

Spezifische Wärme

Lerninhalte

man informiere sich über:

- Arbeit und Leistung bei elektrischem Strom
- Wärmekapazität und spezifische Wärmekapazität von Körpern
- Energieerhaltungssatz, Energiebilanz

Literatur:

- Walcher, W: Praktikum der Physik, Kap. 3.1
- Gerthsen, Kneser, Vogel: Physik, Kap. 5.1

Wärmemenge, Wärmekapazität und spezifische Wärmekapazität

Erwärmt man einen Körper von der Anfangstemperatur T_A auf die Endtemperatur T_E , so wird die zugeführte Wärmemenge Q wie folgt geschrieben:

$$Q = C \cdot (T_E - T_A)$$

Dabei ist C definiert als die sogenannte Wärmekapazität des betreffenden Körpers. Die Wärmekapazität ist innerhalb nicht zu großer Temperaturbereiche in vielen praktischen Fällen weitgehend konstant, vorausgesetzt daß keine Änderung des Aggregatzustandes oder der Kristallmodifikation eintritt. Die zugeführte bzw. abgeführte Wärmemenge ist somit direkt proportional der Temperaturänderung.

Als spezifische Wärmekapazität c bezeichnet man die auf die Masse m bezogene Wärmekapazität.

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

Die spezifische Wärmekapazität ist im Unterschied zur Wärmekapazität eine Materialeigenschaft, sie eignet sich deshalb zum Vergleich verschiedener Stoffe.

Die dem Kalorimeter zugeführte elektrische Energie wird durch einen ohmschen Widerstand in Joule'sche Wärme umgewandelt. Taucht man den Widerstand in Form einer Heizspirale in ein wärmeisoliertes mit Wasser gefülltes Gefäß (Kalorimeter), so gilt bei Vernachlässigung des Wärmeaustausches mit der Umgebung und unter Berücksichtigung des Energieerhaltungssatzes für dieses abgeschlossene System:

$$U \cdot I \cdot t = C \cdot (T_E - T_A)$$

Die Gesamtwärmekapazität C dieser Anordnung besteht aus der Wärmekapazität des eingefüllten Wassers und der des Kalorimeters

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

Die Wärmekapazität des Kalorimeters setzt sich in unübersichtlicher Weise aus den Beiträgen aller Kalorimeterteile (Glasgefäß, Heizspirale, Temperaturfühler, Rührwerk) zusammen und kann deshalb nur als Ganzes betrachtet werden.

Anstelle der Wärmekapazität C_{Kal} führen wir den sogenannten Wasserwert W des Kalorimeters ein.

$$W = \frac{C_{Kal}}{c_{H_2O}}$$

Der Wasserwert ist die dem Kalorimeter thermisch äquivalente Wassermasse, also diejenige Wassermasse, die die gleiche Wärmekapazität wie des Kalorimeter besitzt.

Aus dieser Überlegung ergibt sich die Bestimmungsgleichung für die spezifische Wärmekapazität des Wassers wie folgt

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

Der Wasserwert W des Kalorimeters muß dazu in einem gesonderten Vorversuch ermittelt werden

Bestimmung des Wasserwertes

1. Leermessung

Das Kalorimeter wird mit kaltem Leitungswasser gefüllt. Warten Sie den Temperatúrausgleich ab und bestimmen Sie die Temperatur T_1 . Das Kalorimeter wird nun vollständig entleert und möglichst rasch mit warmem Wasser der Temperatur T_2 gefüllt, dessen Temperaturdifferenz zur Umgebungstemperatur in etwa gleich der Temperaturdifferenz des kalten Wassers zur Umgebungstemperatur sein sollte. Nach kurzer Zeit stellt sich die Mischtemperatur T_3 ein. Man verfolge den Gang der Temperatur auch noch über den vermuteten Temperatúrausgleich hinaus, um die Mischtemperatur vor Beginn der langsamen Abkühlung möglichst genau festlegen zu können. Die vom Kalorimeter aufgenommene Wärmemenge ist dabei gleich der vom eingefüllten Wasser abgegebenen Wärmemenge:

$$C_{Kal} \cdot (T_3 - T_1) = c_{H_2O} \cdot m \cdot (T_2 - T_3)$$

Wegen $C_{Kal} = c_{H_2O} \cdot W$ folgt damit für den Wasserwert W

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

2. Mischungsverfahren

Das Kalorimeter wird zur Hälfte mit kaltem Leitungswasser gefüllt (Masse m_1) und der Temperaturausgleich abgewartet. Die Temperatur T_1 wird gemessen. Dann wird ohne vorangegangene Entleerung rasch eine Wassermasse m_2 mit warmem Wasser der Temperatur T_2 hinzugegeben. Es stellt sich eine Mischtemperatur T_3 ein die wie bei der Leermessung bestimmt wird. Für die Energiebilanz gilt

$$(C_{Kal} + c_{H_2O} \cdot m_1) \cdot (T_3 - T_1) = c_{H_2O} \cdot m_2 \cdot (T_2 - T_3).$$

Mit $C_{Kal} = c_{H_2O} \cdot W$ folgt somit

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

Messung der spezifischen Wärmekapazität von Wasser

Das Kalorimeter wird mit kaltem Wasser gefüllt und der Temperatúrausgleich abgewartet. Dann schaltet man den Strom ein und erwärmt auf eine Endtemperatur, die ebensoweit über der Anfangstemperatur liegt, wie die Anfangstemperatur darunter. Dabei kompensiert die in der ersten Hälfte des Versuchs dem Kalorimeter aus der Umgebung zuströmende Wärmemenge nahezu die in der zweiten Hälfte nach außen abgegebene Wärmemenge. Die Erwärmung sollte aber mindestens bis 30°C gehen.

Während der Messung sind Strom und Spannung laufend zu kontrollieren. Durch stetiges Umrühren sorgt man für eine möglichst gleichmäßige Temperaturverteilung. Verfolgen Sie den Gang der Temperatur auch noch kurzzeitig über den vermuteten Temperatúrausgleich hinaus, um die Endtemperatur vor Beginn der langsamen Abkühlung genau festlegen zu können.

Wiederholen Sie alle Messungen einschließlich der Wasserwertbestimmung mit verschiedenen Wassermengen.

Aufgaben:

5.1 Bestimmung des Wasserwertes

Bestimmen Sie den Wasserwert des Kalorimeters mit jeweils zwei Messungen durch Leermessung und mit dem Mischungsverfahren.

Auswertung:

1. Beschreiben Sie die Versuchsdurchführung.
2. Berechnen Sie den Wasserwert W des Kalorimeters als Mittelwert der Einzelmessungen.
3. Geben Sie den relativen Fehler der Wasserwertmessung bei den verschiedenen Verfahren an.

5.2 Spezifische Wärmekapazität des Wassers

Bestimmen Sie die spezifische Wärmekapazität des Wasser mit mindestens drei Messungen unter verschiedenen Versuchsbedingungen.

Auswertung:

1. Beschreiben Sie die Versuchsdurchführung.
2. Berechnen Sie die spezifische Wärmekapazität des Wassers als Mittelwert der Einzelmessungen.
3. Geben Sie den Fehler bei dieser Messung an (Fehlerfortpflanzung).
4. Wie wirkt sich die Ungenauigkeit der Wasserwertbestimmung auf die Meßungenauigkeit der spezifischen Wärmekapazität aus?

5. Leiten Sie die Bestimmungsgleichung für die spezifische Wärmekapazität des Wassers her.