

Staatsexamen Physikdidaktik – Unterrichtsfach (nicht vertieft)
Frühjahr 2010, Aufgabe 1: Spezifische Wärmekapazität

1. *Erläutern Sie die Begriffe innere Energie, Wärme, Wärmeleitung und spezifische Wärme aus fachwissenschaftlicher und fachdidaktischer Sicht! Vergleichen Sie diese mit typischen Alltagsvorstellungen der Schüler!*

Erläuterung der Begriffe:

Innere Energie:

Die innere Energie umfasst die auf molekularer Ebene gespeicherte Energie. Diese setzt sich aus der Summe aller Energien aller Teilchen des Systems zusammen. Die innere Energie kann nicht direkt bestimmt werden, sondern nur die Änderung der Energiekomponenten (thermisch, chemisch, kernphysikalisch).

Wärme:

Die Wärme Q (auch Wärmemenge genannt), ist die Energie, die auf Grund von Temperaturdifferenzen zwischen zwei Systemen fließt. Die Wärme ist eine Prozessgröße, also nicht speicherbar.

Wärmeleitung:

Die Wärmeleitung ist diejenige Art der Wärmeübertragung, bei der die Wärmemenge nur zwischen unmittelbar benachbarten Teilchen (Molekülen) in festen oder unbewegten flüssigen und gasförmigen Stoffen übergeht. Die Moleküle an wärmeren Orten übertragen dabei ihre höhere Geschwindigkeit durch Stöße auf die sich langsamer bewegenden Nachbarmoleküle an kälteren Stellen. Wärmeleitung ist niemals mit dem Transport von Teilchen verknüpft. Wärme fließt dabei immer in Richtung geringerer Temperatur.

Spezifische Wärme:

Die spezifische Wärme ist die Wärmekapazität pro Masseneinheit. Sie ist ein Maß für diejenige Energie, die man benötigt, um 1 kg eines Stoffes um 1 K (bzw. 1° C) zu erwärmen.

Alltagsvorstellungen von Schülern:

Wärme:

Die Wärme wird als ein Zustand des Warmseins gesehen, oder auch als eine Art Substanz. Wärme ist verbunden mit höherer Temperatur als die „Normaltemperatur“. Demnach ist die Temperatur der dominante Aspekt bei der Beurteilung, wie viel „Wärme“ zum Erwärmen oder Schmelzen nötig ist. Bsp.: Zwei unterschiedlich große Eiswürfel werden geschmolzen. Bei welchem wird mehr Wärme benötigt, oder wird in beiden Fällen gleich viel Wärme benötigt? Viele meinen, gleich viel – aber der kleine schmilzt schneller. Der Unterschied zwischen Temperatur und Wärme bleibt also meist vage.

Das Wort Wärme hat für die Schüler auch eine „energetische“ Bedeutung. Es fehlen aber Vorstellungen von Umwandlung und Erhaltung. Vielen Schülern bereitet es Schwierigkeiten, dass bei der Umwandlung von Energien eine Energieform auf Kosten der Zunahme der anderen Energieform abnimmt.

Wärmeleitung:

Häufig fehlt eine Vorstellung von thermischer Interaktion. In der Vorstellung der Schüler kühlen sich Gegenstände ab, ohne dass sie in Wechselwirkung mit anderen Gegenständen stehen müssen. Die Temperaturänderung steht einzig in Verbindung mit der Eigenschaft des Gegenstandes. Auch gibt es Schwierigkeiten bei der Vorstellung von thermischem Gleichgewicht. Körper in Kontakt oder in Luft nehmen nicht unbedingt die gleiche Temperatur an. Die Temperaturzuordnung erfolgt über die Eigenschaften des Materials. So sind „heiß“ und „kalt“ Eigenschaften des Materials (Wolle ist warm, Wolle macht warm; Metall ist kalt, Metall macht kalt).

- 2. Begründen Sie, warum die spezifische Wärmekapazität von Wasser Unterrichtsgegenstand im Physikunterricht Ihrer Schulart sein soll und unterstützen Sie Ihre Argumentation mit drei Beispielen!*

Wasser ist ein lebenswichtiges Element, zudem haben die Schüler im Alltag in vielen Situationen Kontakt mit Wasser. So ist es wichtig, dass sie sich im naturwissenschaftlichen Unterricht mit den Eigenschaften von Wasser auseinandersetzen. Dazu gehört auch die spezifische Wärmekapazität von Wasser, die im Vergleich zu anderen Flüssigkeiten sehr hoch ist. Wasser kann also verhältnismäßig viel Energie in Form von innerer Energie speichern, es wird aber auch mehr Energie benötigt, um die Temperatur von Wasser zu erhöhen. Die daraus resultierenden Vor- und Nachteile begegnen den Schülern in vielen Situationen im Alltag (sowohl in der Natur, als auch im Haushalt und in der Technik) und deshalb sollten sie sich dessen bewusst sein. Zudem eignet sich Wasser für die Durchführung von Experimenten, da dies in jeder Schule zur Verfügung steht und Experimente mit Wasser in der Regel problemlos von Schülern durchgeführt werden können.

Die große spezifische Wärmekapazität von Wasser hat eine wichtige Bedeutung für das Klima unserer Erde. Das Meer speichert im Sommer in Folge seiner hohen spezifischen Wärmekapazität bedeutende Energiemengen, ohne sich dabei stark zu erwärmen. Diese Energie wird im Winter wieder abgegeben. Das Klima am Meer ist daher das ganze Jahr über relativ ausgeglichen, und es treten nur geringe Temperaturunterschiede auf. In Gegenden, die weiter vom Meer entfernt sind (Mitte der Kontinente) sind die Temperaturunterschiede wesentlich größer als in meernahen Gegenden.

Täglich verwendet man Wasser zum Kochen. Hierbei muss diesem viel Energie zugeführt werden, um von der Raumtemperatur schließlich zum Sieden gebracht zu

werden. Vergleicht man die nötigen Energiemengen mit anderen Flüssigkeiten, sind diese auf Grund der geringeren Wärmekapazitäten deutlich niedriger.

Auch in der Technik findet die spezifische Wärmekapazität des Wassers viele Anwendungen. Zum Beispiel werden Kernreaktoren mit Wasser gekühlt. Hier ist die große Wärmekapazität von Wasser von Vorteil. So kann die gleiche Menge an Wasser im Vergleich zu anderen Flüssigkeiten deutlich mehr Wärme aufnehmen und somit besser für Kühlung in den Kernreaktoren sorgen. Auch wird Wasser zum Kühlen von Sägen oder Bohrern verwendet.

Sicherlich allen Schülern bekannt ist die Nutzung von Wasser zum Wärmen. In Zentralheizungen erfolgt der Energietransport mittels Wasser. Das erwärmte Wasser, welches sich im Heizkörper befindet, gibt Wärme an die Umgebung ab, so erhöht sich die Temperatur im Raum. Oder auch die Wärmflasche gibt Wärme an die Umgebung mit geringerer Temperatur ab und führt so zu einer Temperaturerhöhung.

3. *Skizzieren Sie eine Unterrichtseinheit zur spezifischen Wärmekapazität! Geben Sie Lernvoraussetzungen, Grob- und Feinlernziele an! Ein Schülerversuch soll zentraler Bestandteil der Unterrichtseinheit sein.*

Unterrichtsstunde zur spezifischen Wärmekapazität von Wasser

Grobziel:

- Die Schüler bestimmen die spezifische Wärmekapazität von Wasser.

Feinziele:

- Die Schüler sind durch ein Alltagsbeispiel motiviert sich mit der Thematik auseinander zu setzen.
- Die Schüler üben durch Experimentieren in Kleingruppen ihre Selbständigkeit und Teamfähigkeit.
- Die Schüler erkennen, dass die Wärmekapazität abhängig ist von der Masse.
- Die Schüler erkennen, dass die spezifische Wärmekapazität eines Materials konstant ist.
- Die Schüler stellen den Zusammenhang $\Delta E = c \cdot m \cdot \Delta \vartheta$ auf.
- Die Schüler lernen, dass die spezifische Wärmekapazität angibt, wie viel Energie benötigt wird um 1 kg eines Stoffes um 1°C zu erwärmen.
- Die Schüler erkennen, dass die Energie des Tauchsieders nicht nur zu einer Temperaturerhöhung des Wassers führt, sondern auch der Umgebung.

Lernvoraussetzungen:

- Die Schüler haben die qualitative Erfahrung gemacht, dass Arbeit zur Änderung der inneren Energie eines Körpers führt (z.B. durch Reibung beim Schleifen).

- Der Zusammenhang zwischen Masse, Volumen und Dichte: $\rho = \frac{m}{V}$ ist bekannt.
- Der Zusammenhang zwischen Leistung, Energie und Zeit: $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$ ist bekannt.
- Die Schüler erkennen die direkte Proportionalität zwischen zwei Größen sowohl an der Quotientengleichheit als auch an der Ursprungshalbgerade im Diagramm.
- Die Schüler können Gleichungen umformen.
- Die Schüler haben Erfahrungen in Schülerübungen und sind in der Lage in kleinen Gruppen Experimente durchzuführen.

Unterrichtsskizze:

In verschiedenen Situationen im Alltag wird Wasser zum Kochen gebracht. Die Schüler werden durch die Frage „Wie viel Energie braucht man zum Teekochen?“ dazu motiviert sich mit der Thematik auseinanderzusetzen. In Kleingruppen (3-4 Schüler) sollen die Schüler dies im Experiment herausfinden. Zuvor wird wiederholt, wie man aus der Leistung des Tauchsieders die zugeführte Energie berechnen kann. Die Lehrkraft erklärt den Arbeitsauftrag und stellt die nötigen Materialien bereit. Auf einem Arbeitsblatt finden die Schüler nochmals die Angaben über benötigte Materialien und die Vorgehensweise. Jede Gruppe erhält einen Tauchsieder, ein Thermometer, eine Uhr, einen Rührstab und einen Behälter für das Wasser. Wobei in jeder Gruppe unterschiedliche Mengen (300/350/400/450/500/550/600 ml) an Wasser verwendet werden sollen. Die entsprechende Masse wird ermittelt.

Für die Experimentierphase finden sich die Schüler in ihre Kleingruppen ein. Die Schüler verteilen die Aufgaben untereinander (Material, Protokollierung des Experiments, Durchführung des Experiments). Nun sollen die Schüler den Tauchsieder in den mit Wasser gefüllten Behälter stellen. Nach einer vorgegebenen Zeit wird jeweils die Temperatur gemessen und in eine Tabelle (auf AB vorgegeben) eingetragen. Nach Durchführung des Experimentes erfolgt der erste Teil der Auswertung noch in den Gruppen. Es soll der Quotient von Energieänderung und Temperaturänderung¹ berechnet werden. Wobei die Energieänderung jeweils aus Leistung des Tauchsieders (Angaben auf Tauchsieder) und Zeit berechnet wird. Die Schüler erkennen, dass der Quotient aus Energieänderung und Temperaturänderung konstant ist und somit eine direkte Proportionalität vorliegt.

Die weitere Auswertung erfolgt gemeinsam. Den Schülern wird erklärt, dass dieser Quotient als Wärmekapazität C bezeichnet wird. Auf Grund der unterschiedlichen Werte in den Gruppen für die Wärmekapazität, lässt sich eine Massenabhängigkeit vermuten. Diese wird durch ein Diagramm, in dem die Werte der Massen und der zugehörigen Wärmekapazitäten aufgetragen werden (Lehrer trägt Werte auf Zuruf in Diagramm auf Folie ein), bestätigt. Auf Grund der Ursprungshalbgerade erkennen die

¹ Da die Temperaturdifferenzen in Kelvin und Grad Celsius gleich sind, sollen diese hier in Grad Celsius bestimmt werden. Diese Elementarisierung ist für die Realschule durchaus üblich, denn es ist für Schüler nicht leicht nachzuvollziehen, warum Temperaturen in Grad Celsius gemessen werden, deren Differenzen aber in Kelvin angegeben werden sollen.

Schüler den direkt proportionalen Zusammenhang zwischen Wärmekapazität und Masse. Als Proportionalitätsfaktor wird die spezifische Wärmekapazität eingeführt. So ergibt sich der Zusammenhang: $C = \frac{\Delta E}{\Delta \vartheta} = c \cdot m$ bzw. $\Delta E = c \cdot m \cdot \Delta \vartheta$. Dieser wird auf dem Arbeitsblatt im Kasten notiert. Es wird zudem darunter festgehalten, dass die spezifische Wärmekapazität angibt, wie viel Energie benötigt wird, um 1 kg des Stoffes um 1°C zu erwärmen. Die Schüler überlegen sich die Einheit der spezifischen Wärmekapazität.

Aus diesem Zusammenhang sollen die Schüler nun die spezifische Wärmekapazität von Wasser berechnen. Um abschließend die Eingangsfrage zu klären, soll nun berechnet werden, wie viel Energie benötigt wird, um 1 Liter Wasser zum Kochen zu bringen. (Die entsprechenden Temperaturen sind den Daten der Experimentierphase zu entnehmen.)

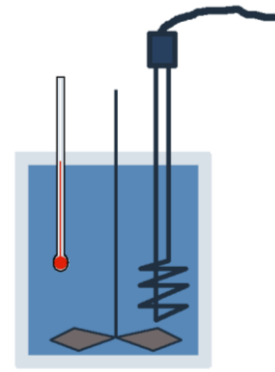
Zum Abschluss soll der von den Schülern ermittelte Wert mit dem Literaturwert $c_W = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \vartheta}$ verglichen werden. Abweichungen von diesem werden diskutiert, wobei geklärt werden soll, dass stets auch Energie an die Umgebung abgegeben wird, bzw. Energie verwendet wird, um das Gefäß zu erwärmen.

Benötigtes Material:

Tauchsieder, Thermometer, Uhr, Rührstab, Behälter für Wasser

Vorgehensweise:

Fülle (___ ml = ___ g) Wasser in den Behälter. Nun soll der Tauchsieder in den Behälter gestellt werden. Nach jeweils 30 Sekunden soll die Temperatur gemessen werden. Trage die Daten in die Tabelle ein.



t in s	0	30	60	90	120	150	180
ϑ in °C							

Ermittle aus der Leistung des Tauchsieders ($P = \text{___}$) die jeweils zugeführte Energie und ermittle die zugehörigen Temperaturdifferenzen. Bilde anschließend den Quotienten aus Energieänderung und Temperaturänderung. Was stellst du fest?

ΔE in J							
$\Delta\vartheta$ in °C							
$\frac{\Delta E}{\Delta\vartheta}$ in $\frac{J}{^\circ C}$							

Den Quotienten aus Energie- und Temperaturänderung nennt man: _____

Durch Zusammentragen der Ergebnisse erkennen wir:

Aufgabe:

Ermittle die Energie, die einem Liter Wasser zugeführt werden muss, um es zum Sieden zu bringen. Entnehme die entsprechenden Temperaturen deinem Experiment.
