

Staatsexamen Physikdidaktik – Unterrichtsfach (nicht vertieft)

Herbst 2010, Aufgabe 2: Ausdehnung bei Zufuhr von Wärme

1. Beschreiben Sie je zwei Alltagsphänomene, bei denen die Ausdehnung von festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen bei Erwärmung eine Rolle spielt!

Ausdehnung von festen Stoffen

➤ *Temperaturregelung eines alten Bügeleisens durch einen Bimetallstreifen:*

Ein Bimetallstreifen besteht aus zwei verschiedenen (gleichlangen) Metallen mit unterschiedlichen Längenausdehnungskoeffizienten, die fest miteinander verbunden sind. Erwärmt man den Bimetallstreifen, so erfährt das Metall mit dem größeren Längenausdehnungskoeffizienten eine größere Längenänderung als das Metall mit dem kleineren Längenausdehnungskoeffizienten. Folglich biegt sich der Bimetallstreifen in Richtung des Metalls mit dem kleineren Längenausdehnungskoeffizienten. Während des Abkühlens biegt sich der Streifen wieder in seine Ausgangslage zurück.

So ein Bimetallstreifen wurde z.B. zur Temperaturregelung von Bügeleisen eingesetzt. Er übernimmt dabei die Funktion eines Schalters, der den Stromkreis der Heizspule im Bügeleisen regelt. Bei niedrigen Temperaturen wird durch den Bimetallstreifen der Stromkreis geschlossen und elektrischer Strom kann durch die Heizspule fließen. Dadurch erwärmt sich die Sohle des Bügeleisens. Ist die gewünschte Temperatur erreicht, so wird durch die Krümmung des Bimetallstreifens der Stromkreis unterbrochen und folglich fließt kein elektrischer Strom mehr durch die Heizspule. Die Sohle des Bügeleisens wird dadurch nicht weiter erwärmt und die Temperatur beginnt zu sinken. Der Bimetallstreifen nimmt wieder seine Ausgangslage ein und der Heizvorgang kann von neuem beginnen. Hinweis: Neuere Bügeleisen werden nicht mehr mit einem Bimetallstreifen, sondern elektronisch geregelt.

➤ *Dehnungsfugen bei Brücken:*

Im Brückenbau werden neben dem Baustoff Beton noch weitere Stoffe verwendet. Sie alle dehnen sich durch die Wärme im Sommer aus und ziehen sich aufgrund der Kälte im Winter zusammen. Infolge dieser Längenänderung können Schäden an der Brücke entstehen (z.B. Risse). Um dies zu verhindern, werden sog. Dehnungsfugen in die Brücke eingebaut, die aus

zwei gegenüberliegenden, ineinandergreifenden Rechen bestehen. Bei Zunahme der Temperatur (Sommer) schieben sich die Rechen durch die Längenausdehnung der Brücke enger zusammen. Im Winter hingegen werden sie aufgrund der Längenverkürzung weiter auseinander geschoben.

Ausdehnung von flüssigen Stoffen

➤ *Sprinkleranlage zum Brandschutz:*

Die Wasserleistung einer Sprinkleranlage wird durch einen Stöpsel verschlossen, der durch eine flüssigkeitsbefüllte Glasampulle gegen die Leitungsöffnung gedrückt wird. Bei einem Feuer erwärmt sich die Flüssigkeit in der Glasampulle, dehnt sich aus und die Ampulle zerplatzt. Dadurch kann der Stöpsel herausfallen und die Öffnung der Wasserleitung freigeben. Das Wasser gelangt dann in den Wasserverteiler und wird großflächig verteilt. Je nach Temperaturbereich werden verschiedene Flüssigkeiten verwendet.

➤ *Flüssigkeitsthermometer:*

Flüssigkeitsthermometer bestehen aus einem kleinen, mit Flüssigkeit gefüllten Glaskolben der mit einem dünnen Steigrohr verbunden ist. Bei Erwärmung der Flüssigkeit steigt diese im Steigrohr nach oben. Da die Volumenänderung proportional zur Temperaturänderung ist, kann anhand der Steighöhe der Flüssigkeit die Temperaturänderung bestimmt werden. Mithilfe einer angebrachten Skala am Steigrohr kann die Temperatur direkt abgelesen werden.

Ausdehnung von gasförmigen Stoffen

➤ *Gasthermometer:*

Ein Gasthermometer funktioniert nach dem gleichen Prinzip wie ein Flüssigkeitsthermometer. Jedoch befindet sich im Glaskolben keine Flüssigkeit, sondern ein Gas und im Steigrohr befindet sich ein Flüssigkeitstropfen. Bei Erwärmung des Gases im Kolben steigt der Flüssigkeitstropfen im Steigrohr nach oben. Anhand der Steighöhe des Flüssigkeitstropfens kann die Temperaturänderung bestimmt werden und mittels einer Skala direkt abgelesen werden.

➤ *Heißluftballon:*

Vor dem Start wird der Heißluftballon mit Luft befüllt. Durch Erwärmung der Luft im Ballon dehnt sich diese aus und das Volumen der Luft wird größer. Dadurch hat bei gleichem Druck die Luft im inneren des Ballons eine kleinere Dichte als die äußere Luft. Dies bewirkt das Aufsteigen des Heißluftballons.

2. Beschreiben Sie je einen qualitativen und einen quantitativen Schulversuch zur Ausdehnung von festen Körpern!

Qualitativer Schulversuch: *Volumenänderung einer Stahlkugel*

Bei diesem Versuch wird eine Stahlkugel verwendet, die (bei Raumtemperatur) genau durch einen Ring passt. Durch Erwärmung der Kugel mit einem Bunsenbrenner dehnt sich diese aus und ihr Volumen nimmt zu. Daher passt die Stahlkugel nicht mehr durch den Ring, sie bleibt stecken. Im Ring kühlt sie nun wieder ab. Dabei zieht sie sich zusammen und fällt schließlich durch den Ring.

Quantitativer Schulversuch: *Längenänderung von Kupfer in Abhängigkeit von der Temperatur* Versuchsaufbau:

Ein Kupferrohr wird in einer entsprechenden Vorrichtung an einem Ende fest eingespannt. Am anderen Ende wird eine Längenmessuhr befestigt, die die Längenänderung messen soll. In einem mit Wasser gefüllten Becken befindet sich eine Pumpe, die das (mit einem Tauchsieder) erwärmte Wasser über einen am vorderen Ende des Kupferrohres befestigten Schlauch durch das Rohr pumpt. Am Ende des Rohres ist ein weiterer Schlauch befestigt, über den das Wasser wieder in das Becken zurücklaufen kann. Die Temperatur des Wassers wird mit einem digitalen Thermometer gemessen.

Versuchsdurchführung:

Zu Versuchsbeginn wird die Anfangstemperatur ϑ_0 des Wassers und die Anfangslänge l_0 des Kupferrohres gemessen. Die Temperatur des Wassers wird nun schrittweise erhöht und die gemessene Längenänderung Δl in Skt. (Skt. = Skalenteilen) an der Längenmessuhr abgelesen. Durch Umrechnung der Skalenteile in Millimeter erhält man die Längenänderung Δl in mm.

In einer entsprechenden Tabelle werden die einzelnen Werte eingetragen und zudem der Quotient $\Delta l / \Delta \vartheta$ berechnet:

ϑ_{mess} in °C							
$\Delta \vartheta$ in °C							
Δl in Skt.							
Δl in mm							
$\Delta l / \Delta \vartheta$ in (mm)/°C							

Auswertung + Ergebnis:

Die grafische Darstellung der Längenänderung Δl in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz $\Delta \vartheta$ ergibt eine Ursprungsgerade. $\Rightarrow$ Die Längenänderung Δl ist proportional zur Temperaturänderung $\Delta \vartheta$ bei konstanter Anfangslänge l_0 : $\Delta l \sim \Delta \vartheta$ bzw. $\Delta l / \Delta \vartheta = \text{const.}$ (I)

Hinweis: Der Versuch kann mit verschiedenen Rohren aus unterschiedlichen Materialien durchgeführt werden (z.B. Eisen, Aluminium, Kupfer). Bei der grafischen Auswertung erkennt man, dass sich die unterschiedlichen Materialien bei gleicher Temperaturänderung unterschiedlich stark ausdehnen.

Weitere Überlegungen: Die Längenänderung Δl ist proportional zur Anfangslänge l_0 bei konstanter Temperaturänderung $\Delta \vartheta$: $\Delta l \sim l_0$ bzw. $\Delta l / l_0 = \text{const.}$ (II)

Aus (I) und (II) folgt: $\Delta l \sim l_0 \Delta \vartheta \Rightarrow \Delta l / (l_0 \Delta \vartheta) = \text{const.} = \alpha \Rightarrow \Delta l = \alpha l_0 \Delta \vartheta$

3. Skizzieren Sie eine Unterrichtseinheit, in der die Längenausdehnung fester Körper behandelt werden soll. Geben Sie auch Lernvoraussetzungen und Lernziele an!

Das Thema „Längenausdehnung von festen Körpern“ wird im Rahmen der Wärmelehre in der 9. Jahrgangsstufe der Realschule behandelt.

Lernvoraussetzungen:

- Die Schüler/innen wissen, dass sich bei Erwärmung bzw. Abkühlung von Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen das Volumen ändert.
- Die Schüler/innen kennen den Begriff „direkte Proportionalität“ und dessen Erkennungsmerkmale.
- Die Schüler/innen wissen, wie Temperaturen und Längen gemessen werden.

Lernziele:

Grobziel:

Die Schüler/innen sollen wissen, wie sich die Länge von Festkörpern bei Erwärmung ändert.

Feinziele:

- Die Schüler/innen sollen erkennen, dass
 - sich bei der Erwärmung von festen Stoffen große Kräfte entwickeln können.
 - sich verschiedene Festkörper bei Erwärmung unterschiedlich stark ausdehnen.
 - die Längenänderung direkt proportional zur Temperaturänderung ist (bei konstanter Anfangslänge).

- die Längenänderung direkt proportional zur Anfangslänge ist (bei konstanter Temperaturänderung).
- Die Schülerinnen sollen
 - den Begriff „Längenausdehnungskoeffizienten“ kennenlernen und die Formel für dessen Berechnung.
 - verschiedene Alltagsphänomene kennenlernen in denen die Ausdehnung von festen Stoffen bei Erwärmung eine Rolle spielt .

Unterrichtsphasen:

1. Einstieg/Motivation:

Der Lehrer bzw. die Lehrerin bringt einen Gusseisenbolzen mit in den Unterricht und fordert die SuS auf, diesen zu verbiegen bzw. zu zerbrechen. Dazu lässt er den Bolzen in der Klasse herumgehen. Die SuS merken, dass sie das nicht schaffen.

Der Lehrer/die Lehrerin kennt jedoch eine Methode und führt den „Bolzensprengerversuch“ vor. Er/Sie spannt den Gusseisenbolzen zwischen eine U-förmige Halterung und eine Messingstange fest, die durch eine Flügelmutter mit der Halterung verbunden ist. Anschließend erwärmt der Lehrer/die Lehrerin die Messingstange mit einem Bunsenbrenner. Sofort nach dem Erwärmen dreht er/sie die Flügelmutter weiter fest. Die Apparatur wird nun zur Seite gelegt und beobachtet. Nach einiger Zeit bricht der Gusseisenbolzen in zwei Teile. Nun soll gemeinsam mit den SuS geklärt werden, wie es zur Zersprengung des Gusseisenbolzens kam (Problemstellung).

2. Überleitung:

Der vorgeführte Versuch wird nun zusammen mit den SuS besprochen. Den SuS ist bereits bekannt, dass sich eine Stahlkugel bei Erwärmung ausdehnt und sich dadurch ihr Volumen vergrößert (Versuch zur Volumenänderung siehe Teilaufgabe 2). Davon ausgehend können die SuS den „Bolzensprengerversuch“ leicht erklären und die folgenden Ergebnisse formulieren:

- Die im Versuch verwendete Messingstange dehnt sich bei Erwärmung durch den Bunsenbrenner aus.
- Infolge der Ausdehnung kann die Flügelmutter weiter festgedreht werden.
- Während des Abkühlvorgangs zieht sich die Messingstange wieder zusammen. Die dabei auftretenden großen Kräfte zersprengen den Gusseisenbolzen in zwei Teile.

Die Schüler/innen erkennen also, dass hier die Längenänderung entscheidend ist. Sie soll im folgenden näher untersucht werden.

3. Erarbeitung des Gesetzes + Sicherung:

In der Erarbeitungsphase führt der Lehrer/die Lehrerin den in Teilaufgabe 2 bereits

beschriebenen quantitativen Versuch zur Längenänderung von verschiedenen festen Stoffen in Abhängigkeit von der Temperatur durch. Der Versuch wird einmal mit einem Aluminiumstab und ein Kupferstab durchgeführt. Die SuS erhalten vom Lehrer/der Lehrerin vor Beginn des Versuchs ein Arbeitsblatt auf dem der Versuchsaufbau dargestellt, die Versuchsdurchführung erläutert und zwei Messtabellen (wie in Teilaufgabe 2 beschrieben) abgebildet sind, in der die gemessenen Werte eingetragen werden können. Zudem legt er die beiden Messtabellen auch an der Tafel an, damit die SuS keine falschen Werte in ihre Tabelle übernehmen bzw. falsch eintragen.

Nach Durchführung des Versuchs sollen die SuS die Längenänderung in Abhängigkeit von der Temperaturänderung grafisch darstellen (Auswertung). Dazu tragen sie die entsprechenden Messwerte vom Aluminiumstab und Kupferstab in ein gemeinsames Schaubild. Die SuS erhalten als Ergebnis jeweils eine Ursprungsgerade. In einem anschließenden Lehrer-Schüler-Gespräch soll die direkte Proportionalität von Längenänderung und Temperaturänderung (bei konstanter Anfangslänge) diskutiert und erläutert werden. Zudem sollen die SuS anhand der beiden Graphen erkennen, dass sich verschiedene gleichlange Festkörper bei gleicher Temperaturänderung unterschiedlich stark ausdehnen. Es soll außerdem darauf eingegangen werden, wie sich die Längenänderung in Abhängigkeit von der Anfangslänge bei konstanter Temperaturänderung ändert. Die Schüler/innen sollen dabei erkennen, dass die Längenänderung auch direkt proportional zur Anfangslänge ist und dass sich bei grafischer Darstellung wieder eine Ursprungsgerade ergibt.

Zusammenfassend ergeben sich damit die folgenden Ergebnisse:

- Gleichlange Festkörper aus verschiedenen Materialien dehnen sich bei gleicher Temperaturerhöhung unterschiedlich stark aus.
- Die Längenänderung eines festen Stoffes ist direkt proportional zur Temperaturänderung bei konstanter Anfangslänge: $\Delta l \sim \Delta \vartheta$ bzw. $\Delta l / \Delta \vartheta = \text{const. (I)}$
- Die Längenänderung eines festen Stoffes ist direkt proportional zu seiner Anfangslänge bei konstanter Temperaturänderung: $\Delta l \sim l_0$ bzw. $\Delta l / l_0 = \text{const. (II)}$

Ausgehend von diesen drei Ergebnissen kann die Gleichung zur Berechnung des Längenausdehnungskoeffizienten hergeleitet werden:

Aus (I) und (II) folgt: $\Delta l \sim l_0 \Delta \vartheta$

Daraus wiederum ergibt sich, dass $\Delta l = \alpha l_0 \Delta \vartheta$

Die Ergebnisse werden vom Lehrer/der Lehrerin an der Tafel festgehalten und anschließend von den SuS auf ihr Arbeitsblatt übertragen.

4. Vertiefung: Hier sollen verschiedene Alltagsphänomene besprochen werden, bei der die Ausdehnung von festen Stoffen bei Erwärmung eine Rolle spielt (Beispiele siehe Teilaufgabe 1).