

Staatsexamen Physikdidaktik – Realschule

Herbst 2002 – Aufgabe 3: Temperatur und Wärme

Für viele Menschen bedeuten Temperatur und Wärme mehr oder weniger das Gleiche.

- 1. *Erläutern Sie, wie Sie auf die Schülerfrage "Was ist eigentlich der Unterschied zwischen Temperatur und Wärme?" eingehen würden.***

Um auf die Schülerfrage einzugehen eignet sich ein kleiner Versuch. Hierfür werden zwei Blöcke aus gleichen Material, allerdings mit unterschiedlicher Masse, erhitzt. Die Ausgangstemperatur beider Körper muss dabei gleich groß sein. Auch die Endtemperatur soll bei beiden Körpern wieder gleich sein. Der leichtere der beiden Körper erreicht die Endtemperatur schneller als der Körper mit der deutlich größeren Masse. Die soll dem Schüler verdeutlichen, dass die zugeführte Wärme nicht gleich der Temperatur ist. Der schwere der beiden Körper wurde wesentlich länger erwärmt als der leichtere der beiden Körper. Dadurch soll dem Schüler klar werden, dass dem schwereren der beiden Körper auch mehr Wärme erhalten hat, aber trotzdem die gleiche Temperatur wie der leichtere der beiden Körper hat.

Umgangssprachlich bezeichnet Wärme sowohl den oberen Teil der Temperaturskala als auch "etwas" das zwischen einem warmen und kalten Gegenstand ausgetauscht wird. Physikalisch muss allerdings zwischen der Temperatur und der Wärme unterschieden werden.

Die Temperatur steht hierbei für eine intensive Größe, die Wärme für eine extensive Größe. Intensive Größe ändern ihren Wert nicht wenn man zwei Systeme mit dem gleichen Wert mischt. Extensive Größen hingegen addieren sich auf, wenn zwei Systeme mit den gleichen Werten zusammengebracht werden. Die Temperatur als intensive Größe gibt also an, wie „stark“ etwas ist, in diesem Fall, das das in der Umgangssprache als warm oder kalt bezeichnet wird. Die Wärme oder besser die Wärmeenergie, als extensive Größe, gibt an wie viel Energie beim Abkühlen abgegeben oder beim Erwärmen aufgenommen wird. Hierbei ist zu beachten, dass der Energieaustausch eben erst durch eine Temperaturdifferenz zustande kommt. Hierbei fließt die Energie von dem System mit der höheren Temperatur zu dem System mit der niedrigeren Temperatur.

Beim Begriff der Wärmeenergie tritt zusätzlich das Problem der Differenzierung zwischen der Wärmeenergie, die zwischen zwei Systemen aufgrund einer Temperaturdifferenz fließt, sowie der inneren Energie eines Systems auf.

2. Beschreiben und interpretieren Sie physikalisch einfache Experimente, mit denen Sie einsichtig machen können, dass die menschliche Haut zu (auch nur qualitativen) Temperaturmessung nicht geeignet ist!

Für einen der Versuche werden drei, mit Wasser gefüllte, Behälter unterschiedlicher Temperatur benötigt. Eine der drei sollte eine niedrige Temperatur haben, der andere eine höhere und der dritte sollte schließlich von der Temperatur zwischen den beiden anderen Behältern liegen. Dabei ist zu beachten, dass die Temperaturen so gewählt werden, dass es eine deutliche Temperaturdifferenz zwischen den drei Behältern gibt, die Temperaturen aber gleichzeitig so gewählt werden, dass ein Hineinfassen ohne Probleme möglich ist. Nun soll ein Schüler eine Hand in das Gefäß mit kalten Wasser und die andere Hand in das Gefäß mit dem wärmsten Wasser tauchen und einige Zeit darin lassen. Steckt er nun beide Hände in das Behältnis mit dem Wasser der mittleren Temperatur, so empfindet er an der Hand aus dem kalten Wasser einen Wärmereiz und an der Hand aus dem warmen Wasser einen Kältereiz. Durch die erste Hand empfindet der Schüler das Wasser als warm, an der zweiten Hand empfindet er es als kalt, obwohl es Wasser des selben Gefäßes ist.

Der Grund für die unterschiedlich empfundene Temperatur liegt im Austausch der Wärmeenergie der Haut mit dem Wasser. In dem Gefäß mit dem kalten Wasser ist der Fluss entsprechend groß, daher empfindet unsere Haut das Wasser als kalt. In dem Gefäß mit dem warmen Wasser ist der Fluss in die andere Richtung, von Wasser zu Haut, die Haut empfindet das Wasser als warm. Taucht man jetzt die Hände in das Becken mit der mittleren Temperatur, so steigt der Fluss der Wärmeenergie bei der Hand aus dem kalten Becken, während er bei der Hand aus dem warmen Becken sinkt. Daher entsteht hier das Gefühl einer unterschiedlichen Temperatur an den Händen. Ein andere Versuch um zu zeigen, dass die Haut nicht zur Temperaturmessung geeignet ist, ist zwei unterschiedliche Materialien auf die gleiche Temperatur zu erwärmen. Als Materialien bietet sich hierfür ein Holzstab und ein Metallstab an. Nimmt man nun beide erwärmten Materialien in die Hand, so scheint das Metall eine höhere Temperatur als das Holz zu haben. Da allerdings Wert darauf gelegt wurde, dass beide Materialien die gleiche Temperatur haben, gibt es hier einen Widerspruch. Hierdurch soll den Schülern offensichtlich gemacht werden, dass die Haut zu einer Temperaturmessung, auch zu einer qualitativen, nicht geeignet ist.

Die Erklärung hierfür liegt im Wärmefluss durch die Haut.. Da das Metall ein besserer Wärmeleiter als das Holz ist, ist der Wärmefluss vom Metall zur Haut größer als der Fluss vom Holz zur Haut. Dadurch erscheint das Metall wärmer als das Holz.

Ergänzung:

Der Mensch kann Temperaturen nur im Bereich um 30 °C fühlen. Genau genommen nimmt man nicht Temperaturen wahr, sondern die Größe des Wärmestroms durch die Hautoberfläche, weshalb man auch von einer gefühlten Temperatur spricht. Dieses hat für das Temperaturempfinden einige Konsequenzen:

- Temperaturen oberhalb der Oberflächentemperatur der Haut fühlen sich warm an, solche unterhalb empfinden wir als kalt.
- Materialien mit hoher Wärmeleitfähigkeit, wie Metalle, führen zu höheren Wärmeströmen und fühlen sich deshalb wärmer beziehungsweise kälter an, als Materialien mit niedrigerer Wärmeleitfähigkeit, wie Holz oder Polystyrol.
- Die gefühlte Temperatur ist bei Wind niedriger als bei Windstille. Der Effekt wird bei Temperaturen $< 0\text{ °C}$ durch den Windchill und bei höheren Temperaturen durch den Hitzeindex beschrieben.
- Ein leicht beheizter, gefliester Fußboden kann mit den nackten Füßen als angenehm warm, mit den Händen hingegen als kühl empfunden werden. Dies ist der Fall, wenn die Temperatur der Fliesen zwischen der Temperatur von Händen und Füßen liegt.
- Die Hautempfindung kann Lufttemperatur von überlagerter Wärmestrahlung nicht unterscheiden. Das Gleiche gilt im Allgemeinen für Thermometer, deshalb müssen z. B. Lufttemperaturen immer im Schatten gemessen werden. Für Wohnräume gilt näherungsweise: Die empfundene Temperatur ist der Mittelwert aus Lufttemperatur und Wandtemperatur (Wärmestrahlung). Bei Wand- und Fußbodenheizung kann deshalb die Lufttemperatur niedriger sein. Bei kalten Kirchenwänden muss die Lufttemperatur höher sein, damit es angenehm ist.
- Gleiche Temperatur wird von den beiden Händen unterschiedlich wahrgenommen, wenn diese vorher unterschiedlichen Temperaturen ausgesetzt waren.

Genau genommen gilt dies nicht nur für das menschliche Empfinden, auch in vielen technischen Anwendungen ist nicht die Temperatur von Bedeutung, sondern der Wärmestrom. So hat die Atmosphäre der Erde oberhalb 1.000 km Temperaturen von mehr als 1.000 °C, dennoch verglühen keine Satelliten. Auf Grund der geringen Teilchendichte ist der Energieübertrag minimal.

3. Skizzieren Sie eine Unterrichtseinheit zum Thema "Ausdehnung fester Körper bei Erwärmung" indem Sie auf

→ Lernvoraussetzungen

→ Unterrichtsphasen

→ Experimente

→ Sozialformen

eingehen!

Lernvoraussetzungen:

- Die Schüler kennen den Begriff „direkte Proportionalität“ und dessen Erkennungsmerkmale.
- Die Schüler können Temperatur und Längen messen.

Lernziele:

- Grobziel:

Die Schüler sollen die Längenausdehnung bei Festkörpern qualitativ und quantitativ kennen lernen.

- Feinziele:

Die Schüler sollen erkennen, dass

- beim Erwärmen von festen Stoffen große Kräfte auftreten können.
- Sich verschiedene Körper unterschiedlich stark ausdehnen.
- die Längenänderung proportional zur Temperaturänderung ist (bei konstanter Anfangslänge).
- die Längenänderung proportional zur Anfangslänge ist (bei konstanter Temperaturänderung).

Die Schüler sollen

- den Begriff „Längenausdehnungskoeffizienten“ kennenlernen und die Gleichung für dessen Berechnung.
- verschiedene Alltagsphänomene kennenlernen, bei denen die Ausdehnung von festen Stoffen bei Erwärmung eine Rolle spielt.
- das selbstständige Durchführen kleiner und einfacher Experimente zur qualitativen Beobachtung üben.

Unterrichtsphasen:

1. Einstieg

Als Einstieg wird ein einfaches Freihandexperiment gewählt, das von den Schüler in Gruppenarbeit an ihren Tischen durchgeführt werden kann. Hierfür erhält jede Gruppe eine Stricknadel, deren Spitze in einen Korken gesteckt ist, zwei Flaschen, einen Papierpfeil der an einem Zahnstocher oder einer Nähnadel befestigt ist, und ein Feuerzeug. Eine Gruppe besteht aus 2 Schüler.

Der Korken wird normal in die Flasche gesteckt und die Stricknadel so in den Korken, dass die Stricknadel horizontal ausgerichtet ist. Auf die andere Flasche wird der Zahnstocher/Nähnadel gelegt. Dann wird die Stricknadel auf den Zahnstocher gelegt. Wird jetzt die Stricknadel gleichmäßig erwärmt, kann anhand des Papierpfeils die Längenänderung qualitativ beobachtet werden.

Als Unterstützung für dieses Experiment bekommen die Schüler ein Arbeitsblatt ausgeteilt, auf dem die Anweisungen schriftlich und bildlich noch einmal dargestellt sind und die Schüler auch ihre Beobachtung notieren können.

2. Überleitung

Da die Versuche in zweier Gruppen durchgeführt wurden, werden nun in der Klassengemeinschaft die Beobachtungen der einzelnen Gruppen besprochen. Hierbei sollte jede Gruppe erkennen, dass sich der Ausschlag des Papierpfeils durch eine Veränderung der Stricknadel ergeben hat. Durch gezieltes Nachfragen, soll dann im Unterrichtsgespräch auf einen vermutlichen Zusammenhang zwischen dem Erwärmen und dem Ausschlag des Papierpfeils hergestellt werden. Dabei sollen die Schüler ebenfalls erkennen, dass das Erwärmen zu einer Längenänderung der Stricknadel geführt hat. Diese Vermutung wird anschließend noch experimentell erarbeitet.

3. Erarbeitung des Gesetzes

Hierzu wird ein Versuch zur quantitativen Messung der Längenänderung bei Erwärmung genutzt. Der Versuch wird im Anschluss beschrieben. Der Versuch wird jeweils mit einem Kupferrohr und einem Eisenrohr durchgeführt. Der Versuch wird im Heft durch die Schüler mit notiert. Damit die Schüler keine falschen Ergebnisse in ihr Schulheft übertragen notiert der Lehrer die Ergebnisse und Schritte ebenfalls an der Tafel. Zur Erleichterung wird den Schülern eine vorgefertigte Versuchsskizze ausgeteilt. Sie müssen dann noch eine Tabelle für die Messwerte in ihr Heft zeichnen und die einzelnen Schritte und Messwerte von der Tafel abschreiben.

Nachdem die Messwerte notiert sind, soll die Längenänderung in Abhängigkeit der Temperatur dargestellt werden der Stäbe grafisch dargestellt werden. Hierfür werden die einzelnen Messwerte in ein Koordinatensystem übertragen. Dabei entstehen zwei Ursprungsgeraden mit unterschiedlicher

Steigung. Im folgenden Lehrer-Schüler-Gespräch soll nun auf die Proportionalität eingegangen werden. Zum einen, dass sich gleichlange Körper aus unterschiedlichem Material bei gleicher Temperaturerhöhung unterschiedlich stark ausdehnen. Zum anderen, dass die Längenänderung eines Stoffes direkt proportional zur Temperaturänderung $\Delta l \propto \Delta \vartheta$ bzw. $\frac{\Delta l}{\Delta \vartheta} = \text{const.}$ ist und dass die Längenänderung ebenfalls direkt proportional zu seiner Anfangslänge ist (bei konstanter Temperaturänderung): $\Delta l \propto l_0$ bzw. $\frac{\Delta l}{l_0} = \text{const.}$

Ausgehend von diesen beiden gefunden Proportionalitäten kann die Gleichung zur Berechnung der Längenänderung mithilfe des Ausdehnungskoeffizienten hergeleitet werden. $\Delta l \propto l_0 \Delta \vartheta$ Wobei hier noch der Ausdehnungskoeffizient α eingefügt werden muss. So dass sich dann als Gleichung zur Berechnung $\Delta l = \alpha l_0 \Delta \vartheta$ ergibt. Die Schüler notieren in Heften neben den Messwerten und dem Schaubild mit den beiden Ursprungsgeraden noch die Proportionalitäten und die Gleichung zur Berechnung.

4. Sicherung

Zur Sicherung für das eben Erarbeitete wird den Schülern der Bolzensprengversuch gezeigt. Hierzu wird den Schülern ein gusseiserner Bolzen gegeben. Diesen können sie versuchen zu verbiegen oder auseinander zu brechen. Da die Schüler dies ohne Hilfsmittel nicht schaffen werden, werden die Schüler nun gefragt, ob ihnen nicht eine Methode einfällt, wie dies möglich wäre. Im nun folgenden Unterrichtsgespräch soll auf Ausdehnung bei Wärmezufuhr und deren Nutzen für diese Problemstellung eingegangen werden. Daraufhin wird der Bolzen vom Lehrer in eine U-förmige Halterung eingespannt und mithilfe einer Flügelschraube fixiert. Nun wird der Bolzen erhitzt und dabei mithilfe der Flügelschraube immer weiter nachgespannt. Kühlt der Bolzen danach ab, wird er irgendwann brechen.

5. Vertiefung

Zur Vertiefung wird mit den Schülern besprochen, wo im Alltag die Ausdehnung bei Erwärmung auftritt. Hierbei sollte besonders auf die Dehnungsfugen bei Brücken eingegangen werden. Aber auch auf die Verwendung von Bimetallstreifen in Feuermeldern oder Thermostaten. Als Sozialform kann hier noch einmal Gruppenarbeit genutzt werden. Die Schüler sollen sich zuerst in zweier Gruppen beraten und überlegen, wo im Alltag die Wärmeausdehnung vorkommt. Anschließend werden immer zwei Zweier-Gruppen zusammengenommen, so dass Vierer-Gruppen entstehen, in diesen neuen Gruppen sollen die Schüler dann ihre vorher gefunden Ergebnisse miteinander diskutieren und vergleichen. Diese Vierergruppen stellen dann ihre Ergebnisse der

Klassengemeinschaft vor und werden im Schulheft notiert. Als weitere Vertiefung wird als Hausaufgabe gefragt, warum der Bolzen im Bolzensprengversuch kaputt geht, aber ein Ceranfeld auf dem Herd nicht.

Experimente:

qualitative:

- qualitative Messung der Ausdehnung mithilfe einer Stricknadel (Beschreibung in der Motivationsphase)
- Sprengen eines Bolzen (Beschreibung in der Vertiefungsphase)

qualitativ:

Hierfür wird ein Metallrohr an einem Ende fest in Stativmaterial eingespannt. Am anderen Ende wird eine Längenmessuhr befestigt. Mit ihr kann die Längenänderung gemessen werden. Durch das Metallrohr wird nun Wasser mit konstanter Temperatur geleitet. Die Wassertemperatur, die auch vom Metallrohr angenommen wird, wird gemessen. Die konstante Wassertemperatur kann zum Beispiel durch ein Umwälzthermostat erreicht werden, in dessen Wasserkreislauf das Kupferrohr integriert wird.

Zu Beginn des Versuchs wird die Anfangslänge l_0 und die Anfangstemperatur ϑ_0 gemessen. Durch eine sukzessive Erhöhung der Temperatur kann eine Veränderung der Länge Δl mithilfe der Längenmessuhr ermittelt werden. In einer Tabelle werden die einzelnen Werte eingetragen und

zusätzlich der Quotient $\frac{\Delta l}{\Delta \vartheta}$ gebildet.

ϑ_{mess} in °C				
$\Delta \vartheta$ in °C				
Δl in mm				
$\frac{\Delta l}{\Delta \vartheta}$ in $\frac{\text{mm}}{^\circ\text{C}}$				

Die Auswertung erfolgt wie in der Unterrichtsphase zur Erarbeitung des Gesetzes zur Längenausdehnung bei Erwärmung.

Sozialformen:

Für den Unterricht wurden verschiedene Sozialformen genutzt. In der Einstiegsphase wurde Partnerarbeit genutzt. Durch die Aufteilung in Zweier-Gruppen sollte hierbei gewährleistet werden, dass in den Gruppen alle Schüler beteiligt sind und für einzelne nicht die Möglichkeit besteht sich

nicht an den Experimenten zu beteiligen.

Für die Erarbeitungsphase wurde ein lehrerzentrierter Unterricht gewählt. Dadurch soll eine fachlich korrekte, aber auch für die Schüler logische Erarbeitung des Gesetzes ermöglicht werden.

Für die Vertiefung wurde noch einmal Gruppenarbeit gewählt diesmal allerdings nicht nur als Partnerarbeit, sondern als aktivierender Gruppenunterricht nach der Snowballing-Methode.