

Frühjahr 1997, Thema 2 „Ausdehnung bei Erwärmung“

Referentin: Ellen Huth
Dozent: Dr. Thomas Wilhelm
Datum: 23.11.2006

1) Nennen Sie Alltagsphänomene, an denen die Ausdehnung von festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen bei Erwärmung beobachtet werden kann.

Ausdehnung von festen Stoffen:

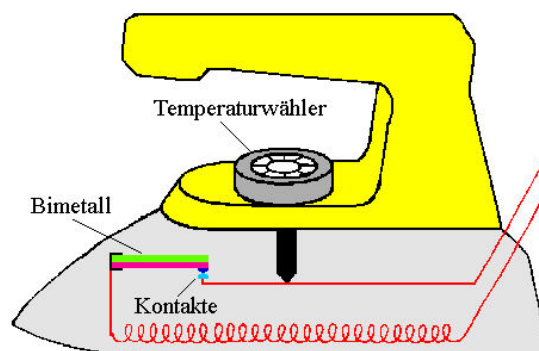
- Dehnungsfugen bei Brücken

Beton und andere Materialien, die im Brückenbau verwendet werden, dehnen sich im Sommer durch die Wärme die durch Sonneneinstrahlung entsteht aus. Um Schäden an der Brücke durch diese Materialausdehnung zu vermeiden, werden Dehnungsfugen aus Metall in die Brücke eingebaut. Diese Dehnungsfugen haben die Form von je zwei gegenüberliegenden Rechen. Die Zinken liegen versetzt, so dass sie bei niedrigen Temperaturen etwas ineinander greifen und im Sommer die Ausdehnung der Brücke durch das Zusammenschieben der Rechen ausgeglichen werden kann.



- Bimetallstreifen im Bügeleisen

Die Temperatur eines Bügeleisens wird durch die Erwärmung eines Bimetallstreifens geregelt. Im Bügeleisen übernimmt ein Bimetallstreifen die Funktion eines Schalters im Stromkreis der Heizspirale. Durch die unterschiedlichen Längenausdehnungskoeffizienten der beiden Metalle, krümmt sich dieser bei Erhitzen. Ist die gewünschte Temperatur erreicht, wird der Stromkreis durch das Verbiegen des Bimetallstreifens unterbrochen. Damit sich der Streifen in die richtige Richtung verbiegt (hier: oben) muss die untere Schicht einen größeren Ausdehnungskoeffizient haben als die obere. Sinkt dann die Temperatur wieder, nimmt der Bimetallstreifen wieder seine ursprüngliche Position ein und der Heizvorgang wird wieder gestartet.



- **Stromleitungen**

Freileitungen der Elektrizitätswerke verlegt man mit durchhängenden Bögen, damit die Leitungen nicht reißen, wenn sie sich im Winter zusammenziehen.

Ausdehnung von flüssigen Stoffen:

- **Thermometer**

Flüssigkeitsthermometer bestehen aus einem kleinen Glaskolben in dem sich die Flüssigkeit (z.B. Quecksilber, Alkohol je nach Messbereich) befindet. Oberhalb dieses Kolbens ist eine dünne Glaskapillare in der die Flüssigkeit bei Erwärmung nach oben steigt. Da sich das Volumen der Flüssigkeit proportional zu Temperaturänderung vergrößert bzw. verkleinert, kann man anhand der Steighöhe der Flüssigkeit in der Kapillare die Temperaturänderung bestimmen. Durch die angebrachte Skala, kann die Temperatur direkt abgelesen werden.

- **Sprinkleranlage**

Bei einer Sprinkleranlage wird die Wasserleitung von einem Stöpsel verschlossen. Dieser Stöpsel wird durch eine kleine mit Flüssigkeit gefüllte Glasampulle auf die Öffnung der Wasserleitung gepresst. Kommt es zu einem Feuer im Raum, erwärmt sich die Flüssigkeit in der Ampulle und dehnt sich aus. Dadurch platzt die Ampulle, der Stöpsel fällt nach unten weg und gibt den Weg für das Wasser frei. Eine kleine Luftblase in der Ampulle verhindert das Platzen bei normaler Erwärmung. Auch hier werden je nach Temperaturbereich unterschiedliche Flüssigkeiten verwendet.

- **Thermostat-Ventile an Heizungen**

Thermostatventile findet man an den meisten Heizkörpern. Im Drehknopf der Heizung befindet sich Flüssigkeit. Dreht man die Heizung an, strömt heißes Wasser durch den Heizkörper. Wenn die gewünschte Zimmertemperatur erreicht ist, ist auch die Flüssigkeit im Drehknopf erwärmt und dehnt sich aus. Durch die Volumenzunahme der Flüssigkeit wird im Inneren des Knopfes ein Wellrohr zusammengedrückt und das Ventilgestänge nach unten geschoben. Dadurch kann nur noch wenig heißes Wasser durch den Heizkörper fließen. Beim Erkalten der Flüssigkeit nimmt der Druck auf das Wellrohr ab und es kann wieder mehr heißes Wasser zum Heizkörper geführt werden.

Ausdehnung von gasförmigen Stoffen:

- **Heißluftballon**

Beim Heißluftballon nutzt man die Ausdehnung von Luft bei Erwärmung. Durch das Ausdehnen der Luft, hat die erwärmte Luft eine geringere Dichte als die umgebende Luft, steht aber unter demselben Druck. Durch die Verringerung der Dichte ist ein Aufsteigen oder Schweben für beschränkte Lasten möglich.

- **Gasthermometer**

Gasthermometer funktionieren nach dem gleichen Prinzip wie Flüssigkeitsthermometer. Beim Gasthermometer ist jedoch der Glaskolben mit Gas gefüllt und innerhalb der Kapillare befindet sich ein kleiner Flüssigkeitstropfen um die Ausdehnung des Gases beobachten zu können, also um die Temperatur abzulesen. Gasthermometer eignen sich nur bedingt für den täglichen Gebrauch, weil sich Gas wesentlich schneller ausdehnt als Flüssigkeit und deswegen nur ein kleiner Messbereich durch das Gasthermometer abgedeckt ist.

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

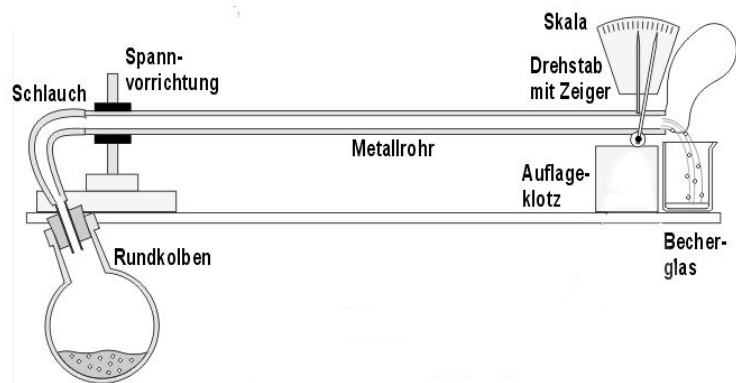
Um die Ausdehnung fester Körper durch Erwärmen qualitativ nachzuweisen eignet sich folgender Versuch.

Eine Stahlkugel, die gerade so groß ist, dass sie (bei Raumtemperatur) genau durch einen Ring hin durch passt wird mit einem Bunsenbrenner erhitzt. Durch die Erhöhung der Temperatur dehnt sie sich aus und passt nicht mehr durch den Ring. Zum Abkühlen wird die Kugel auf den Ring gelegt. Während dem Abkühlen zieht sich das Material wieder zusammen und die Kugel fällt durch den Ring durch und rollt davon.

Als quantitativer Schulversuch eignet sich der Versuch zur Ermittlung des Längenausdehnungskoeffizienten von Metall.

Versuchsaufbau:

In der Skizze fehlt ein Thermometer zum Messen der Temperatur des Metallrohrs.



Versuchsdurchführung:

In einen Rundkolben wird Wasser eingefüllt. Ein Schlauch verbindet den Kolben mit einem Metallrohr, welches an einer Seite fest in eine Vorrichtung eingespannt ist und an der anderen Seite auf einem Drehstab aufliegt. An dem Drehstab ist ein Zeiger befestigt. Durch die Erwärmung des Rundkolbens mit einem Bunsenbrenner steigt heißer Wasserdampf auf, der durch das Rohr geführt wird. Nach einiger Zeit bewegt sich der am Drehstab befestigte Zeiger. Die dadurch sichtbar gemachte Längenänderung (zunächst in Skalenteilen) wird zusammen mit der entsprechenden Temperatur in eine Tabelle und der Temperaturdifferenz zur Ausgangstemperatur eingetragen.

T/°C													
ΔT/°C													
Skt.													

Mit den Angaben der ursprünglichen Länge l_0 und der Umrechnungsvorschrift Skt : mm kann man den Längenausdehnungskoeffizienten für das verwendete Metall berechnen.

$$l = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$\alpha = \frac{l - l_0}{l_0 \cdot \Delta T}$$

3) **Geben Sie zu einer Unterrichtsstunde, in der die Längenausdehnung fester Körper behandelt werden soll, Lernvoraussetzungen, Lernziele und Unterrichtsverfahren an!**

Unterrichtsverfahren:

Einstieg:

Zu Beginn der Stunde wird den Schülern eine Metallstange gezeigt und mit der Aufforderung die Stange zu verbiegen verschiedenen Schülern gegeben.

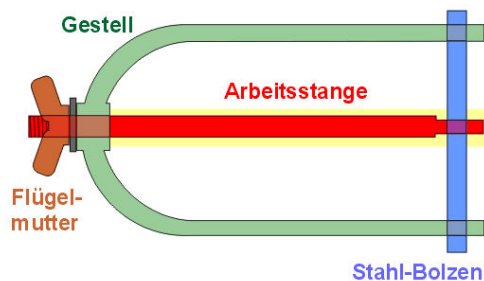
Die Schüler scheitern an dieser Aufgabe, Lehrer behauptet, es gibt eine einfache Methode die Stange zu zerbrechen.

Erarbeitung:

Bolzensprengerversuch wird vorgeführt.

Der Bolzensprenger-Apparat:

Skizze:



Der Stahl-Bolzen ist so massiv, dass er ohne Hilfsmittel weder zerbrochen noch verformt werden kann. Der Bolzen wird durch Bohrungen am Gestell und der Arbeitsstange geführt und die Arbeitsstange mit der Flügelmutter fixiert. Anschließend wird die Arbeitsstange mit einem Bunsenbrenner erhitzt. Die Flügelmutter kann sofort nach dem Erhitzen weiter fest gedreht werden. Kühlt man nun die Arbeitsstange unter fließendem Wasser ab, bricht der Stahlbolzen durch.

Nach der Durchführung des Versuchs wird er gemeinsam analysiert und folgende Ergebnisse festgestellt.

- Während des Erhitzens dehnt sich die Arbeitsstange aus. Deswegen kann die Flügelmutter weiter festgedreht werden.
- Wenn die Arbeitsstange gekühlt wird, zieht sie sich wieder auf ihre ursprüngliche Länge zusammen. Dadurch wirken so große Kräfte, dass die Stahlstange zerbricht.

Vertiefung:

Verschiedene Bimetallstreifen werden in eine Kerzenflamme gehalten. Je nach Zusammensetzung der Streifen verbiegen sie sich nach oben bzw. nach unten. So wird deutlich gemacht, dass sich verschiedene Metalle bei gleicher Temperatur unterschiedlich ausdehnen.

Hefteintrag:

Feste Stoffe wie zum Beispiel Stahl, Aluminium oder Kupfer dehnen sich bei Erwärmung aus. Dabei verhalten sich die Stoffe unterschiedlich. Man sagt, sie haben einen unterschiedlichen Längenausdehnungskoeffizienten.

Ausstieg:

Als Hausaufgabe soll folgendes Schülerexperiment durchgeführt werden.

Ein Papierstreifen, der einseitig mit Metallfolie beschichtet ist (Kaugummipapier) wird in der Mitte geknickt, so dass ein Winkel von ca. 30° entsteht. Der geknickte Papierstreifen wird aus die Seite gestellt. Dabei kann die Metallseite innen oder außen sein.

Was passiert, wenn das Innere des Winkels durch einen heißen Metallstab erwärmt wird?

Knicke das Papier in die andere Richtung und führe den Versuch erneut durch!

Was lässt sich durch diesen Versuch über die Ausdehnungskoeffizienten des Papiers und der Metallfolie sagen?

Ausblick auf die nächste Stunde:

Die Besprechung der Hausaufgabe (kann gute am Overheadprojektor vorgeführt werden) dient als Einstieg in die nächste Stunde, in der mit Hilfe des unter 2) beschriebenen Versuchs die Formel zur Errechnung des Längenausdehnungskoeffizienten hergeleitet wird.

Lernvoraussetzungen:

Das Verhalten von Körpern bei Temperaturänderung, also auch die Längenänderung fester Körper wird im Rahmen der Wärmelehre in der 9. Klasse behandelt. Vor dem Thema „Längenausdehnung fester Körper“ wurde bereits die Temperatur als Maß für die mittlere Bewegungsenergie und die Volumenänderung von Körpern als Änderung der mittleren potentiellen und kinetischen Energie der Teilchen kennengelernt.

Die Schüler sind fähig mit heißen Gegenständen zu arbeiten.

Lernziele:

Grobziel: Die Schüler lernen, dass sich feste Stoffe durch Erwärmen ausdehnen.

Feinziele: Die Schüler können die Ausdehnung auf die erhöhte Energie der Teilchen zurückführen.

Die Schüler erkennen, dass beim Erwärmen fester Stoffe große Kräfte wirksam sind.

Die Schüler lernen, dass sich unterschiedliche Materialien unterschiedlich ausdehnen.

www.zum.de

www.physicsnet.at/versuche/langenausd.htm

www.leifiphysik.de/