

Laut der Versuchsanleitung sollte zuerst der Wasserwert bestimmt werden. Einmal durch Leermessung (jeweils zwei Messungen) und einmal mit dem Mischungsverfahren (ebenfalls 2 Messungen). Anschließend sollte die spezifische Wärmekapazität von Wasser bestimmt werden.

5.1 Versuchsbeschreibung

5.1.1.1 Bestimmung des Wasserwertes durch Leermessung

Um den Wasserwert zu bestimmen haben wir das Kalorimeter zunächst mit kaltem Leitungswasser gefüllt. Mit dem Thermometer kontrollieren wir die Temperatur des Wassers und damit auch die Temperatur im inneren des Kalorimeters. Nach einiger Zeit stellt sich der Temperatúrausgleich ein. Wir notieren die Temperatur T_1 . Nun leeren wir möglichst rasch das Kalorimeter und füllen es mit warmen Wasser der Masse m und der Temperatur T_2 , wobei die Temperatur des Wasser um soviel über der Raumtemperatur liegt, wie die Temperaturdifferenz zwischen Raumtemperatur und kaltem Wasser. Nach kurzer Zeit stellt sich die Mischtemperatur T_3 ein, die unter der Temperatur T_2 liegt. Die vom Kalorimeter aufgenommene Wärmemenge entspricht der vom Wasser abgegebenen. Diesen Versuch führten wir anschließend noch einmal durch.

Meßwerte:

	m	T_1	T_2	T_3
1. Messung	200g	13,5°C	26,5°C	26°C
2. Messung	250g	12,6°C	25,5°C	24,8°C

Der Wasserwert errechnet sich dann aus der folgenden Formel:

$$W = m * \frac{T_2 - T_3}{T_3 - T_1}$$

5.1.1.2 Bestimmung des Wasserwertes mit dem Mischungsverfahren

Wir füllen das Kalorimeter etwa bis zur Hälfte mit kaltem Wasser der Masse m_1 und warten wieder den Temperatúrausgleich zwischen Kalorimeter und Wasser ab. Nach erfolgtem Temperatúrausgleich lesen wir die Temperatur T_1 ab. Dann gießen wir warmes Wasser mit der Temperatur T_2 hinzu. Nach kurzer Zeit stellt sich die Mischtemperatur T_3 ein. Auch diesen Versuch führen wir zunächst zweimal durch.

Meßwerte:

	m_1	m_2	T_1	T_2	T_3
1. Messung	160g	161g	14,8°C	37°C	26,3°C
2. Messung	200g	161g	14°C	36°C	21,7°C
3. Messung	222g	180g	14,3°C	32°C	22,5°C
4. Messung	160g	218g	13,6°C	35°C	25,1°C

Der Wasserwert errechnet sich dann nach folgender Formel:

$$W = m_2 * \frac{T_2 - T_3}{T_3 - T_1} - m_1$$

Leider errechnen wir für die ersten zwei Messungen einen negativen Wasserwert, was nicht sein kann. Deshalb führen wir eine 3. und 4. Messung durch. Wir schließen aus den negativen Werten, daß wir zu ungenau

gemessen haben, und wiederholen den Versuch nochmals. Diesmal bekommen wir wenigstens für eine der beiden Messungen einen positiven Wasserwert.

5.1.2 Berechnung des Wasserwertes

Berechnung des Wasserwertes bei der Leermessung

Nach oben genannter Formel ergibt sich für die 1. Messung:

$$W = m \cdot \frac{T_2 - T_3}{T_3 - T_1} = 200g \cdot \frac{26,5^\circ C - 26^\circ C}{26^\circ C - 13,5^\circ C} = 8g$$

Für die 2. Messung:

$$W = m \cdot \frac{T_2 - T_3}{T_3 - T_1} = 250g \cdot \frac{25,5^\circ C - 24,8^\circ C}{24,8^\circ C - 12,6^\circ C} = 14,4g$$

Berechnung zum Mischungsverfahren

1. Messung:

$$W = m_2 \cdot \frac{T_2 - T_3}{T_3 - T_1} - m_1 = 161g \cdot \frac{37^\circ C - 26,3^\circ C}{26,3^\circ C - 14,8^\circ C} - 160g = -10,2g$$

2. Messung:

$$W = m_2 \cdot \frac{T_2 - T_3}{T_3 - T_1} - m_1 = 161g \cdot \frac{36^\circ C - 27,1^\circ C}{27,1^\circ C - 14^\circ C} - 200g = -90,6g$$

Da die eben errechneten Werte negativ sind, und dies nicht sein kann haben wir eine die Messungen ein zweites Mal durchgeführt.

3. Messung:

$$W = m_2 \cdot \frac{T_2 - T_3}{T_3 - T_1} - m_1 = 180g \cdot \frac{32^\circ C - 22,5^\circ C}{22,5^\circ C - 14,2^\circ C} - 222g = -16g$$

4. Messung:

$$W = m_2 \cdot \frac{T_2 - T_3}{T_3 - T_1} - m_1 = 218g \cdot \frac{35^\circ C - 25,1^\circ C}{25,1^\circ C - 13,6^\circ C} - 160g = 27,7g$$

Auch hier haben wir einen negativen Wert erhalten; die Messung bzw. die gesamte Meßmethode ist folglich ziemlich ungenau.

Berechnung des Mittelwertes

Zur Berechnung des Mittelwertes des Wasserwerts nehmen wir nur die positiven Ergebnisse.

$$W_M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i = 16,7 \text{ g}$$

5.1.3 Berechnung des relativen Fehlers des Wasserwertes

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \langle x \rangle)^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{3-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \langle 16,7 \text{ g} \rangle)^2}$$

$$\sigma = 10$$

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{10 \text{ g}}{\sqrt{3}} = 5,8 \text{ g}$$

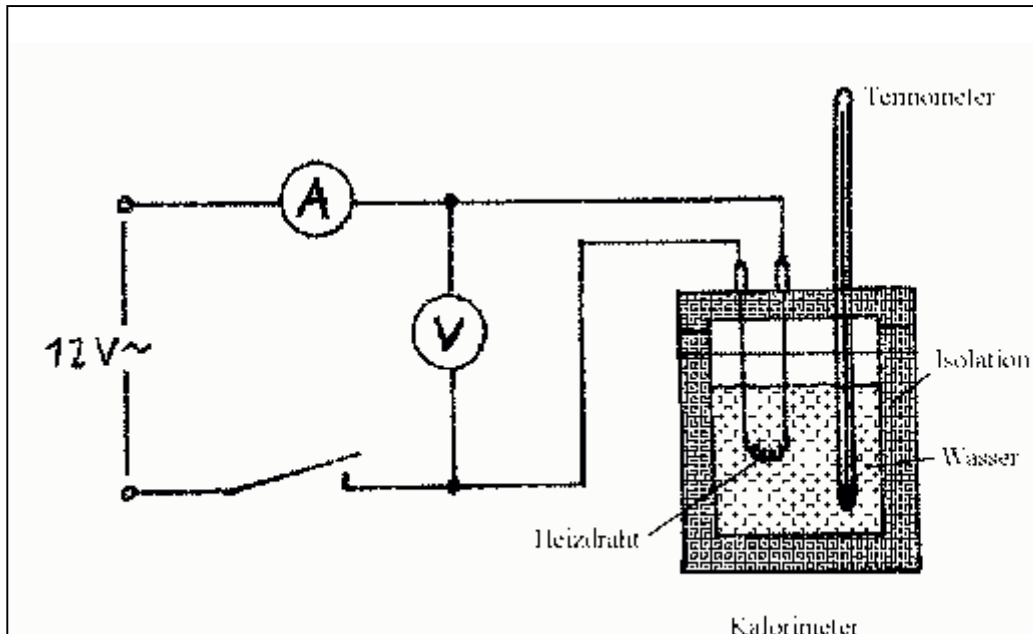
$$\frac{m}{\langle x \rangle} = \frac{5,8 \text{ g}}{16,7 \text{ g}} = 0,35 = 35\%$$

5.2.1 Messung der spezifischen Wärmekapazität von Wasser

Das Kalorimeter wird wieder mit kaltem Wasser gefüllt, der Temperatenausgleich abgewartet und die Ausgleichstemperatur T_1 notiert. Nun schalten wir den Strom für die Heizspirale im Kalorimeter ein und starten die Stoppuhr. Während wir darauf warten, daß die Endtemperatur erreicht wird kontrollieren wir laufend die Spannung und den Strom durch die Heizspirale mit den angeschlossenen Meßgeräten. Die Endtemperatur soll ebensoweit über der Raumtemperatur liegen, wie die Anfangstemperatur darunter. Um eine gleichmäßige Wärmeverteilung im Kalorimeter zu Erreichen wird während der gesamten Erwärmungsphase das Wasser „umgerührt“. Nachdem die Endtemperatur erreicht wurde schalten wir den Strom ab und beobachten noch eine Weile die Temperaturentwicklung, da die Temperatur noch nicht gleichmäßig genug verteilt ist und die Heizspirale möglicherweise noch Wärme an das Wasser und Kalorimeter abgibt. Als nun endlich die Temperatur stehen bleibt, notieren wir diese als Temperatur T_2 . Da die uns zur Verfügung stehende Zeit zu ende ist, müssen wir die Wiederholung der Messung entfallen lassen.

Meßwerte:

	m	T_A	T_E	U	I	t
1. Messung	240g	13,5°C	30,4°C	11,7V	4,8A	337s



Versuchsaufbau zur Messung der spezifischen Wärmekapazität von Wasser

5.2.3 Berechnung der spezifischen Wärmekapazität von Wasser

$$c_{H_2O} = \frac{U \cdot I \cdot t}{(m + W) \cdot (T_E + T_A)} = \frac{11,7V \cdot 4,8A \cdot 337s}{(240g + 16,7g) \cdot (30,4^\circ C - 13,5^\circ C)} = 4408 \frac{J}{Kg \cdot K}$$

5.2.4 Berechnung des relativen Fehler

Da eine Fehlerberechnung mehrere Messungen erfordert, diese aber aus oben genannten Gründen nicht durchgeführt werden konnten (Zeitmangel), müssen wir darauf verzichten. Deshalb berechnen wir den Fehler mit Hilfe des recht genauen Literaturwert.

$$\frac{c_{Mes}}{c_{Lit}} = \frac{4408 \frac{J}{Kg \cdot K}}{4186 \frac{J}{Kg \cdot K}} = 1,053$$

Unser Spezifische Wärmekapazität liegt also etwa 5,3% über dem gebräuchlichen Literaturwert.

5.2.4 Auswirkung der Ungenauigkeit des Wasserwertes

Die Formel zur Bestimmung der spezifischen Wärmemenge errechnet sich aus

$$c_{H_2O} = \frac{U \cdot I \cdot t}{(m + W) \cdot (T_E - T_A)}$$

Der Wasserwert wirkt sich im allgemeinen nicht sehr stark aus, da dieser zur Masse des Wassers dazuaddiert wird und dieser im Vergleich zur Masse des Wassers eher gering ist. Die Ungenauigkeit spielt also eine eher untergeordnete Rolle.

5.2.5 Herleitung der Bestimmungsgleichung für die spezifische Wärmemenge

Führt man einem Körper Energie in Form von Wärme zu, so errechnet sich die zugeführte Wärmemenge aus der Anfangstemperatur T_A , der Endtemperatur T_E und der Wärmekapazität des Körpers nach folgender Formel:

$$Q = C * (T_E - T_A)$$

C ist dabei die Gesamtwärmekapazität von Kalorimeter und Wasser.

$$C = C_{Kal} + C_{H_2O}$$

Daraus folgt:

$$Q = (C_{Kal} + C_{H_2O}) * (T_E - T_A)$$

Die Wärmekapazität des Kalorimeters setzt sich dabei aus allen Teilen des Kalorimeters zusammen und muß als ganzes betrachtet werden. Um die Wärmekapazität des Kalorimeters zu ersetzen, setzen wir dafür den zuvor bestimmten Wasserwert ein.

$$W = \frac{C_{Kal}}{C_{H_2O}}$$
$$C_{KAL} = W * C_{H_2O}$$

Daraus folgt:

$$Q = (C_{H_2O} + W * C_{H_2O}) * (T_E - T_A)$$

Die spezifische Wärmemenge ist ja die auf die Masse m bezogene Wärmekapazität C.

$$c = \frac{C}{m}$$
$$C = m * c$$

Daraus folgt:

$$Q = (C_{H_2O} * m + W * C_{H_2O}) * (T_E - T_A)$$

$$Q = C_{H_2O} * (m + W) * (T_E - T_A)$$

$$C_{H_2O} = \frac{Q}{(m + W) * (T_E - T_A)}$$

Da die Wärmemenge Q nach dem Energieerhaltungssatz gleich der zugeführten elektrischen Energie ist (unter Vernachlässigung des Wärmeverlusts des Kalorimeter; wir nehmen den Idealfall an, daß das Kalorimeter ein hundertprozentige Isolierung besitzt und kein Wärmeausgleich mit der Umgebung stattfindet.), können wir Q durch $U * I * t$ ersetzen. Daraus ergibt sich für die spezifische Wärmemenge folgende Formel:

$$C_{H_2O} = \frac{U * I * t}{(m + W) * (T_E - T_A)}$$