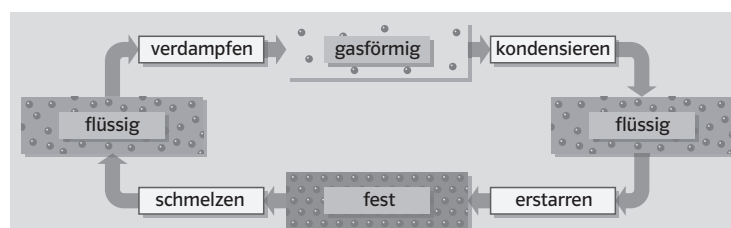


- A1** ○ Feste Körper ziehen sich beim Abkühlen zusammen. Je stärker die Temperatur abnimmt, desto mehr zieht sich der Körper zusammen.
- A2** ○ Im Sommer haben die Fernleitungen eine höhere Temperatur. Sie sind daher länger als im Winter und hängen stärker durch. Je höher die Temperatur ist, desto stärker hängen die Leitungen durch.
- A3** ☉ Die Fugen sind Dehnungsfugen. Sie geben Platz für die Ausdehnung der Körper bei Erwärmung.
- A4** ☉ Beton und Eisen dehnen sich bei Temperaturzunahme in gleichem Maße aus
- A5** ☉ Zunächst dehnt sich nur das Glas des Vorratsbehälters aus, weil Glas ein schlechter Wärmeleiter ist. Etwas verzögert dehnt sich schließlich auch die Thermometerflüssigkeit aus. Diese dehnt sich bei gleicher Temperaturzunahme stärker aus als das Glas.
- A6** ☉ Dort, wo das heiße Wasser an das Glas kommt, dehnt sich das Glas aus. An den anderen Stellen bleibt es kühl (Glas ist ein schlechter Wärmeleiter). Das führt zu Spannungen im Glas; deswegen kann das Glas zerspringen.
- A7** ☉ In den Maschen wird Luft festgehalten, die als schlechter Energieleiter gute Dämmeigenschaften hat (solange nicht Wind für einen Abtransport und damit einen Austausch der „Luftpolster“ durch neue Luft mit niedrigerer Temperatur sorgt).
- A8** ☉ Sie bringen damit ein Luftpolster unter ihr Gefieder, welches der Wärmedämmung dient.
- A9** ☉ Technische Lösungen sind noch nicht bekannt. Hier können junge Forscher tüfteln.
- A10** ☉ Dort, wo die Dächer bessere Energieleiter sind, taut auch der Schnee schneller weg. Dabei hängt das Abtauverhalten u.a. von der Gebäudeinnentemperatur sowie Lage, Ausrichtung und Neigung des Daches sowie von Absorptions- und Reflexionsvermögen des Dachmaterials ab.
- A11** ● Das Feuer erhitzt die Kupferplatte. Die Luft darunter wird erwärmt, dehnt sich aus und drückt den Wein hoch.
- A12** ☉ Das Streichholz auf dem Kupferblech wird zuerst gezündet, weil Kupfer der bessere Energieleiter ist.
- A13** ☉ Das Nebenzimmer ist der kältere Raum, da die warme Luft in Kopfhöhe aus der Tür hinausströmt. Kalte Luft fließt vom Nebenzimmer auf Fußhöhe in den Raum.
- A14** ○ Feste Körper haben eine feste Gestalt und ein festes Volumen. Flüssige Körper haben keine feste Gestalt, aber ein festes Volumen. Gasförmige Körper haben weder feste Gestalt noch ein festes Volumen (sie füllen den ihnen zur Verfügung stehenden Raum vollständig aus). Anziehung und Abstoßung zwischen den Teilchen sind bei festen Körpern am größten und bei gasförmigen Körpern am kleinsten.
- A15** ○



**A16** ● Beim Hämmern wird die Lageenergie des Hammers in thermische Energie des Eisens überführt. Beim Aufprall des Hammers wird Energie auf die Teilchen im Eisen übertragen. Deren Bewegungsenergie steigt. Das zeigt sich in der höheren Temperatur.

Dunkelrot glühendes Eisen hat etwa die Temperatur 700 °C.

Für ein Eisenstück mit  $m = 250 \text{ g}$  würden dann etwa

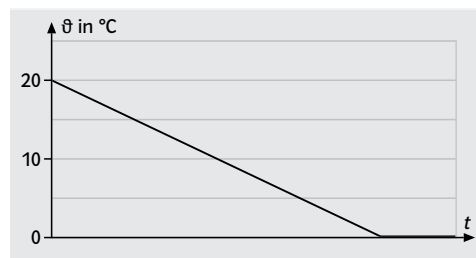
$$\Delta E = c_{\text{Eisen}} \cdot 0,25 \text{ kg} \cdot 700 \text{ K} = 0,452 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,25 \text{ kg} \cdot 700 \text{ K} = 79,1 \text{ kJ} = 79\,100 \text{ J} \text{ benötigt.}$$

Ein Schmiedehammer hat etwa die Gewichtskraft 20 N. Er müsste aus der Höhe  $h = 79\,100 \text{ J} / 20 \text{ N} = 3\,955 \text{ m}$  herabfallen, um die notwendige Energie zu liefern. Beim Schmieden ist die Fallhöhe etwa 1 m, also wären ca. 4 000 Schläge erforderlich.

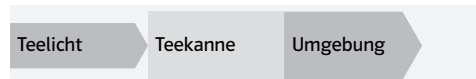
Wenn man annimmt, dass der Schmied den Hammer nicht einfach fallen lässt, sondern ihm zusätzliche Bewegungsenergie überträgt, reduziert sich die Anzahl der Schläge. Wenn man ein Eisenstück mit geringerer Masse wählt, sinkt die benötigte Energie, bei 125 g z.B. auf die Hälfte. Insgesamt erscheint der Vorgang nicht grundsätzlich ausgeschlossen, erfordert aber gute Kondition des Schmiedes.

Zu bedenken ist auch, dass nach jedem Schlag das erwärmte Stück Eisen Energie an die Umgebung überträgt.

**A17** ●



**A18** ● a)

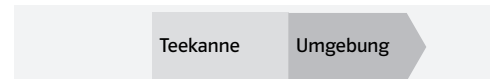


Vom Teelicht wird Energie auf den Tee übertragen.

Vom Tee wird Energie an die Umgebung übertragen.

Die Stärke des Energiestroms in die Umgebung ist größer als die des Energiestroms zum Tee hin.

Die thermische Energie des Tees und damit seine Temperatur nimmt ab.



Ohne Teelicht findet keine Energieübertragung zum Tee statt.

Es wird nur Energie vom Tee auf die Umgebung übertragen.

Die thermische Energie des Tees und damit seine Temperatur nimmt ab.

Die Stärke des Energiestroms in die Umgebung hängt vom Temperaturunterschied ab. Mit abnehmender Tee-Temperatur wird dieser Unterschied kleiner, deswegen nimmt auch die Energiestromstärke in die Umgebung ab. Dies führt zu einem immer langsameren Absinken der Tee-Temperatur.

**b)** Die Umgebungstemperatur muss geringer sein als die Temperatur des Tees. Die blaue Kurve im Diagramm im Schülerbuch lässt vermuten, dass sie etwa 20 °C beträgt. Energieübertragung als Wärme findet nur statt, solange ein Temperaturunterschied besteht.

$$\text{c) } \Delta E_{\text{therm}} = c_W \cdot m_W \cdot \Delta T = 4,19 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} \cdot 500 \text{ g} \cdot 20 \text{ K} = 41\,900 \text{ J.}$$

**A19** ● a) Bis zur Siedetemperatur dient die Energiezufuhr ausschließlich der Erwärmung des Wassers. In 200 s werden

$$\Delta E_{\text{therm}} = c \cdot m \cdot \Delta T = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 1,5 \text{ kg} \cdot 30 \text{ K} = 189 \text{ kJ} \text{ zugeführt.}$$

Sobald die Siedetemperatur erreicht ist, wird die zugeführte Energie nur noch dafür verwendet, Wasser in Dampf umzuwandeln. In 48 s werden 20 g Wasser verdampft.

b) Es wird angenommen, dass gleichmäßig Energie zugeführt wird.

$$\text{In 48 s werden dementsprechend } \Delta E = 189 \text{ kJ} \cdot \frac{48}{200} = 45,36 \text{ kJ} \text{ übertragen.}$$

Damit können 20 g Wasser verdampft werden.

Zum Verdampfen von 1 kg Wasser sind somit  $\Delta E = 45,36 \text{ kJ} \cdot 50 = 2\,268 \text{ kJ}$  notwendig.

$$\text{A20} \ominus \Delta E_{\text{therm}} = c_{\text{Al}} \cdot m \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1) = 0,896 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,1 \text{ kg} \cdot (32^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C}) = 1254 \text{ J}$$

$$\text{Aus } E_{\text{L}} = F_{\text{G}} \cdot h \text{ und } E_{\text{L}} = \Delta E_{\text{therm}} \text{ folgt } h = \frac{\Delta E_{\text{therm}}}{F_{\text{G}}} = \frac{1254 \text{ J}}{0,981 \text{ N}} = 1278 \text{ m}$$

**A21** ◉

$c$	$m$	$\Delta E$	$\Delta T$
$c$	$2m$	$\Delta E$	$\frac{1}{2}\Delta T$
$c$	$m$	$3\Delta E$	$3\Delta T$
$c$	$\frac{1}{2}m$	$\frac{1}{2}\Delta E$	$\Delta T$
$c_1 > c$	$m$	$\Delta E$	$\Delta T_1 < \Delta T$
$c_2 > c$	$m$	$\Delta E_2 > \Delta E$	$\Delta T_2 < \Delta T$

**A22** ● Die Aussage ist prinzipiell richtig, es geht vielmehr aber um die unterschiedlichen Zeiträume. Die Bildung der fossilen Lagerstätten aus organischen Materialien durch chemische und geologische Vorgänge dauerte viele Millionen Jahre. Der darin enthaltene Kohlenstoff ist atmosphärisch inaktiv, solange er am Kohlenstoffkreislauf der Erdsphären nicht teilnimmt. Er wurde bzw. wird aber innerhalb weniger hundert Jahre zu Kohlenstoffdioxid oxidiert und in die Atmosphäre eingebracht, was zu entsprechend erhöhtem Treibhauseffekt durch den erhöhten Kohlenstoffdioxidanteil führt. (Ähnliches kann übrigens auch durch das weitaus stärkere Treibhausgas Methan geschehen, welches als Methanhydrat auf bzw. in den Tiefseemeeresböden lagert und durch Abbau und Erwärmung der Weltmeere schlagartig freigesetzt werden kann.)

**A23** ● a) Im Optimalfall kann die Anlage die Energie  $E = 1000 \text{ kWh} \cdot 0,15 \cdot 12 = 1800 \text{ kWh}$  ins Netz einspeisen.

b) Eine vierköpfige Familie benötigt im Durchschnitt (zu hohe!)  $4\,000 \text{ kWh}$  im Jahr. Sie würde also einen Flächenbedarf von  $(4\,000 \text{ kWh}/1800 \text{ kWh}) \cdot 12 \text{ m}^2 = 26,7 \text{ m}^2$  haben. Dies wäre nur unter Optimalbedingungen wie fast verlustfreier Speicherung der elektrischen Energie (zur Speisung bei Nacht und Bewölkung) halbwegs realistisch. Zudem ist die Belastung des Systems stark bedarfsabhängig. Ein weiteres Problem stellt dar, dass die meisten Familien in Deutschland nicht über ein eigenes Dach verfügen, sondern in Mehrfamilienhäusern wohnen, sodass man als Ausgleich praktisch alle anderen verfügbaren Dachflächen nutzen müsste, was weitere Verluste bei Transport und Speicherung der elektrischen Energie bedeuten würde.

Eine sinnvolle und bedeutsame Einbindung der Fotovoltaik in die elektrische Energieversorgung ist nur bei zusätzlichem allgemeinem beträchtlichem „Energiesparen“ möglich.

c) Setzt man statt 0,15 jetzt 0,20 als Wirkungsgrad ein, so ergeben obige Rechnungen  $2400 \text{ kWh}$  Energielieferung und einen Platzbedarf von  $20 \text{ m}^2$ .