

## Temperatur und Wärme – ein Einstieg in die Wärmelehre

Günther Lohmer, Leverkusen

Temperaturbedingte Zustandsänderungen von Gegenständen spielen in unserem Alltag oft unbemerkt eine große Rolle. So dehnen sich beispielsweise Brücken oder Schienen im Sommer aus und ziehen sich im Winter zusammen.

Der vorliegende Beitrag ist ein alltagsnaher Einstieg in die Wärmelehre.



Galileo-Thermometer

I/C

VORANSICHT

Es wird erklärt, wie  
Feuermelder funktionieren!

Der Beitrag im Überblick	
<p><b>Klasse:</b> 8/9</p> <p><b>Dauer:</b> 7 Stunden</p> <p><b>Ihr Plus:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Schülertaugliche Erklärungen</li> <li>✓ Experimente zu Wärmeleitung und Wärmeausdehnung</li> <li>✓ Erklärung der unterschiedlichen Temperaturskalen</li> </ul>	<p><b>Inhalt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definition von Temperatur</li> <li>• Unterschiedliche Temperaturskalen</li> <li>• Aggregatzustände, Teilchenmodell</li> <li>• Längen- und Volumenausdehnungskoeffizient</li> <li>• Wärmeausdehnung</li> <li>• Wärmeleitung</li> <li>• Wärmestrahlung und Wärmeströmung</li> </ul>

## Fachliche und didaktisch-methodische Hinweise

Den Einstieg in die Wärmeleitung bildet ein **Wiederholungsblatt** zum Aufbau der Stoffe (**M 1**). In Material **M 2** lernen Ihre Schüler, dass es zwischen den Begriffen Wärme und Temperatur einen Unterschied gibt. Material **M 3** thematisiert die verschiedenen Temperaturskalen, die auf unterschiedlichen Ansätzen beruhen. Anhand des Teilchenmodells (**M 4**) erhalten Ihre Schüler eine Vorstellung, dass Temperatur und Wärme eine Folge der Teilchenbewegung sind. In Material **M 5** geht es um die Längen- und Volumenausdehnung von Feststoffen. Material **M 6** stellt verschiedene Thermometer vor. Bimetalle lernen Ihre Schüler in Material **M 7** kennen.

Der Transport von Wärme kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen. Wärmeleitung wird in Material **M 8** erklärt. Material **M 9** liefert einen Versuch zur Wärmeleitung. Die Wärmeausdehnung ist Thema von Material **M 10**. Auch hierzu gibt es ein Experiment (**M 11**). Material **M 12** ist eine **Farbfolie** zur Zentralheizung. Das Material **M 13** behandelt die Wärmeströmung und das Material **M 14** die Wärmestrahlung. Als Abschluss der Einheit gibt es eine **Lernerfolgskontrolle** in Form eines Tandembogens (**M 15**).

### Bezug zum Alltag

Material **M 6** beschreibt unterschiedliche Thermometer in ihrem Einsatzgebiet und ihrer Funktionsweise. Außerdem wird erklärt, wie eine Zentralheizung funktioniert.

### Stärkung der sozialen Kompetenz und nachhaltiges Lernen

Schülerversuche in Kleingruppen stärken die soziale Kompetenz der Lernenden und sorgen dafür, dass der Unterrichtsinhalt nachhaltig haften bleibt. Verständnisfragen gepaart mit Rechercheaufgaben sichern den dauerhaften Lernerfolg. Ihre Schüler benutzen Fachbegriffe, argumentieren wissenschaftlich, stellen Wenn-Dann-Beziehungen auf. Ferner ziehen sie selbstständig ihr Vorwissen zum Unterricht zur Problemlösung heran. Bei der Durchführung der Experimente im Team diskutieren Ihre Schüler ihre Arbeitsergebnisse in Form von Protokollen.

### Mediathek

**Völcker, Diethelm:** Physik Mittelstufe Teil 1: Mechanik, Flüssigkeiten und Gase, Wärmelehre, Akustik. Mentor Verlag. München 2006. S. 100 bis 146.

Sehr gute und verständliche Lernhilfe für Schülerinnen und Schüler. Das Buch enthält Aufgaben und Lösungen.

**Borges, Florian:** Training Grundwissen Physik, Physik Mittelstufe 1 Aufgaben mit Lösungen. Stark. Freising 2006. S. 61 bis 75.

Zahlreiche Aufgaben mit Lösungen rund um das Thema Wärmelehre.

**Krämer, Thorsten u. a.:** Grundwissen Physik. Mentor Verlag. München 2011. S. 106 bis 151.

Das Buch gibt einen guten und umfassenden Überblick über das Thema Wärmelehre.

### Internet-Adressen:

<http://www.burde-metall.at/tctable.htm>

Liste mit den Ausdehnungskoeffizienten von zahlreichen Stoffen

<http://www.physnet.uni-hamburg.de/ex/html/versuche/thermo/index.html>

Verschiedene Versuche rund um das Thema Wärmelehre

[http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/online\\_material/w\\_lehre/](http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/online_material/w_lehre/)

Zahlreiche Materialien zum Thema Wärmelehre

## Materialübersicht

⌚ V = Vorbereitungszeit    SV = Schülerversuch    Ab = Arbeitsblatt/Informationsblatt  
 ⌚ D = Durchführungszeit    LV = Lehrerversuch    Fo = Folie    LEK = Lernerfolgskontrolle  
 WH = Wiederholungsblatt

M 1	WH	Der Aufbau der Stoffe – frische dein Wissen auf!
M 2	Ab	Was versteht man unter der „Temperatur“?
M 3	Ab	Celsius, Fahrenheit, Kelvin – die Temperaturskalen
M 4	Ab	Das Teilchenmodell und die verschiedenen Aggregatzustände
M 5	Ab	Die Wärmeausdehnung bei Feststoffen und Flüssigkeiten
M 6	Ab	Die Temperaturmessung mit verschiedenen Thermometern
M 7	Ab	Bimetalle
M 8	Ab	Wärmeleitung (Konduktion)
M 9	SV	Ein Experiment zur Wärmeleitung
⌚ V: 5 min		<input type="checkbox"/> Teelöffel aus Metall
⌚ D: 10 min		<input type="checkbox"/> Teelöffel aus Kunststoff
		<input type="checkbox"/> Wachsklebeplättchen
		<input type="checkbox"/> Heißes Wasser
		<input type="checkbox"/> Hitzebeständiges Teeglas
		<input type="checkbox"/> Getrocknete Erbsen oder Maiskörner
M 10	Ab	Die Wärmeausdehnung – eine Frage der Temperatur
M 11	SV	Ein Experiment zur Wärmeausdehnung
⌚ V: 5 min		<input type="checkbox"/> Leere Kunststoffflasche
⌚ D: 10 min		<input type="checkbox"/> Luftballon
		<input type="checkbox"/> Behälter mit Eiswürfeln und Wasser
		<input type="checkbox"/> Behälter mit heißem Wasser
M 12	Fo	Die Zentralheizung – so funktioniert sie!
M 13	Ab	Warum ist die Zentralheizung mit Wasser gefüllt?
M 14	Ab	Die Wärmestrahlung – ein Beispiel aus dem Alltag
M 15	LEK	Rund um die Wärme – teste dein Wissen (Tandembogen)!

Die Erläuterungen und Lösungen zu den Materialien finden Sie ab Seite 19.

## M 1 Der Aufbau der Stoffe – frische dein Wissen auf!

Alle Stoffe bestehen aus Teilchen, die sich ständig bewegen. Man unterscheidet zwischen Atomen, Molekülen und Ionen.

### Atome

Die Elemente sind aus Atomen aufgebaut. Atome sind chemisch nicht teilbar. Das Wort Atom stammt aus dem Griechischen und bedeutet „unteilbar“.



Das Wissen der Griechen ist aber längst überholt:

Atome bestehen aus einem Atomkern, der positive Teilchen (Protonen) und neutrale Teilchen (Neutronen) enthält. Außerdem besitzen Atome eine Atomhülle, die unterschiedlich viele Elektronen hat. Die einzelnen Elemente unterscheiden sich im Aufbau ihrer Atome. Atome sind elektrisch neutral.

### Moleküle

Wenn sich zwei oder mehr Atome miteinander verbinden, entsteht ein Molekül. So besteht beispielsweise ein Sauerstoffmolekül ( $O_2$ ) aus zwei Sauerstoffatomen. Ein Wassermolekül besteht sogar aus drei Atomen, aus zwei Wasserstoffatomen und einem Sauerstoffatom. Moleküle können – im Gegensatz zu Atomen – mit chemischen Methoden wieder in ihre einzelnen Bestandteile zerlegt werden.

### Ionen

Sobald Atome Elektronen abgeben oder aufnehmen, verlieren sie ihre neutrale Ladung. Atome, die Elektronen abgeben, werden positiv geladen, dann spricht man von **Kationen**. Nehmen Atome Elektronen auf, werden sie negativ geladen. Dann spricht man von **Anionen**.

### $\Delta$ (Delta)

Das Zeichen  $\Delta$  ist der griechische Buchstabe „Delta“ und steht für eine Differenz. In der Physik wird das Zeichen „Delta“ relativ häufig benutzt. Will man beispielsweise die Temperaturänderung eines thermodynamischen Systems ermitteln, so lautet die Formel:

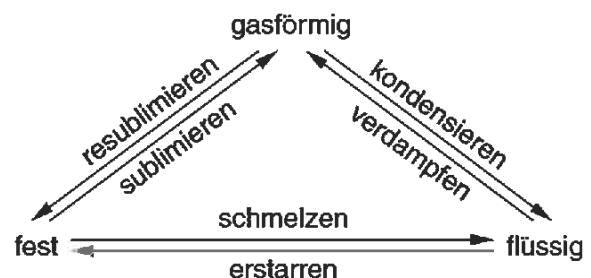
$\Delta$ Temperatur = Endtemperatur – Anfangstemperatur.

### Dichte $\rho$

Die Dichte  $\rho$  ist eine wichtige Eigenschaft von Stoffen. Sie spielt in der Wärmelehre eine große Rolle. Die Dichte  $\rho$  ist definiert als das Verhältnis von Masse zu Volumen. Die Einheit der Dichte ist z. B. Gramm pro Kubikzentimeter ( $g/cm^3$ ).

### Aggregatzustände und deren Übergänge

Es gibt drei Aggregatzustände: fest, flüssig und gasförmig. Wasser beispielsweise kann alle drei Aggregatzustände annehmen: als Eis, als Wasser und als Wasserdampf. Der Übergang von dem einen in den anderen Aggregatzustand ist mit Energieaufnahme oder -abgabe verbunden.



## M 2 Was versteht man unter der „Temperatur“?

Unterschiedliche Temperaturen kennst du aus deinem Alltag.

- Wenn du Fieber hast, fühlt sich dein Körper heiß an.
- Je nach Wetterlage ist es warm oder kalt.
- Durch Anfassen merkst du, ob ein Gegenstand warm oder kalt ist – und zwar mithilfe der Thermorezeptoren in deiner Haut. Diese Wahrnehmung ist allerdings subjektiv. Sie unterliegt Täuschungen.



© Thinkstock/Digital Vision, Tom Le Goff

Kranker Mann mit Thermometer

I/C

### Merke: Temperatur unter physikalischen Aspekten

1. Die Temperatur ist eine physikalische Größe, die in der Wärmelehre eine wichtige Rolle spielt. Das Formelzeichen für die Temperatur ist  $\vartheta$ , wenn die Temperatur in Grad Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) gemessen wird, und  $\text{K}$ , wenn man die Kelvin, kalda bzw. die SI-Einheiten<sup>1</sup> benutzt.

Die Temperatur ist ein Maß für die **mittlere Bewegungsenergie** der Teilchen eines Stoffes, auch **kinetische Energie** genannt. Je höher die Temperatur ist, desto schneller bewegen sich die Teilchen eines Stoffes und umso mehr Platz beanspruchen sie. In der Regel dehnen sich Stoffe bei Temperaturerhöhung aus und ziehen sich bei Temperaturerniedrigung zusammen.

#### Die Anomalie des Wassers

Wird Wasser abgekühlt, zieht es sich bis zu einer Temperatur von etwa  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  zusammen und dehnt sich danach wieder aus. Dies ist der Grund dafür, dass im Winter freiliegende Wasserrohre platzen, sofern sie nicht entleert werden und dass Eis auf Wasser schwimmt.

2. **Wärme** ist ein Maß für den Austausch von **thermischer Energie** zwischen zwei Körpern. Das Formelzeichen für die Wärme ist  $Q$  und seine Einheit Joule (J).

### Aufgaben

1. Worin besteht der physikalische Unterschied zwischen Temperatur und Wärme?
2. Unterstreiche die richtige Antwort:
  - a) Bewegungsenergie wird als thermische / kinetische / kryptische Energie bezeichnet.
  - b) Die internationale Einheit für Wärme ist Kelvin / Grad Celsius / Grad Fahrenheit / Joule.
  - c) Das Formelzeichen für Temperatur ist  $\alpha$  /  $\vartheta$  /  $\beta$  /  $\gamma$ .

<sup>1</sup> Das **Internationale Einheitensystem** oder **SI** (von französisch *Système international d'unités*) ist das am weitesten verbreitete Einheitensystem für physikalische Größen.

## M 4 Das Teilchenmodell und die verschiedenen Aggregatzustände

Das Teilchenmodell dient zur Veranschaulichung des komplexen Aufbaus der Materie. Mit seiner Hilfe können eine Reihe von physikalischen Beobachtungen erklärt werden, z. B.

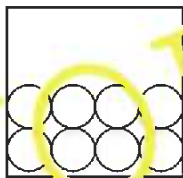
- die Temperatur,
- die Wärmeübertragung,
- der absolute Nullpunkt und
- die Komprimierbarkeit von Gasen.



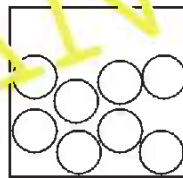
I/C

### Merke: das Teilchenmodell

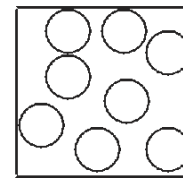
- Alle Stoffe bestehen aus Teilchen (Atomen).
- Die Teilchen innerhalb eines Stoffes sind in ständiger Bewegung.
- Die Eigenbewegung der Teilchen ist der Grund für die selbstständige Durchmischung verschiedener Stoffe, die sog. **Diffusion**.
- Zwischen den einzelnen Teilchen sind Kräfte wirksam.
- Im festen Zustand liegen die Teilchen (Atome) dicht beieinander und schwingen um ihre Ruhelage. Bei Flüssigkeiten sind die Teilchen etwas lockerer und können sich gegeneinander verschieben. Im gasförmigen Zustand besteht ein relativ großer Abstand zwischen den Teilchen. Die Teilchen bewegen sich frei kreuz und quer durch den Raum.



fest



flüssig



gasförmig

- Bei niedriger Temperatur schwingen die Teilchen eines festen Körpers um ihre Plätze hin und her. Bei höheren Temperaturen schwingen die Teilchen eines festen Körpers heftiger hin und her. Sie bleiben dabei jedoch an ihrer Stelle. Je höher die Temperatur eines Stoffes, desto schneller bewegen sich die Teilchen innerhalb des Stoffes.

### Aufgaben

1. Überlege, was mit den Teilchen eines Stoffes passiert,
  - wenn man Energie in Form von Wärme zuführt,
  - wenn die Temperatur reduziert wird.
2. Betrachte das Teilchenmodell.
 

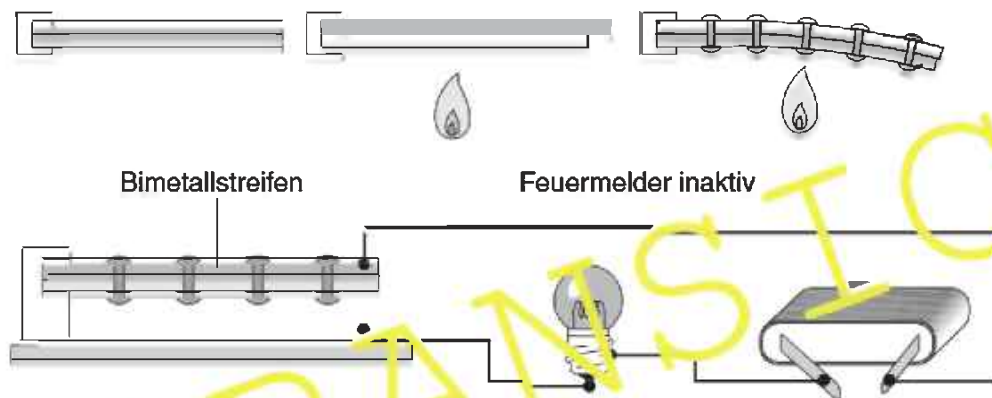
Kann die Temperatur eines Stoffes beliebig sinken?

Begründe deine Antwort.
3. Was passiert mit den Teilchen, wenn sich der Aggregatzustand ändert, beispielsweise beim Schmelzen von Eisen?

## M 7 Bimetalle

Die Wirkungsweise eines Bimetallthermometers beruht auf der unterschiedlichen Ausdehnung von Metallen bei Erwärmung. Mithilfe einer Spiralfeder, an der ein Zeiger befestigt ist, kann die Temperatur auf einer Skala abgelesen werden. Das Thermoelement eines Bimetallthermometers bilden zwei unterschiedliche Metallstreifen, die in Form einer Spirale fest miteinander verbunden sind. Sobald man die Metallstreifen erwärmt, dehnen sie sich unterschiedlich stark aus. Der Metallstreifen mit dem größeren Längenausdehnungskoeffizienten wird bei Erwärmung länger als der andere Metallstreifen. Dies hat zur Folge, dass sich die Spiralfeder beugt. Die Beugung erfolgt in Richtung des Metallstreifens, der den geringeren Längenausdehnungskoeffizienten besitzt und sich demzufolge geringer ausdehnt. Der Messbereich von Bimetallthermometern reicht von  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  bis  $+400\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Bimetallstreifen finden sich neben dem Einsatz als Thermometer auch als Schalter (Thermostate) in Bügeleisen, Heizungen und Herdplatten. Eine weiteres Einsatzgebiet sind Feuermelder.

**Funktionsweise eines Bimetallstreifens:**



Quelle Abbildung: <http://www.fernstudium.de/thema/waermelehre/grundwissen.htm#bimetallstreifen>

### Aufgaben

- Die Abbildung zeigt einen inaktiven Feuermelder. Beschreibe, wie die Aktivierung des Feuermelders erfolgt. Zeichne die entsprechenden Veränderungen in die Abbildung ein.
- Folgende Metalle/Metallverbindungen in alphabetischer Reihenfolge kommen als Bimetalle zum Einsatz. In welche Richtung – nach oben oder nach unten – biegt sich der Bimetallstreifen?

Material	Aluminium	Chrom	Eisen	Kupfer	Mangan	Messing	Nickel
Längenausdehnung von 1 km Metall bei $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ Erwärmung	24 mm	6 mm	12 mm	16 mm	23 mm	18 mm	13 mm

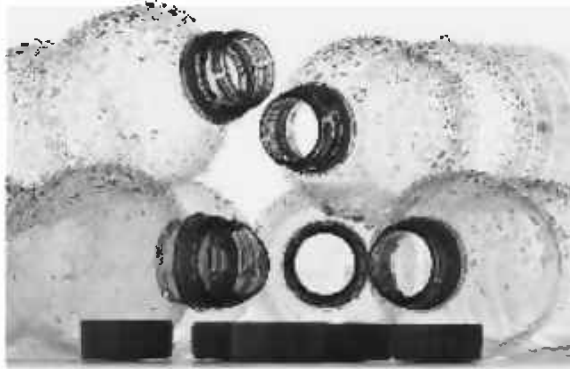
Bimetallstreifen	Biegerichtung	Bimetallstreifen	Biegerichtung
Aluminium Mangan		Nickel Aluminium	
Kupfer Messing		Nickel Chrom	
Chrom Kupfer		Mangan Eisen	

## M 11 Ein Experiment zur Wärmeausdehnung

Schülerversuch  Vorbereitung: 5 min Durchführung: 10 min

### Materialien

- Leere Kunststoffflasche
- Luftballon
- Behälter mit Eiswürfeln und Wasser
- Behälter mit heißem Wasser



Leere Kunststoffflaschen

© Thinkstock/Stock, monticello



Luftballon

© Thinkstock/Stock, b-d-s

### Versuchsdurchführung

- Nimm die leere Kunststoffflasche und steife einen Luftballon über den Flaschenhals.
- Stelle die Flasche vorsichtig in den Behälter mit heißem Wasser.
- Halte sie vorsichtig am oberen Flaschenhals fest.

#### Schritt 1:

Beobachte, was mit dem Luftballon passiert.

#### Schritt 2:

Stelle nach ca. 2 Minuten die Flasche mit dem Luftballon in den Behälter mit Eiswürfeln und Wasser.

#### Schritt 3:

Stelle die Flasche mit dem Luftballon nochmals in den Behälter mit heißem Wasser.

### Aufgaben

1. Zeichne den Versuchsaufbau.

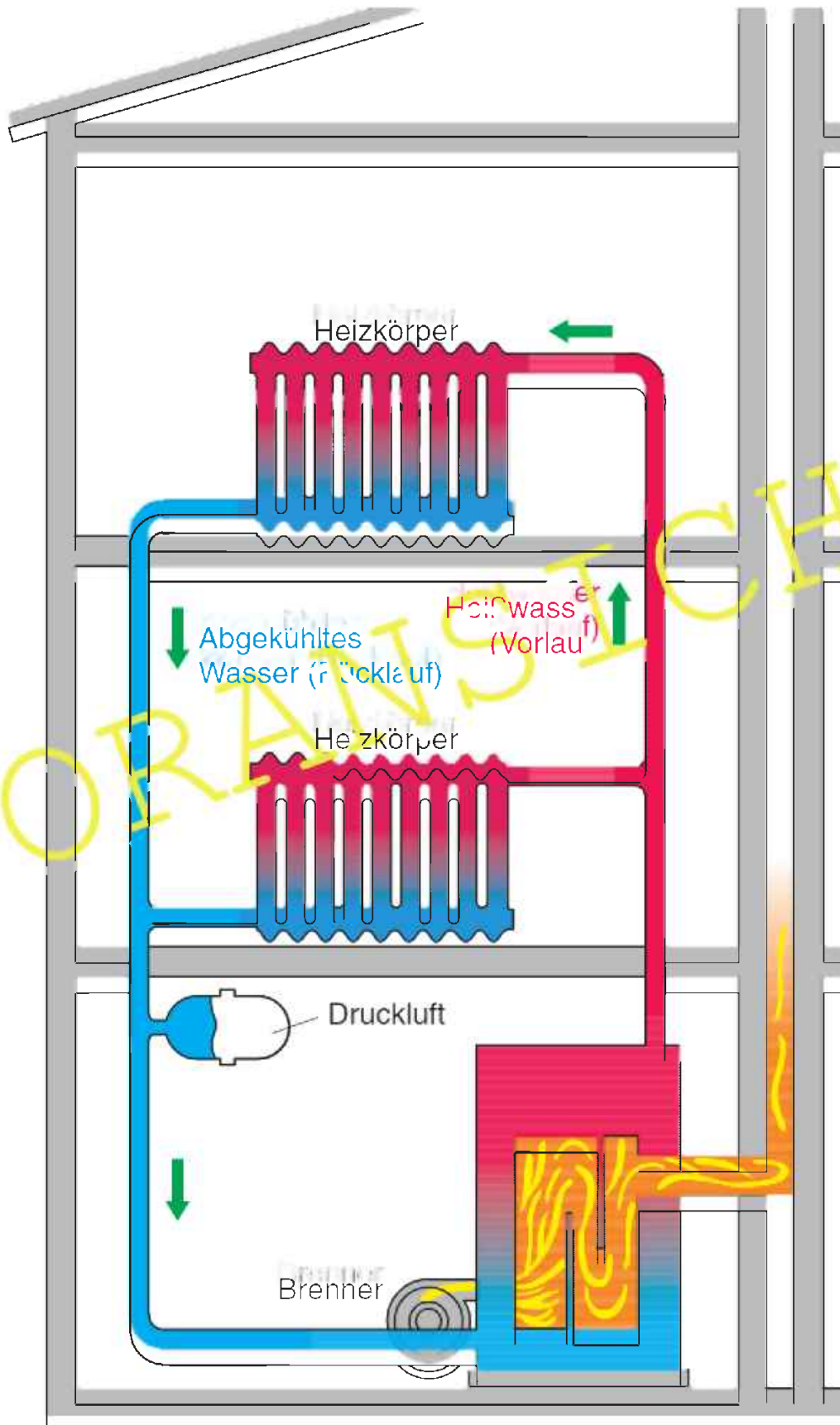
Fertige ein Versuchsprotokoll an, bei dem folgende Punkte wichtig sind:

- Zustand des Luftballons vor dem Eintauchen in das heiße Wasser,
- Zustand des Luftballons beim anschließenden Eintauchen in den Behälter mit Eis und
- Zustand beim nochmaligen Eintauchen in den Behälter mit heißem Wasser.

2. Erkläre deine Beobachtungen.



M 12 Die Zentralheizung – so funktioniert sie!



I/C

## M 15 Rund um die Wärme – teste dein Wissen (Tandembogen)!

## Aufgaben

1. In welchem Aggregatzustand bewegen sich die Teilchen am schnellsten?
2. Was ist der Unterschied zwischen Temperatur und Wärme?
3. Welchen griechischen Buchstaben verwendet man für die Längenausdehnung?
4. Wie lautet der deutsche Begriff für Konvektion?
5. Was versteht man unter „kinetischer“ Energie?
6. Wofür steht der Buchstabe „ $\rho$ “?
7. Wie erfolgt die Wärmeweitergabe bei Wärmeleitung?  
Was ist dafür Grundvoraussetzung?
8. Worin besteht der Unterschied zwischen Wärmeleitung und Wärmestrahlung?
9. Wie verändert sich die Dichte eines Stoffes, wenn er erwärmt wird?
10. Was dehnt sich bei Erwärmung mehr aus: Feststoff, Flüssigkeit oder Gas?
11. Was versteht man unter Absorption?  
Bei welcher Art von Wärmeübertragung kommt sie vor?

- Lösungen
1. Die Teilchen bewegen sich im gasförmigen Zustand am schnellsten.
  2. Die Temperatur eines Körpers ist ein Maß für die kinetische Energie seiner Teilchen (Atome, Moleküle oder Ionen).
  3. Wärme ist ein Maß für den Austausch von thermischer Energie zwischen zwei Körpern. Das Formelzeichen für Wärme ist  $Q$  und ihre Einheit Joule (J).
  4. Der Buchstabe für die Längenausdehnung lautet  $\alpha$ .
  5. Wärmestromung
  6. Unter kinetischer Energie versteht man Bewegungsenergie.
  7. Der Buchstabe  $\rho$  steht für die Dichte.
  8. Durch das Aneinanderstoßen der Teilchen geraten auch die benachbarten Teilchen in Schwingungen, und die Wärme wird dadurch weitertransportiert. Grundvoraussetzung ist ein Temperaturgefälle zwischen zwei Stoffen.
  9. Der Unterschied zwischen Wärmeleitung und Wärmestrahlung besteht darin, dass sich die Gegenstände zwecks Wärmeübertragung bei der Wärmestrahlung nicht berühren müssen.
  10. Wird ein Stoff erwärmt, nimmt seine Dichte ab.
  11. Bei Erwärmung dehnen sich Gase mehr aus als Feststoffe und Flüssigkeiten.
  12. Unter Absorption versteht man das „Verschlucken“ / „Aufsaugen“ eines Teils der Wärmestrahlung. Sie kommt bei der Wärmeleitung vor.

## Erläuterungen und Lösungen

### M 2 Was versteht man unter der „Temperatur“?

- Temperatur ist ein Maß für die mittlere Bewegungsenergie (kinetische Energie) der Teilchen eines Körpers. Das Formelzeichen für die Temperatur in Grad Celsius ist  $\vartheta$ , die internationale SI-Einheit für die Temperatur lautet Kelvin.  
Wärme ist ein Maß für den Austausch von thermischer Energie zwischen zwei Körpern. Das Formelzeichen für Wärme ist  $Q$  und ihre Einheit das Joule (J).
- a.) Bewegungsenergie wird als kinetische Energie bezeichnet.  
b.) Die internationale Einheit für Wärme ist Joule.  
c.) Das Formelzeichen für Temperatur ist  $\vartheta$ .

### M 3 Celsius, Fahrenheit, Kelvin – die Temperaturskalen

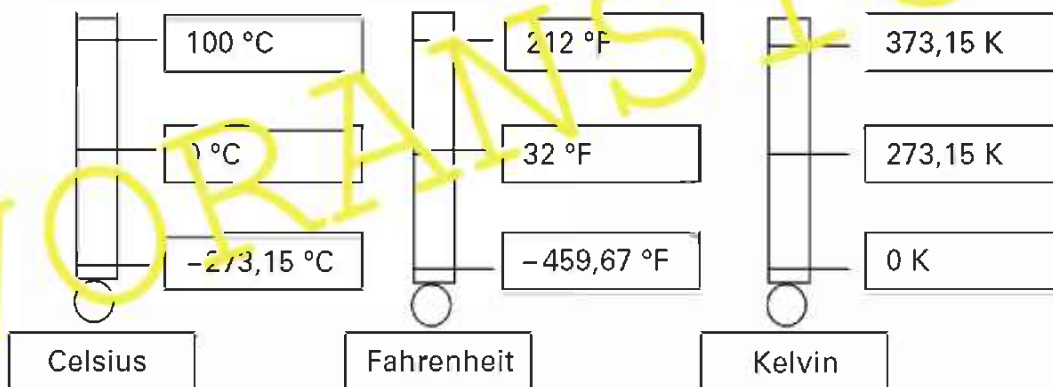
- Umrechnung Fahrenheit  $\leftrightarrow$  Celsius, z. B. <http://www.celsius-fahrenheit.de/>  
Umrechnung Kelvin  $\leftrightarrow$  Celsius, z. B. <http://www.metric-conversions.org/de/temperatur/kelvin-in-celsius.htm>

Oder:

<http://www.umrechnung.org/masseinheiten-temperatur-celsius-fahrenheit-kelvin/celsius-fahrenheit-umrechnung.htm>

- Der Mann hat 39,5 °C Fieber.

3.



### M 4 Das Teilchenmodell und die verschiedenen Aggregatzustände

- Führt man Stoffen Energie in Form von Wärme zu, bewegen sich die Teilchen innerhalb des Stoffes stärker. Die kinetische Energie (= Bewegungsenergie der Teilchen) nimmt zu. Dadurch steigt die Temperatur des Stoffes.

Reduziert man die Temperatur eines Stoffes, so verlangsamt sich die Geschwindigkeit der Teilchen, die kinetische Energie nimmt ab, und der Stoff wird kälter.

- Das Teilchenmodell besagt, dass alle Stoffe aus Teilchen (Atomen) bestehen. Diese sind in ständiger Bewegung – bei hoher Temperatur schnell, bei niedriger Temperatur langsam. Sobald alle Teilchen in Ruhe verharren, sich also nicht mehr bewegen, ist die absolut tiefstmögliche Temperatur erreicht.

Dieser Zustand ist nur theoretisch denkbar, weil gemäß dem **dritten Hauptsatz der Thermodynamik** ein absoluter Nullpunkt nicht erreicht werden kann. Dies liegt daran, dass man unmöglich gleichzeitig den Ort und die Geschwindigkeit eines Teilchens exakt bestimmen kann. Wären wirklich alle Teilchen in Ruhe, also ohne jegliche Bewegungsenergie, könnte man problemlos Ort und Zeit gleichzeitig bestimmen.