

Physikalisches Praktikum für Anfänger - Teil 1
Gruppe 2 - Wärmelehre

2.2 Spezifische und latente Wärmen

Stichwörter: Spezifische Wärmekapazität, Latente Wärme, 1. Hauptsatz der Thermodynamik, Kalorimeter, Energieerhaltung.

Hinweis: zu diesem Versuch wird kein Laborbericht verlangt. Daher wird eine sehr gute Vorbereitung erwartet. Lesen Sie mindestens die am Ende angegebene Literatur gut durch, und recherchieren Sie in anderen Quellen (z.B. andere Aufbauten, Erwartungswerte, usw.) vor den Versuchstag.

1 Grundlagen

Die Energie, die man einer Masseneinheit einer Substanz zuführen muss, um ihre Temperatur um ein Grad zu erhöhen, heißt *spezifische Wärme* c oder *spezifische Wärmekapazität* c . Die Energie, die notwendig ist um ein Mol einer Substanz um ein Grad zu erwärmen heißt *Molwärme* C , bzw. *molare Wärmekapazität* C .

Um einen Gegenstand der Masse m um eine Temperatur ΔT zu erwärmen, muss man ihm die Energie ΔE zuführen:

$$\Delta E = c \cdot m \cdot \Delta T \quad \Rightarrow \quad c = \frac{\Delta E}{m \cdot \Delta T} . \quad (1)$$

c ist im allgemeinen temperaturabhängig.

Die Energie, die notwendig ist, um eine Masseneinheit einer Substanz bei einer Temperatur T_s vom festen in den flüssigen Aggregatzustand zu überführen, heißt *Schmelzwärme* Q_s . T_s ist hierbei die Schmelztemperatur. Entsprechend ist die *Verdampfungswärme* Q_d definiert. Schmelz- und Verdampfungswärmen werden auch *latente Wärmen* genannt, da bei ihrer Zuführung keine Temperaturerhöhung erfolgt.

In den drei Teilen dieses Versuches sollen die spezifischen Wärmekapazitäten von Wasser, zwei Metallen und die Schmelzwärme des Wassers bestimmt werden.

2 Die spezifische Wärme von Wasser

Zur Messung der spezifischen Wärmekapazität von Wasser wird ein beheizbares Kalorimetergefäß benutzt (Abb. 1). Die an der Heizspirale anliegende Spannung U und der durch sie fließende Strom I werden am Netzgerät abgelesen. Ein Quecksilber-Thermometer mit einer Skalenteilung von 0,1K dient zur Bestimmung der Temperatur der Flüssigkeit.

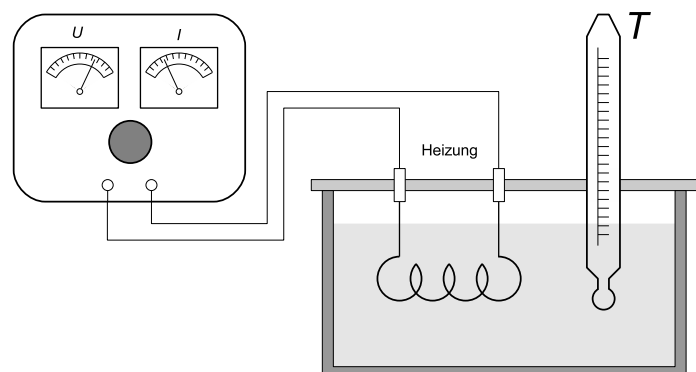


Abbildung 1: Kalorimetergefäß mit Heizung

Aufgaben:

1. Wägen Sie 120 g destilliertes Wasser mit Hilfe der im Praktikumsraum vorhandenen Waage ab, und füllen Sie es in das Kalorimetergefäß.
2. Heizen Sie das Wasser um mindestens 15 K auf, und messen Sie dabei den Temperaturverlauf im Abstand von ca. 30s. Beachten Sie dabei die allgemeinen Hinweise am Ende dieser Anleitung. Bestimmen Sie aus der Grafik die Temperaturerhöhung ΔT . Die Energiebilanz des Erwärmungsvorganges lautet:

$$U \cdot I \cdot t = \Delta E = (m \cdot c + W) \cdot \Delta T. \quad (2)$$

Hierbei ist W der *Wasserwert*. Er berücksichtigt die Wärmekapazitäten des Kalorimetergefäßes, Thermometers, Rührers u.s.w. und kann experimentell leicht bestimmt werden. Für eine Wassermenge von 120 g nimmt W den Wert 40J/K an. Bestimmen Sie mit Hilfe dieses Wertes c gemäß (2).

3. Führen Sie die Messung zweimal durch!

Anmerkung: Als Einheit für die Wärmemenge ist häufig noch die *Kalorie* (cal) in Gebrauch. Sie ist die Wärmemenge, die nötig ist, um ein Gramm Wasser von $14,5^\circ\text{C}$ auf $15,5^\circ\text{C}$ zu erhöhen. Die spezifische Wärme des Wassers bei dieser Temperatur ist per definitionem $1 \text{ cal g}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Daher bezeichnet man die spezifische Wärme des Wassers gemessen in SI-Einheiten ($\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})$) auch als *elektro-kalorisches Wärmeäquivalent*. Mit genauen Zahlenwerten gilt

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}. \quad (3)$$

3 Die Schmelzwärme des Wassers

In diesem Versuchsteil soll die Schmelzwärme des Wassers bestimmt werden. Zu ihrer Messung wird ein Kalorimeter verwendet, das zur Aufnahme des Eises mit einem Sieb ausgestattet ist.

Aufgaben:

1. Wägen sie wieder 120 g Wasser ab und füllen Sie es in das Kalorimeter. Beginnen Sie mit der Temperaturmessung.
2. Geben Sie einige Minuten nach Beginn der Messung ein oder zwei Eiswürfel mit der Temperatur $T_0 = 0^\circ\text{C}$ in das Gefäß. Messen Sie nun die Temperatur T (in abständen von höchstens 5 s) solange, bis das Eis vollständig geschmolzen ist und sich eine Endtemperatur eingestellt hat.

Hinweis: Die dem Gefrierfach eines Kühlschranks entnommenen Eiswürfel haben eine Temperatur kleiner als 0°C . Sie können Sie auf $T_0 = 0^\circ\text{C}$ erwärmen, indem Sie sie einige Zeit bei Zimmertemperatur auf einem Tuch ablagern. Trocknen Sie die Eiswürfel ab, bevor Sie sie ins Kalorimetergefäß geben!

Frage: Warum erwärmen sich die Eiswürfel nicht auf über 0°C ?

3. Bestimmen Sie die Masse der Eiswürfel, indem Sie die Wassermenge nach dem Schmelzen der Würfel wiegen.
4. Bestimmen Sie Anfangstemperatur T_A und Endtemperatur T_E des Wassers, wie es in den allgemeinen Hinweise zum Versuch beschrieben ist. Die Energiebilanz des Schmelzvorganges lautet:

$$m_E \cdot Q_s + m_E \cdot c_W \cdot (T_E - T_0) = (m_W \cdot c_W + W) \cdot (T_A - T_E) \quad (4)$$

m_E – Masse des Eises

c_W – spezifische Wärmekapazität des Wassers

m_W – Masse des Wassers

W – Wasserwert des Kalorimeters, $W = 40 \text{ J K}^{-1}$

5. Führen Sie die oben beschriebene Messung zweimal durch, und bestimmen Sie mit den gewonnenen Werten die Schmelzwärme Q_s gemäß Gleichung (4). Geben Sie Q_s sowohl in J/g als auch in cal/g an!

4 Spezifische Wärme von Metallen

Die spezifischen Wärmekapazitäten von nicht löslichen Stoffen können mit einem Mischungskalorimeter bestimmt werden. Hierzu wird eine Metallmenge der Masse m_M zunächst auf eine Temperatur von etwa 100°C gebracht und dann sehr schnell in das mit Wasser gefüllte Kalorimeter gegeben. Die Erhitzung des Metalls erfolgt in einem Metallgefäß, das von Wasserdampf durchströmt wird. Der Wasserdampf wird in einem Kochtopf, der auf einer kleinen Kochplatte steht, erzeugt. Füllen Sie vor dem Versuch falls notwendig destilliertes Wasser nach. Es sind die folgenden beiden Metalle zu untersuchen:

Metall	Atomgewicht
Al	27,0
Cu	63,5

Die nachfolgende Messung ist nacheinander für Aluminium und Kupfer durchzuführen.

Aufgaben:

1. Wägen Sie ca. 120 g destilliertes Wasser ab und füllen Sie es in das Kalorimetergefäß.
2. Erhitzen Sie die gesamte vorhandene Metallmenge. Hat der Dampf das Erhitzungsgefäß etwa eine viertel Stunde durchströmt, so hat das Metall die Temperatur des Dampfes angenommen, und die am Thermometer abzulesende Temperatur entspricht der Metalltemperatur T_M .
3. Geben Sie nun das erhitzte Metall in das Kalorimetergefäß und messen Sie die Temperatur T . Mit der sich einstellenden Mischungstemperatur T_m lautet die Energiebilanz

$$c_M \cdot m_M \cdot (T_M - T_m) = (c_W \cdot m_W + W) \cdot (T_m - T_A) \quad (5)$$

c_M – spezifische Wärmekapazität des Metalls

c_W – spezifische Wärmekapazität des Wassers

T_A – Anfangstemperatur des Wassers

W – Wasserwert des Kalorimeters

Da die Temperatur sich sehr schnell ändert, sollten Sie sie so oft wie möglich messen (höchstens jede drei Sekunden). Beachten Sie bei der Messung und Auswertung wieder die allgemeinen Hinweise am Ende der Versuchsbeschreibung

4. Geben Sie neben der spezifischen auch die molare Wärmekapazität C an.

5 Allgemeine Hinweise zum Versuch

Damit die Abscheidung von Kesselstein an den Geräten verhindert wird, darf nur destilliertes Wasser verwendet werden. Vermeiden Sie Wassertropfen und Pfützen auf dem Experimentiertisch. Ein Feuchtwerden der elektrischen Geräte ist auf jeden Fall zu vermeiden.

Um die Messgenauigkeit des Versuches zu erhöhen, wird mit der Aufnahme der Messreihe etwa 3 min vor Beginn des Aufheizens angefangen. Die Temperatur im Kalorimetergefäß ist in den Zeitabständen wie in der Aufgabenstellung angegeben zu messen. Notieren Sie neben der Temperatur jeweils die Gesamtzeit. Nach dem Ende des Aufheizens werden die Messungen noch etwa weitere 3 min fortgeführt.

Die so ermittelten Messwerte werden dann grafisch aufgetragen, und der Temperaturverlauf vor und nach dem Heizen linear extrapoliert (siehe Abb. 2). Zur Bestimmung der Anfangs- und Endtemperatur T_A und T_E zeichnen Sie dann eine Senkrechte so in das Diagramm ein, dass die beiden Teilflächen zwischen idealisiertem

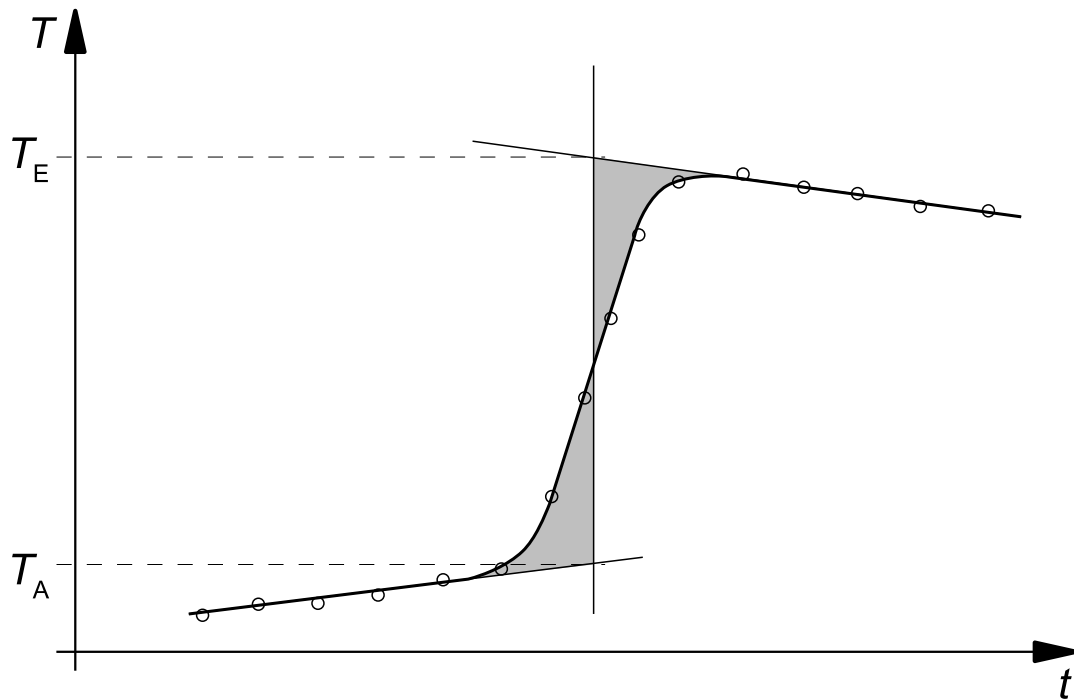


Abbildung 2: Verlauf der Kalorimetertemperatur T , Messbeispiel

und wahren Temperaturverlauf gleich groß werden. T_A und T_E erhält man dann an den Schnittpunkten dieser Senkrechten mit den durch Extrapolierten gefundenen Geraden.

Literatur

D. Meschede, *Gerthsen Physik*, Kap 6.1, 6.2, 25. Auflage (2015).

Demtröder, *Experimentalphysik 1*, Kap 10.1, 7. Auflage (2015).