

Elisabeth Dietrich  
Margit Luisser  
Jürgen Neuwirth  
Gabriela Prior-Matkovits  
Walpurga Scheibstock  
Johannes Schuh

unter Mitarbeit von Thomas Benesch (Lernzielkontrollen)

# SPANNENDE PHYSIK

(aktualisierte Auflage 2019)

Lehrbuch der Physik für die 3. Klasse  
der allgemein bildenden höheren Schulen und der (Neuen) Mittelschulen

SBNr. 140066

ISBN 978-385253-418-9

Mit Bescheid des Bundesministeriums für Unterricht, Kunst und Kultur Zl. BMBWF-5.040/0005-IT/3/2018 vom 5. Juli 2019 als für den Unterrichtsgebrauch an allgemein bildenden höheren Schulen und an (Neuen) Mittelschulen für die 3. Klasse im Unterrichtsgegenstand Physik geeignet erklärt.

Illustrationen: Rebecca Abe, Angelika Monetti, Walter Weber  
Herstellung: Eva Huber, Belinda Lichtenberger

© 2019 E. Weber Verlag GmbH, 7000 Eisenstadt

Druck: Morawa Lesezirkel, Wien

Alle Rechte vorbehalten: Nachdruck sowie auszugsweise Vervielfältigung, Übertragung auf Ton-, Bild- und Datenträgern nur mit Genehmigung des Verlages.

	Seite im Lehrbuch	Seite im Arbeitsteil
<b>Kapitel 1: Unser Leben im Wärmebad</b>		
1. Die Bedeutung der Wärme für unser alltägliches Leben	Seite 4	
2. Wärmeenergie und Temperatur	Seite 6	Seite 3
3. Wärme durch Brennstoffe	Seite 8	Seite 4
4. Wärmeleitung	Seite 10	Seite 5
5. Wärmeströmung	Seite 12	Seite 6
6. Wärmestrahlung	Seite 14	Seite 7
7. Die Bedeutung der Wärme für Umwelt und Lebewesen	Seite 16	Seite 8
8. Alternative Energiequellen	Seite 18	Seite 9
9. Die Sonne als Energiequelle der Erde	Seite 20	Seite 10
10. Aggregatzustände und Temperaturänderung	Seite 22	Seite 11
11. Schmelzen und Erstarren	Seite 24	Seite 12
12. Verdampfen beim Sieden	Seite 26	Seite 13
13. Kondensieren und Destillieren	Seite 28	Seite 14
14. Der Kühlschrank und die Wärmepumpe	Seite 30	Seite 15
15. Die besondere Eigenschaft des Wassers – Die Anomalie	Seite 32	Seite 16
16. Verbrennungsmotoren	Seite 34	Seite 18
17. Verdunsten und Luftfeuchtigkeit	Seite 38	Seite 19
18. Wolken und Niederschläge	Seite 40	Seite 21
19. Wind und Wetter	Seite 42	Seite 23
<b>Kapitel 2: Elektrische Phänomene sind allgegenwärtig</b>		
1. Elektrische Ladungen	Seite 44	Seite 25
2. Die elektrische Influenz	Seite 46	Seite 26
3. Blitz und Donner	Seite 48	Seite 27
4. Der Aufbau von Atomen	Seite 50	Seite 28
5. Atome und ihre Verbindungen	Seite 52	Seite 29
6. Der Stromkreis	Seite 54	Seite 30
7. Leiter und Nichtleiter	Seite 56	Seite 31
8. Flüssigkeiten leiten den elektrischen Strom – Elektrolyte	Seite 58	Seite 32
9. Die elektrische Spannung	Seite 60	Seite 33
10. Die elektrische Stromstärke	Seite 62	Seite 34
11. Der elektrische Widerstand	Seite 64	Seite 35
12. Das Ohmsche Gesetz	Seite 66	Seite 36
13. Kombination von Widerständen	Seite 68	Seite 37
14. Batterien	Seite 70	Seite 38
15. Akkumulatoren	Seite 72	Seite 39
16. Brennstoff- und Solarzellen	Seite 74	Seite 40
17. Strom aus Wärme	Seite 76	
18. Strom aus der Steckdose	Seite 77	Seite 41
<b>Kapitel 3: Elektrotechnik macht vieles möglich</b>		
1. Gefahren im Umgang mit elektrischem Strom	Seite 78	Seite 42
2. Sicherheit im Umgang mit dem elektrischen Strom	Seite 80	Seite 43
3. Wärme und Licht durch elektrischen Strom	Seite 82	Seite 45
4. Die Arbeit des elektrischen Stromes	Seite 84	Seite 47
5. Die Leistung des elektrischen Stromes	Seite 86	Seite 48
6. Wir sparen Energie	Seite 87	
<b>Lernzielkontrollen und Forschungsaufträge</b>	Seite 88	
<b>Index</b>	Seite 117	
<b>Periodensystem der Elemente</b>	Seite 118	

Das Lern- und Lehrpaket "Spannende Physik" besteht aus zwei Büchern. Im **Lehrbuch** werden die Wissensgrundlagen bereitgestellt und mit Versuchen und Rechercheaufgaben gemäß den Anforderungen der Inhaltsdimension des Kompetenzmodells Naturwissenschaften erarbeitet. Die im Lehrbuch dargestellten Inhalte orientieren sich am Lehrplan für die 3. Klasse Physik an AHS und (N)MS in der aktuellen Fassung. Im **Arbeitsbuch** werden die Inhalte mit nach den Anforderungsniveaus und Handlungsdimensionen des Kompetenzmodells gekennzeichneten Arbeitsaufgaben gefestigt und weiter ausgebaut.

In den Naturwissenschaften Physik, Biologie und Chemie sind Experimente ein wichtiger Teil der Forschung. Das heißt, dass auch du im Unterricht und zuhause experimentieren darfst, um physikalische Vorgänge und Gesetze zu erforschen. Aber Achtung: Bevor du mit einem Experiment beginnst, solltest du genau planen, was du machen möchtest und wie du dein Experiment durchführst. Du musst wissen, welche Geräte und Materialien du brauchst und wo du gefahrlos experimentieren kannst.

Beachte daher bitte die folgenden Regeln:

1. Bei jedem Versuch, bei dem es vorgeschrieben ist, muss eine Schutzbrille getragen werden. Eine normale Brille oder Kontaktlinsen sind als Schutz nicht ausreichend!
2. Du solltest wissen, wo sich geeignete Sicherheitseinrichtungen (Feuerlöscher, Löschdecke) und der Erste-Hilfe-Kasten befinden.
3. Essen und Trinken sind im Labor und bei der Versuchsdurchführung verboten.
4. Zu deiner eigenen Sicherheit solltest du geeignete Kleidung tragen, die dich vor Verbrennungen oder anderen Verletzungen schützt.
5. Binde lange Haare stets zusammen (Brandgefahr bei Versuchen mit offenem Feuer).
6. Offene Flammen müssen immer von gelagerten, leichtentzündlichen Stoffen ferngehalten werden.
7. Bei Versuchen, in denen Flüssigkeiten in Reagenzgläsern erhitzt werden, musst du immer die Öffnung des Glases vom Körper weg zeigen lassen und genügend Abstand zu anderen Personen halten. Das Reagenzglas muss schräg gehalten und langsam hin und her bewegt werden, damit sich der Stoff gleichmäßig erhitzt.
8. Nach jedem Versuch müssen dein Arbeitsplatz und deine Arbeitsgeräte gründlich gereinigt werden.
9. Vor jedem Versuch musst du dich über die Gefahren der verwendeten Stoffe und Materialien informieren. Gefahrensymbole helfen dir dabei, eventuelle Gefahren abzuschätzen.



entzündlich



ätzend



Gesundheitsgefahr



giftig



reizend



umweltgefährlich

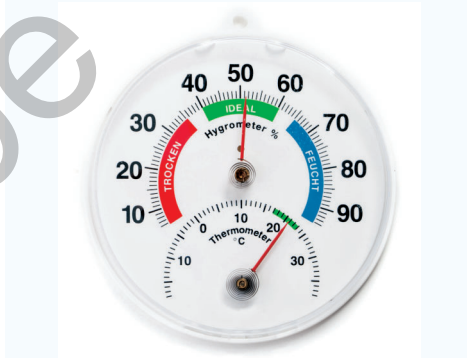


Explosionsgefahr

In diesem Buch findest du viele Experimente, die du selbst durchführen sollst. Diese Versuche sind mit einem V gekennzeichnet und durchnummeriert (V1, V2 usw.). Einige wenige Experimente werden nur von einer Lehrkraft als Schauversuch vorgezeigt und tragen den Hinweis „LEHRERVERSUCH“.



Verwende eine Schutzbrille!



Mache dich mit den von dir verwendeten Messinstrumenten vertraut, bevor du einen Versuch durchführst.



Weißt du, wo du in deiner Schule Feuerlöscher und Erste-Hilfe-Kasten findest?

## 1. Die Bedeutung der Wärme für unser alltägliches Leben

Wärme ist ein lebensnotwendiges Phänomen in der Natur. Für Lebewesen, daher auch für uns Menschen, ist Wärme sehr bedeutsam, um existieren zu können. Zum Beispiel kann die in der Luft gespeicherte Wärme unsere Körpertemperatur (ca. 37 °C) entscheidend beeinflussen. Eine Körpertemperatur unter 27 °C kann für uns Menschen tödlich sein. Ist die Körpertemperatur zu hoch, kann ab 42 °C Körpertemperatur unser Kreislauf versagen.

Auch sonst hat Wärme eine große Bedeutung in unserem Leben. Schon sehr früh erkannte die Menschheit, dass Feuer zerstörerische Kräfte haben kann, aber auch Licht und angenehme Wärme spendet. Bald konnten findige Menschen die Macht des Feuers für sich nutzen.

Kluge Köpfe, Forscher und Wissenschaftler haben im Laufe der Geschichte aus Neugier, Wissbegier, manchmal durch Zufall, aber oft durch Ausdauer und Disziplin, Entdeckungen gemacht, um hohe und tiefe Temperaturen geschickt zu nutzen. Einige Beispiele unten zeigen dir, wie sich der Mensch Temperatur und Wärme nutzbar gemacht hat. Durch Ergänzen der Tabelle kannst du Vergleiche mit der modernen Zeit herstellen.

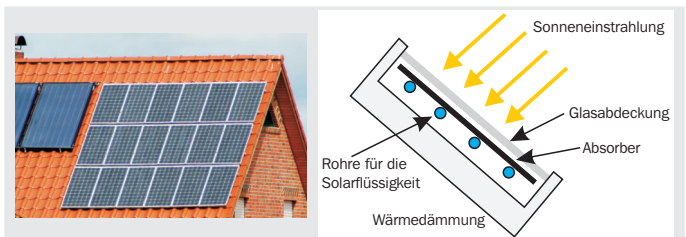
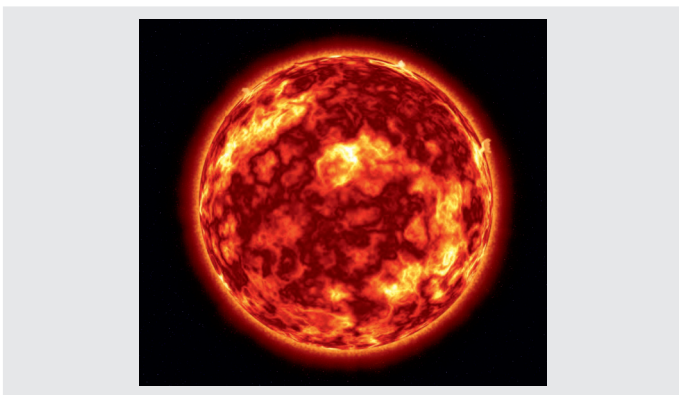


Gib auf dieses Kästchen den Klebstoff, um das Foto anzukleben.

Foto einer **modernen „Feuerstelle“** für einen Innenraum. Vielleicht kannst du deinen eigenen wärmespendenden **Kachelofen** fotografieren.

Als der Mensch das Feuer als Wärmespenden und Lichtquelle entdeckte, nutzte er bald auch gut behütete Feuerstellen, um Nahrungsmittel (wie z. B. Fleisch) genießbarer zu machen. Dies förderte die Entwicklung des Menschen und seine Überlebenschancen in hohem Maße.

Die modernen „Feuerstellen“ von heute bieten mehr Luxus und Komfort und es gibt sie in den schönsten Designs. Nahrung wird heute weitgehend mit der Wärme von Elektro- oder Gasöfen, die digitale Funktionen aufweisen, zubereitet.



In **Sonnenkollektoren** erwärmt die Sonnenstrahlung eine Flüssigkeit, die durch Rohre weitertransportiert wird. Bis zu welcher Temperatur heizt sich diese Solarflüssigkeit auf? Wie heiß wird das Wasser in einem Gartenschlauch im Sommer? Recherchiere!

Du weißt sicherlich, dass die wichtigste Wärmequelle für die Entwicklung und Erhaltung des Lebens auf unserer Erde die Sonne ist.

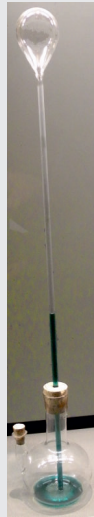
Heute wird die Energie der Sonne aufgrund gut durchdachter Konzepte auf vielfältige Art und Weise genutzt. Zum Beispiel kann man mit Sonnenkollektoren die kostenlose Energie der Sonne nutzen, um Wasser zu erhitzen.

Ein **Thermoskop** ist ein luftgefüllter Glaskolben mit einer unten offenen Glasröhre.

Stellt man das Thermoskop in ein Gefäß mit (gefärbtem) Wasser, so steigt das Wasser in der Röhre auf. Wie hoch es aufsteigt, ist von der Temperatur abhängig.

Warme Luft im Kolben benötigt mehr Raum als kalte und drückt den Wasserpegel im Gefäß nach unten.

Kühlt die Luft ab, zieht sie sich zusammen und der Wasserpegel steigt an.



Gib auf dieses Kästchen den Klebstoff, um das Foto anzukleben.

**Foto:** Vielleicht hast du zu Hause ein **digitales Fieberthermometer** oder ein **digitales Thermometer für die Messung der Raum- oder Außentemperatur**.

Recherchiere auch, welche Flüssigkeiten in den herkömmlichen Thermometern zur Temperaturanzeige verwendet werden.

Gegen Ende des 16. Jh. verwendete man die ersten Thermoskope zur Anzeige von Temperaturunterschieden. Die Weiterentwicklung über hunderte Jahre führte schließlich zu den Thermometern, wie wir sie heute kennen.

Heute gibt es die verschiedensten Thermometer zum Messen der Innen- und Außentemperatur, der Körpertemperatur oder als Bestandteil diverser Elektrogeräte. Längst ist das Messen von Temperaturen auch mit digitalen Messgeräten möglich.



Schmiedeware als Grabbeigabe

Gib auf dieses Kästchen den Klebstoff, um das Foto anzukleben.

Hier ist Platz für ein **Foto von Gegenständen, die durch Wärme in Form gebracht wurden**.

Vielleicht kannst du auch recherchieren, bei welcher Temperatur das Glasblasen und -ziehen erfolgen kann.

Materialien, wie z. B. Metalle, verändern sich durch den Einfluss von Wärme. Weit vor der christlichen Zeitrechnung beherrschten die Menschen die Kunst des Schmiedens. Für diesen Vorgang ist Wärme (Hitze) ein unentbehrlicher Faktor.

Nicht nur beim Schmieden wird Wärme genutzt, um Gegenstände in Form zu bringen. Auch bei der Glasbläserei entstehen mit Hilfe von Wärme die schönsten Kunstwerke.



Die gemessene Oberflächentemperatur ist am Dach mit  $-11,81\text{ °C}$  am geringsten, es ist am besten gedämmt.

Gib auf dieses Kästchen den Klebstoff, um das Foto anzukleben.

**Abbildung (Foto) eines Smartphones mit integrierter Wärmebildkamera**

Vielleicht kannst du auch erkunden, wie groß die Reichweite der Wärmebildkamera eines Smartphones ist.

Mit Wärmebildkameras kann die Wärmeabgabe von Körpern sichtbar gemacht werden. Zum Beispiel kann so die Wärmedämmung bei Häusern kontrolliert werden.

Hast du gewusst, dass es bereits Smartphones mit integrierter Wärmebildkamera gibt?

**Aufgabe:** Suche im Internet nach anderen Erfindungen oder Anwendungen, bei denen Wärme eine Rolle spielt. Mache dir Notizen oder fertige eine Präsentation dazu an.



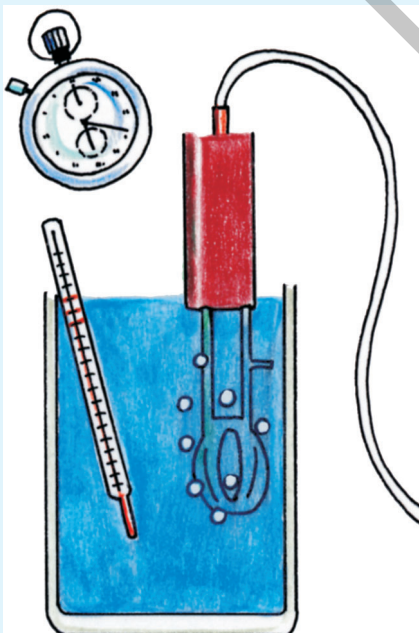
6.1. Metall erwärmt sich durch Reibung bei Bearbeitung mit der Trennscheibe.



6.2. Der Draht wird an der Biegestelle ziemlich heiß.



6.3. Je weniger Wasser, desto schneller erwärmt es sich bei gleicher Energiezufuhr. Je mehr Energie zugeführt wird, desto höher steigt die Temperatur.



6.4. Um einen Liter Wasser um  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  zu erwärmen, ist eine Wärmemenge von  $4\ 200\ \text{J}$  ( $= 4,2\ \text{kJ}$ ) notwendig.

## 2. Wärmeenergie und Temperatur

Beobachtung im Alltag

- Ist es zu warm, schwitzen wir. Ist es zu kalt, frieren wir.
- Durch das Verbrennen von Holz, Kohle oder Öl kann die Umgebung erwärmt werden.

### Was versteht man unter Wärmeenergie?

Die sehr kleinen Teilchen, aus denen alle Stoffe bestehen, führen eine ständig ungeordnete Bewegung aus. Dabei wird viel Arbeit gegen die Kräfte verrichtet, die diese Teilchen zusammenhalten, die Kohäsionskräfte. Aufgrund ihrer Geschwindigkeit, Masse und Position (Lage) besitzen die Teilchen eine bestimmte Bewegungsenergie. Die Gesamtheit der Bewegungsenergie aller Teilchen eines Stoffes ergibt seine Wärmeenergie oder kurz „Wärme“.

**V1:** Nimm einen blanken, dickeren Draht und biege ihn einige Male schnell auf und ab (Abb. 6.2.) Fühle die Wärme an der Biegestelle. Du hast die Teilchen so richtig in Schwingungen versetzt!

Die Wärmeenergie ist die Gesamtheit der Bewegungsenergie der Teilchen eines Stoffes. Je schneller sich die Teilchen eines Stoffes bewegen, umso höher ist seine Temperatur.

### Was versteht man unter der Temperatur?

Die Temperatur gibt Auskunft über den Wärmezustand eines Stoffes. Mit der Erhöhung der Wärmeenergie eines Stoffes steigt seine Temperatur.

**V2:** Fülle ein Becherglas knapp bis zur Hälfte mit Wasser. Ein zweites, gleich großes Becherglas füllst du doppelt so voll (Abb. 6.3.). Gib nun in jedes Becherglas ein Thermometer und miss die Temperatur des Wassers. Erhitze beide Gefäße für 20 Sekunden mit einem Bunsenbrenner und miss die Temperatur erneut.

Die Zunahme der Temperatur in dem halb vollen Wassergefäß ist ca. doppelt so groß wie im Gefäß mit der doppelten Wassermenge (V2).

**V3:** Wiederhole den Versuch von V2 mit der doppelten Menge an zugeführter Energie, indem du den Bunsenbrenner 40 Sekunden brennen lässt. Was stellst du jetzt fest?

Die Temperatur ist ein Maß für den Wärmezustand eines Stoffes. Die Temperaturerhöhung eines Stoffes ist umso größer, je größer die zugeführte Wärmeenergie ist.

### In welcher Maßeinheit wird Wärmeenergie gemessen?

Die Wärme wird als eine Form der Energie in Joule (J) gemessen. 1 Joule pro Sekunde ( $1\ \text{J/s}$ ) entspricht 1 Watt ( $1\ \text{W}$ ). Ein Tauchsieder mit  $400\ \text{W}$  kann daher pro Sekunde eine Wärmemenge von  $400\ \text{J}$  abgeben. Schaltet man ihn für 20 Sekunden ein, kann einer Flüssigkeit eine Wärmemenge von  $20\ \text{s} \cdot 400\ \text{J/s} = 8\ 000\ \text{J}$  ( $= 8\ \text{Kilojoule} - \text{kJ}$ ) zugeführt werden.

**V4:** Fülle ein Becherglas mit  $1\ \text{l}$  Wasser und miss dessen Temperatur. Stecke nun einen Tauchsieder ( $400\ \text{W}$ ) in das Gefäß und schalte ihn für 20 Sekunden ein (Abb. 6.4). Damit sich die zugeführte Wärme ( $8\ 000\ \text{J}$ ) gleichmäßig verteilt, rühre das Wasser um. Wie groß ist die Temperaturerhöhung?

V4 zeigt, dass  $1\ \text{l}$  Wasser bei Zufuhr von  $8\ 000\ \text{J}$  Wärme um ca.  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  wärmer wird. Möchte man die Temperatur von  $1\ \text{l}$  Wasser nur um  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  erhöhen, benötigt man etwa die halbe Wärmemenge, also etwa  $4\ 000\ \text{J}$ . Genaue Messungen würden einen Wert von  **$4\ 200\ \text{J}$  ( $= 4,2\ \text{kJ}$ )** ergeben (siehe Seite 7).

Wie auf Seite 6 gezeigt, kann 1 l Wasser (= 1 000 g) mit 4 200 J um 1 °C erwärmt werden. Um 1 g Wasser um 1 °C zu erwärmen, benötigt man folglich 4,2 J. Mit etwa dem Viertel dieser Energie, also mit 1 J, kann man daher 1 g Wasser um ca.  $\frac{1}{4}$  °C erwärmen.

Die Einheit der Wärmeenergie ist 1 Joule (1 J). Mit der Wärmeenergie von 1 J kann 1 g Wasser um ca.  $\frac{1}{4}$  °C erwärmt werden.

## Wie kann die Wärmeenergie von Stoffen erhöht werden?

Verformung (V1), Reibung (z. B. Rutschen) und Schlagen versetzen die Teilchen eines Stoffes in heftige Schwingungen. Die zugeführte **mechanische Energie** wird in Wärme umgewandelt.

**V5:** Ein dicker Draht wird auf einen Amboss (oder Schraubstock im Werkraum) gelegt. Mit dem Hammer wird fest auf den Draht geschlagen. Wenn man lange genug darauf schlägt, bringt man den Draht sogar zum Glühen.

Auch Strom kann Wärme erzeugen (z. B. beim Kochen mit dem Elektroherd). Dabei wird **elektrische Energie** in Wärme umgewandelt (Abb. 7.1.).

**V6:** Nimm einen kleinen Bausch feiner Stahlwolle und lege ihn auf die Pole einer 4,5 V Flachbatterie. Achte auf deine Finger! Führe diesen Versuch nur mit einer feuerfesten Unterlage durch!

Mit deinen warmen Händen kannst du z. B. ein kaltes Getränk in einem Trinkglas erwärmen. Geht das auch umgekehrt? Könnte das kältere Glas deine warmen Hände noch wärmer machen? Was meinst du?

**V7:** Reibe deine Handflächen aneinander, um sie zu erwärmen. Suche dir jemanden mit kalten Händen. Umschließe die kalte Hand der Person mit deinen warmen Händen. Was fällt dir auf?

Du siehst, **Wärme** kann nur von einem **wärmeren auf einen kälteren Stoff übergehen**.

Beim Verbrennen von Holz, Kohle oder Öl wird die in den Stoffen gespeicherte **chemische Energie** in Wärme umgewandelt. Man spricht von Verbrennungswärme.

Durch Zufuhr und Umwandlung von mechanischer, elektrischer und chemischer Energie kann die Wärmeenergie eines Stoffes erhöht werden. Wärmeenergie kann auch von einem wärmeren auf einen kälteren Stoff übergehen und diesen erwärmen.

## Was ist die spezifische Wärmekapazität eines Stoffes?

Sicherlich hast du schon im Sommer den Temperaturunterschied zwischen heißem Sand oder Metall und kühlerem Wasser bemerkt, obwohl die Sonne alles gleich stark bestrahlt hat.

**V8:** Platziere eine kleine Menge Wasser und ein Stück Kupferblech nebeneinander in der Sonne (Abb. 7.4.). Falls gerade keine Sonne scheint, kannst du als Wärmequelle auch eine Wärmelampe benutzen. Fühle nach kurzer Zeit die Erwärmung der Materialien mit deinen Fingern.

Verschiedene Stoffe benötigen unterschiedlich viel Energie, um erwärmt zu werden. So ist die Wärmeenergie, die erforderlich ist, um 1 kg eines Stoffes um 1 °C zu erwärmen, von dem jeweiligen Stoff abhängig. Jeder Stoff besitzt eine spezifische Wärmekapazität. Die Einheit ist Joule pro kg und pro °C.

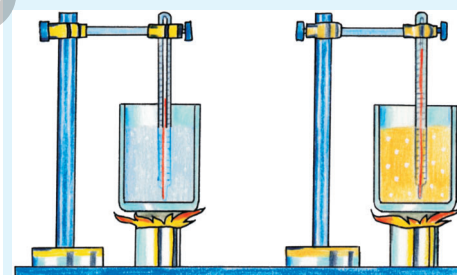
Die spezifische Wärmekapazität eines Stoffes gibt an, wie viel Wärmeenergie nötig ist, um 1 kg eines Stoffes um 1 °C zu erwärmen.



7.1. Kochplatten wandeln elektrische Energie in Wärme um.



7.2. Eine eingeschaltete Glühlampe wandelt elektrische Energie in Licht und zu einem größeren Teil in Wärme um.



7.3. Öl und Wasser haben unterschiedliche spezifische Wärmekapazitäten.



7.4. Kupfer erwärmt sich schneller als Wasser.

**1 kJ** = 1 000 J

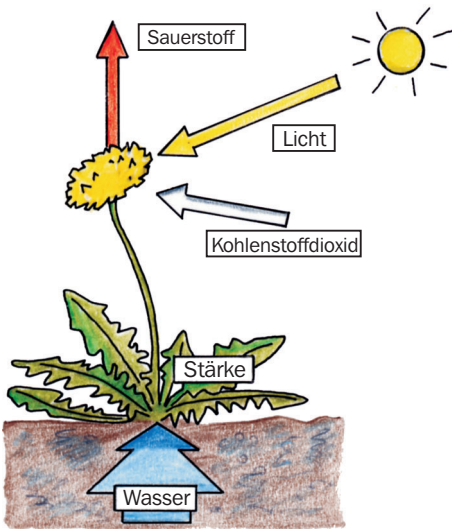
**1 MJ** (Megajoule) = 1 000 kJ = 1 000 000 J

Stoff	Spezifische Wärmekapazität in kJ/kg und °C
Luft	ca. 1,00
<b>Wasser</b>	<b>ca. 4,20 (siehe dazu Seite 33)</b>
Eis	ca. 2,09
Eisen	ca. 0,45
Kupfer	ca. 0,38
Gold	ca. 0,13
Ziegel	ca. 0,84
Gestein	ca. 0,90
Holz	ca. 2,50

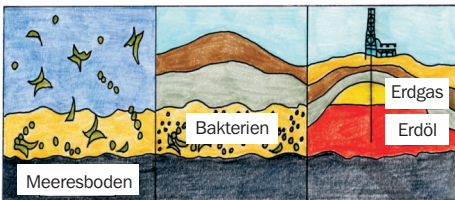
7.5. Spezifische Wärmekapazität



8.1. Ohne Sauerstoff erlischt eine Flamme. Im kleinen Behälter ist der Sauerstoff schneller verbraucht!



8.2. Sonnenenergie wird von Pflanzen in chemische Energie umgewandelt.



8.3. Entstehung des Erdöls



8.4. Fossile Brennstoffe

Heizöl (Diesel)	ca. 42 000
Benzin	ca. 41 000
Erdgas	ca. 35 000
Steinkohle	25 000 – 33 000
Alkohol	ca. 25 000
Braunkohle	12 000 – 21 000
Holz	14 000

8.5. Heizwert einiger Stoffe in kJ/kg

## 3. Wärme durch Brennstoffe

Beobachtung im Alltag

- Feuer spendet angenehme Wärme. Aber oft kann ein harmloses Feuer zur Gefahr werden.
- Textilien sind leicht brennbar und können im Brandfall schlimme Verletzungen auf der Haut hervorrufen.

### Was ist für eine Verbrennung notwendig?

Für jede Verbrennung ist brennbares Material, eine bestimmte Temperatur und Sauerstoff notwendig.

**V1:** Stülpe über eine brennende Kerze ein kleines und über eine zweite brennende Kerze ein großes Becherglas. Eine dritte brennende Kerze bleibt frei stehen. Beobachte! (Abb. 8.1.)

Ist die Sauerstoffzufuhr unterbrochen, erlischt eine Flamme. Das kann bei Bränden z. B. durch Überwerfen einer Löschdecke, Einblasen von Stickstoff oder Abdecken mit Löschschaum oder Sand erreicht werden. **Brennende Flüssigkeiten, Gase und stromführende Geräte niemals mit Wasser löschen!**

Zur Brandverhütung und Brandbekämpfung gibt es in deiner Schule feuerfeste Tische, Brandschutztüren, Feuerlöscher, Löschdecken und weitere Sicherheitseinrichtungen. Informiere dich darüber bei deinem Lehrer und besprich die Bedienung eines Feuerlöschers und das Verhalten im Brandfall (Fluchtwege, Sammelpunkte etc.)!

Für eine Verbrennung sind Sauerstoff, Brennstoff und eine bestimmte Temperatur notwendig.

### Was sind fossile Brennstoffe?

Pflanzen nehmen die Strahlungsenergie der Sonne auf und speichern diese in Form von chemischer Energie in den Pflanzenteilen. Abgestorbene Pflanzen und auch Tiere, die die Strahlungsenergie der Sonne vor Millionen Jahren gespeichert haben, sind unter bestimmten Bedingungen zu fossilen Brennstoffen geworden.

**Erdöl** entstand hauptsächlich aus Algen und anderen Kleinstlebewesen des Meeres, dem Plankton. Vor rund 150 Millionen Jahren starben Algen und andere Organismen ab und sanken auf den Grund von Meeren und Seen. Mit der Zeit überlagerten Sedimente, zum Beispiel Sande oder Tone, die dicke Schicht toten Planktons. Unter großem Druck und hohen Temperaturen von 80 °C – 150 °C konnte aus dem toten organischen Material das schwarze, klebrige und oft übel riechende Erdöl entstehen. In der Karbonzeit, vor 345 bis 280 Millionen Jahren, war ein großer Teil der Erde mit einer reichen Sumpflandschaft bedeckt. Viele dieser Pflanzen waren Farne, manche groß wie Bäume. Durch den morastigen Boden versanken diese Pflanzen, wurden luftdicht abgeschlossen und bildeten eine Torfschicht. Angeschwemmte Sand- und Geröllmassen lagerten sich auf dem Torf ab. Dieser Vorgang wiederholte sich über viele Jahrtausende. Die Last der oberen Schichten drückte dann das Wasser aus der meterdicken Torfschicht. Zusammen mit chemischen Prozessen – ausgelöst durch das saure Moorwasser und Bakterien im Sumpfboden – bildete sich zuerst **Braunkohle** und dann **Steinkohle**.

Wohnungen und Häuser können durch Verbrennen von Holz oder von fossilen Brennstoffen wie Kohle, Erdgas oder Heizöl (gewonnen aus Erdöl) beheizt werden. Diese Brennstoffe geben die in ihnen gespeicherte chemische Energie bei ihrer Verbrennung in Form von Wärme frei. Man spricht von Verbrennungswärme.

Kohle, Erdgas oder Heizöl bezeichnet man als fossile Brennstoffe. Sie sind über Jahrmillionen entstanden und stehen uns – im Gegensatz zu erneuerbaren Energiequellen (Seite 18) – nicht erneut zur Verfügung, wenn sie aufgebraucht sind. Bei ihrer Verbrennung wird Energie in Form von Wärme frei.

## Was versteht man unter dem Heizwert eines Stoffes?

Die Qualität von Brennstoffen kann man anhand des Heizwerts vergleichen. Dieser gibt an, wie viel Wärmeenergie in Kilojoule (kJ) beim Verbrennen von 1 kg des Stoffes abgegeben wird.

**V2:** Fülle 1 l Wasser in einen dünnwandigen Aluminiumtopf oder in eine Konservendose. Miss die Wassertemperatur mit einem Thermometer. Verbrenne darunter eine Tablette Trockenspirit (2 g) für Campingkocher. Nach dem Erlöschen der Flammen rührst du das Wasser um und misst die Temperatur erneut. (Abb. 9.1.) Die Wassertemperatur steigt um ca. 10 °C.

**Berechnung:** Für die Erwärmung von 1 l Wasser um 1 °C sind ca. 4 kJ notwendig. 2 g Trockenspirit erwärmen 1 l Wasser um ca. 10 °C. D. h.: 2 g Spiritus entsprechen einer Energie von  $10 \cdot 4 \text{ kJ} = 40 \text{ kJ}$ . 1 g Spiritus liefert somit ca. 20 kJ Wärme ans Wasser. Der Heizwert von Spiritus ist daher ca. 20 kJ pro g bzw. 20 000 kJ pro kg (= ca. 20 MJ pro kg).

Auch bei Nahrungsmitteln spricht man vom Heizwert bzw. vom Brennwert. Die Nährstoffe werden in unserem Körper aber nicht mit einer Flamme verbrannt, sondern zur Energiegewinnung chemisch verändert. Näheres dazu auf Seite 16.

Der Heizwert eines Stoffes ist die Wärmeenergie in Kilojoule (1 kJ = 1 000 J) oder Megajoule (1 MJ = 1 000 kJ = 1 000 000 J), die beim vollständigen Verbrennen von 1 kg dieses Stoffes frei wird.

## Was ist der Flammpunkt?

Der Flammpunkt ist ein Richtmaß für die Feuergefährlichkeit eines Stoffes. (Abb. 9.3.)

**V3:** In zwei flache Schalen wird ein wenig Benzin bzw. Heizöl gefüllt. Mit einem brennenden Span wird versucht, die beiden Flüssigkeiten zu entzünden (Abb. 9.2.). Durch Abdecken der Schalen werden die Flammen wieder gelöscht.

Der Flammpunkt von Benzin liegt bei ca.  $-20 \text{ °C}$ . Ab dieser Temperatur bildet sich über dem Benzin genügend Benzindampf, sodass das Benzin-Luft-Gemisch bei Kontakt mit einer Flamme oder auch nur einem Funken entzündet werden kann. Bei Heizöl ist dies erst bei ca.  $55 \text{ °C}$  der Fall. Beim Umgang mit solchen Stoffen in der Nähe von offenem Feuer ist stets Vorsicht geboten!

Der Flammpunkt ist die niedrigste Temperatur, bei der sich ein Gemisch aus dem Dampf des Stoffes und dem Sauerstoff der Luft bei Kontakt mit einer Flamme entzünden lässt.

### Gut zu wissen ...

Flüssigkeiten und Gase mit niedrigem Flammpunkt gelten als sehr feuergefährlich. Sie sind in Luft explosiv! Für Transport und Lagerung gelten strenge Sicherheitsvorschriften. Fahrzeuge, die solche Stoffe transportieren, müssen mit roten und orangefarbenen Gefahrenschildern gekennzeichnet sein.



9.1. Zu Versuch 2



**Benzin**



**Heizöl**



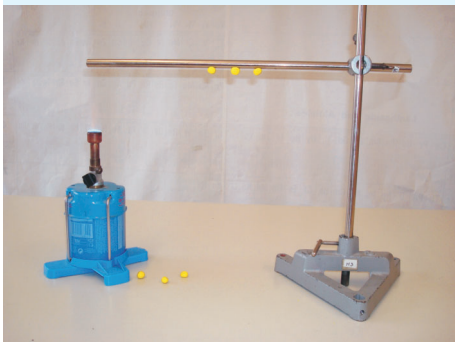
9.2. Das über der Flüssigkeit befindliche Benzin-Luft- bzw. Heizöl-Luft-Gemisch entzündet sich erst bei Erreichen des Flammpunktes.

Diethylether	$-40 \text{ °C}$
Benzin	ca. $-20 \text{ °C}$
Aceton	$-17 \text{ °C}$
Alkohol	$11 \text{ °C}$
Diesel (Heizöl leicht)	ca. $55 \text{ °C}$
Schmieröle	ca. $200 \text{ °C}$

9.3. Flammpunkte einiger Stoffe



10.1. Auch der obere Teil des Löffels erwärmt sich rasch durch den heißen Tee. Die Wärme wird im Löffel nach oben geleitet.



10.2. Die Wachskugeln fallen nacheinander vom Metallstab. Wärme wird im Metallstab nach und nach weitergeleitet.



10.3. Verschiedene Stoffe leiten die Wärme unterschiedlich gut. Wer legt den Stab schneller aus der Hand? (V3)



10.4. Wasser ist ein schlechter Wärmeleiter

## 4. Wärmeleitung

Beobachtungen im Alltag

- Das Ende eines kalten Löffels, der in heißen Tee getaucht wird, erwärmt sich rasch, obwohl sich dieses nicht im Tee befindet.
- Stellst du eine Pfanne aus Metall auf die heiße Herdplatte, kannst du sie nach einiger Zeit nur noch an den Kunststoffgriffen berühren. Das Metall ist zu heiß geworden.

### Wie funktioniert Wärmeleitung?

**V1:** Fülle in ein Becherglas heißes Wasser und gib einen kalten Metalllöffel hinein. Was kannst du beim Berühren des Löffels nach einiger Zeit fühlen? (Abb. 10.1.)

**V2:** Befestige einige Wachskugeln in gleichem Abstand auf einem Metallstab, den du in ein Stativ einspannst. Erhitze diesen mit Hilfe einer Kerze oder eines Bunsenbrenners (Abb. 10.2.). Beobachte! (Vorsicht! Verbrennungsgefahr! Lange Haare zusammenbinden!)

Bei V1 und V2 wurde die Wärme nach und nach weitergeleitet (Löffel wird auch am oberen Ende heiß, Wachskugeln fallen der Reihe nach ab). Um zu klären, wie diese Art der Energieübertragung funktioniert, müssen wir uns daran erinnern, dass die Teilchen in Festkörpern einen fixen Platz haben. Sie können sich jedoch ein wenig um diesen Platz bewegen und schwingen somit um ihre Ruhelage. Sie schwingen umso stärker, je wärmer der Stoff ist. Wird also ein Körper an einem Ende erwärmt, so schwingen die Teilchen an diesem Ende sehr stark und stoßen auch die Nachbarteilchen an. Dadurch geraten diese ebenfalls in stärkere Bewegung. Ein Teil der Bewegungsenergie wird also übertragen. Von der Flamme wird dabei immer Energie nachgeliefert. Der ganze Körper erwärmt sich allmählich. Die Wärme geht selbstständig von heißeren zu kälteren Stellen über. Es wird dabei kein Material (kein Teilchen) transportiert. Man spricht von **Wärmeleitung**.

Bei der Wärmeleitung wird die Bewegungsenergie der Teilchen durch Stöße von Teilchen zu Teilchen weitergegeben. Es erfolgt dabei kein Materialtransport.

### Welche Stoffe sind gute und welche Stoffe sind schlechte Wärmeleiter?

**V3:** Drei Mitschüler und du halten gleichzeitig gleich lange und gleich dicke Stäbe aus Kupfer, Eisen, Aluminium und Glas in eine Flamme (Abb.10.3.). Die Stäbe sollten in gleicher Entfernung von der Stabspitze angefasst werden! Wer eine starke Erwärmung spürt, legt den Stab aus der Hand. Vorsicht Verbrennungsgefahr! Stäbe rechtzeitig aus der Hand legen! Lange Haare zusammenbinden!

V3 zeigt, dass verschiedene Materialien die Wärme unterschiedlich gut leiten. Kupfer ist hier der beste Wärmeleiter. Auch Eisen, Aluminium und andere Metalle leiten die Wärme gut. Glas leitet die Wärme nur sehr schlecht. Zu den schlechten Wärmeleitern zählen auch Stoffe wie Holz, Glaswolle, Seide, Stroh, Gummi, Kunststoffe, Eis, Schnee etc. Man spricht von **Wärmeisolatoren**.

**V4:** Fülle ein Proberöhrchen bis zu 3 cm unter dem Rand mit Wasser. Nimm es am unteren Ende und halte den obersten Bereich des Wassers in der Proberöhre schräg in die Flamme eines Bunsenbrenners. Keine Angst! Du wirst dich nicht verbrennen, wenn das Wasser siedet. (Abb. 10.4.)

V4 lässt erkennen: Wenn Wasser im oberen Teil des Proberöhrchens bereits siedet, ist es im unteren Ende noch kalt. Flüssigkeiten sind schlechte Wärmeleiter.

Auch Gase (z. B. Luft) leiten die Wärme sehr schlecht. Gasteilchen bewegen sich frei in „großem“ Abstand voneinander. Daher können Stöße an benachbarte Teilchen nicht so leicht weitergegeben werden (Abb. 11.1.). Im Vakuum findet überhaupt keine Wärmeleitung statt, da sich hier keine Teilchen befinden, die die Stöße weitergeben könnten.

**V5:** Befülle ein doppelwandiges, „evakuiertes“ Trinkglas (Vakuum im Zwischenraum) und ein einwandiges „normales“ Trinkglas mit heißem Wasser. Berühre die Gläser vorsichtig. Was fällt dir auf? (Abb. 11.2.).

Du kennst sicher die Vorteile einer Thermosflasche. Betrachte Abb. 11.3.! Aus dem Zwischenraum zwischen den beiden Gefäßwänden der Thermosflasche wird bei der Herstellung Luft herausgesaugt und ein Vakuum geschaffen. Wird die Thermosflasche nun mit einer heißen Flüssigkeit befüllt, kann die Wärme durch diese Wände nicht abgeleitet werden. Die einzige Schwachstelle liegt beim Verschluss. Daher bleibt auch in der Thermosflasche der Tee nicht ewig heiß.

Metalle sind gute Wärmeleiter. Schlechte Wärmeleiter sind Wasser und andere Flüssigkeiten, Gase (Luft) und Festkörper wie Glas, Gummi, Kunststoffe, Holz, Wolle und Seide. Im Vakuum gibt es keine Wärmeleitung.

## Was wird beim Hausbau zur Wärmedämmung verwendet?

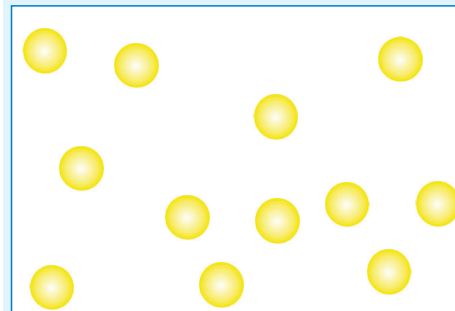
Wird es draußen kalt, beheizen wir unsere Häuser und Wohnungen mit dem Kachelofen oder der Zentralheizung. Um große Wärmeverluste beim Heizen im Winter zu verhindern, kommt den Wärmedämmmaßnahmen an Gebäuden große Bedeutung zu. Aber auch im Sommer wird durch Wärmedämmung ein angenehmes Wohnklima erzielt und für kühlere Innenräume gesorgt, da Wärme nicht so rasch von außen nach innen eindringen kann.

Glas, Holz und Kunststoffe sind wegen ihrer schlechten Wärmeleitung beliebte wärmeisolierende Baustoffe. Die Wirkung der meisten Dämmstoffe (Mineralwolle, Schaumstoff, Ziegel mit Hohlräumen) beruht auf der schlechten Wärmeleitung eingeschlossener Luft (Abb. 11.4.). Die Außenmauer eines Hauses kann mit Dämmplatten verkleidet werden, um eine gute Wärmedämmung zu erzielen. Auch bei Fenstern bewirken die Luft-, Edelgas- oder Vakuum-Schichten zwischen den Scheiben einer Doppel- oder Mehrfachverglasung eine gute Wärmeisolation.

Gute Dämmstoffe sind z. B. Mineralwolle, Schaumstoff, Hohlblockziegel oder Porenbetonsteine. Gute Wärmeisolation bieten auch Fenster mit Doppel- und Mehrfachverglasung.



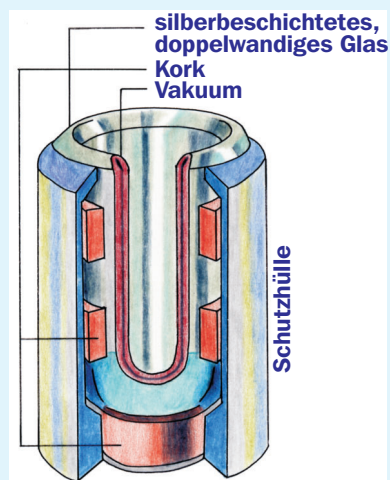
11.6. Verschiedene Wärmeisolatoren im Hausbau: Styropor, Telwolle, Holz



11.1. Teilchenmodell eines Gases



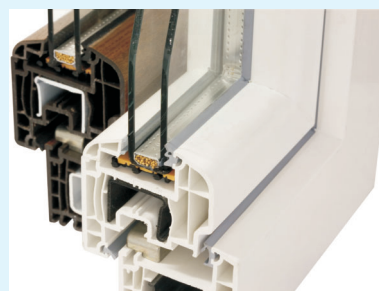
11.2. Doppelwandiges Trinkglas: Vakuum zwischen den zwei Wänden verhindert die Wärmeleitung. Du kannst dich nicht verbrennen.



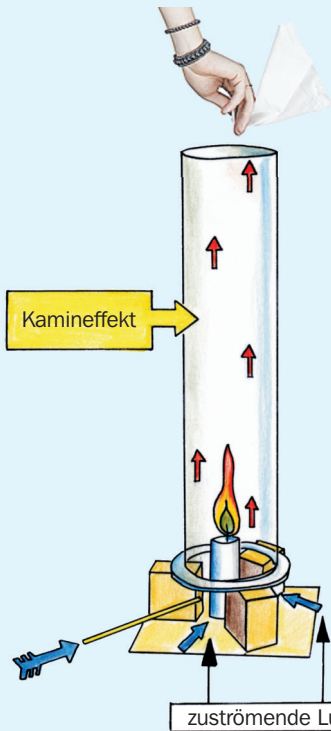
11.3. Aufbau einer Thermosflasche



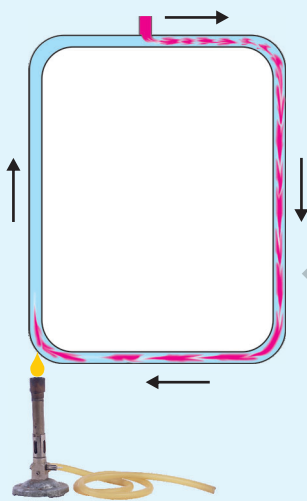
11.4. Luftkammern in den Ziegeln bewirken eine gute Wärmedämmung.



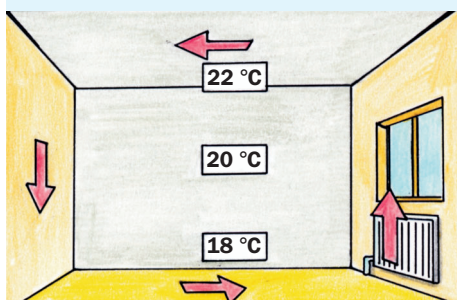
11.5. Mehrfachverglasung bei Fenstern



12.1. Ursache der Kamineffekte ist das Aufsteigen der wärmeren Luft auf Grund ihrer geringeren Dichte. Die Wärmeströmung der Luft bewirkt die Bewegung des Tuches.



12.2. Wärmeströmung in einer Flüssigkeit



12.3. Wärmeströmung bei der Erwärmung der Zimmerluft

## 5. Wärmeströmung

Beobachtungen im Alltag

- Wärme, die ein Heizkörper abgibt, breitet sich rasch in einem Zimmer aus.
- Dampf aus dem heißen Suppentopf will immer nach oben.
- Die Flamme einer Kerze ist ohne Einwirkung eines Luftzugs stets aufwärts gerichtet.

### Was versteht man unter Wärmeströmung?

**V1:** Stülpe ein Glasrohr zur Hälfte über eine brennende Kerze (Abb. 12.1.). Halte zuerst deine Hand und anschließend eine Lage eines Papiertaschentuchs über die obere Rohröffnung. Was bemerkst du?

V1 lässt erkennen, dass am oberen Ende des Rohrs heiße Luft herausströmt. *Erklärung:* Die Kerzenflamme erwärmt die sie umgebende Luft. Die Luftteilchen erlangen dadurch eine höhere Geschwindigkeit, sie brauchen folglich mehr Platz. Warme Luft dehnt sich daher aus und hat eine geringere Dichte als kalte Luft. Die erwärmte Luft steigt deshalb nach oben. Kalte Luft strömt von der Seite nach. Die von der Luft aufgenommene Wärme wird mit der Luft weitertransportiert. Diese Art von Wärmetransport nennt man **Wärmeströmung** oder **Konvektion**.

Auch in Flüssigkeiten erfolgt der Transport von Wärme größtenteils durch Wärmeströmung. Flüssigkeiten sind ebenfalls eher schlechte Wärmeleiter.

**V2:** Fülle ein Rechteckrohr mit kaltem Wasser. Erwärme dieses an der linken unteren Ecke (Abb. 12.2.). Durch die Öffnung gibst du nun etwas Farbstoff in das Wasser. Beobachte was geschieht!

Bei V2 erkennst du an der Färbung, dass sich das Wasser in Bewegung setzt und sich weiter im Kreis bewegt, solange es erwärmt wird. Das Wasser setzt sich ohne Pumpe in Bewegung. Die Wärme wird auch hier durch den Transport des warmen Stoffes weitergeleitet, also durch Wärmeströmung.

*Nähere Erklärung:* Beim Erhitzen dehnt sich das Wasser im linken Teil des Rohres aus. Seine Dichte wird geringer als die Dichte des restlichen Wassers. Es steigt daher nach oben, während kälteres Wasser von rechts nachfließt. Dieses wird wieder erwärmt und steigt ebenfalls nach oben. Der Wasserkreislauf setzt sich fort, solange Wärme zugeführt wird.

Erwärmte Flüssigkeiten und Gase haben eine geringere Dichte und steigen in ihrer kühleren Umgebung auf. Wärmeenergie wird dabei durch Wärmeströmung weitertransportiert.

### Wo kommt Wärmeströmung vor?

Bei der **Erwärmung der Zimmerluft** spielt Wärmeströmung eine große Rolle. Die Wärme einer **Zentralheizung** wird an einer zentralen Stelle, dem Heizkessel bzw. der Therme, erzeugt. Das geschieht meist durch Verbrennen von Holz oder fossilen Rohstoffen wie Gas oder Öl. Im Heizkessel wird die Verbrennungswärme an das Wasser in den Kammern der Kesselwände abgegeben. Das Wasser wird auf 50 °C bis 80 °C erhitzt und über Rohrleitungen mittels Wärmeströmung zu den Heizkörpern (Radiatoren) transportiert. Eine Umwälzpumpe unterstützt den Wassertransport (Abb. 12. 3.).

Jeder Heizkörper hat zwei Anschlüsse. Im oberen Anschluss fließt das Warmwasser ein und gibt einen großen Teil seiner Wärme an den Heizkörper ab, der die umgebende Luft erwärmt. Durch Wärmeströmung wird die Wärme im Raum verteilt. Durch das untere Rohr fließt das nun kältere Wasser vom Heizkörper zurück zum Heizkessel (Abb. 13.1.).

Wasser ist bekanntlich ein schlechter Wärmeleiter. Daher würde die **Erwärmung von Wasser im Kochtopf** nicht so schnell geschehen, wenn es die Wärmeströmung nicht gäbe.

Wärmeströmung ist auch dort wichtig, wo große unerwünschte Wärmemengen abtransportiert werden müssen. Dies ist z. B. bei der **Kühlung von Automotoren** der Fall. Führt man die Motorwärme nicht ab, steigt die Motortemperatur immer mehr an, bis der Motor überhitzt und beschädigt wird. Bei der Kühlung des Motors geben die heißen Zylinderwände Wärme an das Kühlwasser ab. Die dabei entstehende Wärmeströmung wäre aber zu gering, um die große Wärmemenge rasch genug abzuführen. Deshalb unterstützt eine Wasserpumpe den Kühlkreislauf. Das erwärmte Wasser wird durch den Kühler geleitet, wo die vorbeiströmende Luft Wärme vom Wasser aufnimmt. Ein Ventilator kann den Luftstrom bei Bedarf noch verstärken (Abb. 13.2.). Das abgekühlte Wasser wird wieder zum Motor zurückgeführt und der Kreislauf beginnt von neuem. Beim Kühlen wird also einem Körper Wärme entzogen, indem diese auf einen anderen Körper übertragen wird.

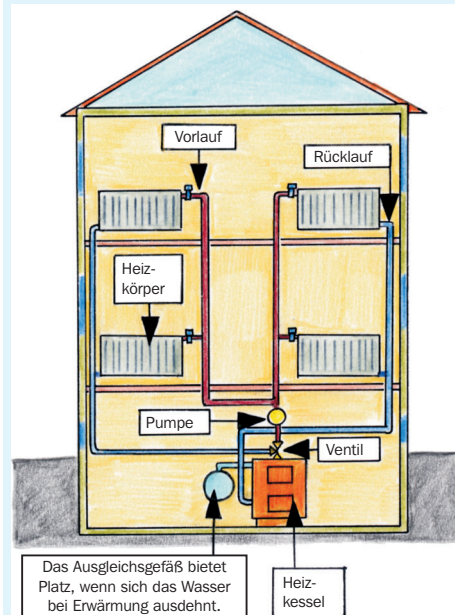
Ist dir schon aufgefallen, dass Kraftwerke und Fabrikanlagen sehr hohe **Schornsteine** haben? Auch in Schornsteinen spielt Wärmeströmung eine Rolle. Bei der Verbrennung steigen die warmen Gase nach oben (siehe auch Abb. 12.1.). Je höher die Säule dieser Verbrennungsgase ist, desto größer ist der Druckunterschied zur Frischluft, die durch den Ofen nachströmt. Hohe Schornsteine haben daher einen besseren „Zug“, da sich die Gase schneller bewegen (Abb. 13.3.).

**Europas Zentralheizung – der Golfstrom:** Wärmeströmung kann Energie oft über sehr weite Strecken transportieren. So hat Europa ein relativ mildes Klima, während in Nordamerika auf der gleichen geographischen Breite ein sehr kaltes Klima vorherrscht. Der Grund dafür ist eine Meeresströmung, der Golfstrom. Die Sonne erwärmt das Wasser im Golf von Mexiko auf etwa 27 °C. Der Golfstrom transportiert diese Wärme mit dem Wasser über tausende Kilometer über den Atlantik an die Westküste Europas (Abb. 13.4.). Natürlich gibt das Wasser auf seinem Weg laufend Wärme ab. Dennoch steckt noch so viel Wärme darin, dass die mittlere Jahrestemperatur in Westeuropa um bis zu 8 °C erhöht wird.

Wärmeströmung spielt z. B. eine Rolle bei der Erwärmung der Zimmerluft, der Wärmeverteilung bei einer Zentralheizung, der Erwärmung von Wasser im Kochtopf, der Kühlung von Automotoren, bei Rauchfängen oder bei dem Effekt des Golfstroms.

### Gut zu wissen ...

- Wärmeströmungen in der Natur beeinflussen unser Klima und das Wetter.
- Die Kühlung eines Computer-Prozessors durch einen „Lüfter“ geschieht durch Wärmeströmung.
- Beim Trocknen der Haare mit dem Föhn wird Wärmeströmung erzwungen.



13.1. Schema einer Zentralheizung



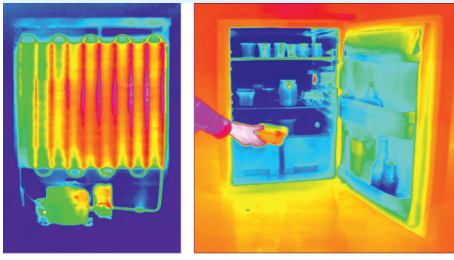
13.2. Ventilator einer Autokühlung



13.3. Ein geeigneter Schornstein ist auch für die gute Funktion eines Kaminofens Voraussetzung. Zughöhen von über 6 m sind vorteilhaft.



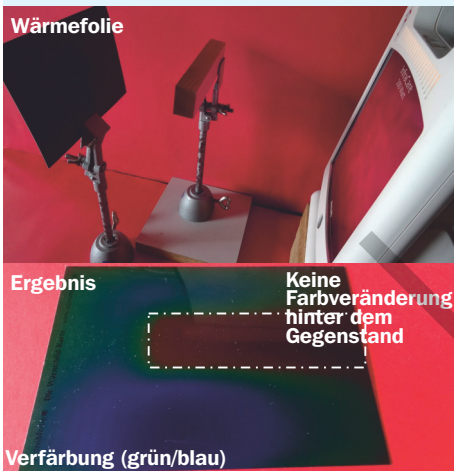
13.4. Meeresströmungen



14.1. Mit einer Wärmebildkamera kann Wärmestrahlung sichtbar gemacht werden.



14.2. Die Wärmestrahlung (Infrarotstrahlung) der Infrarotlampe kommt auch bei der Behandlung von Krankheiten zum Einsatz.



14.3. Wärmefolien ändern durch Wärme ihre Farbe. Ein undurchsichtiger Körper schirmt die Wärmestrahlung ab.



14.4. Wärmestrahlen können wie Lichtstrahlen mit „Sammellinsen“ gebündelt werden.

## 6. Wärmestrahlung

Beobachtungen im Alltag

- Eine Glühlampe gibt neben Licht auch sehr viel Wärmestrahlung ab.
- Die Wärmestrahlen der Sonne sind lebenswichtig.
- Die Wärmestrahlung verschiedener Körper kann durch Wärmebildkameras sichtbar gemacht werden (Abb. 14.1.).

### Was ist Wärmestrahlung und woher kommt sie?

Für die Entwicklung von Lebewesen ist die Energie der Sonne unentbehrlich. Die Sonnenenergie kommt in Form von Licht und Wärme auf unsere Erde. Die Entfernung Erde-Sonne beträgt 150 Millionen Kilometer. Im Weltall ist größtenteils Vakuum, also luftleerer Raum ohne Teilchen. Für die Energieübertragung von Sonne zu Erde kommen daher weder Wärmeleitung noch Wärmeströmung infrage. Die Art der Energieübertragung ohne Beteiligung von Teilchen nennen wir Strahlung. Wärmestrahlung kommt aus dem Inneren der Atome in Form von elektromagnetischen Wellen. Jeder Körper besteht aus Atomen und sendet, ob warm oder kalt, eine seiner Temperatur entsprechende Strahlung aus.

Jeder Körper sendet aufgrund seiner Temperatur Wärmestrahlung in Form von elektromagnetischen Wellen aus. Bei der Wärmestrahlung erfolgt die Wärmeübertragung ohne Beteiligung von Teilchen.

### Welche Eigenschaften besitzt Wärmestrahlung?

Die Wärmestrahlung ist unsichtbar und breitet sich mit Lichtgeschwindigkeit (das sind ca. 300 000 km pro Sekunde) nach allen Seiten geradlinig aus. So gelangt sie von der Sonne durch den luftleeren Raum und die Atmosphäre zur Erde bzw. auf deine Haut und löst dort Wärmeempfindung aus.

**V1:** Halte deine Hand etwa 40 cm vor eine eingeschaltete Rotlichtlampe (Abb. 14.2.). Was stellst du fest? Halte dann nacheinander eine Glasscheibe und einen Karton zwischen Hand und Lampe. Was merkst du jetzt?

Bei V1 kann man fühlen, dass Wärmestrahlung Glas durchdringt, jedoch bereits durch eine dünne Kartonschicht abgeschirmt werden kann.

**V2:** Halte zwischen eine Infrarotlampe und eine Wärmefolie einen undurchsichtigen Gegenstand. Schalte die Lampe für ca. 5 Sekunden ein und beobachte.

Das Ergebnis bei V2 (Abb. 14.3.) ist ein Hinweis darauf, dass sich Wärmestrahlung geradlinig ausbreitet.

Bestimmt hast du schon einmal versucht, die Sonnenstrahlen mit einem Uhrglas oder einem Spiegel umzulenken. Wie die Lichtstrahlen lassen sich auch Wärmestrahlen mit Spiegeln reflektieren (zurückwerfen) und mit Linsen sammeln.

**V3:** Versuche mit einer Lupe (Sammellinse) die Wärmestrahlung der Sonne einzufangen und Papier zu entzünden. Je kleiner der Lichtfleck auf dem Papier, desto heißer ist er. Vorsicht, damit du deine Kleidung nicht verbrennst! Setze eine Sonnenbrille auf. Blendung! (Abb. 14.4.)

Wärmestrahlung breitet sich nach allen Seiten, geradlinig und mit Lichtgeschwindigkeit (ca. 300 000 km/s) aus. Sie kann transparente Körper durchdringen und wird von undurchsichtigen Materialien abgeschirmt. Wärmestrahlung kann mit Spiegeln umgelenkt und mit Linsen gebündelt werden.

## Wie wirkt die Wärmestrahlung auf verschiedene Oberflächen?

**V4:** Gehe vor wie bei V3. Nimm dabei zuerst schwarzes, mattes Papier und dann weißes. Beobachte, wie lange es jeweils dauert, bis das Papier zu brennen beginnt (Abb. 15.1.).

Bei V4 siehst du, dass sich schwarzes Papier leichter entzünden lässt als weißes. Der Grund dafür ist, dass Körper mit dunkler Oberfläche mehr Wärmestrahlung absorbieren (lat. „absorbere“, engl. „absorb“ = verschlucken) als helle Körper.

**V5:** Wiederhole den Versuch von V4 mit einem schwarzen, matten sowie mit einem schwarzen, glatten bzw. glänzenden Papier. Vergleiche die Zeit bis zur Entzündung.

Bei V5 lässt sich das matte Papier leichter bzw. schneller entzünden, da matte bzw. raue Oberflächen mehr Wärme absorbieren als glatte. Körper, die mehr Wärme aufnehmen, können auch mehr Wärme wieder abgeben und umgekehrt. Dunkle und matte Oberflächen können daher mehr Wärme abgeben als helle und glänzende Oberflächen.

Körper mit dunkler und matter Oberfläche absorbieren den größten Teil der Wärmestrahlung. Körper mit heller und glatter Oberfläche reflektieren den größten Teil der Wärmestrahlung. Körper mit dunkler und matter Oberfläche können bei gleicher Temperatur mehr Wärmestrahlung abgeben als helle und glatte Körper.

## Wie wirkt die Wärmestrahlung bei verschiedenen Einstrahlungswinkeln?

Die Erwärmung von bestrahlten Körpern hängt neben der Beschaffenheit und Größe der Oberfläche natürlich auch von der Dauer und der Stärke der Bestrahlung ab. Dabei ist zusätzlich noch der Winkel, unter dem die Strahlen auf den Körper treffen, für die Erwärmung maßgeblich (Abb. 15.3.).

**V6:** Gib auf zwei Streifen einer Alufolie jeweils eine ca. 1 cm<sup>2</sup> große und ca. 2 mm dünne Butterschicht. Stelle die zwei Streifen unterschiedlich schräg, z. B. mit Hilfe unterschiedlich hoher Holzkörper. Halte nun eine flache Infrarotlampe horizontal zur Tischoberfläche in knapper Entfernung über die Butterstellen. Achte darauf, dass sich die Butterstellen in gleicher Entfernung zur Lampe befinden. Beobachte! (Ergebnis: siehe Abb. 15.4.)

Steil einfallende Wärmestrahlung erwärmt eine Oberfläche stärker als flach einfallende Strahlung.

### Interessant zu wissen ...

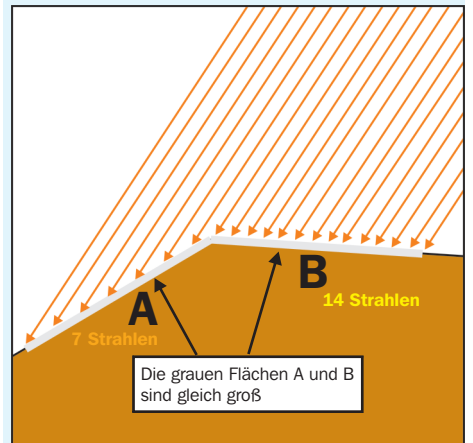
Mit ihrer Wärmestrahlung erwärmt die Sonne die Erde. In klaren Nächten können die Temperaturen aber selbst im Sommer rasant fallen. In manchen Wüsten kann es dabei richtig kalt werden. Dies kommt daher, da sehr viel Wärmestrahlung auch wieder zurück ins Weltall entweicht. Bei einem bewölkten Nachthimmel sind die Nächte deutlich milder. Die Wärmestrahlung wird dann von der Wolkendecke zurückgehalten.



15.1. Dunkle Körper absorbieren mehr Wärmestrahlung als helle. Schwarzes Papier bringst du daher leichter zum Brennen.



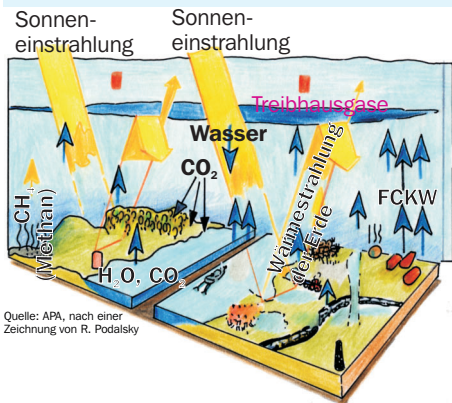
15.2. Der Asphalt wird stärker erwärmt als die Umgebung, denn seine dunkle Oberfläche absorbiert mehr Wärme. So wird auch die Luft über dem Asphalt stärker erwärmt als über der Vegetation und flimmert.



15.3. Parallel einfallende Strahlen, aber unterschiedlicher Einfallswinkel aufgrund der Lage der Flächen! Auf Fläche A treffen weniger Strahlen als auf Fläche B.



15.4. Die Erwärmung einer Fläche hängt auch vom Winkel ab, unter dem die Strahlen eintreffen.



Quelle: APA, nach einer Zeichnung von R. Podalsky

16.1. Der Treibhauseffekt: Treibhausgase wie Kohlenstoffdioxid, Methan oder FCKW, aber auch Wasserdampf bilden eine Barriere, die die Wärmestrahlung der Erde teilweise zurückhält.



16.2. Auch bei einem Glashaus wird ein Teil der Wärmestrahlung nicht mehr hinausgelassen.



16.3. Nährstoffe zum Erhalt der Körperwärme

### Manner Biskotten

Eiweiß (g)	Fett (g)	Kohlehydrate (g)	Ballaststoffe (g)
7,1	3,2	63,9	1,1
Kcal	KJoule	Broteinheiten	
313	1 311	5,3	

16.4. Der Energiegehalt von Lebensmittel ist auf den Verpackungen angegeben.

Fett	4 000
Butter	3 000
Schokolade	ca. 2 000
Zucker	1 680
Milchprodukte	300 – 3 000
Fleisch	600 – 1 200
Gemüse	40 – 350
Obst	100 – 300

16.5. Energiegehalt von Lebensmittel in kJ/100 g

## 7. Die Bedeutung der Wärme für Umwelt und Lebewesen

Beobachtungen im Alltag

- Ohne Wärme können Menschen, Tiere und Pflanzen nicht existieren.
- Zu viel Wärme (Hitze) kann Böden austrocknen und Pflanzen verdorren lassen.

### Was ist der Treibhauseffekt?

Licht- und Wärmestrahlen der Sonne treffen auf unsere Atmosphäre. Die Atmosphäre schirmt einen Teil dieser Strahlung ab und schützt die Erde vor Überhitzung und schädlicher Strahlung. Die Lufthülle verhindert auch, dass die unter ihr liegende Erde die gesamte Energie wieder zurück in den Weltraum strahlt und bietet damit Schutz vor zu starker Abkühlung. Diesen Effekt nennt man den **Treibhauseffekt**. Die dafür verantwortlichen Gase in der Lufthülle (z. B. Kohlenstoffdioxid) nennt man **Treibhausgase**. Sie wirken wie die Glasscheiben eines Glashauses, die Strahlung hereinlassen, abgehende Wärmestrahlung aber nur zu einem kleinen Teil wieder hinauslassen (Abb. 16.2.). Dieser natürliche Treibhauseffekt ist sehr wichtig, da er eine mittlere Temperatur auf der Erdoberfläche von +15 °C schafft.

Treibhausgase werden auch vom Menschen produziert. Über Kamine, Fabrik-schlote, Auspuffrohre von Autos und z. B. Flugzeuge gelangen im Laufe der Zeit immer mehr dieser ungewollten Treibhausgase in die Atmosphäre. Die Klimafor-scher konnten nachweisen, dass dies zu der ungewollten Temperaturerhöhung auf der Erdoberfläche beiträgt. Folgen einer Temperaturerhöhung sind Klimaän-derungen, Abschmelzen von Polareis und damit Anstieg der Meeresspiegel, Über-schwemmungen in Küstennähe, verheerende Stürme und die Ausbreitung von Wüsten. Die Vermeidung von zusätzlichen Treibhausgasen durch unnötige Auto- und Flugreisen oder der Umstieg auf erneuerbare Energien (siehe Seite 18) ist daher sehr wichtig. Jeder von uns kann zur Erhaltung unserer Umwelt beitragen!

Im Pariser Abkommen haben so gut wie alle Länder der Welt Klimaschutzverein-barungen zur Erhaltung des Weltklimas festgelegt. Recherchiere im Internet!

Unter dem **Treibhauseffekt** versteht man den Einfluss der Erdatmosphäre auf den Wärmehaushalt der Erde. Verursacht wird dies durch die Treibhausgase in der Atmosphäre (z. B. Kohlenstoffdioxid – chemische Formel: CO<sub>2</sub>).

### Wie kann der Mensch seine Körpertemperatur regulieren und sich vor Kälte und Hitze schützen?

Durch die Aufnahme von Nahrungsmitteln können wir Menschen die für uns not-wendige Körpertemperatur (zwischen +36 °C und +37 °C) aufrecht erhalten. Wie bei Brennstoffen spricht man auch bei Nahrungsmitteln vom Heizwert bzw. Brennwert. Die Nährstoffe werden in unserem Körper nicht mit einer Flamme ver-brannt, sondern zur Energiegewinnung chemisch verändert. Wie viel Energie in Nahrungsmitteln steckt, kannst du den Angaben auf den Verpackungen entneh-men (Abb. 16.4.).

Ein Vergleich soll die in Nahrungsmitteln gespeicherte Energie veranschauli-chen: Für das Treppensteigen über 3 Stockwerke benötigt ein 40 kg schweres Kind ca. 4 kJ. Aus der Tabelle in Abb. 16.5. kannst du ablesen, dass 1 g Zucker 16,8 kJ Energie liefert. Die Energie von 1 g Zucker reicht also aus, dass ein 40 kg schwerer Mensch viermal vom Erdgeschoss in den 3. Stock gehen kann.

Oft nehmen wir durch unsere Ernährungsgewohnheiten mehr Energie zu uns als wir verbrauchen. Unser Körper speichert diese Energie dann, indem er Fettreser-ven anlegt. Das kann zu Übergewicht und Herz-Kreislauf-Erkrankungen führen. Es ist daher wichtig, auf eine ausgewogene Ernährung zu achten!

Damit notwendige Körperwärme gehalten werden kann, schützt sich der Mensch vor Kälte und Hitze durch Kleidung und den Aufenthalt in Räumen. Da helle Kleidung die Wärmestrahlung der Sonne stärker reflektiert, wird diese an heißen Tagen bevorzugt. An kalten Tagen ist Kleidung mit Lufteinschlüssen besonders geeignet, da Luft bekanntlich ein schlechter Wärmeleiter ist (Abb. 17.1.). Je flauschiger der Stoff ist und je mehr Schichten man trägt, desto besser ist die Wärmeisolierung.

**V1:** Befeuchte einen Unterarm mit etwas warmem Wasser. Schwinde nun beide Arme vor und zurück. Merkst du den kühlenden Effekt auf der trotz mit warmem Wasser befeuchteten Haut?

So wie das warme Wasser in V1 kühlt auch Schweiß beim Schwitzen unsere Haut und schützt den Körper vor Überhitzung.

Körperwärme entsteht durch Aufnahme und chemische Veränderung von Nährstoffen im Körper. Vor Kälte und Hitze schützt sich der Mensch durch Behausungen und Kleidung. Schwitzen ist ein Schutz gegen Überhitzung.

### Wie können sich gleichwarme Tiere vor Kälte und Hitze schützen?

Säugetiere und Vögel brauchen im Winter einen Schutz gegen Wärmeverlust, damit nicht zu viel Wärmeenergie an die Umgebung abgegeben wird und der Körper auskühlt. Dickes Fell, Federkleider oder mehrere Zentimeter dicke Fettschichten dienen als Wärmeschutz (Abb. 17.2.). Fell und Federkleid bestehen aus sehr vielen feinen Haaren oder Federn, zwischen denen sich Luft als Wärmeisolator befindet. Zusätzlich plustern sich Vögel im Winter auf, um die dämmende Luftschicht zwischen Körper und Umgebung weiter zu vergrößern.

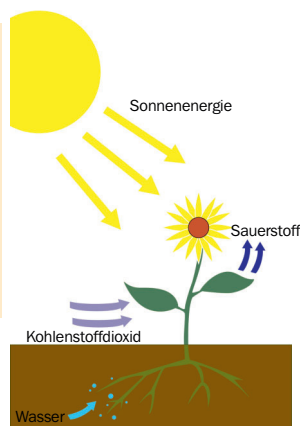
Vor Überhitzung schützen sich Hunde durch das Hecheln (Verdunsten von Speichel). Große Ohren, z. B. die des Wüstenfuchses, bieten eine große Oberfläche für Wärmeabgabe und somit Abkühlung. Vergleiche dazu die kleinen Ohren des Polarfuchses (Abb. 17.4.).

Säugetiere und Vögel schützen sich vor Kälte und Hitze unter anderem durch Fell, Federkleid und dicke Fettschichten.

### Wie nutzen die Pflanzen die Wärme der Sonne?

Pflanzen können mit Hilfe des grünen Blattfarbstoffs (Chlorophyll) und mit Hilfe der Sonnenenergie aufgenommenes Kohlenstoffdioxid und Wasser zu Traubenzucker (Glucose) und Sauerstoff umsetzen. Dieser Vorgang heißt **Photosynthese**. Aus Traubenzucker bilden Pflanzen Stärke und Zellulose, die die Grundstoffe für Stämme, Blätter und Früchte darstellen. Dadurch wird die Sonnenenergie in der Biomasse gespeichert. Diese Energie kann in Form von Wärmeenergie (z. B. bei der Verbrennung von Holz oder Stroh) wieder freigesetzt werden.

Die Sonnenenergie ermöglicht die Photosynthese mit Hilfe des Chlorophylls der Pflanzen. Pflanzen nehmen Kohlenstoffdioxid und Wasser auf. Sie bilden daraus Traubenzucker und Sauerstoff, den sie abgeben.



17.5. Photosynthese: Der grüne Blattfarbstoff (Chlorophyll) und die Sonnenenergie wandeln Kohlenstoffdioxid und Wasser in Traubenzucker und Sauerstoff um.



17.1. Flauschige Kleidung hat einen guten Wärmeeffekt.



17.2. Die Luft zwischen den einzelnen Federn schützt vor Wärmeverlust.



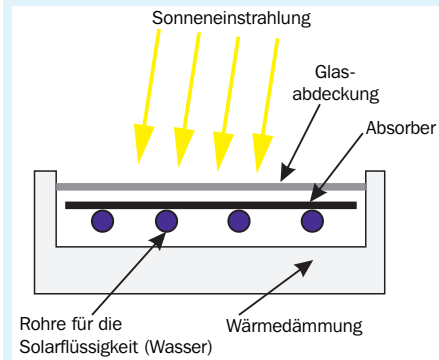
17.3. Ein dichtes Federkleid und eine dicke Speckschicht schützt Pinguine vor Kälte.



17.4. Die großen Ohren des Wüstenfuchses sind für die Abkühlung förderlich. Die kleinen Ohren des Polarfuchses verhindern zu starken Wärmeverlust.



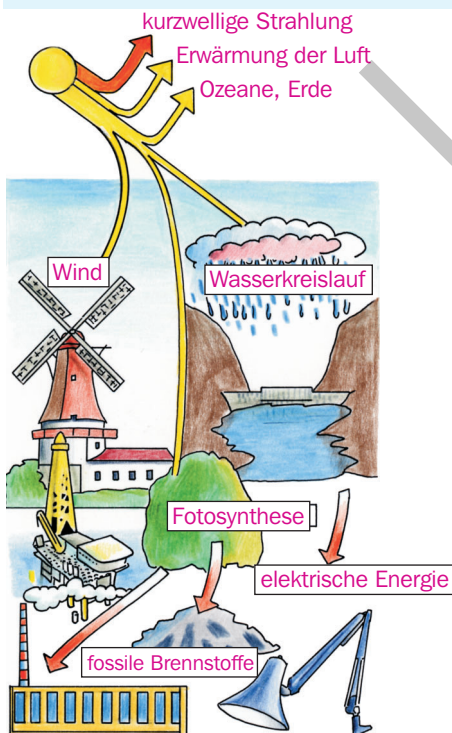
18.1. Umweltfreundlich beheizen: Sonnenkollektoren werden zur Unterstützung der Zentralheizung und zur Warmwasserbereitung verwendet.



18.2. Aufbau eines Sonnenkollektors



18.3. Eine umweltfreundliche Möglichkeit, elektrische Energie zu erzeugen, sind Windkraftwerke, wie hier bei Parndorf im Burgenland.



18.4. Die meisten auf der Erde gespeicherten Energievorkommen entstammen aufgenommenener Sonnenenergie.

## 8. Alternative Energiequellen

Beobachtungen im Alltag

- Gute Ideen zur alternativen Energiegewinnung werden oft öffentlich hervorgehoben und mit Auszeichnungen und Preisen „belohnt“.
- Windkraftanlagen, Sonnenkollektoren, Solarzellen und andere umweltfreundliche Formen der Energiegewinnung gehören zum heutigen Erscheinungsbild unserer Umwelt.

### Welche Bedeutung haben alternative Energiequellen und welche Nutzungsmöglichkeiten gibt es?

In fossilen Brennstoffen (Kohle, Erdöl, Erdgas), die aus toten Pflanzen und Tieren im Verlauf von Jahrmillionen entstanden sind, ist die aufgenommene Sonnenenergie gespeichert (siehe „Was sind fossile Brennstoffe?“, S. 8). Da diese Energieträger nicht unerschöpflich und vor allem klimaschädlich sind, sollte mit ihnen sparsam umgegangen werden. Das Verbrennen dieser Stoffe stellt eine Belastung der Umwelt mit schädlichen Abgasen dar (siehe „Was ist der Treibhauseffekt?“, S. 16). Außerdem sind Kohle und Erdöl wichtige Rohstoffe für die Herstellung von Medikamenten, Kunst- und Farbstoffen.

Aus diesen Gründen ist die Nutzung alternativer Energieträger unerlässlich. Solarzellen und Windgeneratoren (Abb. 18.3.) können elektrischen Strom erzeugen, Sonnenkollektoren warmes Wasser bereitstellen. Mit Hilfe von Wärmepumpen kann die Wärmeenergie aus dem Erdreich, dem Grundwasser oder der Luft genutzt werden. Auch kann Energie aus Biomasse gewonnen werden, wie z. B. Treibstoff aus Pflanzen („Biodiesel“) oder Abwärme aus Kompost.

Zum Schutz unserer Umwelt und der Ressourcen an fossilen Brennstoffen hat die Nutzung alternativer Energiequellen große Bedeutung. Zum Einsatz kommen z. B. Sonnenkollektoren, Wärmepumpen, Windgeneratoren und Solarzellen. Treibstoff wird aus Pflanzen hergestellt („Biodiesel“).

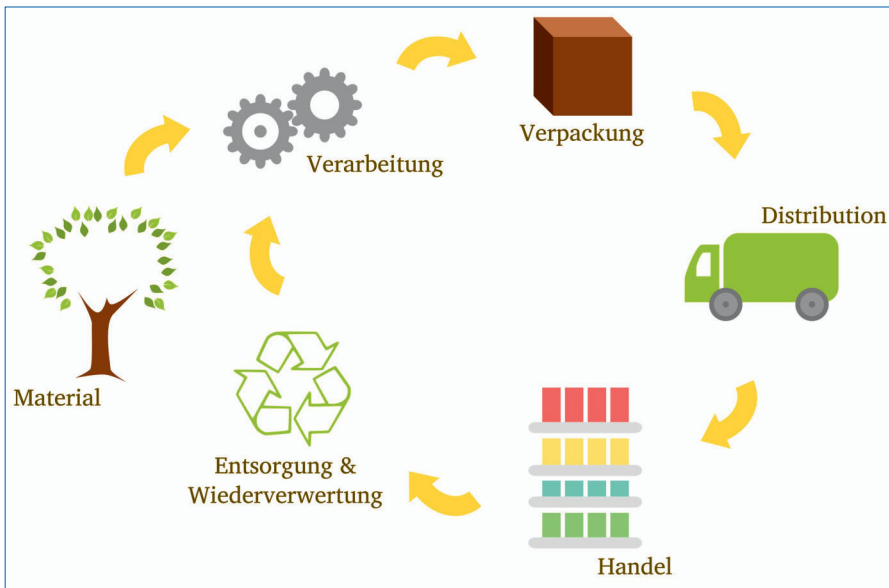
### Wie werden Sonnenkollektoren genutzt?

Sonnenkollektoren nutzen die Wärmestrahlung der Sonne zur Warmwasserbereitung (Abb. 18.2.). Eine schwarz lackierte Kupfer- oder Aluminiumplatte (Absorber) nimmt einen Großteil der Strahlungsenergie auf und überträgt diese auf das darunter in Schläuchen zirkulierende Wasser (Solarflüssigkeit). An der Oberseite ist eine durchsichtige Abdeckplatte angebracht, die verhindert, dass die aufgenommene Energie wieder abgestrahlt wird. Es entsteht dabei ein „Treibhauseffekt“, wie ihn auch Gärtner in Glashäusern nutzen (siehe auch Abb. 16.2).

Auf dem Dach montierte Kollektoren absorbieren die einfallende Sonnenenergie mit etwa 1 kJ pro Sekunde und Quadratmeter. Die erwärmte Solarflüssigkeit kann in eine angeschlossene Heizung oder in einen Warmwasserspeicher transportiert werden.

Die Wärmeaufnahme der Kollektoren hängt von der Sonneneinstrahlung ab. Diese ändert sich im Laufe des Tages und des Jahres. Zur optimalen Nutzung sollen die Sonnenstrahlen möglichst senkrecht auf den Kollektor fallen. Dies erreicht man, indem man die Kollektoren nach Süden unter einer Neigung von ca. 45° ausrichtet.

Sonnenkollektoren absorbieren die Wärmestrahlung der Sonne. Dabei wird in Schläuchen zirkulierendes Wasser erwärmt. Sie können zur Unterstützung der Zentralheizung und der Warmwasserbereitung verwendet werden.



19.1. Recycling

## Welche Bedeutung haben Energiesparmaßnahmen?

Um Energie und damit Kosten zu sparen sowie die Umwelt zu entlasten, sollten so viele gebrauchte Materialien wie möglich wiederverwertet werden.

Am Ende eines jeden Energieumwandlungsprozesses steht stets Wärme. Diese kann nur sehr schlecht gespeichert werden. Die in den fossilen Brennstoffen gespeicherte Wärmeenergie der Sonne ist nicht unerschöpflich und hat eine sehr lange Entstehungsgeschichte. Mit dieser Energie muss daher sehr sorgsam umgegangen werden. Wir sollten bei der Verwendung der uns zur Verfügung stehenden Energie versuchen, den Wärmehaushalt der Erde nicht aus dem Gleichgewicht zu bringen. Das gelingt am besten, indem jeder Einzelne einen Beitrag zum Energiesparen leistet.

Um die Umwelt zu entlasten, sind Energiesparmaßnahmen notwendig. Der Wiederverwendung (Recycling Abb. 19.1.) von Metallen und Kunststoffen kommt dabei große Bedeutung zu.

## Mögliche Beiträge für die Erhaltung einer gesunden Umwelt aus wirtschaftlicher und ökologischer\* Sicht:

- Ersetzen von energieverwendenden und ökologisch bedenklichen Leuchten (z. B. Sanierung von Straßenbeleuchtungen in Gemeinden)
- Förderung von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb (Elektrofahrzeuge)
- Produktion von Fahrzeugen mit geringerem Gewicht zur Kraftstoffersparnis

### Was jeder Einzelne tun kann:

- Bewusst einkaufen, um Abfälle zu vermeiden
- Lebensmittel nicht verschwenden (Abb. 19.3.)
- Regionale Produkte kaufen
- Licht im Raum nur aufdrehen bzw. brennen lassen, wenn es benötigt wird.
- Pullover anziehen anstatt die Heizung aufzudrehen
- Nicht mehr Teewasser kochen als nötig
- Wäsche in der Waschmaschine nicht zu heiß waschen
- Elektrogeräte nicht im Standby-Modus laufen lassen (Abb. 19.4.)

Fallen dir noch andere Möglichkeiten ein?



19.2. In Europa stammen rund 50 % (Stand 2017) des produzierten Aluminiums aus recyceltem Aluminium.

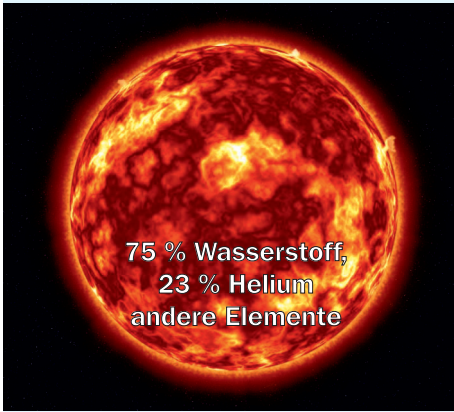


19.3. Lebensmittelverschwendung

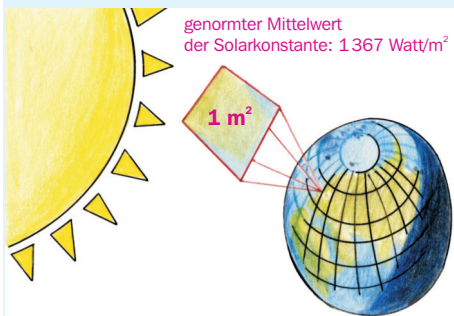


19.4. Elektrogeräte im Standby-Modus sind Energieverschwender.

**\*Ökologie** – Wechselbeziehung zwischen der belebten und unbelebten Umwelt (also zwischen den Lebewesen, dem Klima, dem Boden, dem Wasser und der Luft)



20.1. Temperatur an der Sonnenoberfläche ca. 6 000 °C, Innentemperatur ca. 15 Millionen °C



20.2. Solarkonstante



20.3. Auf der zur Sonne gewandten Seite der Erde ist Tag, auf der abgewandten Seite Nacht.



20.4. Vollmond am Mittag auf Spitzbergen, Norwegen: An den Polen dauert es jeweils ca. ein halbes Jahr, bis der Polartag die Polarnacht ablöst.

## 9. Die Sonne als Energiequelle der Erde

Beobachtungen im Alltag

- Die Sonne schenkt uns Licht und Wärme. Sie beeinflusst das Klima und das Wettergeschehen.
- Es gibt Tag und Nacht sowie die Jahreszeiten.

### Wie entsteht die Temperatur auf unserer Erde?

**V1:** Stelle ein Glas mit kaltem Sand in die Mittagssonne. Miss die Temperatur vorher und nach ca. 1 bis 2 Stunden mit einem Thermometer. Notiere die Temperaturen. Mache von diesem Versuch ein Zeitraffer-Video.

Unsere Sonne ist ca. 5 Milliarden Jahre alt und strahlt ungeheure Energiemengen ab. Die von 1 m<sup>2</sup> Sonnenoberfläche abgestrahlte Energiemenge beträgt 63 000 kJ in einer Sekunde. Dies entspricht der Leistung von 63 000 glühenden Herdplatten auf 1 m<sup>2</sup>. Allerdings trifft nur ein kleiner Teil der Sonnenenergie von der 150 Millionen Kilometer entfernten Sonne auf unsere Erdatmosphäre. Bei senkrechtem Auftreffen auf 1 m<sup>2</sup> der Lufthülle sind dies ca. 1,3 kJ pro Sekunde (Solarkonstante). Nur etwas mehr als die Hälfte dieser Energie gelangt schließlich durch die Atmosphäre auf den Erdboden. Die restliche Energie wird wieder in den Weltraum abgestrahlt.

Die Erdoberfläche wird nicht überall gleichmäßig bestrahlt, da sich bei schrägem Einfall der Sonnenstrahlen der Energieanteil verringert. Die Sonnenstrahlen treffen z. B. am Äquator steiler auf die Erdoberfläche, daher erfolgt dort eine stärkere Erwärmung als in den anderen Gebieten. Die Temperatur nimmt vom Äquator zu den Polen hin ab (siehe auch V6 und Abb. 15.4 auf S. 15).

Die Erwärmung der Luft wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Neben der Temperatur beeinflusst die Sonnenstrahlung u. a. auch die wie Windsysteme, Meeresströmungen und den Wasserkreislauf auf der Erde. Im Zusammenspiel aller Faktoren ergibt sich eine mittlere Temperatur auf der Erdoberfläche von +15 °C. (siehe auch „Was ist der Treibhauseffekt?“, S. 16)

Die Temperatur auf der Erde entsteht durch die Energie der Sonne. Die Atmosphäre der Erde schützt vor Überhitzung und zu schneller Auskühlung sowie vor schädlicher Strahlung aus dem Weltraum.

### Wie entstehen Tag und Nacht?

Die Sonneneinstrahlung an einem bestimmten Ort der Erde ändert sich durch die Drehung der Erde um ihre Achse. Auf der zur Sonne zugewandten Seite der Erde ist Tag, während auf der abgewandten Seite Nacht ist. Nach unseren Zeitmaßen dauert ein Tag von Mitternacht bis Mitternacht 24 Stunden. Die Drehung der Erde um ihre Achse dauert tatsächlich jedoch nur ca. 23 Stunden, 56 Minuten und 4,1 Sekunden. Daher fügen wir in unsere Zeitrechnung ab und zu eine Schaltsekunde ein (siehe auch S. 21\*).

**V2:** Beleuchte die Hälfte eines Globus mit einer Lichtquelle bei verdunkeltem Raum. Durch Drehen des Globus kannst du zeigen, wie Tag und Nacht entstehen. Beobachte dabei auch den Nord- und Südpol (vgl. mit Abb. 20.4.).

Bei V2 kannst du erkennen, dass durch die schräge Erdachse entweder der Nord- oder der Südpol anhaltend beleuchtet, der andere Pol nicht beleuchtet ist. Man spricht von Polartag (Mitternachtssonne) und Polarnacht.