# Puzzle Einführung Wärmelehre

#### Vorwort

Wozu dieses Puzzle?

Gerade der Einstieg in ein neues Thema ist für die Motivation der Schüler/innen von grosser Bedeutung. Wem es gelingt, seine Klasse hier begeistern zu können, dem wird es anschliessend leichter fallen, das Thema weiter zu unterrichten.

Mit diesem Puzzle können die Schüler/innen einfache Experimente selber durchführen und auswerten. Eigenaktivität ist also gefragt. Untersuchungen zeigen, dass das Gelernte besser sitzt, auch wenn es vielleicht weniger perfekt vermittelt wird, da sich die Lernenden den Stoff gegenseitig beibringen.

Aber gerade hier liegt ein wichtiges weiteres Lernziel einer höheren Schule: Die Schüler/innen lernen, wie wichtig es ist, jemand anderem etwas verständlich erklären zu können. Gruppenkompetenzen erlangen eine grosse Wichtigkeit – mit einem Puzzle werden diese geschult. Auch vom physikalischen Standpunkt ist es mir wichtig, dass meine Klassen immer wieder selber experimentieren können. Hier scheint mit der Einsatz eines Puzzles ideal, da der Zeitaufwand vergleichsweise gering ist (verglichen mit einer Werkstatt, in der *jede* Gruppe *jeden* Posten macht). Und weil der Einstieg in die Wärmelehre noch recht einfach ist, ist er für ein Puzzle gut geeignet. Und ganz wichtig: Die Rückmeldungen der Klassen waren durchwegs positiv, und das ist doch schliesslich etwas vom Wichtigsten...

Probieren Sie es aus! Viel Spass!

Christian Grütter

### Information

Puzzle mit 5 Posten.

Erste Stunde: 5 Posten erledigen in gleich grossen Gruppen (Expertenrunde). Jede Gruppe erhält die entsprechenden Kopien.

Zweite Stunde: Diskussionsrunde, dazu wird das *Blatt für Diskussionsrunde* an alle abgegeben, damit die Laien nur noch ergänzen müssen.

Schultyp: **Gymnasium** 

Altersstufe: ca. 10 Schuljahr

Vorkenntnisse: Koordinatensysteme mit Abszisse und Ordinate, Geradengleichung,

Längenmessung, Volumen und Umrechnung von Litern in Kubikmeter

und umgekehrt, Volumenberechnung eines Zylinders

Bearbeitungsdauer: 2 Lektionen zu 45 Minuten

Erste Lektion (Expertenrunde): Die Klasse wird in 5 möglichst gleich grosse Gruppen (A, B, C, D, E) eingeteilt. Jede Gruppe bearbeitet einen

der 5 Posten inkl. Experiment(e).

Am besten werden die Kopien der einzelnen Posten der ersten Lektion numeriert! Bsp.: Die Klasse hat 20 Schüler/innen. Somit hat jede der 5 Gruppen von A bis E 4 Schüler/innen. Deshalb numeriert man die Kopien für Posten 1 (Gruppe A) von 1 bis 4: A1, A2, A3, A4. Dasselbe macht man für B, C, D und E.

Zweite Lektion (Diskussionsrunde): Immer ein Experte sitzt mit 4 Laien seines Themas zusammen (also A1 sitzt mit B1, C1, D1 und E1

zusammen). Die Experten in ihrem Gebiet erklären den Laien ihr Thema.

Jeder der 5 erklärt also den restlichen 4 seinen Posten.

Einfachheitshalber erhalten die Schüler/innen dafür ein Blatt (Blatt für Diskussionsrunde), um nur noch Ergänzungen machen zu müssen.

Organisatorisches: Vorbereiten am Tag zuvor: Eis herstellen

Kurz vor Beginn erledigen:

- Thermostat bei Posten 3 (Flüssigkeit) einschalten, Solltemperatur etwa 3°C bis 4°C über Zimmertemperatur.

- Eiswasser für Posten 1 (Temperatur) bereitstellen.

Autor: Dr. Ch. Grütter

Kantonsschule Limmattal, In der Luberzen 34, 8902 Urdorf, Schweiz

gruetter@solid.phys.ethz.ch

Fassung vom: Oktober 2002

**Material:** Posten 1 (Wie Temperatur messen?):

Wasserkocher, Destilliertes Wasser, Ungeeichtes Thermometer, Bleistift,

Becherglas mit Eiswasser, Massstab

Posten 2 (Erwärmen eines Festkörpers):

Thermostat, Leybold-Alurohr-Apparatur, Massstab min. 50cm

Posten 3 (Erwärmen einer Flüssigkeit):

Thermostat, Verjüngtes Gefäss, mit Wasser gefüllt (ev. gefärbt), Stift zum Markieren auf Glas, Thermometer für Zimmertemperatur, Becherglas (bis zu einer Marke etwa in der Mitte mit Wasser gefüllt). Grösse so, dass Gefäss

hinein getaucht werden kann.

Posten 4 (Erwärmen eines Gases):

Fön, Weinflasche weiss, 2 gleiche Ballone, Thermometer in der Flasche,

Messbecher ca. 2dl

Posten 5 (Der Bimetallstreifen):

Heissluftfön, Zange, Feuerfeste Platte, Einige Bimetallstreifen

Allg. Material: Thermometer für Zimmertemperatur

## Einstieg in die Wärmelehre: Wie Temperatur messen?

Bei einem Blick zurück in die Geschichte ist man erstaunt, wie lange keine vernünftige und einheitliche Temperaturmessung möglich war. Lange Zeit konnte sich kein Vorschlag durchsetzen, wie Temperatur gemessen werden könnte.

Erst ein Vorschlag des schwedischen Astronomen Anders Celsius (1701 - 1744) lieferte für alle eine einfach nachvollziehbare Temperaturmessung. Er verwendete ein Glasrohr, welches zu einem bestimmten Bruchteil mit einer Flüssigkeit gefüllt war (einige Anforderungen an die Flüssigkeit werden wir später noch stellen müssen!). Das untere Ende des Glasrohres ist leicht verdickt und bildet dadurch einen Vorratstank für die Flüssigkeit. Er tauchte das Glasrohr in ein Eis-Wasser-Gemisch und definierte diese Temperatur als 0°C (Null Grad Celsius). Dieser erste Fixpunkt kann mit Eiswasser leicht von jedermann irgendwo auf der Erde nachvollzogen werden. Sodann tauchte er das Rohr in siedendes Wasser und erhielt so einen zweiten Fixpunkt. Das Glasrohr unterteilte er zwischen diesen beiden Fixpunkten in 100 gleiche Teile. Deshalb definierte er den zweiten Fixpunkt als 100°C.

## **Experiment**

Tun Sie es dem Anders Celsius gleich! Lesen Sie, bevor Sie mit dem Experiment beginnen, alles durch. Während das Experiment läuft, können Sie unter Umständen die eine oder andere Frage bereits beantworten. Räumen Sie zum Schluss wieder so auf, wie Sie den Platz angetroffen haben und schalten Sie alle Geräte aus.

An Ihrem Platz befinden sich ein mit einer roten Flüssigkeit gefülltes Glasrohr, ein Eis-Wasser-Gemisch und ein Wasserkocher mit der richtigen Menge Wasser gefüllt.

### Ablauf des Experiment

Das bereitliegende, mit einer roten Flüssigkeit gefüllte Glasrohr liegt schon einige Zeit auf dem Tisch und hat somit Zimmertemperatur. Markieren Sie mit einem Bleistift den Stand der Flüssigkeit (nur fein markieren)!



- Tauchen Sie nun das Glasrohr zuerst in Eiswasser. Rühren Sie vorsichtig, bis sich der Stand der Flüssigkeit nicht mehr ändert. Setzen Sie mit dem Bleistift eine weitere Marke.
- Schalten Sie den Wasserkocher auf "100°C" und tauchen Sie das Glasrohr in die siedende Flüssigkeit. Setzen Sie mit dem Bleistift eine weitere Marke.

## Fragen

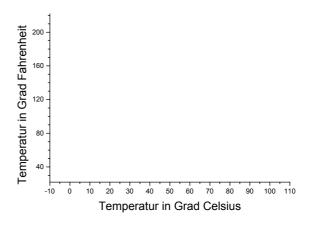
1. Die Marke, die Sie ganz zu Beginn gesetzt haben, entspricht dem Stand der Flüssigkeit bei Zimmertemperatur. Ermitteln Sie diese, so gut es geht, mit dem Verfahren, wie es Celsius vorgeschlagen hat!

Lösung: Die Zimmertemperatur  $\vartheta_{ZT}$  beträgt:

$$\vartheta_{\text{ZL}} = \circ C$$

(Bem.: Temperaturen in Grad Celsius (°C) werden in der Physik mit dem griechischen Buchstaben *Theta* (9) geschrieben.)

- 2. Überlegen Sie sich, was für Bedingungen die Flüssigkeit im Glasrohr idealerweise erfüllen sollte. Kennen Sie Flüssigkeiten, die für Thermometer verwendet werden und überlegen Sie sich, weshalb?
- 3. Die Temperatur-Skala *Grad Celsius*, welche wir kennengelernt haben, hat etwas sehr Willkürliches an sich. Etwa gleichzeitig zu Anders Celsius erfand der Danziger Glasbläser Daniel Fahrenheit eine andere, ebenso willkürliche Einheit der Temperatur, das nach ihm benannte *Grad Fahrenheit* [°F]. Ähnlich wie Celsius wählte auch er zwei Fixpunkte. Als erster Fixpunkt (Nullpunkt) seiner Skala wählte Fahrenheit die tiefste Temperatur des strengen Winters von 1709, die er durch eine bestimmte Eis-Wasser-Salz-Mischung reproduzieren zu können glaubte. Weil selbst die ältesten Leute behaupteten, sie hätten noch nie so bitterkalte Tage erlebt, hoffte Fahrenheit, auf diese Weise negative Temperaturen vermeiden zu können. Als zweiten Fixpunkt soll er seine Körpertemperatur gewählt haben, der er willkürlich die Zahl 100 zuordnete. Dadurch kam die Schmelztemperatur von Eis auf 32°F und die Siedetemperatur von Wasser auf 212°F zu liegen.
  - a) Finden Sie heraus, wie die Temperatur von °C in umgerechnet werden kann und umgekehrt! Als Hilfe steht Ihnen nebenstehende Grafik zur Verfügung. Auf der Ordinate sind Grad Celsius, auf der Abszisse aufgetragen. Grad Fahrenheit Markieren Sie dazu bekannte Punkte in der Grafik verbinden Sie diese mit einer Geraden. Finden Sie mit Hilfe der Geraden eine Gleichung, mit der beiden Temperaturen die ineinander umgerechnet werden können!



- b) Wie kalt waren die kältesten Tage des Winters von 1709 in °C?
- c) Bestimmen Sie die Körpertemperatur von Daniel Fahrenheit in °C zur Zeit seiner Eichung des zweiten Fixpunktes! Hatte er vielleicht Fieber zur Zeit seiner Erfindung?
- d) Welche Eichung scheint Ihnen geschickter gewählt zu sein? Weshalb?

, and the second se

# Einstieg in die Wärmelehre: Erwärmen eines Gases

Wahrscheinlich wissen Sie schon, was mit einer gasförmigen Substanz geschieht, wenn man sie erwärmt. An diesem Posten lernen Sie mit dem bereitstehenden Experiment Genaueres darüber.

### **Experiment**

Lesen Sie, bevor Sie mit dem Experiment beginnen, alles durch. Während das Experiment läuft, können Sie unter Umständen die eine oder andere Frage bereits beantworten. Räumen Sie zum Schluss wieder so auf, wie Sie den Arbeitsplatz angetroffen haben und schalten Sie alle Geräte aus.

An ihrem Platz finden Sie eine Flasche, in welcher sich ein Thermometer befindet, und einen Ballon. Stülpen Sie den Ballon vorsichtig über die Flasche (s. Abb.). Achten Sie darauf, dass dabei im Ballon möglichst keine Luft vorhanden ist.

Vorsicht: Beschädigen Sie das Thermometer dabei nicht!

Die (gasförmige) Luft in der Flasche hat Zimmertemperatur, da die Flasche schon längere Zeit im Raum ist. Sie sollen nun herausfinden, was die Luft macht, wenn Sie diese langsam erwärmen.



### Ablauf des Experiments:

- Tragen Sie in die Tabelle unter *Auswertung* (1. Messung) das Volumen V und die Zimmertemperatur der Luft in der Flasche ein. Zum Volumen: Vermutlich kennen Sie den Volumeninhalt einer solchen Flasche.
- Fleizen Sie die Flasche nun sorgfältig mit dem Fön. Achten Sie darauf, dass Sie den Ballon dabei nicht beschädigen (Flasche im unteren Bereich heizen!). Aufgrund der Erwärmung dehnt sich die Luft in der Flasche aus. Der Ballon wird «aufstehen», bis er mit Luft gefüllt ist. Stellen Sie das Heizen gerade *dann* ein, bevor der Ballon mit viel Druck weiter aufgeblasen werden müsste. Denn nun würden Sie mit zusätzlichem Heizen nur noch den Druck in der Flasche erhöhen, der aber noch lange nicht ausreicht, um den Ballon aufzublasen. Lesen Sie die Temperatur der Luft in der Flasche ab und halten Sie diese in der Tabelle unter *Auswertung* fest (2. Messung).

Schreiben Sie auch in die Tabelle, wie gross das Luftvolumen am Schluss der 2. Messung ist. Dazu müssen Sie zusätzlich zum Volumen der Flasche das Luftvolumen im Ballon bestimmen. Dies können Sie herausfinden, indem Sie den Ballon mit Wasser füllen und die Wassermenge in den bereitstehenden Massbecher leeren.

Bestimmen Sie zum Schluss, um wieviel Prozent das Volumen der Luft pro °C zugenommen hat und notieren Sie sich das Ergebnis auch wieder unter *Auswertung*.

### Auswertung

Zimmertemperatur:  $\vartheta_{ZT} = {}^{\circ}C$ 

(Bem.: Temperaturen in Grad Celsius (°C) werden in der Physik mit dem griechischen Buchstaben *Theta* (9) geschrieben.)

Volumen der Flasche:  $V_0 =$ 

Tabelle	Temperatur 9 [°C]	Volumen V
1. Messung:	$\vartheta_{\mathrm{ZT}} = $ °C	
2. Messung:		

Temperaturzunahme  $\Delta \theta$  zwischen den beiden Messungen:  $\Delta \theta =$  °C

Volumenzunahme der Luft zwischen den beiden Messungen:  $\Delta V =$ 

Prozentuale Volumenzunahme pro °C:

## Fragen

1. Aus ähnlichen, aber genaueren Experimenten findet man, dass für die Volumenänderung eines Gases gilt:

$$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta \vartheta$$

d.h. in Worten: Die Volumenzunahme  $\Delta V$  ist proportional zur Temperaturzunahme  $\Delta 9$ . (Temperaturzunahme um  $4^{\circ}$ C ergibt Volumenzunahme um  $2^{\circ}\Delta V$  im Vergleich zu einer Temperaturzunahme um  $2^{\circ}C$ .)

Die Volumenzunahme ΔV ist proportional zum ursprünglichen Volumen V<sub>0</sub>.

y nennt man den Volumenausdehnungskoeffizienten.

Das neue Volumen des Gases beträgt somit (Formeln von oben einsetzen und vereinfachen):

$$V = V_0 + \Delta V =$$

Bestimmen Sie die Einheit von  $\gamma$ :  $[\gamma] =$ 

Bestimmen Sie aus Ihren Messungen den Wert von γ für Luft (vorwiegend Stickstoff):

$$\gamma =$$

- 2. In einem mit Helium der Temperatur -13°C gefüllten Ballon befindet sich ein Luftvolumen von  $0.006\text{m}^3$ . Der Ballon wird nun durch Sonneneinstrahlung auf 33°C aufgeheizt. Der Volumenausdehnungskoeffizient von Helium beträgt  $\gamma = 3.66 \cdot 10^{-3} \text{ 1/°C}$ .
  - a) Drücken Sie das Luftvolumen in Litern aus.
  - b) Wie gross ist das Luftvolumen nach Aufheizung des Ballons durch die Sonne?
- 3. Was zeichnet ein Gas im Gegensatz zu einem festen Stoff (Festkörper) und einer Flüssigkeit aus?

\_\_\_\_\_\_

, and the second se

# Einstieg in die Wärmelehre: Erwärmen einer Flüssigkeit

Wahrscheinlich wissen Sie schon, was mit einer Flüssigkeit geschieht, wenn man sie erwärmt. An diesem Posten lernen Sie mit dem bereitstehenden Experiment Genaueres darüber.

## **Experiment**

Lesen Sie, bevor Sie mit dem Experiment beginnen, alles durch. Während das Experiment läuft, können Sie unter Umständen die eine oder andere Frage bereits beantworten. Räumen Sie zum Schluss wieder so auf, wie Sie den Arbeitsplatz angetroffen haben und schalten Sie alle Geräte aus.

An ihrem Platz finden Sie ein Gefäss, das sich nach oben zu einem Röhrchen verengt und mit Wasser gefüllt ist (s. Abb.). Mit dem bereitliegenden Stift können Sie den jeweiligen Stand der Flüssigkeit im Röhrchen markieren. Da die Flüssigkeit schon längere Zeit im Zimmer steht, können Sie den jetzigen Stand als denjenigen bei Zimmertemperatur festhalten (Marke 1).

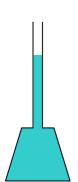
## Ablauf des Experiments:

- F Zeichnen Sie sorgfältig Marke 1 ein. Lesen Sie an einem Thermometer die Zimmertemperatur ab und tragen Sie diese auf der Rückseite unter *Auswertung* bei  $\vartheta_{ZT}$  ein.
- Bestimmen Sie das Volumen der Flasche, indem Sie die Flasche in ein zum Teil mit Wasser gefülltes Becherglas tauchen. Lesen Sie den Wasserstand im Becherglas vor und nach dem Eintauchen ab. Bestimmen Sie aus diesen beiden Werten das Volumen der Flasche. Achten Sie beim Eintauchen darauf, dass kein Wasser in die Flasche gelangt, da sonst Ihre Marke 1 nicht mehr stimmt (also besser nicht ganz eintauchen, als etwas zu tief eintauchen!) Tragen Sie Ihr Ergebnis unter *Auswertung* ein.
- Schalten Sie den Thermostaten ein. An der Anzeige lesen Sie die momentane Temperatur (Ist-Temperatur) des Wassers ab. Erhöhen Sie die Temperatur des Wasserbades durch Einstellen einer neuen Solltemperatur am Thermostaten um etwa 2°C über die momentane Temperatur: Drücken und halten Sie den Knopf «T», wodurch in der Anzeige die Solltemperatur des Wasserbades angezeigt wird. Liegt die Solltemperatur unterhalb der Ist-Temperatur, so macht der Thermostat nichts, liegt die Solltemperatur hingegen höher, so beginnt er zu heizen, bis die Ist-Temperatur den Sollwert erreicht hat. Durch Drehen am Justierrad können Sie den Sollwert einstellen, falls Sie die Taste «T» noch immer gedrückt halten.
- Stellen Sie die Flasche nun in das Wasserbad des Thermostaten.

  Beobachten Sie, was das Wasser in der Flasche beim Erwärmen auf den neuen Sollwert macht.

  Warten Sie (!), bis die Flüssigkeit in der Flasche nicht mehr steigt, d.h. keine Volumenänderung mehr erfährt, und setzen Sie eine weitere Marke (Marke 2) ans Röhrchen. Notieren Sie die genaue Temperatur in der Tabelle unter *Auswertung*.
- Filhre Messung ist nun beendet. Bestimmen Sie jetzt die Volumenänderung  $\Delta V$  von Marke 1 zu Marke 2, indem Sie die Höhenzunahme zwischen diesen beiden Marken und die

\_\_\_\_\_



Röhrchenquerschnittsfläche bestimmen. Bestimmen Sie noch, um wieviel die oberste Marke unter dem Ende des Röhrchens liegt (s. Frage 2).

Bestimmen Sie zum Schluss, um wieviel Prozent das Volumen des Wassers pro °C zugenommen hat und notieren Sie sich das Ergebnis auch wieder unter *Auswertung*.

## Auswertung

Zimmertemperatur:

$$\vartheta_{\text{ZT}} = \circ C$$

(Bem.: Temperaturen in Grad Celsius (°C) werden in der Physik mit dem griechischen Buchstaben *Theta* (9) geschrieben.)

Volumen der Flasche:

$$V =$$

$$m^{3} =$$

Tabelle	Temperatur 9 [°C]	Höhenzunahme ∆h	Volumenänderung ΔV
1. Marke:	$\vartheta_{\mathrm{ZT}} = $ °C	0	0
2. Marke:			

Temperaturzunahme Δ9 zwischen der 1. und der 2. Marke:

 $\Lambda \vartheta = ^{\circ}C$ 

Volumenzunahme des Wassers zwischen der 1. und der 2. Marke:

 $\Delta V =$ 

Daraus resultierende prozentuale Volumenzunahme pro °C:

## Fragen

1. Aus dem Experiment findet man, dass für die Volumenänderung einer Flüssigkeit gilt:

$$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta \vartheta$$

d.h. in Worten: Die Volumenzunahme ΔV ist proportional zur Temperaturzunahme Δθ (Temperaturzunahme um 4°C ergibt Volumenzunahme um 2·ΔV im Vergleich zu einer Temperaturzunahme um 2°C.)

Die Volumenzunahme  $\Delta V$  ist proportional zum ursprünglichen Volumen  $V_0$ .

γ nennt man den Volumenausdehnungskoeffizienten.

Das neue Volumen der Flüssigkeit beträgt somit (Formeln von oben einsetzen und vereinfachen):

$$V = V_0 + \Delta V =$$

Bestimmen Sie die Einheit von γ:

 $[\gamma] =$ 

Bestimmen Sie aus Ihren Messungen den Wert von γ für Wasser:

 $\gamma =$ 

- 2. Auf welche Temperatur hätten Sie das Wasser in der Flasche erwärmen müssen, damit es zum Röhrchen heraus steigt?
- 3. Was zeichnet eine Flüssigkeit im Gegensatz zu einem Gas und einem festen Stoff (Festkörper) aus?

# Einstieg in die Wärmelehre: Erwärmen eines Festkörper

Wahrscheinlich wissen Sie schon, was ein festes Material macht, wenn man es erwärmt. An diesem Posten lernen Sie mit dem bereitstehenden Experiment Genaueres darüber.

## **Experiment**

Lesen Sie, bevor Sie mit dem Experiment beginnen, alles durch. Während das Experiment läuft, können Sie unter Umständen die eine oder andere Frage bereits beantworten. Räumen Sie zum Schluss wieder so auf, wie Sie den Arbeitsplatz angetroffen haben und schalten Sie alle Geräte aus.

liegt ein Rohr Vor Ihnen Aluminium. Da das Rohr schon längere Zeit da liegt, hat es Zimmertemperatur. Sie sollen nun herausfinden, was das Rohr macht, wenn Sie es langsam erwärmen. Dazu Sie können den Thermostaten einschalten und diesen auf eine gewünschte Temperatur einstellen. Es dauert ein Weilchen, bis das Wasser Thermostaten die gewünschte Temperatur erreicht hat. Da der Thermostat das Wasser durch das Rohr pumpt, wird das Rohr dieselbe Temperatur annehmen.



### Ablauf des Experiments:

- For Stellen Sie am Thermostaten eine neue Temperatur von etwa 35°C ein (s. dritte Abb.: hier sind 20.0°C eingestellt). Schalten Sie nun den Thermostaten ein und warten Sie solange, bis Wasserbad und Alurohr die Solltemperatur erreicht haben und somit die Länge des Rohres sich nicht mehr ändert. Bestimmen Sie die Längenänderung Δλ. Tragen Sie die Messergebnisse unter *Auswertung* in die Tabelle ein. Wurde der Stab kürzer oder länger?
- Skaleninnenrand
  1 Skalenieii = 1 mm
  Δ1-0,02mm/Skt



Wiederholen Sie den letzten Punkt mit einer noch höheren Temperatur von etwa 50°C.

\*Bestimmen Sie zum Schluss, um wieviel Prozent der Stab etwa pro °C länger geworden ist und notieren Sie sich das Ergebnis auch wieder unter *Auswertung*.

## Auswertung

Stablänge bei Zimmertemperatur:  $\lambda_0 =$ 

Zimmertemperatur:  $\vartheta_{ZT} = {}^{\circ}C$ 

(Bem.: Temperaturen in Grad Celsius (°C) werden in der Physik mit dem griechischen Buchstaben *Theta* (9) geschrieben.)

Tabelle	Temperatu	r 9 [°С]	$\Delta \vartheta$ [°C] ( $\Delta \vartheta = \vartheta - \vartheta_{ZT}$ )	Δλ [m]
1. Messung:	$\theta_{\rm ZT} =$	°C	0°C	0m
2. Messung				
3. Messung:				

Prozentuale Längenänderung pro °C zwischen 1. und 3. Messung:

## Fragen

1. Aus dem Experiment findet man, dass für die Längenänderung eines Festkörpers gilt:

$$\Delta \lambda = \alpha \cdot \lambda_0 \cdot \Delta \vartheta$$

d.h. in Worten: Die Längenzunahme  $\Delta\lambda$  ist proportional zur Temperaturzunahme  $\Delta\vartheta$  (Temperaturzunahme um

4°C ergibt Längenzunahme um 2· Δλ im Vergleich zu einer Temperaturzunahme um 2°C.)

Die Längenzunahme  $\Delta\lambda$  ist proportional zur ursprünglichen Länge  $\lambda_0$ .

α nennt man den Längenausdehnungskoeffizienten, der materialabhängig ist.

Die neue Länge des Stabes beträgt somit (Formeln von oben einsetzen und vereinfachen):

$$\lambda = \lambda_0 + \Delta \lambda =$$

Bestimmen Sie die Einheit von  $\alpha$ :  $\alpha$ :

Bestimmen Sie aus Ihren Messungen den Wert von  $\alpha$  für Aluminium:

$$\alpha =$$

- 2. Die Quai-Brücke in Zürich hat eine Länge von 125m und besteht aus Beton. Die jahreszeitlichen Temperaturschwankungen, welchen sie ausgesetzt ist, betragen 30°C. Der Längenausdehnungskoeffizient für Beton beträgt 12·10-6 1/°C.
  - a) Um wieviel schwankt ihre Länge innerhalb eines Jahres?
  - b) Wie wird diesem Problem baulich Rechnung getragen?
- 3. Was zeichnet einen Festkörper im Gegensatz zu einem Gas und einer Flüssigkeit aus?

Einstieg in die Wärmelehre: Der Bimetallstreifen

Wahrscheinlich wissen Sie schon, dass sich ein festes Material beim Erwärmen ausdehnt. Sie untersuchen in diesem Experiment zwei unterschiedliche Metalle, die aneinander befestigt sind. Man nennt dies einen Bimetallstreifen (bi für zwei). Was geschieht nun, wenn man diesen Bimetallstreifen erhitzt?

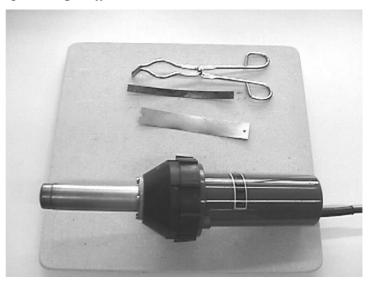
## **Experiment**

Lesen Sie, bevor Sie mit dem Experiment beginnen, alles durch. Während das Experiment läuft, können Sie unter Umständen die eine oder andere Frage bereits beantworten. Räumen Sie zum Schluss wieder so auf, wie Sie den Arbeitsplatz angetroffen haben und schalten Sie alle Geräte aus.

An ihrem Platz finden Sie zwei Bimetallstreifen. Mit dem Heissluftfön werden Sie den Bimetallstreifen *vorsichtig* erhitzen.

### Ablauf des Experiments:

Halten Sie den Bimetallstreifen mit der feuerfesten Zange an den Heissluftfön und erhitzen Sie den Bimetallstreifen gleichmässig. Was stellen Sie fest? Legen Sie nach dem Experiment den heissen Bimetallstreifen nicht auf den Tisch, sondern auf die



hitzebeständige Platte. Das Gleiche gilt für den Heissluftfön!

\* Was geschieht mit dem Bimetallstreifen, wenn er wieder langsam auskühlt?

## Erklärung

Wie erklären Sie sich das beobachtete Phänomen? Schreiben Sie Ihre Vermutungen auf!

Bitte wenden!

### Anwendungen des Bimetallstreifens

Lesen Sie den folgenden Text so, dass Sie die Anwendungen im zweiten Teil dieser Arbeit Ihren Mitschüler/innen erklären können!

Sie haben gesehen, dass sich der Bimetallstreifen biegt, sobald er erwärmt oder gekühlt wird. Mit einer Skala versehen kann der Bimetallstreifen als Thermometer benutzt werden. Dazu wird der Bimetallstreifen durch ein übliches Thermometer geeicht. In *Bimetall-Thermometern* ist der Bimetallstreifen i.a. in Form einer Spirale aufgewickelt (s. Abb. 1). Der Bimetallstreifen findet auch in Regelkreisen Verwendung. So kann er zum Beispiel als Schalter in einem Thermostaten eingesetzt werden, d.h. er



Abb. 1

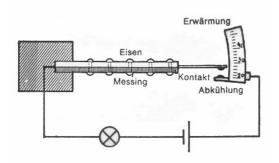
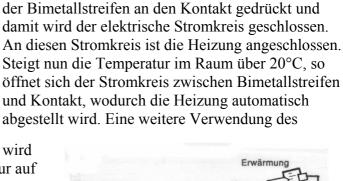


Abb. 2

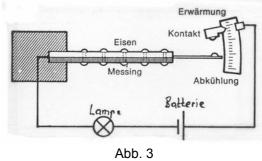
Bimetallstreifens ist in Abb. 3 zu sehen. Hier wird der Kontakt geschlossen, wenn die Temperatur auf einen hohen Wert angestiegen ist. In einem Feuermelder könnte dieser Kontakt einen Stromkreis eines Alarmes schliessen oder gleich eine Feuerlöschanlage in Gang setzen. Häufig funktionieren Feuermelder jedoch anders, indem sie nicht auf die Temperatur reagieren, sondern auf die Rauchentwicklung. Hier kann der Bimetallstreifen nicht eingesetzt werden.



regelt die Temperatur eines Raumes. Ein solcher

Temperatur unter (in diesem Fall) 20°C liegt, wird

Schalter ist in Abb. 2 zu sehen. Solange die

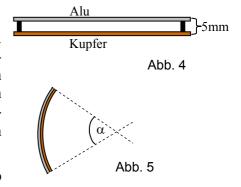


### **Aufgabe**

Gegeben sind zwei 1m lange, aber sehr dünne Metallstreifen. Der eine besteht aus Kupfer- und der andere aus Aluminium-Blech. Diese sind so miteinander verbunden, dass sie in einem Abstand von 5mm gehalten werden (s. Abb. 4). Beide werden nun um  $100^{\circ}$ C erhitzt. Wie biegt sich dieser Bimetall-"Streifen"? Wie gross ist der Winkel  $\alpha$ , der durch den entstandenen Kreissektor eingeschlossen wird (s. Abb. 5)?

Zur Lösung brauchen Sie folgendes: Erhitzt man einen Stab von 1m Länge um  $100^{\circ}$ C, so wird er um  $\Delta\lambda$  länger. Experimente zeigen, dass für unsere Materialien gilt:

$$\Delta \lambda_{\text{Kupfer}} = 1.6 \text{mm}, \ \Delta \lambda_{\text{Alu}} = 2.4 \text{mm}$$



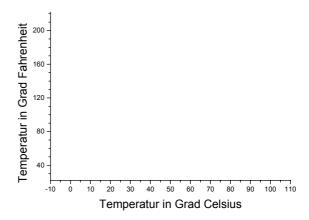
### 1. Die Temperatur

- Der Vorschlag des schwedischen Astronomen Anders Celsius (1701 1744) lieferte für alle eine einfach nachvollziehbare Temperaturmessung. Wie lautet der Vorschlag?
- Welche Bedingungen sollte die Flüssigkeit im Thermometer erfüllen? Weshalb werden häufig Quecksilber (Hg) oder Alkohol verwendet?
- Etwa gleichzeitig zu Anders Celsius erfand der Danziger Glasbläser Daniel Fahrenheit eine andere, ebenso willkürliche Einheit der Temperatur, das nach ihm benannte *Grad Fahrenheit*. Wie lautet die Definition in diesem Fall?

Zeichnen Sie die Umrechnung in die nebenstehende Grafik ein!

Wie lauten die Umrechnungsformeln?

Wieviele °C sind 0°F? Wieviele °C sind 100°F?



### 2. Wärmeausdehnung von Flüssigkeiten, Festkörpern und Gasen

- 2.1. Festkörper
- Was macht ein Festkörper, wenn man ihn erwärmt? Erläutern Sie das durchgeführte Experiment dazu!
- Um wieviel Prozent nimmt die Länge des Stabes etwa zu, wenn man ihn um 1°C erwärmt?
- Für die Längenänderung Δλ des Stabes (Festkörper) findet man (Formel):

α bedeutet darin folgendes:

Die Einheit von  $\alpha$  ist:  $[\alpha]$  =

 $\$  Die totale Länge  $\lambda$  des Stabes beträgt somit (Formel):

( $\lambda_0$ : ursprüngliche Stablänge)

- Tie Werte von α für verschiedene Materialien sind in Tabellen zu finden.
- Die Quai-Brücke in Zürich hat eine Länge von 125m und besteht aus Beton. Die jahreszeitlichen Temperaturschwankungen, welchen sie ausgesetzt ist, betragen 30°C. Der Längenausdehnungskoeffizient für Beton beträgt 12·10<sup>-6</sup> 1/°C
  - a) Um wieviel schwankt ihre Länge innerhalb eines Jahres?
  - b) Wie wird diesem Problem baulich Rechnung getragen?
- 2.2. Anwendung von Festkörperausdehnung: Der Bimetallstreifen
- Was geschieht, wenn ich zwei unterschiedliche Metalle aneinander befestige und diesen sogenannten Bimetallstreifen dann erhitze? Erklären Sie die Beobachtung!
- Anwendungen zum Bimetallstreifen: Erklären Sie Ihren Mitschüler/innen die folgenden Beispiele!

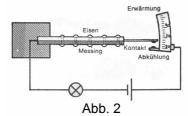
Sie haben gesehen, dass sich der Bimetallstreifen biegt, sobald er erwärmt oder gekühlt wird. Mit einer Skala versehen, welche durch ein übliches Thermometer geeicht wird, kann der Bimetallstreifen als Thermometer benutzt werden. In Thermometern ist der Bimetallstreifen i.a. in Form einer Spirale aufgewickelt (s. Abb. 1). Der Bimetallstreifen findet allerdings auch häufig in Regelkreisen Verwendung. So kann er zum Beispiel als Schalter in einem Thermostaten eingesetzt werden, d.h. er regelt die Temperatur eines Raumes. Ein solcher Schalter ist in Abb. 2 gezeichnet. Solange die Temperatur unter (in diesem Fall) 20°C liegt, wird der Bimetallstreifen an den Kontakt gedrückt und damit ist der elektrische Stromkreis geschlossen. An diesen Stromkreis ist die Heizung angeschlossen. Steigt nun die Temperatur im Raum über 20°C, so öffnet sich der Stromkreis zwischen Bimetallstreifen und Kontakt, wodurch die Heizung automatisch abgestellt wird. Eine weitere Verwendung des Bimetallstreifens ist in Abb. 3 zu sehen. Hier wird der Kontakt geschlossen, wenn die Temperatur auf einen hohen Wert angestiegen ist. In einem Feuermelder könnte dieser Kontakt einen Stromkreis eines Alarmes schliessen oder gleich eine

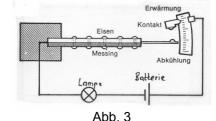
\_\_\_\_\_

Feuerlöschanlage in Gang setzen. Häufig funktionieren Feuermelder jedoch anders, indem sie nicht auf die Temperatur reagieren, sondern z.B. auf die Rauchentwicklung. Hier kann der Bimetallstreifen nicht eingesetzt werden.



Abb. 1





Erklären Sie die Aufgabe, die Sie dazu lösten!

Zur Lösung brauchen Sie folgendes: Erhitzt man einen Stab von 1m Länge um  $100^{\circ}$ C, so wird er um  $\Delta\lambda$  länger. Experimente zeigen, dass für unsere Materialien gilt:

$$\Delta \lambda_{\text{Kupfer}} = 1.6 \text{mm}, \ \Delta \lambda_{\text{Alu}} = 2.4 \text{mm}$$

### 2.3. Flüssigkeiten

- Was macht eine Flüssigkeit, wenn man sie erwärmt? Erläutern Sie das durchgeführte Experiment dazu!
- Tum wieviel Prozent nimmt das Volumen von Wasser etwa zu, wenn man es um 1°C erwärmt?
- Für die Volumenänderung ΔV der Flüssigkeit findet man (Formel):

γ bedeutet darin folgendes:

Die Einheit von  $\gamma$  ist:  $[\gamma] =$ 

Das totale Volumen V der Flüssigkeit beträgt somit (Formel):

(V<sub>0</sub>: ursprüngliches Volumen)

- Die Werte von γ für verschiedene Flüssigkeiten sind in Tabellen zu finden.
- Erklären Sie die Aufgabe 2, die Sie dazu lösten!

### 2.4. Gase

- Was macht ein Gas, wenn man es erwärmt? Erläutern Sie das durchgeführte Experiment dazu!
- Um wieviel Prozent nimmt das Volumen der Luft etwa zu, wenn man sie um 1°C erwärmt?
- Für die Volumenänderung ΔV der Luft (Gas) findet man (Formel):

γ bedeutet darin folgendes:

Die Einheit von  $\gamma$  ist:  $[\gamma] =$ 

Das totale Volumen V des Gases beträgt somit (Formel):

(V<sub>0</sub>: ursprüngliches Volumen)

- $\ \ \$  Die Werte von  $\gamma$  für verschiedene Gase sind in Tabellen zu finden.
- In einem mit Helium der Temperatur -13°C gefüllten Ballon befindet sich ein Luftvolumen von  $0.006\text{m}^3$ . Der Ballon wird nun durch Sonneneinstrahlung auf 33°C aufgeheizt. Der Volumenausdehnungskoeffizient von Helium beträgt  $\gamma = 3.66 \cdot 10^{-3}$  1/°C.
  - a) Drücken Sie das Luftvolumen in Litern aus.
  - b) Wie gross ist das Luftvolumen nach Aufheizung des Ballons durch die Sonne?

#### 2.5. Vergleich

- Was fällt auf, wenn Sie gemeinsam die prozentualen Änderungen miteinander vergleichen: Welche Stoffe reagieren bezüglich Grösse (Volumen oder Länge) am stärksten auf Temperaturschwankungen, welche am schwächsten? Wie können Sie sich das erklären?
- Was zeichnet einen Festkörper aus, was eine Flüssigkeit, was ein Gas?