

Energie - Wärmespeicherung und Wärmeumsatz

1.) Spezifische Wärmekapazität von Wasser

F Unter der spezifischen Wärmekapazität c eines Stoffes versteht man die Energie, die man zuführen muß, um 1 kg dieses Stoffes um 1 °C zu erwärmen. Dieser Wert hängt von verschiedenen Eigenschaften des Stoffes ab und unterscheidet sich von Stoff zu Stoff beträchtlich! Suche in geeigneten Büchern 3 möglichst hohe und 1 möglichst niedrigen Wert :

.....

E/P Bestimme mit den vorliegenden Geräten möglichst genau die spezifische Wärmekapazität von Wasser. Erwärme dazu 100 ml Wasser im Kalorimeter mit dem Tauchheizer von einer Anfangstemperatur T_1 auf T_2 bei genauer Bestimmung von Stromstärke, Spannung und Einschaltzeit (9 V Wechselspannung !, etwa 200 s, ständig umrühren und Temperaturmaximum abwarten !). Bestimme die Temperaturänderung und berechne aus der **Gleichsetzung von zugeführter elektrischer Energie und aufgenommener Wärmeenergie** die spezifische Wärmekapazität des Wassers :

$$U \cdot I \cdot t = c \cdot m \cdot \Delta T \quad (\Delta T = T_2 - T_1)$$

el. Energie aufgenommene Wärme

Vergleiche deinen berechneten Wert mit dem theoretischen Wert und gib Gründe für die Abweichung zwischen Theorie und Messung an.

$c_{\text{berechnet}} = \dots\dots\dots$ $c_{\text{th}} = \dots\dots\dots$ (Einheit !!)

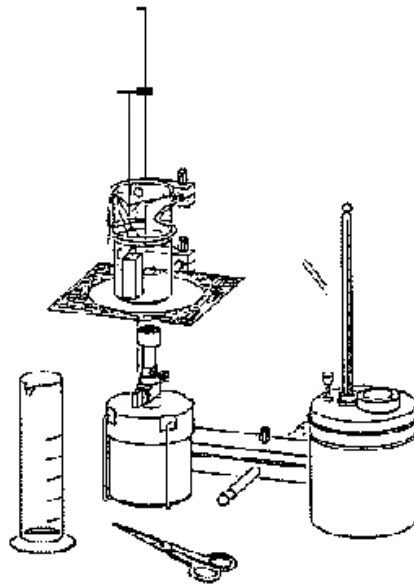
Gründe für Abweichungen:

.....



2.) Spezifische Wärmekapazität von Eisen

- E** Bestimme mit den vorliegenden Geräten möglichst genau die spezifische Wärmekapazität von Eisen.
 Bestimme dazu die Masse m_{Fe} des vorliegenden Eisenquaders und befestige ihn an einem Stück Zwirn und hänge ihn so ins Wasser, dass er den Boden nicht berührt!
 Erhitze das Wasserbad langsam auf etwa $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (T_2) und rühre ständig um!
 Bereite parallel dazu im Kalorimeter etwa 100 ml kaltes Wasser vor und bestimme dessen Masse m_{W} und Temperatur T_1 .



Der heiße Eisenquader wird dann möglichst rasch vollständig in das kalte Wasser getaucht und die sich nach einiger Zeit einstellende Mischtemperatur T_m bestimmt.

Aus der Gleichsetzung der vom Eisenquader abgegebenen Energie mit der vom Wasser aufgenommenen Wärmeenergie kann bei bekannter spezifischer Wärmekapazität des Wassers c_{W} die spezifische Wärmekapazität c_{Fe} des Eisens berechnet werden:

$$m_{\text{Fe}} \cdot c_{\text{Fe}} \cdot (T_2 - T_m) = m_{\text{W}} \cdot c_{\text{W}} \cdot (T_m - T_1)$$

$$m_{\text{Fe}} = \dots\dots\dots, \quad m_{\text{W}} = \dots\dots\dots, \quad T_1 = \dots\dots\dots, \quad T_2 = \dots\dots\dots, \quad T_m = \dots\dots\dots$$

$$c_{\text{Fe, berechnet}} = \dots\dots\dots \quad c_{\text{th}} = \dots\dots\dots$$



3.) Mischungstemperaturen

E/P Mische 60 ml Heißwasser (Temperatur T_1) mit 20 ml Kaltwasser (Temperatur T_2) in einem Kalorimeter und bestimme die Mischtemperatur T_m .

Vergleiche die **gemessene** Mischtemperatur T_m mit der **theoretischen** :

$$c_w \cdot m_1 \cdot (T_1 - T_m) = c_w \cdot m_2 \cdot (T_m - T_2)$$

Messung: $T_m = \dots\dots\dots$

Theorie: $T_m = \dots\dots\dots$

Gründe für Abweichungen:

.....

4.) Phasenübergänge

a) Temperaturverlauf während des Erstarrungsvorganges

E Beobachte während der beiden NWL-Stunden fallweise den Temperaturverlauf am Computer, der die Temperatur in abkühlendem und erstarrendem Stearin misst.

Zeichne am Ende das T - t - Diagramm auf die Rückseite des Blattes und gib möglichst genau den Erstarrungspunkt des Stoffes an.

Welche Besonderheit fällt dir beim Temperaturverlauf auf ?

.....

b) Wärmekissen

E Beobachte den Vorgang im Wärmekissen nach Knicken des Metallplättchens. Gib eine kurze Erklärung für deine Beobachtungen:

.....

.....

c) Eierkocher

T Informiere dich anhand des bereitgestellten Artikels über die Funktionsweise eines modernen Eierkochers. Welches Phänomen der Aggregatzustandsänderungen wird hier genutzt :

.....



5.) Energieumsatz mit Bunsenbrenner - Wirkungsgrad

T Führt man Wasser Energie mit einem Bunsenbrenner zu, geht im Allgemeinen ein großer Teil der vom Brenner freigesetzten Energie als Abwärme verloren, der Rest führt zur Erwärmung des Wassers und schließlich zu dessen Verdampfung. Mit folgendem Experiment soll aus der Erwärmung von Wasser jener **nutzbare Anteil** der vom Brenner freigesetzten Energie bestimmt werden, der im Wasser "ankommt" sowie die **Verdampfungswärme von Wasser** bestimmt werden (in kJ / kg). Führe das Experiment wie beschrieben durch und mache sorgfältige Aufzeichnungen für die anschließende Auswertung - lies vorher die gestellten Aufgaben kurz durch !

E Gib etwa 200 ml Wasser mit bekannter Masse und Anfangstemperatur in einen Erlenmeyerkolben und bedecke die Öffnung mit einem Stück Karton. Erhitze das Wasser mit einem Bunsenbrenner, **dessen Flamme während des ganzen Versuchs nicht verändert werden darf**, bis zum Sieden - notiere dabei alle 2 Minuten die Temperatur ! (Wähle einen Brenner mit möglichst voller Gaskartusche !!) Sobald das Wasser wallend siedet, notiere den Zeitpunkt und lasse genau 4 Minuten lang Wasser verdampfen. Stelle anschließend den Brenner **mit unveränderter Flamme** einige Minuten auf die Analysenwaage und ermittle die zeitliche Massenabnahme des Butans bei der Verbrennung. Bestimme anschließend auch die Masse des verbliebenen Wassers und berechne die Masse des entwichenen Dampfes !

Schreibe alle Daten übersichtlich auf ein Datenblatt welches du mit abgibst !!

R a) Entnimm deinen Notizen, um wieviel Grad das Wasser während einer bestimmten Zeit, z.B. 360 Sekunden, erwärmt wurde und berechne daraus die nutzbare Energiezufuhr pro Sekunde durch den Bunsenbrenner - die **"Erwärmungsleistung" des Brenners**:

$$P_{\text{Nutz}} = (m_{\text{W}} \cdot c_{\text{W}} \cdot \Delta T) / t = \dots\dots\dots \text{W}$$

b) Vergleiche diesen Wert mit der vom Butan (C_4H_{10}) tatsächlich freigesetzten Energie:

Ermittle dazu mit Hilfe deiner Unterlagen aus der Chemie (**Folie bzw. ppt**) die umgesetzten Enthalpien (Reaktionsgleichung), die freiwerdende Energie je Mol und aus dem gemessenen Butan-Massenumsatz je Sekunde die Leistung des Brenners :

$$\Delta H = \dots\dots\dots \text{kJ / mol} \quad \Delta m / \Delta t = \dots\dots\dots \text{g / s} = \dots\dots\dots \text{mol / s}$$

Leistung des Bunsenbrenners daher: $P_{\text{th}} = \dots\dots\dots \text{W}$

Welcher Prozentsatz der freigesetzten Energie wird also vom Wasser aufgenommen :

$$P_{\text{Nutz}} / P_{\text{th}} = \dots\dots\dots \% \quad \text{Wirkungsgrad der Anlage}$$



Zusatzaufgabe für Interessierte

Bestimmung der Verdampfungswärme

Aus der Dauer der Verdampfung (240 s) und der gemessenen Erwärmungsleistung des Brenners (P_{Nutz}) läßt sich die bei der Verdampfung des Wassers umgesetzte Energie berechnen : $Q = P_{\text{Nutz}} \cdot t$

Die Division dieser Energiemenge durch die Masse des entwichenen Wasserdampfes ergibt die spezifische **Verdampfungswärme Q_v von Wasser** :

$$Q_v = \dots\dots\dots \text{kJ/kg}$$



Beilage 1:

Eierkochen mithilfe der Kondensationswärme

Im Eierkocher wird Wasser erhitzt, sodass Wasserdampf entsteht. Der Wasserdampf kondensiert an der Oberfläche der Eier, das kondensierte Wasser läuft die Eierschale hinunter, tropft zurück in die Heizschale, verdampft wieder und kann erneut am Ei kondensieren. Gleichzeitig verlässt aber auch eine bestimmte Menge Wasserdampf pro Zeiteinheit durch das Loch im Deckel den Eierkocher und steht so nicht mehr für den Garvorgang zur Verfügung. Damit wird auch klar, dass eine größere Wassermenge zu Beginn eine längere Kochzeit bedeutet.

Ein Energieübertrag durch Wärmeleitung vom heißen Wasser auf das Ei muss bei diesem Prozess übrigens nicht berücksichtigt werden, da die Eier im Eierkocher ja nicht im Wasser stehen, und das kondensierte Wasser schnell Tröpfchen bildet, nach unten abläuft und abtropft.

Warum braucht man für mehr Eier weniger Wasser?

Mehr Eier bedeuten auch mehr Oberfläche, an der der Wasserdampf kondensieren kann. Somit kann mehr Wasser wieder in die Heizschale zurückfließen. Das Wasser bleibt damit länger

für den Garvorgang zur Verfügung und mehr Energie kann pro Wassermenge übertragen werden. Man benötigt also von Anfang an weniger Wasser.

Vergleich mit dem Eierkochen im Wasserbad

Um ein weich gekochtes Ei mit dem Eierkocher zu erhalten, muss man etwa 6 Minuten warten. Obwohl die Garzeit hier länger ist als beim klassischen Eierkochen im Wasserbad, spart man deutlich Energie (s. a. [3]):

- Ein Eierkocher mit einer elektrischen Leistung von 350 W benötigt bei einer Kochzeit von 6 Minuten für weiche Eier eine Energie von 0,035 kWh.
- Beim Eierkochen im Wasserbad benötigt man, um alleine um das Wasser – etwa 0,75 l mit einer Anfangstemperatur von 15 °C – zum Kochen zu bringen, eine Energie von 0,074 kWh.

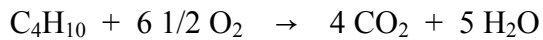
Dies bedeutet eine Energieeinsparung von mindestens 53 % (s. a. [3]), die Energie für den Garprozess und die Verluste durch das Verdampfen des Wassers sind dabei noch gar nicht berücksichtigt.



Beilage 2:**Leistung eines Butangasbrenners**

- a) Bestimmung des Massenumsatzes $\Delta m / \Delta t$ während des Verbrennungsvorganges mit Hilfe der Analysenwaage, angegeben z.B. in Gramm pro Sekunde

- b) Reaktionsgleichung



- c) Enthalpien aus thermodynamischen Datenblatt (in **kJ / mol**) :



- d) Bilanz erstellen : $\Sigma \text{End} - \Sigma \text{Anfang} = \Delta H$ (Gesamtänderung der Enthalpie)

Ist diese negativ, läuft die Reaktion exotherm

- e) Umrechnung in Massenangabe : $1 \text{ mol } \text{C}_4\text{H}_{10} \triangleq 58 \text{ g} !$

- f) Bestimmung der Leistung aus dem bekannten Massenumsatz je Sekunde :

Umgesetzte Energie pro mol : - 2656 kJ / mol

Massenumsatz je Sekunde / 58 = mol - Umsatz je Sekunde

mol - Umsatz je Sekunde $\cdot (-2656 \text{ kJ}) = P_{\text{th}} !$

