

Aufgabe:

Bestimmen Sie die spezifische Wärme (ältere Bezeichnung: spezifische Wärmekapazität) von Wasser mit einem Tauchsiederexperiment.

Achtung:

Schalten Sie den Tauchsieder nur dann ein, wenn die Heizwendel vollständig in das Wasser eintaucht!

Grundlagen:

Jede Energiezufuhr, bei der die kinetische Energie der Atome oder Moleküle (ungeordnete Bewegung) erhöht wird, bewirkt eine Temperaturerhöhung des betreffenden Materials. Diese Temperaturzunahme ist proportional zur aufgenommenen Energie. Die spezifische Wärme c ist definiert durch:

$$c = \frac{\text{aufgenommene Energie}}{\text{Masse} \cdot \text{Temperaturzunahme}} = \frac{\Delta W}{m \cdot \Delta T} \quad (1)$$

Die spezifische Wärme ist für jeden Stoff eine charakteristische Konstante, ihre Abhängigkeit von der absoluten Temperatur ist im Temperaturbereich dieses Experiments vernachlässigbar klein.

Die spezifische Wärme von Wasser lässt sich experimentell durch kalorimetrische Messung der Jouleschen Wärme eines stromdurchflossenen Leiters bestimmen. Durch einen Tauchsieder, der an der Spannung U liegt, fließt während der Zeit t der Strom I . Die Energiezufuhr beträgt somit:

$$\Delta W = U \cdot I \cdot t \quad (2)$$

Diese Energiezufuhr ΔW bewirkt im Kalorimeter eine Temperaturerhöhung von der Anfangstemperatur T_1 auf die Endtemperatur T_2 . Neben dem Wasser im Kalorimeter nimmt auch das Kalorimeter selbst Energie auf und es gilt:

$$\Delta W = (m_W \cdot c_W + m_K \cdot c_K) \cdot (T_2 - T_1). \quad (3)$$

Die Größe $m_K \cdot c_K = C_K$ nennt man Wärmekapazität des Kalorimeters. Aus Gleichung (2) und (3) folgt:

$$c_W = \frac{U \cdot I \cdot t}{\left(m_W + \frac{C_K}{c_W}\right) \cdot (T_2 - T_1)} \quad (4)$$

In einem Vorversuch wird das Verhältnis $\frac{C_K}{c_W}$ mit der so genannten Mischungsmethode bestimmt. In das mit

Wasser der Masse m_A und der Temperatur T_A gefüllte Kalorimeter wird Wasser der Masse m_B und der Temperatur T_B zugegossen. Mit der Zeit stellt sich ein Gleichgewicht mit der Temperatur T_M ein. Auf Grund des Energiesatzes gilt, dass die vom zugegossenen Wasser abgegebene Energie ΔW_B

$$\Delta W_B = m_B \cdot c_W \cdot (T_B - T_M) \quad (5)$$

gleich groß ist wie die vom Kalorimeter und dem darin enthaltenen Wasser aufgenommenen Energie ΔW_A .

$$\Delta W_A = (m_A \cdot c_W + C_K) \cdot (T_M - T_A). \quad (6)$$

Aus $\Delta W_A = \Delta W_B$ folgt:

$$\frac{C_K}{c_W} = m_B \cdot \frac{T_B - T_M}{T_M - T_A} - m_A \quad (7)$$

Durchführung:

Vor- und Hauptversuch werden in einem Zuge bei fortlaufend gemessener Zeit (Stoppuhr) durchgeführt. Zum Vorversuch benötigen Sie destilliertes Wasser mit einer Temperatur von etwa 50°C . Dieses Wasser wird in einem Vorratsgefäß vorbereitet. Wiegen Sie zunächst das leere Kalorimeter mit Deckel. Füllen Sie das Kalorimeter dann etwa bis zur Hälfte mit destilliertem Wasser von Raumtemperatur T_A . Wiegen Sie das

Kalorimeter zur Bestimmung der Wassermasse m_A noch einmal. Messen Sie zur Kontrolle des Temperaturganges mehrere Minuten lang jede Minute die Temperatur T_A und notieren Sie diese. Mischen Sie das Wasser durch ständige – behutsame – Bewegung des Mischers. Nachdem Sie die Temperatur T_B des warmen Wassers im Vorratsgefäß bestimmt haben, gießen Sie soviel von diesem Wasser in das Kalorimeter hinzu, bis der Wasserspiegel etwa 3 cm unter dem Rand steht. Rühren Sie fünf bis zehn Minuten lang ständig und lesen Sie jede Minute die Temperatur ab. Die Anfangstemperatur der Mischung ist T_M . Die Masse m_B des zugegossenen warmen Wassers wird erst nach dem Hauptversuch bestimmt. Anschließend beginnt der Hauptversuch: Der Tauchsieder wird eingeschaltet. Zur Bestimmung der zugeführten Energie wird die Spannung U , die Stromstärke I und die Zeit t gemessen. Rühren Sie ständig und lesen Sie wie zuvor in Abständen von einer Minute das Thermometer ab. Notieren Sie jeweils auch immer die Spannung und den Strom, um eventuelle Schwankungen berücksichtigen zu können. Schalten Sie den Tauchsieder aus, kurz bevor die Wassertemperatur 50°C erreicht. Das geschieht sinnvollerweise bei einer vollen Minute. Verfolgen Sie die Temperatur noch etwa zehn Minuten lang weiter. Führen sie anschließend die dritte Wägung durch, um m_B zu ermitteln. Leeren Sie nach Beendigung des Versuchs das Kalorimeter und lassen Sie es offen stehen.

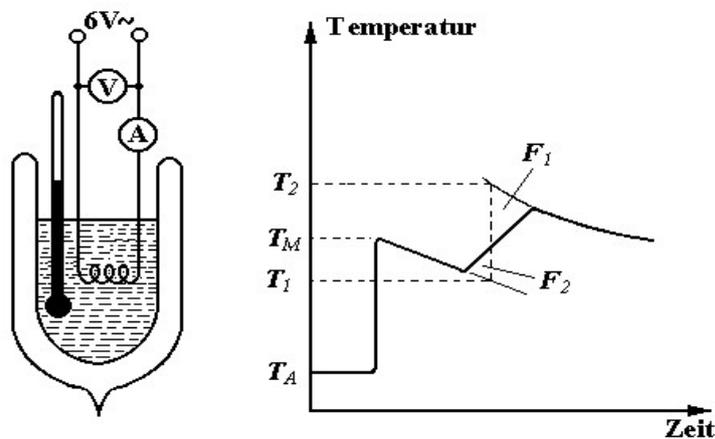


Abbildung 1: Skizze vom Versuchsaufbau und der Messkurve

Auswertung:

Tragen Sie die gemessenen Temperaturen in Abhängigkeit von der Zeit auf Millimeterpapier auf, wobei sich eine Kurve wie in der Abbildung ergibt. Die in Formel (4) eingehenden Temperaturen T_1 und T_2 werden wie folgt graphisch ermittelt: Extrapolieren Sie diejenigen Äste des Temperaturverlaufes, die negative Steigung haben. Zeichnen Sie eine senkrechte Gerade gemäß der Abbildung so ein, dass $F_1 = F_2$ wird (Erklärung siehe Walcher S 109/110). Dann sind die Y-Koordinaten der Schnittpunkte der Senkrechten mit den extrapolierten Geraden gerade die gesuchten Temperaturen T_1 und T_2 . Mit diesem Verfahren wird die - in einer endlichen Zeit erfolgte - Energiezufuhr in eine unendlich schnelle überführt. Auf diese Weise haben Sie die während des Versuchs erfolgte Energieabgabe an die Umgebung eliminiert. Berücksichtigen Sie bei der Berechnung von ΔW nach Gleichung (2) die auftretenden Spannungsschwankungen, Stromschwankungen, sowie den Spannungsabfall am Amperemeter. Der Innenwiderstand des Amperemeters ist auf dem Gerät angegeben. Die in Gleichung (4) eingehende Wassermasse ist $m_W = m_A + m_B$.

Millimeterpapier ist mitzubringen!

Literatur

Gerthsen-Kneser-Vogel, Physik;
Walcher, Praktikum der Physik;
Westphal, Physikalisches Praktikum.