

# 1 Wärmelehre

*1. Dezember 2016*

LUKAS BÜHLER, JÉRÔME LANDTWING  
(M4A)

Markus Hägi, KSA

In diesem Praktikum war es das Ziel die Wärmekapazität von Wasser zu bestimmen und die Wärmeverluste zu erfassen.

## 1 Theorie

Beim Erwärmen eines Körper wird Energie in Form von Wärme ( $\Delta Q$ ) hinzugefügt. Die Temperatur des Körpers hat vor dem Erhitzen eine Anfangstemperatur  $\vartheta_1$  und nach der Erhitzung einen Endwert  $\vartheta_2$ . Die Temperaturerhöhung  $\Delta\vartheta$  ergibt sich aus:

$$\Delta\vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_1 \quad (1)$$

Die Temperaturerhöhung ist proportional zur Masse des Körpers und lässt sich in folgenden Bezug zur Wärmeenergie stellen:

$$\Delta Q = c * m * \Delta\vartheta \quad (2)$$

$c$  ist eine Materialkonstante für Wärme und ist vom Material des Körpers abhängig. Sie heisst spezifische Wärmekapazität.

$$C = \frac{\delta Q}{m * \delta\vartheta} \quad (3)$$

Sie hat die Einheit  $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$  und beschreibt wie viel Energie es braucht um ein Material zu erhitzen.

Diese Prinzipien lassen sich auch auf Flüssigkeiten übertragen. In diesem Praktikum erhitzen wir Flüssigkeiten mit einem Tauchsieder, welcher eine Widerstandsheizung ist. Das heisst er produziert Wärme mit elektrischem Strom durch einen im Stromkreis enthaltenen Widerstand.

Man kann die Wärmemenge wie folgt berechnen:

$$\vartheta Q = U \cdot I \cdot \Delta t \quad (4)$$

Beim Heizen gibt es im Normalfall auch Wärmeverluste. Es gibt also einen weiteren Punkt, welchem man Beachtung schenken muss bei der Berechnung der Wärmekapazität. Ebenfalls ändert sich der Fehler von dem Wert der Wärmekapazität. Man kann natürlich versuchen die Wärmeverluste durch eine gute Isolierung möglichst klein zu halten. Bei Flüssigkeiten erhitzt man trotz einer Isolierung das Gefäss aber trotzdem mit. Man kann mit der Spezifischen Wärmekapazität des Gefässes hingegen die zum Gefäss zugeführte Energie von der gesamten zugeführten Energie abziehen und somit eine genauere Wärmekapazität für die Flüssigkeit berechnen.

$$\Delta Q_{\text{effektiv}} = \Delta Q_{\text{zugeführt}} - \Delta Q_{\text{Gefäss}} \quad (5)$$

Man kann mit den Obigen Methoden auch den Wärmeaustausch zwischen Festkörpern und Flüssigkeiten anschauen. Wenn man zum Beispiel einen heisseren Körper

in ein kaltes Wasserbad taucht so wird sich das Wasser erhitzen und am Ende werden der Festkörper und das Wasser beide dieselbe Endtemperatur haben. In diesem Fall kann die folgende Gleichung aufstellen:

$$\Delta Q_K = c_K \cdot m_K \cdot (\vartheta_K - \vartheta) \quad (6)$$

$$\Delta Q_W = c_W \cdot m_W \cdot (\vartheta - \vartheta_W) \quad (7)$$

$$C_K = c_W \cdot \frac{m_W \cdot (\vartheta - \vartheta_W)}{m_K \cdot (\vartheta_K - \vartheta)} \quad (8)$$

Wobei  $\Delta Q_K$  für den Wärmeänderung des Körpers steht,  $c_K$  ist der Wärmekapazität des Festkörpers,  $m_K$  die Masse des Körpers,  $\vartheta_K$  ist die Anfangstemperatur des Körpers und  $\vartheta$  die gemeinsame Gesamttemperatur. Dasselbe lässt sich für die Flüssigkeit aussagen und somit steht  $Q_W$  für die Wärmeänderung des Wassers,  $c_W$  für die Wärmekapazität von Wasser,  $m_W$  für das Gewicht des Wassers,  $\vartheta_W$  für die Anfangstemperatur des Wassers und  $\vartheta$  wieder für die gemeinsame Gesamttemperatur. Mit der erhaltenen Gleichung können wir nun die spezifische Wärmekapazität des Festkörpers berechnen und wir werden sie in diesem Praktikum verwenden.

## 2 Grundprogramm: Heizen von Wasser

Im Grundprogramm war es die Aufgabe Wasser aufzuheizen und mit den benötigten Daten die spezifische Wärmekapazität von Wasser zu berechnen.

### 2.1 Aufbau

Der Versuchsaufbau bestand aus einem Stromkreis mit dem Tauchsieder, welcher in einem Gefäß gefüllt mit Wasser weilte. In diesem Gefäß war ausserdem ein Thermometer platziert um die Temperatur der Flüssigkeit abzulesen. Das Gefäß war mit EPS isoliert um Wärmeverluste zu vermeiden, sie konnten jedoch nicht ausgeschlossen werden. (Zum Wärmeverlust kommen wir im Wahlversuch "Wärmeverluste" noch einmal.) Der Stromkreis bestand aus einer Spannungsquelle, dem Netzteil, sowie einem Schalter und dem schon genannten Tauchsieder, welcher durch einen elektrischen Widerstand wärme produzierte. Der Tauchsieder war bestand aus einem gewickelten Konstantan Draht mit bestimmter Länge, welchen wir zuvor selbst abgeschnitten und gewickelt hatten. Nun wurde das Gefäß mit IT-Wasser bestimmter Masse gefüllt und ein EPS-Deckel aufgesetzt.

Im Versuch wurde nun die Raumtemperatur gemessen sowie die Temperatur des Wassers und dann das Wasser erhitzt für genau 5 Minuten, welche mit einer Stoppuhr gemessen wurden.

### 2.2 Ergebnisse

Wir starteten mit einer Anfangstemperatur von  $(22,2 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ , nach Erhitzung des Wassers für  $(300 \pm 1)$  s hatte das Wasser eine Temperatur von  $(32,3 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ ,

also eine Temperaturdifferenz von  $(10,1 \pm 0,5)$  K. Das erhitzte Wasser hatte eine Masse von  $(310,7 \pm 0,1)$  g und das Netzteil zeigte für die Fließende Spannung  $(15,00 \pm 0,01)$  V und für die Stromstärke  $(3,40 \pm 0,05)$  A an. Nun setzten wir alle erhaltenen Werte in diese Gleichung ein:

$$\Delta Q = U \cdot I \cdot \Delta t \quad (9)$$

Wir erhielten für  $\Delta Q$ , also die Wärmeenergie  $(15,3 \pm 0,3)$  kJ und errechneten daraus mit der Nachfolgenden Gleichung die spezifische Wärmekapazität für Wasser.

$$C = \frac{U \cdot I \cdot \Delta t}{m \cdot \Delta \vartheta} \quad (10)$$

Für diese erhielten wir  $(4,88 \pm 0,33) \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

## 2.3 Diskussion

Die von uns Erhaltene Wärmekapazität ist einiges höher als der Literaturwert von  $4,182 \text{ kJ/kgK}$  (Quelle?) Wir erhielten  $(4,88 \pm 0,33) \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$  und selbst mit dem Fehler kommen wir nicht an den Literaturwert heran. Wir haben jedoch alle Wärmeverluste noch völlig vernachlässigt und das wird der Hauptgrund sein für diese hohe spezifische Wärmekapazität von Wasser.

# 3 Wahlversuche

## 3.1 Wärmeverluste

Die Wärmeverluste beim Grundversuch lassen sich unter einigen Annahmen noch nachträglich berechnen. Zuerst nehmen wir an, dass sich das Becherglas gleich erhitzt hat wie das Wasser. Dann kann man die aufgenommene Wärme vom Becherglas berechnen mit dessen spezifischen Wärmekapazität, diese wäre bei Glas  $(0,91 \pm 0,1) \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ .

Die zweite Annahme bezieht sich auf die EPS-Isolierung. Dort kann man annehmen, dass die Endtemperatur der Mittelwert zwischen der Endtemperatur des Wassers und der Zimmertemperatur ist. Die spezifische Wärmekapazität von EPS ist  $(1,3 \pm 0,1) \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ .

### 3.1.1 Ergebnisse und Diskussion

Für die aufgenommene Wärme des Becherglases errechneten wir  $(2,56 \pm 0,17)$  kJ, für die EPS-Umhüllung  $(1,42 \pm 0,10)$  kJ. Mit diesen errechneten wir den verbesserten Wert für die spezifische Wärmekapazität des Wassers.

$$\Delta Q_{\text{effektiv}} = \Delta Q_{\text{zugeführt}} - \Delta Q_{\text{Gefäß}} \quad (11)$$

$$C = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta \vartheta} \quad (12)$$

Für die  $\Delta Q^*$  erhielten wir  $(11,3 \pm 0,9)$  kJ und für  $c^*$   $(3,61 \pm) \frac{kJ}{kg \cdot K}$ . Dieser Wert für die spezifische Wärmekapazität von Wasser ist viel zu klein im Vergleich zum Literaturwert.

## 3.2 Wärmeaustausch von Schrot auf Siedetemperatur

Im letzten Teil dieses Praktikums schauten wir uns noch den Wärmeaustausch zwischen Festkörpern und Flüssigkeiten an. Das Endziel war es die spezifische Wärmekapazität von Kupferschrot zu berechnen.

### 3.2.1 Aufbau und Ablauf

Wir füllten das Glasgefäß von vorhin mit kaltem Wasser und massen dessen Temperatur und Gewicht. Die spezifische Wärmekapazität von Wasser konnten wir aus der Literatur entnehmen, diese wäre  $4,182 \frac{kJ}{kg \cdot K}$ . Anschliessend massen wir das Gewicht des Kupferschrotes und erhitzen dies in einem Erlenmeyerkolben mit siedendem Wasser über einer Gasflamme. Sobald sich keine Tröpfchen mehr am Schrot bildeten hatte dies die Siedetemperatur des Wassers ( $98^\circ \text{C}$ ). Sobald dies der Fall war wurde das Schrot aus dem Erlenmeyerkolben genommen und sofort ins kalte Wasser getaucht. Nun musste man vorsichtig mit dem Thermometer rühren und die Maximaltemperatur aufschreiben.

### 3.2.2 Ergebnisse

Mit der maximal erreichten Temperatur und den nötigen Daten liess sich dann die spezifische Wärmekapazität von Kupfer errechnen. Für diese erhielten wir  $(0,36 \pm 0,09) \frac{kJ}{kg \cdot K}$ .

### 3.2.3 Diskussion

Der Literaturwert der spezifischen Wärmekapazität von festem Kupfer ist  $0,382 \text{ kJ/kgK}$ , was unserem Wert von  $(0,36 \pm 0,09) \frac{kJ}{kg \cdot K}$  sehr nahe kommt.