen , Matrikel Nr.:</i>	HS D Hochschule Düsseldorf Fachbereich EI Physikalisches Praktikum	<i>Versuchstag:</i> <i>Vorgelegt:</i> <u>Testat</u> :
---	--	--

V 301 : Kalorimeter

Zusammenfassung:

<i>Gruppe :</i>	<h1>HS D</h1> <p>Hochschule Düsseldorf Fachbereich EI Physikalisches Praktikum</p>	<i>Korrigiert am:</i>
-----------------	--	-----------------------

1. Korrektur

2. Korrektur

3. Korrektur

Walcher;	Praktikum der Physik Kapitel 3.1
Dobrinski, Krakau, Vogel;	Physik für Ingenieure
Westphal	Physikalisches Praktikum Kapitel III

Vorausgesetzte Kenntnisse

Wärmemenge
Wärmekapazität
Spezifische Wärmekapazität, c_{H_2O}
Gaskonstante R
Mol, Molare Masse
Molare Wärmekapazität
Wärmemischung
Adiabatisches System
Dulong-Petitsche Regel

Optional

Der Versuchsrechner bietet die Möglichkeit die Messgrafiken über einen Kartenleser auf ein Speichermedium zur späteren Auswertung zu speichern. Zwecks dessen sollte ein USB-Stick oder ein anderes Speichermedium (z.Bsp. SD oder CF-Karte) zum Versuchsantritt mitgebracht werden.

Aufgabe

Die Wärmekapazität eines Mischungskalorimeters ist in einem Vorversuch zu ermitteln.

Die spezifische und die molare Wärmekapazität metallischer Körper soll mit diesem Mischungskalorimeter bestimmt werden.

Die Dulong-Petitsche Regel ist zu überprüfen.

Grundlagen

Sofern kein Phasenübergang erfolgt, ist die von einem Körper der Masse m aufgenommene Wärme gleich dem Produkt aus Wärmekapazität C des Körpers und der Temperaturveränderung ΔT ; dabei ist die Wärmekapazität C gleich dem Produkt aus spezifischer Wärmekapazität c und Masse m des Körpers.

$$\Delta Q = C \cdot \Delta T = c \cdot m \cdot \Delta T \quad 1)$$

Für viele Substanzen gibt es eine Relationen zwischen der spezifischen Wärmekapazität und dem atomaren Aufbau des Stoffes. Dies zeigt sich besonders beim Übergang zur molaren Wärmekapazität c_m .

$$C = \frac{\Delta Q}{n \cdot \Delta T} = M \cdot c_m \quad 2)$$

mit $n = \text{Molzahl}$ und $M = \text{molare Masse}$

Gleichverteilungsprinzip:

In der atomistischen Deutung der Wärme wird angenommen, daß sich die Wärmemenge im statistischen Mittel gleichmäßig auf die Freiheitsgrade, d.h. die möglichen mechanischen Energieformen der Moleküle verteilt. Bei einem Mol eines Stoffes beträgt die im Mittel pro Freiheitsgrad und Kelvin zugeführte Energie: $R/2$ ($R = \text{Gas-konstante} = 8,314 \text{ J/K mol}$).

Die Berechnung der spezifischen Molwärme nach dem Gleichverteilungsprinzip führt bei Metallen zur Dulong-Petitschen Regel:

Da Moleküle im Gitterverband 3 Freiheitsgrade der kinetischen Energie und 3 Freiheitsgrade der potentiellen Energie besitzen, gilt für Metalle mit guter Näherung:

$$c_m = 6 \cdot \frac{R}{2} \approx 25 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \quad 3)$$

Besteht zwischen zwei Körpern ein Wärmekontakt, so geht eine Wärmemenge ΔQ vom Körper höherer Temperatur zum Körper niedriger Temperatur über, bis sich ein Temperaturgleichgewicht eingestellt hat, d. h. bis beide Körper die gleiche Temperatur T_M angenommen haben.

- 1 Außenhülle mit zusätzlicher Isolierung
- 2 Aluminiumbecher
- 3 Temperaturmesssystem
- 4 Versuchskörper
- 5 Kalorimeterflüssigkeit, meist Wasser
- 6 Deckel
- 7 Rührer

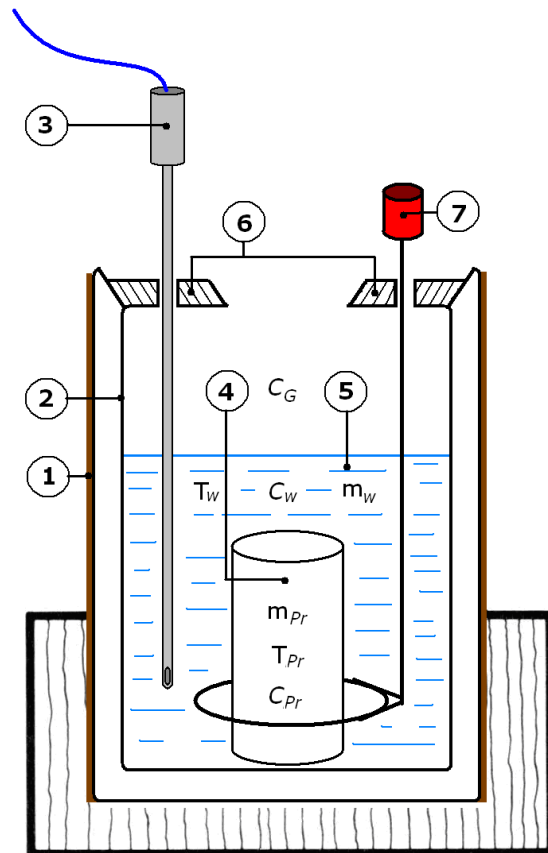


Abb.1: Mischungskalorimeter

Das Mischungskalorimeter besteht aus einem Behälter mit der Kalorimeterflüssigkeit, im allgemeinen Wasser, dessen Temperatur gemessen werden kann. Durch konstruktive Maßnahmen wird der Wärmeaustausch mit der Umgebung möglichst weitgehend verhindert, z. B. werden Luftströmungen vom eigentlichen Kalorimeterbehälter durch Verwendung eines doppelwandigen Gefäßes ferngehalten, die Wärmeleitung zwischen den beiden Gefäßwänden wird durch gute Isolation und gegebenenfalls Evakuieren unterdrückt, und die Wärmestrahlungsverluste werden durch Verspiegeln der äußeren Wand reduziert (Dewar-Gefäß). Wird der Probekörper mit der Temperatur T_{Pr} in die Kalorimeterflüssigkeit (Wasser) mit der Temperatur T_W getaucht, so stellt sich nach einiger Zeit die Mischungstemperatur T_M ein. Ist das Kalorimeter vollständig von der Umgebung isoliert, so gilt:

$$C_{Pr} \cdot (T_{Pr} - T_M) = (C_W + C_G) \cdot (T_M - T_W) \quad 4)$$

wobei C_{Pr} die Wärmekapazität des Probekörpers, C_W die Wärmekapazität der Kalorimeterflüssigkeit und C_G die Wärmekapazität des Geräts, d.h. des am Wärmeaustausch beteiligten Kalorimetergefäßes einschließlich Rührer und Thermometer, bedeuten.

Mit der Definition für die spezifische Wärmekapazität c folgt

$$c_{Pr} = \frac{C_{Pr}}{m_{Pr}} = \frac{(m_W c_W + C_G) \cdot (T_M - T_W)}{m_{Pr} \cdot (T_{Pr} - T_M)} \quad 5)$$

Diese häufig als *Mischungsregel* bezeichnete Gleichung gestattet bei bekannter Wärmekapazität C_G des Kalorimeters durch Messung der drei Temperaturen T_{Pr} , T_W und T_M und Wägung der Massen m_{Pr} und m_W die spezifische Wärmekapazität des Probekörpers zu bestimmen.

Temperaturausgleich:

Ein ideales Kalorimeter ist adiabatisch abgeschlossen. Seine Temperatur ist als Funktion der Zeit, abgesehen von dem Zeitintervall des Temperaturausgleiches, konstant, die Temperaturen T_W und T_M sind eindeutig bestimmt.

Bei einem realen Kalorimeter findet stets ein Wärmeaustausch mit der Umgebung statt, der sich im Temperatur-Zeit-Diagramm durch eine Angleichung der Kalorimetertemperatur an die Umgebungstemperatur während der Vorperiode und der Nachperiode bemerkbar macht. Da diese Wärmeabgabe auch während der Hauptperiode erfolgt, liefert die als Funktion der Zeit gemessene Temperaturkurve $T(t)$ nicht unmittelbar die Temperaturen T_W und T_M . Der Wärmeaustausch mit der Umgebung kann nur dann vernachlässigt werden, wenn der Temperaturübergang während der Hauptperiode momentan, sprunghaft erfolgen würde. Es stellt sich somit die Aufgabe, die Temperaturen T_W und T_M durch eine Extrapolation auf denselben Zeitpunkt zu bestimmen, ohne daß jedoch die Wärmebilanz mit der Umgebung geändert wird.

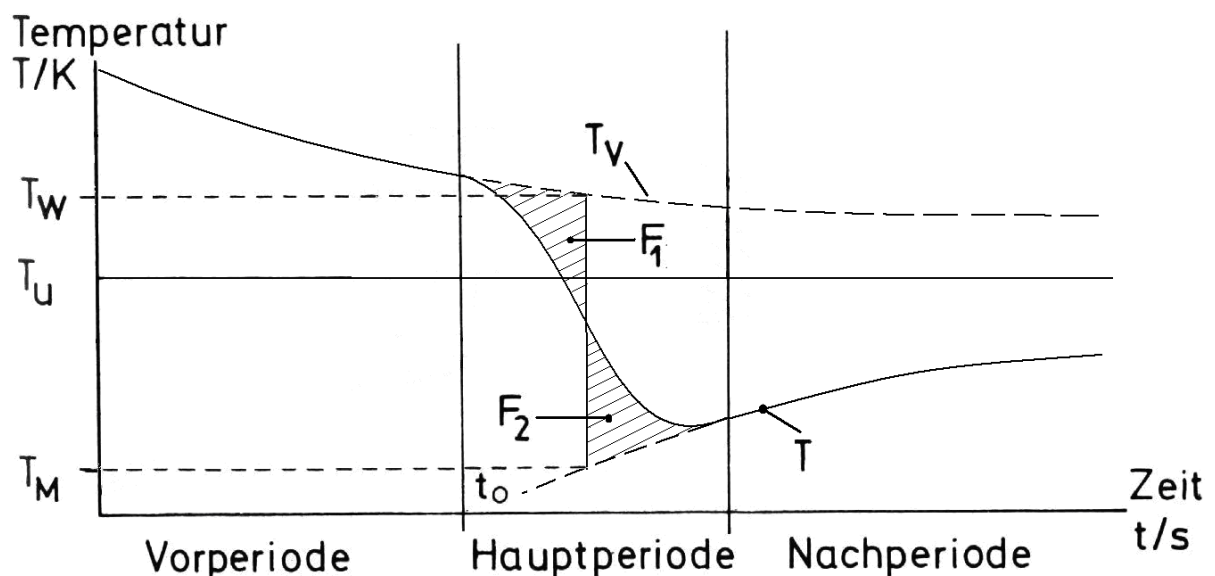


Abb. 2: Temperaturverlauf bei einem realen Kalorimeter.

Durchführung

Hinweis: Damit sich im Kalorimeter eine einheitliche Temperatur einstellt muß bei den Versuchen ständig gerührt werden!

Vorversuch: Bestimmung der Wärmekapazität des Kalorimeters C_G :

Zur Bestimmung der Wärmekapazität des Kalorimeters wird als Probekörper Wasser verwendet, von dem die spezifische Wärmekapazität bereits bekannt ist.

Starten sie das Programm „ITS-View“ welches sich auf dem Desktop des Arbeitsplatzrechners befindet. Dieses Programm dient zur grafischen Auswertung der Temperaturmessungen. Um eine Messung zu starten stellen Sie zuerst sicher das als Messverfahren der Modus „Continuous“ eingestellt ist. Es sollte immer aus 4 Messungen ein gemittelter Messwert gebildet werden.

Dies stellen Sie unter „Numbers of samples for averaging“ sicher.

Zum start der Messung reicht nun ein klicken auf den „Start“ Button.

Wiegen Sie anschließend das leere Kalorimeter.

Ein Becherglas soll nun mit ca. 200ml kaltem Wasser befüllt werden und die Temperatur des Wassers (T_{Pr}) mittels des Temperaturmesssystems ermittelt werden.

Das Kalorimeter mit heißem Wasser bis zur Markierung an der Kalorimeterinnenseite befüllen. Anschließend wird das Kalorimeter mit dem heißem Wasser zusammen erneut gewogen. Die Differenz der beiden Messungen bildet die Masse es eingefüllten Wassers m_w .

Führen Sie nun die Messsonde in das Kalorimeter ein und warten sie bis die Temperatur ihren höchsten Wert erreicht hat. Öffnen Sie nun im Programm ITS-View das Menü „Options“ und wählen Sie dort „Grafic“.

Hier sollten Sie nun den Darstellungsmodus „Autoscale“ wählen und die bisherigen Messungen mit „Clear“ löschen

Die Vorperiode sollte 3min betragen.

Nach den 3min das kalte Wasser aus dem Becherglas in das Kalorimeter einfüllen.

Die Masse des kalten Wassers stellt nun unser m_{Pr} dar.

Während des Einfüllens ist sorgfältiges rühren unabdingbar!

Die Länge der Nachperiode sollte ebenfalls nochmals 3min betragen.

Sobald die Nachperiode vorüber ist drücken Sie auf der Tastatur die Taste „Druck“ und erzeugen somit einen „Screenshot“.

Diesen entwickeln sie nun mit dem ebenfalls auf dem Desktop befindlichen Programm „Picture Publisher“. Dies erfolgt sobald Sie im Picture Publisher unter „Bearbeiten“ den Menüpunkt „In neues Bild einfügen“ wählen. Nun können Sie das erzeugte Bild auf einem Speichermedium ihrer Wahl speichern.

Becherglas mit eventuellen Wasserresten sowie das Kalorimeter mit dem gesamten Inhalt wiegen.

Auswertung des Vorversuchs:

m_{Pr} und m_W als Differenzen aus den Wägungen bestimmen.

Man verlängert nun die Temperaturkurven für die Vor- und die Nachperiode und legt eine Parallele zur Temperaturachse, so dass wie in Abb. 2 die Flächen F_1 und F_2 gleich groß werden. Die Exponentialkurven lassen sich in dem interessierenden Bereich ggf. durch Geraden annähern.

Die Ausgangstemperatur T_W und die Mischungstemperatur T_M werden dem Diagramm entnommen und die Fehler abgeschätzt.

Gleichung 4) nach C_G auflösen und die Wärmekapazität des Gerätes mit Fehlergrenzen berechnen.

Bestimmen Sie den Fehler ΔC_G .

Hauptversuch: Bestimmung der Wärmekapazität eines metallischen Körpers

Die Masse m_{Pr} des Versuchskörpers wird durch Wiegen bestimmt.

Das Kalorimetergefäß wird leer gewogen und anschließend mit soviel heißem Wasser gefüllt bis es knapp Oberhalb der Markierung steht. Wichtig ist das der Versuchskörper später vollständig im Wasserbad verschwindet!

Aus der Differenz der Wägungen wird die Masse m_w des Wassers bestimmt.

Füllen sie nun ein Becherglas mit kaltem Wasser und Tauchen sie den Versuchskörper ein. Da sich die Temperatur des Versuchskörpers der Wassertemperatur annähern wird kann so mit Messung der Wassertemperatur die Versuchskörpertemperatur T_{Pr} bestimmt werden.

Führen sie nun wieder die Messsonde in das Kalorimetergefäß ein.

Das Prozedere entspricht dem Vorversuch: Grafische Ausgabe aktivieren, warten bis die Temperatur der Messsonde ihren Höhepunkt erreicht hat, die vorherigen Messwerte auf dem Bildschirm löschen und mit der Messung beginnen.

Die Vorperiode sollte wieder ca. 3min betragen.

Am Ende der Vorperiode wird der Versuchskörper nun in das Kalorimetergefäß hinab gelassen. Durch kräftiges Rühren ist zu verhindern, daß lokale Temperaturdifferenzen auftreten.

Die Nachperiode beträgt wiederum 3min.

Im Anschluss an die Nachperiode machen Sie wieder einen Screenshot und speichern diesen.

Nach dem Versuch ist die Probe aus dem Kalorimeter zu entfernen und im Becherglas wieder abzukühlen. Denken sie daran dass die Probe immer noch ca. 70°C heiß ist!

Auswertung

Bestimmung der Kärmekapazität C_{Pr} gemäß Abbildung 2 und Gleichung 5.

Berechnung der spezifische Wärmekapazität c_{Pr}
und der molaren Wärmekapazität c_{mol} .

Bestimmen Sie die Fehler ΔC_{Pr} , Δc_{Pr} und Δc_{mol}

Man vergleiche das Ergebnis mit der Dulong- Petitschen Regel.