

SPEZIFISCHE WÄRMEKAPAZITÄT VON METALLEN

1 Einleitung

Wärme ist die Energie der ungeordneten Bewegung, der Rotation und der Schwingung von Atomen oder Molekülen eines Körpers, einer Flüssigkeit oder eines Gases.

Diese Energie ist umso größer, je höher die Temperatur des Körpers ist. Nicht zur Wärmeenergie gehören gerichtete Bewegungen, ihre Energie kann aber vollständig in Wärmeenergie umgewandelt werden.

2 Spezifische Wärmekapazität (auch: spezifische Wärme)

Die Wärmekapazität C eines Körpers ist definiert als der Quotient aus der ihm zugeführten Wärme ΔQ und der daraus resultierenden Temperaturerhöhung ΔT :

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}, \quad [C] = 1 \frac{J}{K}$$

Die Wärmekapazität einiger Körper ist im allgemeinen stark temperaturabhängig, bei Metallen unter den im Versuch vorherrschenden Bedingungen - nahe Raumtemperatur - kann sie jedoch nach dem Gesetz von Dulong-Petit als konstant angesehen werden.

Die Wärmekapazität C hängt von der Masse m bzw. der Molzahl n des Körpers ab. Daher werden definiert:

i) die spezifische Wärmekapazität (auch: spezifische Wärme):

$$c = \frac{C}{m} = \frac{1}{m} \frac{\Delta Q}{\Delta T}, \quad [c] = 1 \frac{J}{kg \cdot K}$$

ii) die molare Wärmekapazität (auch: Molwärme):

$$c_{\text{molar}} = \frac{C}{n} = \frac{1}{n} \frac{\Delta Q}{\Delta T}, \quad [c_{\text{molar}}] = 1 \frac{J}{mol \cdot K}$$

2.1 Spezifische Wärmekapazität von Wasser

$$c_{\text{Wasser}} = 4187 \frac{J}{kg \cdot K}$$

Die spezifische Wärmekapazität von Wasser ist nahezu temperaturunabhängig.

2.2 Begriff der Kalorie

In der Literatur wird oft noch die Kalorie als Einheit der Wärmemenge benutzt.

Definition:

Eine Kilokalorie ist diejenige Wärmemenge, welche bei Normdruck $p_n=1033.25$ mbar ein Kilogramm Wasser von 14.5°C auf 15.5°C erwärmt.

$$\Rightarrow \quad 1\text{kcal} = 4.187 \cdot 10^3 \text{ J}$$

Dulong-Petit-Regel

Die Regel von Dulong-Petit besagt, dass die molare Wärmekapazität fester Stoffe bei nicht zu niedrigen Temperaturen (d.h. Raumtemperatur und darüber) unabhängig vom Stoff ist:

$$c_{\text{molar}} = 3R \approx 24.94 \frac{\text{J}}{\text{mol K}},$$

wobei R die universelle Gaskonstante ist. Die Dulong-Petit-Regel stellt natürlich eine Näherung dar, die jedoch für Metalle unter den gegebenen Versuchsbedingungen recht gut erfüllt ist. Die Überprüfung dieser Regel ist eine Aufgabe dieses Versuches.

2.3 Meßprinzip

Die Wärmekapazität und damit bei gegebener Masse auch die spezifische und molare Wärmekapazität eines Körpers kann dadurch bestimmt werden, dass man ihm eine definierte Wärmemenge ΔQ zuführt und die daraus resultierende Temperaturerhöhung ΔT misst. Die Wärmemenge ΔQ ist jedoch in diesem Versuch nicht direkt messbar, sondern sie wird durch ein Mischungsexperiment bestimmt. Bei einem Mischungsexperiment wird der zu untersuchende Körper (mit der Temperatur T_1 und der unbekanntem Wärmekapazität C_1) mit einem zweiten Körper (mit der Temperatur T_2 und der bekannten Wärmekapazität C_2) in thermischen Kontakt gebracht. Der Körper mit der höheren Temperatur wird Wärme an den Körper niedrigerer Temperatur abgeben, und es wird sich eine gemeinsame Mischtemperatur \bar{T} einstellen.

Dann gilt (für $T_1 > T_2$):

$$\text{Körper 1:} \quad C_1 = \frac{\Delta Q_1}{\Delta T_1} = \frac{\Delta Q_1}{T_1 - \bar{T}}$$

$$\text{Körper 2:} \quad C_2 = \frac{\Delta Q_2}{\Delta T_2} = \frac{\Delta Q_2}{\bar{T} - T_2}$$

Wenn keine Wärmeverluste an die Umgebung auftreten, so gilt aufgrund der Energieerhaltung:

$$\Delta Q_1 = \Delta Q_2$$

Damit folgt:

$$C_1 = C_2 \frac{\bar{T} - T_2}{T_1 - \bar{T}}$$

Bestimmung der Mischungstemperatur

Die Bestimmung der Mischungstemperatur \bar{T} ist der schwierigste Teil des Versuches. Da der Temperatureausgleich nicht momentan erfolgt und bereits vor dem Erreichen der Höchsttemperatur ein Wärmeverlust an die Umgebung stattfindet, wird die theoretische Mischungstemperatur \bar{T} nicht erreicht. Zur Extrapolation von \bar{T} wird daher die Temperatur im Kalorimeter als Funktion der Zeit grafisch dargestellt (Abb. 1). Man kann beweisen, dass man den Fall des momentanen Temperatureausgleichs annähern kann, indem man die Kurven AB und CD verlängert und eine senkrechte Gerade EF derart zeichnet, dass die Flächen BEG und CFG (schraffiert gezeichnet) gleich groß sind. Gewöhnlich ist es ausreichend, diese Gerade per Augenmaß einzuzeichnen. Die in den Punkten E und F abgelesenen Temperaturen T_1 und \bar{T} entsprechen den Temperaturen im Fall momentanen Ausgleichs.

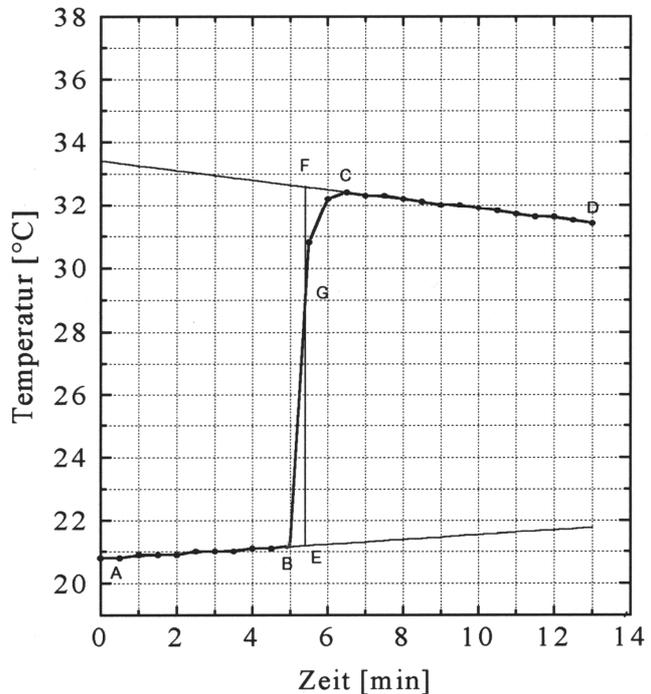


Abb. 1: Temperaturverlauf im Kalorimeter

3 Aufnahme der Messwerte

Für die Aufnahme der Temperaturmesswerte steht ein PC mit angeschlossenem Temperatursensor zur Verfügung. Für die Durchführung des Versuches wird der folgende Button angeklickt:  so dass das Messfenster erscheint (Abb. 2)



Abb. 2: Messfenster

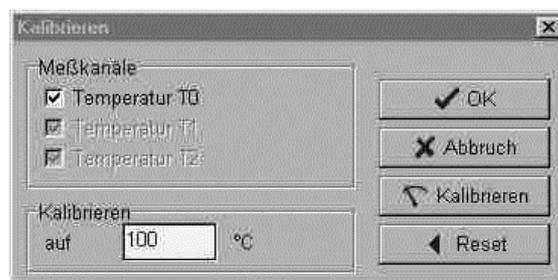


Abb. 3: Kalibrierungsfenster

Vor der Aufnahme der Messwerte muss der Temperatursensor kalibriert werden. Hierzu wird auf den unteren Button Kalibrieren geklickt. Es öffnet sich das Kalibrierungsfenster (Abb. 3). Die Temperatur im Fenster wird auf 100°C eingestellt und der Temperatursensor in für einige Sekunden kochendes Wasser gehalten **auf keinen Fall die sehr heiße Bodenplatte berühren, da sonst der Sensor beschädigt wird!**. Dann wird der Button Kalibrieren angewählt. Für die Temperaturanzeige wird auf den Button Weiter innerhalb des Messfensters gedrückt. Die Messwertaufnahme und somit die Messung kann nun gestartet werden. Wird die Messwertaufnahme beendet, erscheint der aufgenommene Temperaturverlauf, wie er z.B. in Abbildung 4 zu sehen ist. Dieser Graph wird anschließend ausgedruckt und die Auswertung kann durchgeführt werden.

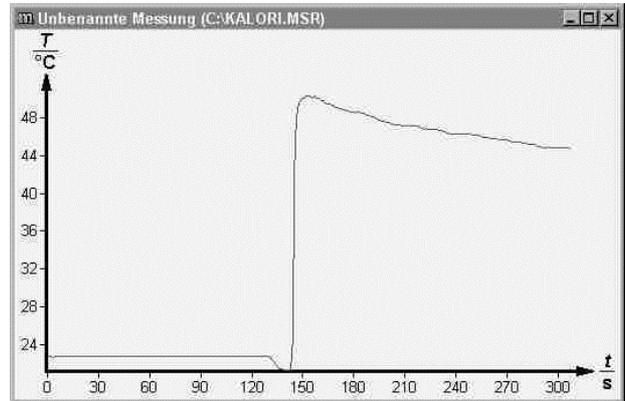


Abb. 4: gemessener Temperaturverlauf

4 Versuchsdurchführung

Die Durchführung des Versuchs besteht aus zwei Teilen, im ersten Teil wird mittels eines Mischungsexperimentes die Wärmekapazität des Kalorimeters bestimmt, im zweiten Teil werden dann wieder durch Mischungsexperimente die Wärmekapazitäten der Metalle bestimmt.

Teil 1: Bestimmung der Wärmekapazität des Kalorimeters

1. Das Thermometer wird wie in Abschnitt 4 beschrieben kalibriert.
2. Es werden ca. 100ml Wasser auf 50°C erhitzt.
3. Das Thermometer wird im Stativ derart befestigt, daß die Thermometerspitze an der Innenwand des Kalorimeters anliegt und ca. 0,5cm über dem zu erwartenden Wasserspiegel liegt.
4. Die Messung wird wie in Abschnitt 4 beschrieben gestartet und die Kalorimetertemperatur 1-2min. lang gemessen, dann werden die 100ml, 50°C warmen Wassers ins Kalorimeter gegossen -**das Thermometer soll jetzt nicht im Wasser stecken!**- und die Messung weitere 8min. Fortgeführt.
5. Die Messung wird nun beendet, und der Graph ausgedruckt. Die Messdaten werden unter folgender Bezeichnung gespeichert: GruppenNr, -, Monat, Jahr, a (z.B.: Für Gruppe 17 im Mai 2006: 17-0506a.ms).r).
6. **Das Wasser wird nun gewogen!** Wer das Wasser weggegossen hat ohne die Masse zu bestimmen beginne erneut bei Punkt 1.

Im ersten Teil sollte die Gruppe die Wassermasse bestimmt, notiert und einen Computersausdruck erstellt haben.

Teil 2: Bestimmung der Wärmekapazitäten der Metalle

1. Es werden drei Probenkörper ausgewählt und ihre Massen bestimmt. Ein Probenkörper soll aus Alu oder Kupfer sein.
2. In das Kalorimeter werden ca. 200ml kaltes Wasser gefüllt.
3. Das Thermometer wird nun so befestigt, daß die Spitze im Wasser hängt.
4. Die drei Proben werden auf 100°C erhitzt, dazu werden sie 10min. in kochendes Wasser gehängt, wobei die Proben weder den Gefäßboden noch den Gefäßrand berühren sollen.
5. Die Messung wird wie in Abschnitt 4 beschrieben gestartet und die Temperatur des Kalorimeter+Wasser 1-2 min. lang gemessen.

6. Der erste Probenkörper wird ins Kalorimeter gegeben, wobei der Körper komplett von Wasser bedeckt sein soll. Nun wird der Temperaturverlauf für 8min. gemessen, danach der Körper aus dem Kalorimeter genommen und ohne die Messung zu unterbrechen.
Dieser Punkt wird nun für die beiden verbliebenen Proben wiederholt.
7. Sind alle drei Probekörper vermessen, wird die Messung beendet, der Graph ausgedruckt und die Messdaten unter folgender Bezeichnung gespeichert: GruppenNr , - , Monat, Jahr,b (z.B.: Für Gruppe 8 im Oktober 2005: 8-1005b.msr).
8. **Das Wasser im Kalorimeter wird nun gewogen!** Wer das Wasser weggegossen hat ohne die Masse zu bestimmen ärgert sich und fängt erneut bei Punkt 1 an.

Im zweiten Teil sollte die Gruppe die drei Massen der Probenkörper und der Wassermasse bestimmt und notiert haben, sowie ein Computerausdruck erstellt haben.

5 Auswertung

1. Wie in Abschnitt 3 beschrieben, werden aus den beiden Graphen \bar{T} und T_2 bestimmt, dazu werden die entsprechenden Geraden per Augenmaß in die Graphen eingezeichnet.
2. Zur Bestimmung der Wärmekapazitäten der Metalle muss die Wärmekapazität des Kalorimeters mit berücksichtigt werden. Eine entsprechende Formel ist herzuleiten.
3. Die spezifischen und molaren Wärmekapazitäten sind zu ermitteln und mit den Werten aus der Literatur und der Regel von Dulong-Petit zu vergleichen.
4. Fehlerabschätzung und Fehlerbetrachtung.

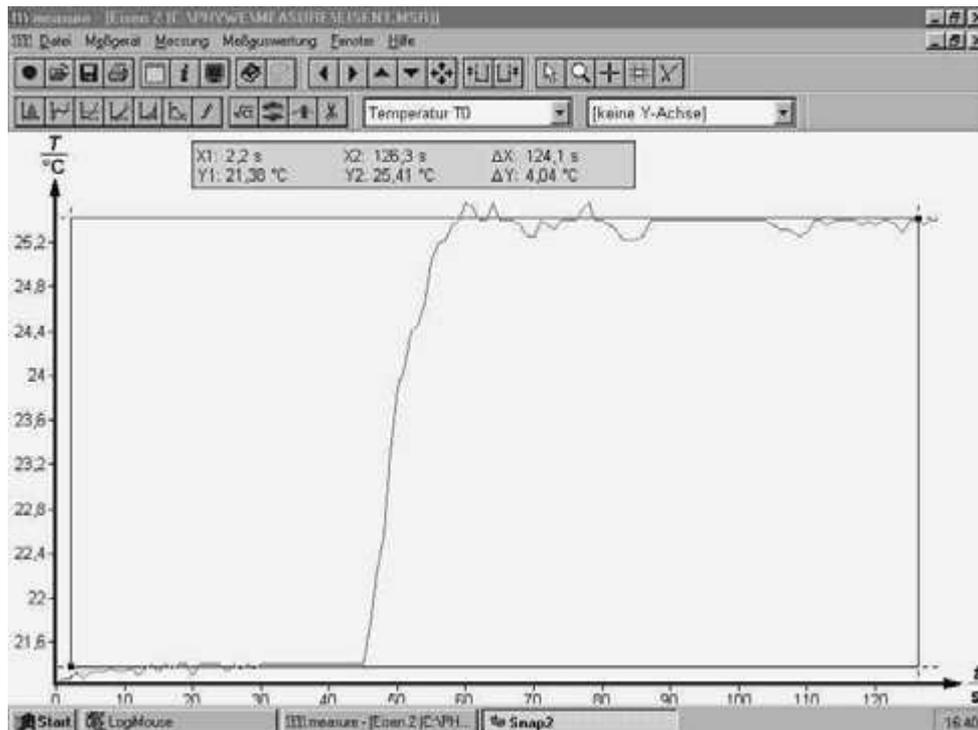


Abb. 5: Auswertung des Temperaturverlaufs