Erfassung: BookAccess, 4040 Linz

Dieses Buch wurde erfasst von: Jan Reinold

Erfassungsdatum: 07/2019

---

öbv

Martin Apolin

big bang 3

Physik

---

# !!Zeichenerklärungen

-) Register "Autokorrektur"... "Während der Eingabe ersetzen" auf [off]

-) Register "Math. Autokorrektur"... "Während der Eingabe ersetzen" auf [off]

-) Register "Auto Format während der Eingabe"... alle auf [off], (Internet Links können auf [on] bleiben)

-) Register "Auto Format" ... alle auf [off], (Internet Links können auf [on] bleiben)

---

LÖS ... Die Fragen sind im umfangreichen Lösungsteil beantwortet

CODE ... Code einfach auf www.oebv.at in das Suchfeld eingeben!

---

!! ... Eine Überschrift der Ebene 1-4 ist mit zwei Rufzeichen am Anfang der Zeile angekündigt.

+++... Drei Pluszeichen kennzeichnet die Nummerierung eines Beispiels.

{{ ... }} ... Dieser Text kommt in der Vorlage so nicht vor. Er ersetzt oder ergänzt den Originaltext.

||...|| ... Im Originaltext besonders gekennzeichnete längere Textstellen stehen unter doppelten senkrechten Strichen und sind durch drei Bindestriche vom nächsten Absatz getrennt. Der Text soll dort eingefügt werden, wo er am sinnvollsten ist.

|...| ... Im Originaltext besonders gekennzeichnete einzelne Wörter oder Teile eines Wortes stehen zwischen einfachen senkrechte Strichen.

[] ... In eckige fett formatierte Klammern soll etwas eingesetzt werden.

[[ ... ]] ... Unter doppelten eckigen fett formatierten Klammern steht eine Lösung als Beispiel.

### ... Drei Rautezeichen kennzeichnen einen Eintrag, der schon zur Lösung eines Beispiels verwendet worden ist.

' ... Das Apostroph weist auf elementare mathematische Funktionen und mathematische Konstanten hin. Es muss zum richtigen Lesen/Schreiben jede Art der Automatikkorrektur ausgeschaltet sein.

ZI ... Zusatzinformationen (auch Fußnoten - diese stehen am Anfang des Abschnitts, auf den sie sich beziehen)

---

Big Bang 3, Schülerbuch

Schulbuchnummer: 185040

Big Bang 3, Schülerbuch und E-Book

Schulbuchnummer: 185869

Mit Bescheid des Bundesministeriums für Bildung vom 12. Oktober 2016, GZ BMBF 5.108/0066-IT/3/2016, gemäß § 14 Absatz 2 und 5 des Schulunterrichtsgesetzes, BGBl. Nr. 472/86, und gemäß den derzeit geltenden Lehrplänen als für den Unterrichtsgebrauch an Neuen Mittelschulen und an allgemein bildenden höheren Schulen-Unterstufe für die 3. Klasse im Unterrichtsgegenstand Physik geeignet erklärt.

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

du bekommst dieses Schulbuch von der Republik Österreich für deine Ausbildung.

Bücher helfen nicht nur beim Lernen, sondern sind auch Freunde fürs Leben.

Kopierverbot

Wir weisen darauf hin, dass das Kopieren zum Schulgebrauch aus diesem Buch verboten ist - § 42 Abs. 6 Urheberrechtsgesetz: "Die Befugnis zur Vervielfältigung zum eigenen Schulgebrauch gilt nicht für Werke, die ihrer Beschaffenheit und Bezeichnung nach zum Schul- oder Unterrichtsgebrauch bestimmt sind." Umschlagbilder und Illustrationen: SCHWUPP, Atelier für Malerei und Illustration, Hausbrunn

1. Auflage (Druck 0002)

c Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co. KG, Wien 2017

www.oebv.at

Alle Rechte vorbehalten.

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, gesetzlich verboten.

Herstellung: MMag. Andrea Maria Fellner, Wien

Umschlaggestaltung: Jens-Peter Becker, normaldesign GbR, Schwäbisch Gmünd

Layout: Jens-Peter Becker, normaldesign GbR, Schwäbisch Gmünd

Satz: CMS - Cross Media Solutions GmbH, Würzburg

Druck: Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn

ISBN 978-3-209-09139-0 (Big Bang SB 3)

ISBN 978-3-209-10507-3 (Big Bang SB + E-Book 3)

öbv

Martin Apolin

Big Bang 3

www.oebv.at

j-4

{{Comic: So eine Art Vorwort}}

Text: Martin Apolin, Illustration: Janosch Slama

Ich find’ ja Physik megaspannend - und praktisch noch dazu!

Sie erklärt etwa, warum du ohne Brandblasengefahr über glühende Kohlen latschen kannst

Oder warum ein afrikanischer Elefant so große Lauscher hat

Oder wie ein Zitteraal 750 Volt erzeugt

Oder warum Eis so flutschig ist

Oder warum ach was, blättere doch einfach selbst im Buch! Dort gibt es Fragen und Antworten zum Abwinken (Die Fragen sind entweder im Text beantwortet, oder – wenn mit einem L versehen – im umfangreichen Lösungsteil (zum Beispiel A2 auf S. 5).

Experimente? Klar doch! (Experimentieraufgaben sind grün markiert (zum Beispiel A8 auf S. 7). Eine Wolke in einer Flasche erzeugen

Mit einer Batterie Stahlwolle abfackeln

Wasser bei bloß 50 °C zum Kochen bringen

Eine CO\_2-Rakete basteln

Und der Lehrer brät dir eine Wurst in turbomäßigen 5 Sekunden!

Na los! Worauf wartest du noch? Schau dir das Buch an!

j-5 - Wärme ist eine Form der Energie

||ZI: CODE cf5ih4\||

# !!Wärme ist eine Form der Energie

## !!16 Wie heiß war der Big Bang?

Die Sonne (B 16.1) hat eine Oberflächentemperatur von 6000 Grad Celsius! Das ist aber noch gar nichts gegen die Temperatur in ihrem Inneren. Dort herrschen nämlich höllisch heiße 15 Millionen Grad! Beim Big Bang hatte es sogar110 Quintillionen Grad Celsius! Caramba! Wärme ist eine Form der Energie. Aber was passiert beim Erwärmen eines Gegenstandes eigentlich? Was macht die ungeheure Hitze im Inneren eines Sternes aus? Um das zu verstehen, werden wir die Atome und Moleküle, aus denen alles rund um dich herum besteht, einmal unter die Lupe nehmen. Vorher sehen wir uns aber noch verschiedene Formen der Energie an und überlegen uns, was diese trotz ihrer großen Unterschiede gemeinsam haben.

{{Bild: B 16.1: Fast die gesamte Energie, die in deinem Leben eine Rolle spielt, kommt ursprünglich von der Sonne.}}

||Bildbeschriftung: In dieser Aufnahme ist ihr ultraviolettes Licht sichtbar gemacht, das du mit freiem Auge nicht sehen kannst. Rechts unten siehst du eine mächtige Sonneneruption.\||  
---

### !!16.1 Von Meteoriten und Dinos - Beispiele für Energieformen

Es gibt unglaublich viele verschiedene Formen von Energie. Wir sehen uns einige davon an, die für dich auch im Alltag von Bedeutung sind.

+++A1.) In B16.2 siehst du, was eine |Gewehrpatrone| mit einer Glühbirne anstellen kann. Welche Form der Energie besitzt das Geschoß?

{{Bild: B 16.2 zerschossene Glühbirne}}

-----

+++A2.) |LÖS| Kennst du den |Eierschalensollbruchstellenverursacher|? Wie funktioniert er? Welche Energien spielen dabei eine Rolle?

-----

+++A3.) Wenn du ein |Streichholz| anzündest (B 16.3), dann wird |Wärmeenergie| frei. In welcher Form war diese vorher im Holz gespeichert?

{{Bild: B 16.3 brennendes Streichholz}}

-----

+++A4.) |LÖS| In welcher Form ist die Energie in der Nahrung gespeichert? In welchen Einheiten ist der |Nährwert| auf Lebensmitteln angegeben?

-----

+++A5.) Wenn Mensch oder Tier zum Sprung ansetzen (B 16.4), wird in den |Sehnen| Energie gespeichert, die dann beim Sprung wieder frei wird. Wie könnte man diese Form der Energie nennen?

{{Bild: B 16.4 Kängurus können 13 m weit springen.}}

-----

Energie hat so viele Gesichter, dass wir uns nur die wichtigsten davon ansehen können. In einem gehobenen Objekt befindet sich zum Beispiel |Hebeenergie|. Diese hängt von der |Hebehöhe| und der |Masse| des Objekts ab. In der kleinen gehobenen Metallkugel des Eierschalensollbruchstellenverursachers ist gerade so viel Hebeenergie gespeichert, dass du damit die

j-6 - Wärme ist eine Form der Energie

Eierschale erledigen kannst (A2, siehe Lösungsteil). |Wasserkraftwerke| nutzen den Höhenunterschied des Wassers aus, also dessen Hebeenergie, um damit Strom zu erzeugen (siehe B 24.22, S. 82). Durch die |Donau| fließen bei uns normalerweise etwa 2000 m^3/s, das entspricht rund 20.000 Badewannenfüllungen pro Sekunde! Mit dieser Wasserenergie kann man riesige Turbinen betreiben und jede Menge Strom erzeugen.

{{Bild: B 16.5 Rumms! Vor 65 Millionen Jahren schlug ein rund 10 km großer Meteorit auf der Erde ein. Die freiwerdende Bewegungsenergie führte zum Aussterben der Dinos.}}

Bewegte Objekte besitzen |Bewegungsenergie|. Diese hängt von |Masse| und |Geschwindigkeit| ab. Mit der Bewegungsenergie des Windes kann man zum Beispiel |Windräder| antreiben und Strom erzeugen (B. 24.28, S. 83). Die freiwerdende Bewegungsenergie kann beim Aufprall einer Gewehrpatrone (A1), eines Autos oder eines |Meteoriten| verheerende Folgen haben. So führte ein Meteoriteneinschlag vor 65 Millionen Jahren letztlich zum Aussterben der Dinosaurier (B 16.5).

{{Bild: B 16.6 Zisch! Die Verformungsenergie im Bogen wird in Bewegungsenergie des Pfeils umgewandelt.}}

Verformte elastische Objekte besitzen |Verformungsenergie|. Das ist beim Bogen der Fall (B 16.6), wenn ein elastischer Ball hüpft (B 16.13, S. 8) oder wenn sich vor dem Absprung die Sehnen dehnen (A5). Hebeenergie, Bewegungsenergie und Verformungsenergie gehören zu den |mechanischen Energieformen|.

In der Nahrung ist |chemische Energie| gespeichert (A4, siehe auch Lösungsteil), die du benötigst, damit deine Organe gut funktionieren und du deine Muskeln bewegen kannst (Kap. 18.1, S. 23). Auch in brennbaren Materialien befindet sich chemische Energie, die im Falle eines Brandes freigesetzt und in Wärme umgewandelt wird (A3). Weiters sollte noch die |elektrische Energie| erwähnt werden, die praktisch alle Haushaltsgeräte betreibt (siehe Kap. 25, S. 85) und ohne die auch Internet und Handy nicht funktionieren! Und schließlich ist auch noch die |Wärme| eine Energieform. In deinem Alltag ist sie wichtig, damit Wasser und Wohnung schön warm sind und man köstliche Sachen kochen kann.

{{Grafik: 50 kg 2 m hoch - 1000 J Hebenenergie

Föhn mit 1000 Watt Läuft 1 Sekunde - 1000 J elektrische Energie

Streichholz ohne Kopf brennt ab - 1000 J Wärmeenergie

1/100 Zitrone - 1000 J chemische Energie}}

||Bildbeschriftung: B 16.7 Beispiele für 1000 Joule Energie (= 1 kJ): Alle Formen von Energien werden in der Einheit Joule angegeben.\||  
---

Trotz der unterschiedlichen Energieformen gibt es aber Gemeinsamkeiten. Energie ist notwendig, damit Vorgänge ablaufen können. Man könnte sie bildlich als eine Art "Treibstoff" für Abläufe aller Art bezeichnen. Ein zweiter gemeinsamer Punkt ist sehr wichtig: Jede physikalische Energieform kann in der Einheit Joule (J) gemessen werden (A4, B 16.7). Das ist bedeutsam, weil auch im Alltag oft von "Energien" die Rede ist. Aber die "guten Energien" auf einem Konzert oder einer Party sind |keine Energien im physikalischen Sinn|. Du kannst sie nicht in Joule messen und dir damit daher auch kein Süppchen wärmen!

Für alle Energieformen gilt der |Energieerhaltungssatz|. Dieser besagt, dass die Menge der Joule im Universum immer gleich groß ist. Energie kann nicht erzeugt oder vernichtet, sondern nur von einer Form in eine andere umgewandelt werden.

||WICHTIG!

Energie hat |viele Gesichter| und trotzdem |Gemeinsamkeiten|. Sie bleibt immer erhalten, ist eine Art "Treibstoff" für Vorgänge und wird in |Joule| gemessen. Auch die Wärme ist eine Form der Energie.\||  
---

j-7 - Wärme ist eine Form der Energie

### !!16.2 Wärme ist Bewegung der Teilchen - Der Friedhof der Energie

Wärme ist Bewegung der Teilchen

Wärme ist Energie! Aber was ist bei einem warmen Gegenstand innen drinnen anders als bei einem kalten?

+++A6.) Wenn du einen Tonklumpen fallen lässt, wandelt sich die Hebeenergie in |Bewegungsenergie| um (B 16.8 a und b). Dann poff (c)! Jetzt sind beide Energieformen auf 0 J gesunken! Aber es gilt die |Energieerhaltung|! Wo sind die 10 J hin?

{{Grafik: B 16.8

10 J

0 J

0 J

10 J

Hebenenergie

Bewegungsenergie

0 J

0 J}}

-----

+++A7.) Der Botaniker Robert Brown entdeckte 1827, dass |Pollenkörner| in einem Wassertropfen |Zick-Zack-Bewegungen| ausführen (B 16.9). Wieso?

{{Grafik: B 16.9 Blatt, Zick-Zack-Muster}}

-----

+++A8.) Rechts siehst du zwei |Teebeutel| eine Minute nach dem Aufgießen mit unterschiedlich warmem Wasser. Wodurch entsteht der Unterschied?

{{Grafik: B 16.10

95 °C, 20 °C}}

-----

+++A9.) Gib ein Stück |Zucker| in heißes Wasser und eines in kaltes. Wo löst es sich schneller auf? Warum?

-----

Man kann Wärmeenergie sehr gut verstehen, wenn man die |Atome| und |Moleküle| unter die Lupe nimmt. Das sind die |Bausteine|, aus denen alle Dinge bestehen. Sie wuseln pausenlos und ungeordnet in allen Stoffen und Objekten hin und her. Auf Grund dieser ungeordneten Bewegung haben die Teilchen eine ungeordnete Bewegungsenergie.

Diese ungeordnete Bewegungsenergie ist letztlich nichts anderes als Wärmeenergie oder kurz Wärme! Die ständige Bewegung der Teilchen nennt man |Wärmebewegung| (Info: Pausenlos geschubst).

||GLÜHBIRNE!

Pausenlos geschubst

Robert Brown dachte zuerst, dass er kleine Lebewesen beobachtet hätte (A7), aber auch Staubkörner machten diese Zick-Zack-Bewegungen. Die Erklärung lieferte fast 80 Jahre später Albert Einstein. Die Pollen werden von den |Wassermolekülen geschubst|, die unter einem Mikroskop aber nicht zu sehen sind. Brown entdeckte also damals, ohne es zu wissen, die |Wärmebewegung der Teilchen| (die Brown'sche Bewegung).

{{Grafik: B 16.11 Unter dem Mikroskop nicht sichtbare Wassermoleküle schubsen die sichtbaren Pollen.}}\||  
---

Wenn du beim |Aufprall des Tonklumpens| (A6) die Teilchen betrachtest, verstehst du sofort, wo sich die Energie hinverkrümelt. Poff, und die Atome und Moleküle beginnen heftiger zu schwingen (B 16.12 b). Die |Bewegungsenergie| des Tonklumpens |kommt in Unordnung|, und ungeordnete Bewegungsenergie ist Wärme. Die fehlenden 10 J stecken also nach dem Aufprall in der |Wärmeenergie|. Ton ist plastisch und bleibt dauerhaft verformt. Deshalb ist die ganze Bewegungsenergie futsch. Bei einem elastischen Ball (Info: Boing Boing, S. 8) wird nur ein Teil der Bewegungsenergie in Wärme umgewandelt.

{{Grafik: B 16.12 Durch den Aufprall erhöht sich die ungeordnete Bewegungsenergie der Teilchen im Tonklumpen. Mit anderen Worten: Er hat sich erwärmt.}}

Je heftiger die Teilchenbewegungen, desto größer die ungeordnete Bewegungsenergie und somit auch die Wärme in einem Körper. Damit lässt sich auch die Sache mit den |Teesäckchen| erklären (A8):

j-8 - Wärme ist eine Form der Energie

Die Inhaltsstoffe werden durch die Wassermoleküle |herumgeschubst|, herausgelöst und verteilt. Je heißer das Wasser, desto stärker das Geschubse, desto leichter lösen und verteilen sich die Inhaltsstoffe! Zusätzlich ist auch die Konvektion (Kap. 17.2, S. 18) beim heißen Wasser stärker. Auch |Zucker| löst sich aus diesen Gründen in heißem Wasser viel schneller auf als in kaltem (A9).

||GLÜHBIRNE!

Boing Boing

Bei einem |hüpfenden Ball| (B 16.13) kommen vier Energieformen vor. Die |Hebeenergie| (a) wandelt sich beim Fallen (b) in |Bewegungsenergie| um, die beim Aufprall (c) maximal wird. Der Ball knautscht sich ein wenig zusammen. Jetzt steckt alle |Energie| in der |Verformung|. Dann geht's retour, der Ball entspannt sich und hebt wieder ab. Aber er springt nicht mehr so hoch wie vorher (e)! Warum? Beim Aufprall haben sich Boden und Ball einen Tick erwärmt. Die |fehlende Hebeenergie| steckt in der abgegebenen |Wärme|, die Gesamtenergie ist brav konstant!

{{Bild: B 16.13 Beim hüpfenden Basketball sind vier Energieformen beteiligt, die in Summe genau erhalten bleiben!}}\||  
---

Wenn eine Energieform in eine andere umgewandelt wird, entsteht |zusätzliche ungeordnete Bewegungsenergie| (wie in B 16.12) und somit Wärme. Diese verpufft meistens in der Umgebung und ist dann nicht mehr nutzbar. Darum ist Wärme |der Friedhof der Energie|. Wenn man schlampig von "Energieverbrauch" spricht, meint man eigentlich, dass man nicht mehr nutzbare Wärmeenergie erzeugt. In manchen Fällen gelingt es aber, die Wärme doch noch zu nutzen. Davon ist in Kap. 19.2, S. 31 ausführlich die Rede.

||WICHTIG!

Alle Teilchen bewegen sich pausenlos. |Wärme| ist nichts anderes als die ungeordnete |Bewegungsenergie dieser Teilchen|. Je heißer, desto stärker die Bewegung. Weil bei Energieumwandlungen immer Wärme entsteht, ist diese der Friedhof der Energie.\||  
---

### !!16.3 Wie heiß war der Big Bang? - Temperatur und Temperaturmessung

Wie misst man Temperaturen? Welcher Zusammenhang besteht zur Wärme? Und gibt es eine höchste und tiefste Temperatur?

+++A10.) Tauche je eine Hand in |kaltes| und in |warmes Wasser| und lass sie einige Sekunden dort (B 16.14). Was spürst du, wenn du die Hände dann ins |lauwarme| Wasser hältst?

{{Grafik: B 16.14 Hände tauchen in Wasser}}

-----

+++A11.) |LÖS| Die Arbeitsweise eines |Flüssigkeits-Thermometers| kann einfach man zeigen (B 16.15). Warum steigt aber bei Erwärmung die Flüssigkeit im Röhrchen? Das Glas dehnt sich ja ebenfalls aus!

{{Grafik: B 16.15 Thermometer}}

-----

+++A12.) Gibt es eine |höchste und tiefste Temperatur|? Überlege mit Hilfe der ungeordneten Bewegungsenergie (Kap. 16.2).

-----

Du kannst die Wärme eines Objekts grob mit der Hand bestimmen. Das |Wärmeempfinden| hängt aber zum Beispiel davon ab, wo sich die Hand vorher befunden hat (A10). Auf die Hand aus dem kalten Wasser wirkt das lauwarme angenehm warm, auf die andere unangenehm kalt. Außerdem fühlen sich Metalle kühler an als andere Stoffe (siehe Kap. 17.1, S. 15). Dein Wärmeempfinden ist also nicht sehr zuverlässig.

{{Grafik: B 16.16

kälter = niedrigere Temperatur

weniger Teilchenbewegung

wärmer = höhere Temperatur

mehr Teilchenbewegung}}

||Bildbeschriftung: Derselbe Vorgang wie in B 16.12: Zusätzliche ist aber der Wärmegrad farbig markiert. Das ist die übliche Darstellung, um Temperaturen abzubilden.\||  
---

j-9 - Wärme ist eine Form der Energie

In der Physik will man aber die Wärme ganz exakt messen und hat daher |Temperaturskalen| entwickelt. Je wärmer ein Gegenstand, desto größer die ungeordnete Bewegungsenergie und desto höher seine Temperatur (B 16.16). Für jede Temperaturskala braucht man zwei Fixpunkte und man muss festlegen, wie viel Grad dazwischen sind. Bei der |Celsius-Skala| hat man den Schmelzpunkt von Eis mit 0 Grad festgelegt und den Siedepunkt von Wasser mit 100 Grad (B 16.17).

Diese Einteilung ist vollkommen |willkürlich|. Man könnte es auch ganz anders machen - und das hat man auch. Von diesen anderen Skalen haben sich zwei erhalten: |Fahrenheit| und |Kelvin| (B 16.20 und Tab. 16.1). Die Fahrenheit- Skala wird vor allem in den USA verwendet und ist für uns ziemlich gewöhnungsbedürftig. Die Kelvin-Skala wird in Physik und Technik verwendet. Es ist die eleganteste und schlüssigste Skala! Warum?

||GLÜHBIRNE!

Wie heiß war der Big Bang?

Auf der Oberfläche eines |roten Zwergsterns| (B 16.18) hat es etwa 3000 °C, auf der |Sonnenoberfläche| 6000 °C, und ein |blauer Riesenstern| hat sogar 10.000 °C. Innen drinnen sind diese Sterne einige Milliarden °C heiß und ganz kurz nach dem |Urknall| (Big Bang) hatte es im Universum 10 Quintillionen °C, also 10^32 °C. Da möchte man nicht live dabei gewesen sein!

{{Bild: B 16.18 Die Sonne im Vergleich mit einem roten Zwergstern (1/10 der Sonnenmasse) und zwei blauen Riesensternen (8 und 265 Sonnenmassen)}}\||  
---

Es gibt |keine höchste Temperatur|, weil die Bewegung der Teilchen im Prinzip beliebig anwachsen kann (A12, Info: Wie heiß war der Big Bang?). Man kann Dinge aber |nicht beliebig stark abkühlen|. Warum? Je kälter, desto geringer die Bewegung der Teilchen, bis sich diese bei einer bestimmten Temperatur |gar nicht mehr bewegen| (B 16.19). Kälter geht‘s nicht!

{{Grafik: B 16.19

heiß

kalt

absoluter Nullpunkt

-273,15 °C oder 0 °K

Absoluter Nullpunkt = keine Bewegung der Teilchen}}

Diese tiefste aller Temperaturen nennt man den |absoluten Nullpunkt|, und er liegt bei bitterkalten -273 °C (exakt sind es -273,15 °C). Die Kelvin-Skala fängt beim absoluten Nullpunkt an, weshalb sie als einzige |keine Minusgrade| hat (B 16.20). Null Kelvin, null Teilchenbewegung!

{{Grafik:

Siedepunkt des Wassers: 373 K, 100 °C, 212 °F

Körpertemperatur: 37,8 °C, 100 °F

Gefrierpunkt des Wassers: 273 K, 0 °C, 32 °F

Absoluter Nullpunkt: 0 K, -273 °C, -460 °F}}

||B 16.20 Einige gerundete Vergleichswerte der einzelnen Temperaturskalen bei normalem Luftdruck\||  
---

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Skala | Fahrenheit | Celsius | Kelvin |
| Erfinder | Daniel Fahrenheit | Anders Celsius | William Thomson ("Lord Kelvin") |
| Jahr | um 1720 | 1742 | 1848 |
| Fixpunkt 1 | Körpertemperatur Mensch 100 °F | Siedepunkt Wasser 100 °C | Tripelpunkt des Wassers 273,16 K |
| Fixpunkt 2 | Kältemischung 0 °F | Schmelzpunkt Eis 0 °C | absoluter Nullpunkt 0 K |
| sprich | Grad Fahrenheit | Grad Celsius | Kelvin |

||T 16.1 Die drei wichtigsten Temperaturskalen im Vergleich\||  
---

||WICHTIG!

Je geringer die Teilchenbewegung, desto geringer die Wärme, desto niedriger die Temperatur eines Gegenstandes. Am |absoluten Nullpunkt| bewegen sich die Teilchen gar nicht mehr. Das ist gleichzeitig der Nullpunkt der |Kelvin-Skala|.\||  
---

j-10 - Wärme ist eine Form der Energie

### !!16.4 Welche Leistung hat die Sonne? - Energie, Arbeit und Leistung

Den Begriff |Leistung| kennst du vom Auto. Wir überlegen uns in diesem Kapitel, was man darunter eigentlich versteht. Und wir sehen uns an, wie |Arbeit|, |Energie| und |Leistung| zusammenhängen.

+++A13.) Es gibt viele |verschiedene Formen von Energien|. Aber trotz allem gibt es Gemeinsamkeiten. Welche sind das? Schau nach in Kap. 16.1!

-----

+++A14.) |LÖS| Der |Tesla| S P85D (B 16.21) war 2016 mit 515 Kilowatt (kW) oder 700 PS das leistungsstärkste Elektroauto der Welt! Wie lautet die |Umrechnung| zwischen PS und kW?

{{Bild: B 16.21 Tesla}}

-----

+++A15.) Du willst einen Kuchen im |Elektrobackrohr| backen, aber bei der Stromrechnung sparen. Du bittest deine Freunde, auf Fahrrädern strampelnd den benötigten Strom zu erzeugen. Wie viele Personen musst du dazu einladen?

-----

+++A16.) Wie viel Mal ist die Leistung eines fetten |Blitzes| größer als die eines fetten Elektroautos - wie etwa dem in B 16.21? Gib einen Tipp ab!

-----

{{Grafik:

a) chemische Energie - Hebeenergie (Hebearbeit)

b) chemische Energie - Bewegungsenergie (Beschleunigungsarbeit)

c) elektrische Energie - Wärme (Heizarbeit)}}

||B 16.22 Drei Formen von Energieübertragung und somit auch von Arbeit!\||  
---

Zuerst müssen wir klären, was man in der Physik unter dem Begriff |Arbeit| versteht. Sehen wir uns dazu drei Beispiele an (B 16.22). In den ersten beiden Fällen wird die |chemische Energie| deiner Muskeln in Hebe-bzw. Bewegungsenergie umgewandelt, im dritten Fall |elektrische Energie| aus dem Stromnetz in |Wärme|. In allen drei Fällen wird aus physikalischer Sicht Arbeit verrichtet (B 16.23). Warum? Immer dann, wenn Energie umgewandelt wird und die "Verpackung" ändert, spricht man in der Physik von Arbeit. Die Arbeit entspricht dabei der geflossenen Energie und hat ebenfalls die Einheit Joule.

{{Grafik: Arbeit bzw. Energieübertragung (J)

Muskel -

Hantel +}}

||Bildbeschriftung: B 16.23: Ein Beispiel, wie Energie von einer Form in eine andere übertragen wird: Das nennt man Arbeit. Weil Energien die Einheit Joule hat (A13), gilt das auch für die Arbeit.\||  
---

Jetzt ist es nur mehr ein Katzensprung zur |Leistung|, denn diese ist |Arbeit pro Zeit|. Die Leistung wird in Joule pro Sekunde oder Watt angegeben.

P =w/t

P Leistung (power)

Einheit: J/s = Watt (W)

Arbeit (work)

Zeit (time

Die |Leistung| hat den Buchstaben P und darf nicht mit dem Druck p verwechselt werden (siehe Kap. 21.3, S. 52). In Tabelle 16.2 sind einige ausgewählte Beispiele für Leistungen zusammengefasst.

|  |  |
| --- | --- |
| Beispiel | Leistung |
| Jugendlicher (40 kg) in Ruhe | 40 W |
| Dauerleistung am Fahrrad | 100 W (Leistungsabgabe) |
| Computer (PC) | 250 W |
| Toaster | 800 W - 1400 W |
| Föhn | 1000 - 2000 W |
| Backrohr | 3000 W |
| Leichtmotorrad | 25.000 W |
| Gasdurchlauferhitzer | 25.000 W |
| Smart (Benzin-Auto) | 33.000 W (33 kW) |
| Tesla S P85D (Elektroauto) | 515.000 W (515 kW) |
| Taurus (Lok der ÖBB) | 7.000.000 W (7 \*10^6 W) |
| Donaukraftwerk | 200.000.000 W (2 \*10^8 W) |
| Blitz | 2.000.000.000.000 W (2 \*10^12 W) |
| Sonne | 10^26 W |

||T 16.2 Einige Richtwerte für Leistungen\||  
---

j-11 - Wärme ist eine Form der Energie

In Ruhe leistet der |menschliche Körper| etwa |1 W pro Kilogramm|, ein Jugendlicher mit 40 kg also rund 40 W. Das bedeutet, dass pro Sekunde 40 J chemische Energie aus den Körperspeichern umgewandelt werden. Ein untrainierter Mensch kann auf Dauer etwa 100 W mechanische Leistung abgeben - nicht wirklich viel. Um ein Backrohr mit 3000 W zu betreiben, wären also 30 Menschen nötig (A15, B 16.24) - ein ziemliches Gedränge! Das Beispiel zeigt, wie ungeheuer viel im Strom steckt (siehe auch Kap. 25, S. 85).

{{Grafik: B 16.24 Kuchenbacken mit Menschenstärken}}

|Autos| haben, verglichen mit Haushaltsgeräten, erstaunlich hohe Leistungen. Sogar der kleine Smart hat 33.000 W! Wegen der großen Zahlen gibt man bei Autos die Leistungen in |Kilowatt| an (1 kW =1000 W). Die |Pferdestärke| (PS) ist eine |veraltete Einheit| und sollte eigentlich nicht mehr verwendet werden (A14, siehe Lösungsteil). Aber die Menschen sind Gewohnheitstiere und stellen sich nicht so gerne um. Der |Tesla| hat eine halbe Million und ein |Blitz| rund 2 Billionen Watt (Info: Krawumm)! Den Vogel schießt natürlich die Sonne ab - ihre Leistung in Watt hat 26 Nullen!

||GLÜHBIRNE!

Krawumm

Der |Tesla| in B 16.21 hat rund eine |halbe Million Watt|! Ein |Blitz| (B 16.25) kann aber eine Leistung von etwa |2 Billionen Watt| (2 \*10^12 W) haben, also etwa 4 Millionen Mal so viel wie das Auto. Allerdings blitzt ein Blitz nur etwa 1/1000 Sekunde (10-3 s) lang. Er hat daher eine Energie von W =P \*t =2 \*10^12 \*10^-3 J =2 \*10^9 J oder 20.000 kJ. Das entspricht dem Brennwert von rund 1/2 Kilogramm Butter - nicht so berauschend. Das Geheimnis des Blitzes ist also nicht die extrem große Energie, sondern dass diese in extrem kurzer Zeit fließt.

{{Bild: B 16.25: Ein Blitz kann mehr als eine Billion Watt haben, seine Energie entspricht aber bloß dem Brennwert von 1/2 kg Butter!}}\||  
---

||WICHTIG!

Von |Arbeit| spricht man in der Physik, wenn |Energie| von einer Form in eine andere |umgewandelt wird|. Sie wird wie die Energie in Joule gemessen. |Leistung| ist |Arbeit pro Zeit| und wird in Watt angegeben.\||  
---

### !!16.5 Sonne, Strand und Apfelstrudel - Die Wärmekapazität

Warum ein Sandstrand heiß wird, warum man sich beim Apfelstrudelessen die Zunge verbrennen kann und man ohne Verletzungen über glühende Kohlen laufen kann, hat mit der |Wärmekapazität| zu tun.

+++A17.) In der prallen Sonne wird ein |Sandstrand| (B 16.26) so heiß, dass man fast nicht mehr barfuß laufen kann. Das |Meer| erwärmt sich aber kaum. Warum ist das so?

{{Bild: B 16.26: Warum wird der Sand viel heißer als das Meer?}}

-----

+++A18.) Beim |Feuerlauf| (B 16.27) gehen Mutige über glühende Holzkohlestücke. Warum verbrennen sie sich dabei nicht die Füße?

{{Bild: B 16.27 Feuerlaufen}}

-----

+++A19.) Wenn du einen warmen |Apfelstrudel| isst, musst du aufpassen. Auch wenn er außen schon recht abgekühlt ist, kann man sich an den Äpfeln im Inneren immer noch leicht die Zunge verbrennen. Warum ist das so?

-----

j-12 - Wärme ist eine Form der Energie

Unter der Wärmekapazität versteht man die Menge an Wärmeenergie, die man zuführen muss, um 1 kg eines Stoffes um 1 °C zu erwärmen. Unterschiedliche Stoffe haben deutlich unterschiedliche Wärmekapazitäten (B 16.29). Um 1 kg Wasser um 1 °C zu erwärmen, brauchst du zum Beispiel 4200 J, bei Luft nur 1000 J und bei Kohlenstoff gar nur 710 J.

{{Säulendiagramm:

Joule um 1 kg des Stoffes um 1 °C zu erwärmen

Kohlenstoff 710

Granit 790

Sand 840

Basalt 900

Luft 1000

Fichtenholz 1700

Eis 2100

Alkohol 2600

Wasser 4200}}

||B 16.29 Beispiele für die Wärmekapazität einiger Stoffe\||  
---

|Wasser| hat im Vergleich mit anderen Stoffen überhaupt eine sehr hohe Wärmekapazität. Bei gleicher Sonneneinstrahlung, also gleicher Energiezufuhr, bleibt das Meer daher erfrischend kühl, während zum Beispiel der |Sandstrand| brennheiß wird (A17, B 16.30). Unterschiedliche Wärmekapazitäten sind auch für manche Unterschiede im Klima von Bedeutung (Info: See- und Landklima).

{{Bild: B 16.30 4200 J aus der Sonnenstrahlung können 1 kg Wasser um 1 °C erwärmen, 1 kg Sand jedoch um 5 °C.}}

Das |Feuerlaufen| (A18) ist sehr spektakulär, hat aber nichts mit Zauberei zu tun, sondern ist zu 100 % physikalisch zu erklären. Die Wärmekapazität bestimmt nämlich auch, wie |viel Wärme| der Stoff |bei Berührung abgibt|. Kohlenstoff, der Hauptbestandteil von Kohle, hat eine sehr niedrige Wärmekapazität. Deshalb können die glühenden |Kohlen| die Füße nur langsam erhitzen. Zusätzlich nimmt die Hornhaut der Füße die Wärme nur langsam auf. Beim heißen |Apfel| im Inneren eines |Strudels| ist es umgekehrt. Er besteht zum Großteil aus Wasser und kann daher bei Berührung durch die Zunge sehr viel Wärme abgeben - autsch!

||GLÜHBIRNE!

See- und Landklima

Das |Meer| hat eine viel größere Wärmekapazität als die |Landmassen| (B 16.29). Deshalb ändert sich über das Jahr die Meerestemperatur gemächlich. Nebenbei spielt auch noch die Wärmeströmung (Kap. 17.2, S. 17) des Meerwassers eine Rolle, die die Wärme in die Tiefe ableitet. Man spricht vom Seeklima. Im Landesinneren fällt die "Pufferwirkung" des Meerwassers weg, und die Temperaturschwankungen sind größer. Das nennt man Landklima.

{{Grafik: B 16.31 Vergleich zwischen Landklima (Wien) und Seeklima (Brest)}}\||  
---

||GLÜHBIRNE!

Durchlauferhitzermotorrad

Ein Durchlauferhitzer muss pro Minute 10 kg Wasser von 15 auf 50 °C erwärmen, damit es schön heiß aus der Dusche kommt. Dazu sind 25.000 W (25 kW) nötig. Das entspricht zufällig der Leistung eines Leichtmotorrads (siehe Tab. 16.2). Duschwasser in "Echtzeit" elektrisch zu erwärmen ist unmöglich, weil die Haushaltsleitungen auf maximal 4 kW ausgelegt sind. Deshalb deckt man solche Spitzenleistungen immer mit Gas ab.\||  
---

||WICHTIG!

Die Wärmekapazität gibt an, wie viel Energie man benötigt, um ein Kilogramm eines Gegenstandes um 1 °C zu erwärmen. Mit Hilfe der unterschiedlichen Wärmekapazitäten kann man viele Effekte erklären.\||  
---

j-13 - Wärme ist eine Form der Energie

### !!16.6 U-Hakerl-Schleuder und Co. - Übung und Vertiefung

+++A20.) |LÖS| Lass |verschiedene Massen| wie in B 16.33 aus verschiedenen Höhen auf ein Stück |Plastilin| fallen. In welchem Fall ist die Verformung am stärksten und warum?

-----

+++A21.) |LÖS| Welche Energien sind bei einem Kopfballstoß (B 16.34) im Spiel? Welcher Zusammenhang besteht zu B 16.13, S. 8?

-----

+++A22.) |LÖS| Der Klassiker seit Jahrzehnten: Die |U-Hakerl-Schleuder| (B 16.35)! Wie funktioniert sie physikalisch gesehen? Mach mit deinen Mitschülerinnen und Mitschülern einen Weitschusswettbewerb. Aber Achtung: Niemals auf Personen schießen – das kann im wahrsten Sinne des Wortes ins Auge gehen!

-----

+++A23.) |LÖS| Je höher die Wassertemperatur ist, desto sauberer wird die |Wäsche|. Wenn du nicht aufpasst, kann sie natürlich auch einlaufen. Aber warum wird die Wäsche sauberer?

-----

+++A24.) In B 16.11, S. 7 siehst du, wie |Pollen| unter dem Mikroskop von Wassermolekülen |geschubst| werden. Dabei beschreiben sie eine zufällige Zitterbewegung. Etwas Ähnliches kannst du mit einfachen Mitteln "simulieren". Du brauchst nur einen Würfel und ein kariertes Blatt Papier. Du markierst einen Startpunkt etwa in der Mitte des Blattes. Der Würfel sagt dir, in welche Richtung du den Strich ein Feld weiter ziehen musst: 1 nach oben, 2 nach rechts, 3 nach unten, 4 nach links. Bei 5 und 6 machst du nichts. Es ergibt sich eine nicht vorhersagbare Bahn, ähnlich wie bei der Brown’schen Bewegung.

-----

+++A25.) |LÖS| Welche Möglichkeiten zur |Temperaturmessung| fallen dir ein? Hilf dir mit B 16.15 (S. 8) und B 16.36.

{{Grafik: B 16.36 3 Thermometer a) b) c)}}

-----

+++A26.) |LÖS| Fahrenheit verwendete als einen Fixpunkt die Körpertemperatur des Menschen. Warum ist das eigentlich nicht besonders günstig? Hilf dir mit B 16.37.

{{Grafik: B 16.37 Schematischer Tagesverlauf deiner Körpertemperatur in Grad Fahrenheit}}

-----

+++A27.) |LÖS| In Tab. 16.3 siehst du Formeln, mit denen man die verschiedenen |Temperaturskalen| ineinander umrechnen kann. Überprüfe damit, dass

a) 0 Kelvin etwa -460 °F entsprechen,

b) der Gefrierpunkt von Wasser bei etwa 32 °F liegt,

c) deine Körpertemperatur knapp 100 °F entspricht.

|  |  |
| --- | --- |
| Fahrenheit in Celsius | °C =(°F -32)/1,8 |
| Celsius in Fahrenheit | °F =(°C \*1,8) + 32 |
| Kelvin in Celsius | °C =K -273,15 |
| Celsius in Kelvin | K =C° +273,15 |

||T 16.3 Die wichtigsten Umrechnungsformeln\||  
---

-----

+++A28.) |LÖS| |Eis| schmilzt bei 0 °C und |Wasser| kocht bei 100 °C! - Richtig oder falsch? Hilf dir mit B 20.8 auf S. 39! Was ist die Konsequenz für die |Celsius- Skala|?

-----

+++A29.) |LÖS| Stelle eine |Flasche| einige Minuten lang in warmes Wasser (B 16.38). Stülpe einen |Ballon| über die Öffnung und gib die Flasche dann in kaltes Wasser (b). Was wird passieren?

{{Grafik: B 16.38 a) warm b) kalt}}

-----

j-14 - Wärme ist eine Form der Energie

+++A30.) |LÖS| Genau genommen bleibt ein Teil der |Energie| in B 16.12 (S. 7) nicht im Klumpen, sondern geht in die |Umgebung| über. Welchen Beleg gibt es dafür?

-----

+++A31.) |LÖS| Die folgende Frage kann man mit nur zwei Worten beantworten: Welche Temperatur misst ein |Flüssigkeits-Thermometer|?

-----

+++A32.) |LÖS| In welchen Alltagssituationen spielt die |ungeordnete Bewegungsenergie| von Atomen eine wichtige Rolle? Stichwort: Haushalt!

-----

+++A33.) Mit einfachen Mitteln kannst du deine |Hebeleistung| beim |Stufenlaufen| ermitteln. In der Mechanik gilt ja: Arbeit ist Kraft mal Weg (siehe Kap. 6.4, Big Bang 2). Die Kraft ist in diesem Fall deine Gewichtskraft, und der Weg die Hebehöhe (B 16.39). Für die Leistung ergibt sich folgende Formel:

P =Arbeit/Zeit =Kraft \*Weg/Zeit =Gewichtskraft \*Hebehöhe/Zeit

{{Grafik: B 16.39 Person geht Stiegen hinaus - hier wird gestoppt}}

1) Du misst mit einer Waage deine |Masse| oder schätzt diese ab. Nehmen wir als Beispiel 40 kg.

2) Dann berechnest du deine |Gewichtskraft|, die in unserem Beispiel 400 N betragen würde.

3) Du suchst dir eine |kurze Stiege|, misst die Stufenhöhe, zählst die Stufen und berechnest die |Hebehöhe| (z. B. 15 cm \*8 =120 cm =1,2 m).

4) Nun nimmst du Anlauf und rennst so schnell du kannst die Treppe rauf. Du stoppst die Zeit, die du dafür brauchst (z. B. 1,00 s).

5) Zum Schluss setzt du alle Werte in die |Formel| oben ein. Die Leistung wäre in unserem Fall 480 W. Die berechnete Leistung entspricht der mechanischen |Leistungsabgabe|. Im Inneren deines Körpers ist die Leistung noch viel höher.

-----

+++A34.) |LÖS | In B 16.40 siehst du ungeordnet bewegte Wasserteilchen. Ordne die Bilder 1 bis 3 folgenden Temperaturen zu: a) 10 °C, b) 50 °C und c) 90 °C

{{Bild: B 16.42 Wasserkocher: Deckel, Heizelement, Sockel mit konzentrischer Steckverbindung}}

{{Übung nicht durchführbar}}

-----

+++A 35.) |LÖS| Ein |Mensch| kann auf Dauer eine |Leistung| von etwa 100 W abgeben (siehe Tab. 16.2, S. 10). Wie lange muss er am Fahrrad mindestens strampeln, damit er mit dieser Leistung 1 l Wasser von Zimmertemperatur (20 °C) zum Kochen bringt (B 16.41)?

a) Suche zunächst die Wärmekapazität von Wasser aus B 16.29 (S. 12). Diese gilt für die Erwärmung um 1 °C.

---

b) Überlege dir, um wie viel Grad das Wasser erwärmt werden muss, und multipliziere die Wärmekapazität mit dieser Zahl.

---

c) Überlege, wie viele Joule der Radfahrer pro Sekunde abgibt.

---

d) Dividiere die benötigte Energiemenge durch die Joule pro Sekunde, um auf die Zeit zu kommen. Rechne die Sekunden in Minuten um.

---

e) Was zeigt dieses Beispiel sehr deutlich?

---

f) Warum wird es in Wirklichkeit noch viiiiel länger dauern oder sogar unmöglich sein, Wasser auf diese Weise zum Kochen zu bringen?

-----

+++A36.) |LÖS|

a) Nimm einen |Wasserkocher| (B 16.42) und befülle ihn mit 1 l Wasser. Miss die |Wassertemperatur| mit einem Thermometer. Stoppe dann, wie lange es dauert, bis das Wasser kocht. Miss auch die |Siedetemperatur|, die ja luftdruckbedingt nicht bei 100 °C liegen muss (siehe S. 43).

---

b) Suche nun am Kocher das Schild mit den technischen Angaben. Dort findest du die |Leistung| des Geräts in Watt (W). Berechne dann wie in A35 Schritt für Schritt, wie lange es ohne Wärmeverluste dauern würde, um das Wasser von der gemessenen |Zimmertemperatur| zur gemessenen |Siedetemperatur| zu bringen, und vergleiche die Zeit mit der gemessenen. Was ist zu bemerken?

-----

+++A37.) |LÖS| In der Infobox |Durchlauferhitzermotorrad| (S. 12) wird behauptet, dass für das Erwärmen von 10 l Wasser von 15 °C auf 50 °C eine Leistung von 25.000 W pro Minute notwendig ist. Überprüfe das mit einer Rechnung.

-----

j-15 - Wie Wärme transportiert wird

||ZI: CODE: t9y7ru\||

# !!Wie Wärme transportiert wird

## !!17 Wie kalt ist es im All?

Eine wirklich seeehr kurze Zusammenfassung von Kapitel 16 könnte so lauten: Wärme ist die ungeordnete Bewegungsenergie der Teilchen. Diese Energie fließt immer von selbst zu Orten, wo die Temperaturen niedriger sind. Der Wärmetransport, also der Transport von Joule, kann auf drei Arten ablaufen, die wir uns in diesem Kapitel genauer zur Brust nehmen: Wärmeleitung, Wärmeströmung und Wärmestrahlung (B 17.1). Meistens treten mindestens zwei Effekte gleichzeitig auf. Wir sehen uns diese aber einzeln an, um sie besser zu verstehen.

{{Bild B 17.1: Der Sternenhimmel ist schon eine sehr faszinierende Sache! Das Licht der Sterne gelangt mit der Wärmestrahlung zu uns. Warum Sterne auf Fotos unterschiedliche Farben haben, erfährst du in Kap. 17.3.}}

### !!17.1 Nur für wirklich harte Hunde - Die Wärmeleitung

Unter Wärmeleitung versteht man das |Ausbreiten| der |ungeordneten Bewegungsenergie| innerhalb eines Stoffes. Was kann man damit alles erklären?

+++A1.) Verblüffend: Wenn du im Klassenraum verschiedene Materialien berührst, wirst du bemerken, dass sie sich |unterschiedlich warm anfühlen|, zum Beispiel Holz oder Kunststoff wärmer als Metall. Wie kannst du das erklären?

-----

+++A2.) |Pfannen| sind aus Metall, haben aber fast immer einen Kunststoffgriff. Warum?

-----

+++A3.) |Luft| mit 20 °C im Wohnraum empfindest du angenehm. Auf der anderen Seite empfindest du |Wasser| mit 20 °C in der Badewanne saukalt. Ist das nicht irgendwie eigenartig?

-----

+++A4.) In der |Sauna| hat es oft mehr als 100 °C. Warum wird man dabei nicht zart durchgekocht?

-----

+++A5.) Bei |Hausrenovierungen| verkleidet man die Fassaden oft mit einer dünnen Schichte |Styropor| oder einem ähnlichen Material. Warum?

-----

+++A6.) Fülle in eine Tasse möglichst |heißes Wasser|. Gib einen |Metall|- und einen |Kunststofflöffel| hinein (B 17.4) und warte ein bisschen. Was spürst du beim Berühren der Stiele und warum?

-----

+++A7.) |LÖS| Du verlässt an einem |saukalten Tag| kurz deine Wohnung. Wie |sparst| du am besten |Energie|?

a) die Heizung weiterlaufen lassen

b) die Heizung herunterregeln

c) die Heizung abschalten

-----

Beim Blick auf die Teilchen wird Wärmeleitung klar. In B 17.5 a siehst du zwei unterschiedlich warme Stoffe. Links bewegen sich die Teilchen heftiger und schubsen ihre jeweils rechten Nachbarn (b). Dadurch erwärmt sich der rechte Teil (= Teilchenbewegungsteigt), während der linke abkühlt (= Teilchenbewegung sinkt), bis alles gleich warm ist. (c).

{{Grafik: B 17.5 Wie Wärme in unterschiedlich warmen Stoffen weitergeleitet wird.}}

j-16 - Wie Wärme transportiert wird

||GLÜHBIRNE!

Steak

Beim Braten eines |Steaks| (B 17.6) werden die Teilchenschwingungen von der Herdplatte über die Pfanne und die Steakunterseite bis in die Mitte weitergegeben. Das Steak wird also warmgezittert. Das dauert natürlich etwas! Worauf musst du achten? Die |Außenseiten| sollen über 140 °C kommen, weil dann das Fleisch knusprig wird. Das nennt man |Maillard-Reaktion|. Es dürfen aber |220 °C nicht überschritten| werden, weil das Fleisch sonst anbrennt. Nach dem Braten muss das Steak ein wenig ruhen, bis die Wärme in die Mitte gekrochen ist. Wenn diese 70 °C erreicht hat, ist das Steak "well done".

{{Grafik: B 17.6 Temperaturen an den Seiten und der Mitte eines Steaks (Pfanne 170 °C, Fleischdicke 3 cm): Das Steak wird je 3 Minuten gebraten und rastet 5 Minuten.}}\||  
---

||GLÜHBIRNE!

Getäuschte Hände

Das |Wärmeempfinden| deiner Hände hängt davon ab, wo sich diese vorher befunden haben (siehe A10, S. 8). Dein Temperatursinn lässt sich aber auch noch anders täuschen. Alles, was sich längere Zeit im Raum befindet, hat Zimmertemperatur - sagen wir 20 °C. Deine Finger haben aber etwa 32 °C. Wenn du |Holz| und andere schlechte Wärmeleiter berührst, wird die Wärme deiner Finger schlecht abgeleitet, die Kontaktstelle erwärmt sich rasch (B 17.7 b). |Metalle| transportieren die Wärme gut ab und erwärmen sich nicht oder kaum unter dem Finger (a). Deshalb fühlen sie sich trotz gleicher Temperatur kühler an.\||  
---

Bei der |Wärmeleitung| wird also die ungeordnete Bewegungsenergie durch |Zusammenstöße| der Teilchen zu Orten mit |niedrigerer Temperatur| übertragen. Die Wärmeleitung spielt zum Beispiel beim |Kochen| eine große Rolle (Info: Steak). Wie du in Tab. 17.1 sehen kannst, hängt der Effekt sehr stark vom |Material| ab. Erstaunlich: Silber leitet die Wärme ganze 18.000mal so gut wie Luft! Mit der unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeit lassen sich die eingangs gestellten Fragen beantworten.

|  |  |
| --- | --- |
| Stoff | relativ |
| Silber | 18.000 |
| Kupfer | 16.700 |
| Aluminium | 8500 |
| Eisen | 3300 |
| Beton | 88 |
| Haut (stark durchblutet) | 33 |
| Glas | 32 |
| Wasser (ruhend) | 25 |
| Vollziegel | 25-58 |
| Haut (schwach durchblutet) | 8-13 |
| diverse Kunststoffe | 7-24 |
| Fett | 7 |
| Holz | 4-8 |
| Lochziegel | 3-19 |
| Styropor (Polystyrol) | 1,5 |
| Wolle, Federn, Fell | 1 |
| Luft (20 °C, ruhend) | 1 |

||T 17.1 Relative Wärmeleitfähigkeit einiger Stoffe\||  
---

Zum Beispiel hängt es von der Wärmeleitfähigkeit ab, ob sich ein Stoff bei gleicher Temperatur wärmer oder kälter anfühlt (A1, - Info: Getäuschte Hände). Alle |Kunststoffe| sind schlechte Wärmeleiter (A6). Deshalb werden sie zum Beispiel als Pfannengriffe verwendet, damit man sich die Finger nicht verbrennt (A2). |Wasser| ist eigentlich ein lausiger Wärmeleiter, leitet aber immerhin 25-mal so gut wie |Luft|. Deshalb macht es einen himmelhohen Unterschied, ob deine Haut mit Luft oder Wasser gleicher Temperatur in Kontakt kommt (A3). Im Wasser wird nämlich die Körperwärme 25-mal so schnell |abtransportiert|, und du kühlst viel schneller aus (B 17.8). Umgekehrt kannst du 100 °C in der |Sauna| aushalten, weil die Luft die Wärme 25-mal langsamer zur Haut |hintransportiert| als das Wasser (A4).

{{Bild: B 17.8 Baden im Eiswasser ist nur was für wirklich harte Hunde!}}

j-17 - Wie Wärme transportiert wird

Dass man Hausfassaden mit |Styropor| verkleidet, ist durchaus sinnvoll, weil zum Beispiel |Beton| die Wärme rund 60-mal so gut leitet (A5). Eine Styroporplatte mit bloß 1 cm Dicke isoliert also so gut wie Beton mit 60 cm! Und auch die guten alten |Vollziegel| isolieren viel schlechter als Styropor (siehe B 17.9).

{{Bild: B 17.9 Dieses Ziegelhaus wurde bereits zur Hälfte mit Styroporplatten verkleidet. Außen blau heißt innen warm! Info zur Wärmebildkamera findest du in Kap. 17.3.}}

||WICHTIG!

Bei der |Wärmeleitung| wird die ungeordnete Bewegungsenergie durch |Zusammenstöße| der Teilchen zu Orten mit niedrigerer Temperatur übertragen. Sie ist sehr stark materialabhängig.\||  
---

### !!17.2 Flammen in Schwerelosigkeit - Die Wärmeströmung

Der zweite Mechanismus der Wärmeübertragung ist die |Wärmeströmung|. Dabei wird die |Wärme mit der Materie| mittransportiert.

+++A8.) In B 17.10 siehst du links eine |Kerzenflamme| unter normalen Bedingungen und rechts eine in |Schwerelosigkeit|. Wieso ist sie rund und bläulich?

{{Bild: B 17.10 Große Flamme, Kleine Flamme}}

-----

+++A9.) In Tab. 17.1 siehst du, dass Wolle, Pelze oder Federn die Wärme sehr schlecht leiten. Warum? Wie "funktioniert" |Kleidung| allgemein?

-----

+++A10.) Bastle dir eine |Teebeutelrakete|! Gehe dazu Schritt für Schritt so vor, wie in B 17.11 dargestellt. Zünde den Beutel im Beisein eines Erwachsenen an. Kurz bevor das Papier abgebrannt ist, hebt es ab. Warum? Hilf dir mit der Abbildung!

{{Grafik:

Teebeutel aufschneiden, ausleeren und Zylinder formen

Zylinder aufstellen und anzünden

Aufsteigende Luft

! Der Beutel hebt ab, kurz bevor er ganz abgebrannt ist}}

||Bildbeschriftung: B 17.11 Eine Teebeutelrakete hebt ab!\||  
---

-----

+++A11.) In B 17.12 siehst du |Styropor| unter dem Mikroskop. Erkläre mit Hilfe der Abbildung, wieso es die Wärme so gutisoliert. Welcher Zusammenhang besteht zu A9?

-----

+++A12.) Zeichne eine |Spirale|, wie sie in B 17.13 a dargestellt ist, auf ein Blatt Papier und schneide sie aus. Befestige dann in der Mitte einen Faden, und halte die fertige |Papierschlange| über eine Kerze. Warum beginnt sie nun, sich zu drehen?

-----

Wenn du Gase oder Flüssigkeiten |erwärmst|, dann |dehnen| sich diese aus. Dadurch |sinkt| ihre |Dichte| ab, und sie steigen in der kälteren, dichteren Umgebung auf (siehe auch Kap. 14.1, Big Bang 2). Die aufsteigende Materie befördert natürlich auch die Wärme mit. Deshalb spricht man von |Wärmeströmung| oder auch von |Konvektion|. Dass sich die Materie bewegt, unterscheidet den Wärmetransport von der Wärmeleitung (Kap. 17.1), bei der ja nur die Energie durch das Zusammenstoßen weitergegeben wird, ohne dass sich die Teilchen gleichzeitig gemeinsam in eine Richtung bewegen.

j-18 - Wie Wärme transportiert wird

Die aufsteigende Luft einer Flamme kann eine |Spirale| in Drehung versetzen, weil diese ähnlich wie ein Windrad wirkt (A12), und sie kann sogar kleine Objekte wie den fast abgebrannten |Teebeutel| mitreißen (A10). Auch die Form einer |Flamme| (B 17.10 links) kommt durch die Wärmeströmung der aufsteigenden Luft zu Stande. An Bord einer |Raumstation| gibt es |keine Gravitation| und daher auch |keine Wärmeströmung|. Die Flamme wird rund, und durch den geringeren Sauerstoffnachschub brennt sie bläulich und kühler (A8). Ein Candle Light Dinner im All wäre also kein Renner.

{{Grafik: B 17.14 Die Konvektion hilft, das Wasser schneller zum Kochen zu bringen (a) und die Luft in einem Wohnraum durchzumischen (b).}}

Konvektion kann ziemlich praktisch sein, etwa beim |Wasserkochen| (B 17.14 a). Das erwärmte Wasser steigt auf, gibt einen Teil seiner Wärme ab, wird kälter, dichter und sinkt wieder. Auf diese Weise wird die Wärme schnell im Kessel verteilt. Beim |Heizen| im Wohnraum tritt ein ähnlicher Effekt auf, der die Luft gut durchmischt (B 17.14 b). Ohne diese Luftwalze wäre es an der Decke noch viel heißer als am Boden.

Oft ist Konvektion also durchaus günstig. Es gibt aber auch lästige Fälle, wo die Wärmeströmung zu einer |unerwünschten Abkühlung| führt. Zum Beispiel steigt pausenlos warme Luft von uns Menschen auf - auch wenn wir keine Dampfplauderer sind (siehe B 17.15). Die Natur zeigt uns, wie man das verhindern kann. Wenn zum Beispiel |Vögeln| kalt ist, dann |plustern| sie sich auf (B 17.16). Dadurch kann ihr Federkleid |mehr Luft festhalten|, und diese ist ja ein lausiger Wärmeleiter (siehe Tab. 17.1). Die Federn selbst wärmen dabei kaum, aber sie halten die Luft fest und verhindern somit deren Wärmeströmung.

{{Grafik: B 17.15 Simulation der Wärmeströmung, verursacht durch einen Menschen}}

{{Bild: B 17.16 Die Federn verhindern die Konvektion, und die festgehaltene Luft hält das Rotkehlchen warm.}}

Das ist auch der Grund, warum Wolle, Federn und Fell gleich gut isolieren (A9). Es ist letztlich nicht das Material selbst, das den Wärmeeffekt hervorruft, sondern immer die Luft, die davon festgehalten wird. Auch Styropor arbeitet mit demselben Trick (A11). Allgemein kann man sagen: Wenn man die |Konvektion der Luft unterbindet|, dann hat man mit ihr einen prima Wärmeisolator (Info: Konvektionsverhinderung).

||GLÜHBIRNE!

Konvektionsverhinderung

Die |Konvektionsverhinderung| wird auch beim Bauen angewendet. Isolationsmaterialien funktionieren nämlich immer mit Hilfe von eingeschlossener Luft, die man am Zirkulieren hindert. |Lochziegel| (B 17.17 c) isolieren viel besser als |Vollziegel|. Auch bei einem alten |Doppelfenster| (a) geht durch Konvektion viel Wärme verloren. In einem modernen |Doppelglasfenster| (b) behindern einander auf- und absteigende Luft. Die Konvektion wird unterbunden, und diese Fenster isolieren viel besser.

{{Grafik: B 17.17 a) altes Doppelfenster, b) modernes Doppelglasfenster, c) Lochziegel}}\||  
---

||WICHTIG!

Bei der Wärmeströmung wird die Wärme mit der Materie mittransportiert, und das kann durchaus praktisch sein. Wenn man die Konvektion der Luft verhindert, hat man einen tollen Isolator.\||  
---

j-19 - Wie Wärme transportiert wird

### !!17.3 Wie kalt ist es im All? - Die Wärmestrahlung

Der dritte Mechanismus der Wärmeübertragung ist die Wärmestrahlung. Die |Wärmestrahlung| der |Sonne| ermöglicht das Leben auf der Erde.

+++A13.) Sichtbares Licht, Mikrowellen, Röntgenstrahlung und die Wellen, mit denen |Handy| oder |W-LAN| funktionieren, haben etwas gemeinsam. Was könnte das sein? Wenn du gar keine Idee hast, dann hilf dir mit einem Blick auf B 17.22!

-----

+++A14.) |LÖS| In B 17.18 siehst du das Wärmebild eines Hauses.

{{Bild: B 17.18 Wärmebild eines Hauses}}

{{Übung nicht durchführbar}}

a) Wie wird so ein Bild gemacht?

---

b) Zu welcher Jahreszeit wurde dieses Bild wohl aufgenommen?

---

c) Welche Schlüsse kannst du auf Grund des Bildes ziehen?

-----

+++A15.) Im |Weltall|, fernab von Sternen und Planeten, gibt’s so wirklich gar nichts. Es herrscht fast perfekte Leere! Gibt es dann dort eine Temperatur?

-----

+++A16.) |Sterne| haben unterschiedliche Farben (B 17.1, S. 15)! Aber worin besteht der Unterschied zwischen einem roten und einem blauen Stern?

-----

+++A17.) Fülle in |zwei Gläser| gleich viel heißes Wasser. Umhülle eines mit |Alufolie| (B 17.19). Wo kühlt das Wasserschneller aus?

-----

+++A18.) Fülle in |zwei Gläser| dieselbe Menge kaltes Wasser. Umwickle eines mit |weißem| und eines mit |schwarzem Papier| (B 17.20). Stelle die Gläser in die Sonne und miss nach einiger Zeit die Temperatur. Welches Glas ist wärmer und warum?

-----

Der dritte Mechanismus der Wärmeübertragung ist die |Wärmestrahlung|. Diese funktioniert, im Gegensatz zu den beiden anderen Arten, auch durch den völlig leeren Raum, also durch das |Vakuum|. Das ist verdammt gut so, denn ohne die |Wärmeenergie der Sonne| wäre es auf der Erde bitterkalt! Wenn du dir mal wieder die Sonne ins Gesicht scheinen lässt, denke daran, dass die Wärme vorher |150 Milliarden Meter| durch den Weltraum musste (B 17.21).

||GLÜHBIRNE!

Eine wirkliche Großfamilie

Obwohl |elektromagnetische Wellen| (B 17.22) deinen Alltag sehr beeinflussen, sind sie dir nicht wirklich vertraut. Das liegt daran, dass du nur einen winzigen Teil davon körperlich wahrnehmen kannst. |Sichtbares Licht| kannst du sehen - logo - und |infrarotes Licht| wärmt deinen Körper. Den ganzen Rest kannst du weder sehen noch fühlen. Es ist ähnlich wie bei den |Schallwellen|. Alles |unter 20 Hz| und |über 20.000 Hz| kannst du nicht hören, obwohl es sich um dieselbe Art von Wellen handelt (siehe Kap. 13.1, Big Bang 2). In der Abbildung siehst du auch, in welchem Bereich der elektromagnetischen Wellen |verschiedene Wärmestrahlungen| liegen.

{{Grafik: B 17.22 Elektromagnetische Wellen: Je weiter rechts, desto größer die Wellenlänge und desto niedriger die Frequenz. Unten siehst du Bereiche verschiedener Wärmestrahlungen.}}\||  
---

Aber warum kann Wärmestrahlung durchs Vakuum fliegen? Wärmestrahlen sind |elektromagnetische Wellen|. Das sagt dir jetzt vielleicht auf Anhieb nichts, aber zum Beispiel gehören auch Licht, Mikrowellen oder Röntgenstrahlen dazu (A13, Info: Eine wirkliche Großfamilie). Alle elektromagnetischen Wellen können durchs Vakuum und somit auch durchs Weltall fliegen. Beim Licht der Sonne oder der Sterne ist das offensichtlich.

j-20 - Wie Wärme transportiert wird

Jeder Körper sendet Wärmestrahlung aus. Je höher die Temperatur, desto kürzer die Wellenlänge der ausgesendeten Strahlen (B 17.22). Objekte des Alltags strahlen meistens im |infraroten Licht|. Es ist für deine Augen unsichtbar, kann aber mit |Wärmebildkameras| abgebildet werden. Diese messen die |Wellenlängen|, die von einer bestimmten Stelle ausgehen, berechnen daraus die Temperatur und ordnen eine Farbe zu (A14, siehe auch B 17.9, S. 17).

{{Bild: B 17.23 Wärmebildaufnahme einer Menschengruppe. Die "Farbpalette" hängt von der Art der Kamera ab und ist hier eine andere als in B 17.18.}}

||GLÜHBIRNE!

Ein Wärmebild vom All

In B 17.24 siehst du ein |Wärmebild vom All|. Die Technik dahinter ist zwar viel komplizierter als bei einem normalen Wärmebild, beruht aber auf demselben Prinzip: Man misst die Wärmestrahlung, berechnet die Temperatur und ordnet eine Farbe zu. Das Bild ist der farbenfrohe Beweis, dass das All trotz gähnender Leere eine Temperatur hat (A15), nämlich frostklirrende -270 °C (exakt sind es -270,425 °C). Es gibt nur klitzekleine Schwankungen von +-0,0002 °C!

{{Bild: B 17.24 Ein Wärmebild vom All - oder eigentlich ein "Kältebild": Die Sterne sind rausgerechnet und nicht zu sehen. Übrig bleibt das saukalte All.}}\||  
---

Auch der |Weltraum| ist von Wärmestrahlung erfüllt und hat somit eine Temperatur. Weil er seeehr kalt ist, ist die Wellenlänge viel größer und liegt im Bereich der |Mikrowellen| (Info: Ein Wärmebild vom All).

|Sterne| sind viel heißer als unsere Alltagsobjekte. Daher ist die Wellenlänge ihrer Wärmestrahlung viel kürzer und liegt im |sichtbaren Bereich|. Sterne mit 3000 °C Oberflächentemperatur leuchten rot, die Sonne mit 6000 °C gelblich und heiße Sterne mit 10.000 °C blau (A16, B 17.1, S. 15 und B 16.18, S. 9).

Wärmestrahlen werden wie Licht an |spiegelnden Fläche reflektiert|. Diesen Effekt nutzt man zum Beispiel bei |Thermoskannen| aus (Info: Drei auf einen Streich), bei |Rettungsdecken|, oder wenn du eine heiße Pizza in |Alufolie| packst. Der Versuch in A17 zeigt das sehr gut. Das Glas mit der Folie kühlt langsamer aus, weil die Wärmestrahlen im Inneren gefangen sind.

||GLÜHBIRNE!

Drei auf einen Streich

Eine |Thermoskanne| ist innen verspiegelt, damit die Wärme nicht über die |Wärmestrahlung| verduften kann. Aber auch gegen |Konvektion| und |Wärmeleitung| ist sie gut gewappnet (B 17.25). Natürlich ist der Schutz nicht hundertprozentig, aber eine gute Thermoskanne kann viele Stunden warmhalten.

{{Grafik: B 17.25 Schutz gegen alle Formen der Wärmeübertragung

Decket verhindert Konvektion

Spiegelschicht reflektiert Wärmestrahlung

Vakuum verhindert Wärmeleitung}}\||  
---

Wie stark sich Objekte durch Wärmestrahlen erwärmen, hängt von deren |Farbe| ab. |Weiße Flächen| reflektieren den Großteil der Wärmestrahlen (B 17.26 a) und erwärmen sich daher weniger als |schwarze Flächen| (b). Deswegen erwärmt sich das rechte Glas schneller als das linke (A18).

||WICHTIG!

Jeder Körper sendet auf Grund seiner Temperatur |elektromagnetische Wellen| aus - die |Wärmestrahlung|. Diese gelangt auch durch das Vakuum. Je |höher die Temperatur|, desto |kürzer die Wellenlänge| der ausgesendeten Wärmestrahlung. Die Wärmestrahlung von sehr heißen Objekten ist sichtbar.\||  
---

j-21 - Wie Wärme transportiert wird

### !!17.4 Möwe im Aufwind - Übung und Vertiefung

+++A19.) |LÖS| Hält man über einen |Bunsenbrenner| ein Drahtnetz, bildet sich oberhalb des Netzes keine Flamme aus (B 17.27 a). Zündet man das Gas aber oberhalb des Drahtnetzes an, so bildet sich im unteren Teil keine Flamme aus (b). Warum?

-----

+++A20.) |LÖS| Wenn du einen |Tropfen Wasser| auf eine |heiße Herdplatte| fallen lässt, würdest du erwarten, dass er mit einem Zischen sofort verdampft. Er tanzt aber richtiggehend hin und her und hält erstaunlich lange durch. Warum?

-----

+++A21.) |LÖS| Wenn es sehr kalt ist, spricht man davon, dass einem "|die Kälte in die Knochen kriecht|". Warum ist das physikalisch gesehen falsch?

-----

+++A22.) In einem Reagenzglas befinden sich |Wasser| und etwas |Eis|, das mit einem Draht am Boden gehalten wird (B 17.29). Auf Grund der relativ schlechten Wärmeleitung von Wasser kann man nun den oberen Teil zum Kochen bringen, ohne dass das Eis schmilzt.

-----

+++A23.) |LÖS| Was springt leichter, wenn du kochendes Wasser eingießt: ein |dickes| oder ein |dünnes Glas|? Überlege dir dazu, was mit einem erwärmten Material passiert und hilf dir mit B 17.30.

{{Grafik: B 17.30 Wenn du kochendes Wasser in ein Glas mit Zimmertemperatur füllst, dann beträgt das Temperaturgefälle in der Glaswand 80 °C.}}

-----

+++A24.) |LÖS| Warum sollten |elektrische Kochplatten|, aber auch die |Töpfe| drauf, vollkommen eben sein? Überlege dazu, wie die Wärme von der Kochplatte zum Topf kommt und hilf dir mit Tab. 17.1., S. 16.

-----

+++A25.) |LÖS| Du kannst Wasser in einem Topf schneller zum ' Kochen bringen, wenn du einen Deckel drauflegst. Aber warum? Hilf dir mit B 17.31.

{{Bild: B 17.31 Ein Topf Wasser am Herd}}

-----

+++A26.) |LÖS| Vier Freiwillige halten Stäbchen aus |Glas, Aluminium, Kupfer| und |Eisen| in eine Flamme (B 17.32). Der Abstand zwischen Flamme und Fingern sollte in allen Fällen gleich groß sein. In welcher Reihenfolge werden die Enden der Stäbe so heiß, dass man sie auslassen muss? Hilf dir mit Tab. 17.1, S. 16!

-----

+++A27.) diesem |Modellversuch| (B 17.33) lässt sich die |Wärmeströmung| sehr schön zeigen. Das erwärmte Wasser steigt links auf und kühlt sich rechts wieder ab. Eine so genannte |Konvektionswalze| entsteht, wie sie auch in B 17.14 (S. 18) dargestellt ist. Wenn man ein bisschen Tinte ins Wasser gibt, kann man diese Strömung besser sehen.

-----

j-22 - Wie Wärme transportiert wird

+++A28.) |LÖS| Manchmal kann man Vögel sehen, etwa |Möwen| (B 17.34), die ohne einen einzigen Flügelschlag einfach so dahinschweben, ohne dabei an Höhe zu verlieren. Wie machen sie das?

{{Bild: B 17.34 Eine Möwe beim entspannten Schweben}}

-----

+++A29.) |LÖS| Balanciere zwei |Kaffeefilter| an einer |Balkenwaage| aus (B 17.35). Was passiert, wenn du dann eine |Kerze| unter den linken Filter hältst und warum?

-----

+++A30.) Nach demselben Prinzip wie in A29 kannst du einen Mistsack wie einen |Heißluftballon| abheben lassen (B 17.36). Er sollte mindestens 35 l fassen und möglichst dünnwandig sein. Beschwere den unteren Rand rundherum mit einigen Büroklammern und halte den Sack über einen Gasbrenner. Warte kurz, und ab geht die Post!

-----

+++A31.) |LÖS| Nimm zwei |Gläser| wie in A17, S. 19 und gib in beide gleich viele |Eiswürfel|. Umhülle eines mit |Alufolie|. In welchem Glas schmelzen die Würfel zuerst und warum?

-----

+++A32.) |LÖS| Eine |Thermoskanne| kann Heißes heiß halten (A17, S. 19) und Kaltes kalt (A31). Ist das nicht ein Widerspruch? Woher weiß sie, was sie gerade machen soll?

-----

+++A33.) |LÖS| Warum haben die |Feuerwehrleute| in B 17.37 so eigenartige Anzüge an?

{{Bild: B 17.37 Feuerwehrleute bei einem Großbrand}}

-----

+++A34.) |LÖS| Auf Fotos sind |Sterne| meistens |farbig| (B 17.1, S. 15). Wenn du aber mit freiem Auge schaust, dann siehst du fast alle Sterne nur als weiße Punkte, so wie in B 17.38. Warum ist das so?

{{Bild: B 17.38 Der Sternenhimmel, wie man ihn mit freiem Auge sieht}}

-----

+++A35.) Mit einer |Lupe| kannst du das Licht der Sonne, also die Wärmestrahlung, so stark bündeln, dass du damit |Streichhölzer anzünden| kannst. Achtung: Im Sammelpunkt wird es dabei sehr heiß.

-----

+++A36.) |LÖS| Welcher Zusammenhang besteht zwischen der |Größe|, der |Temperatur| und der |Farbe eines Sternes|? Hilf dir mit B 16.18 auf S. 9.

-----

+++A37.) |LÖS| Auf dem |Mainbord| eines Computers kann man an mehreren Stellen so eigen artige |Metallrippen| wie in B 17.40 sehen. Wozu sind diese gut?

-----

j-23 - Wärmehaushalt von Lebewesen

||ZI: CODE: ui56y3\||

# !!Wärmehaushalt von Lebewesen

## !!18 Eisbär, Elefant, Pinguin und Co.

Deine |Körperkerntemperatur| liegt normalerweise bei rund |36 bis 37 °C|. Bei dieser Temperatur funktioniert dein Körper einfach am besten! Weil die |Außentemperaturen| meistens niedriger sind, gibt dein Körper pausenlos Wärme ab. Das kannst du sehr gut in |B 17.23 (S. 20)| sehen. Wie wird dein Körper aber ständig aufgeheizt? Und was macht er, wenn Überhitzung droht, etwa wenn du Sport betreibst, in der Sauna bist oder in der Wüste? Neben Antworten auf diese Fragen wird außerdem noch von |Elefantenohren| die Rede sein (|B 18.1|), von großen und kleinen |Pinguinen| und von erfundenen |Mäusen| in Würfelform

{{Bild: B 18.1 Elefanten haben große Ohren. Warum? Asiatische Elefanten haben, verglichen mit afrikanischen, kleinere Ohren. Warum? Beides hat physikalische Gründe!}}

### !!18.1 Mit Sonnenenergie betrieben - Nahrung als Brennstoff

In diesem Abschnitt wirst du hören, wo eigentlich all die |Energie| herkommt, die deinen |Körper| versorgt und ihn auch wärmt.

+++A1.) Auf Lebensmitteln ist der |Nährwert| angegeben, der auch oft |Brennwert| genannt wird (B 18.2). Wie kommt es zu dieser Bezeichnung?

{{Bild: B 18.2 Nährwertangaben auf einer Tafel Schokolade}}

-----

+++A2.) Nimm eine halbe |Walnuss| mit einer Zange und zünde sie an. Nun kannst du zum Beispiel ein |Becherglas| mit |Wasser| erwärmen (B 18.3). Überprüfe den Temperaturanstieg mit Hilfe eines Thermometers.

{{Grafik: B 18.3 Gewissermaßen ein Walnussofen}}

-----

+++A3.) |Pflanzen| brauchen |Sonne| und |Wasser|, damit sie schön wachsen können (B 18.4). Aber warum brauchen sie das? Und was passiert mit dem Wasser und dem Licht in der Pflanze?

{{Bild: B 18.4 Bäume strecken sich der Sonne entgegen und holen sich das Wasser über ihre Wurzeln.}}

-----

+++A4.) Was versteht man unter |Bewegungsenergie|, |chemischer Energie| und |Leistung|? Und warum ist |Wärme| der Friedhof der Energie? Wenn du dir nicht sicher bist, lies in Kap. 16 (S. 5) nach.

-----

Warum brauchen Pflanzen |Sonne| und |Wasser| (A3)? Die Sonne brauchen sie wegen der Energie, die huckepack mit der Wärmestrahlung (Kap. 17.3, S. 19) mitfliegt! Und |Wasser| sowie das |Kohlenstoffdioxid| (CO\_2) der Luft brauchen sie gewissermaßen als Bausteine. Scheint die Sonne, dann können Pflanzen diese zwei Bausteine in zwei neue umwandeln, nämlich in |Zucker| und |Sauerstoff| (B 18.6 a). Diesen Vorgang nennt man |Photosynthese| (B 18.5). Die Pflanze verbindet die Zuckermoleküle teilweise noch weiter zu längeren Molekülen, zu Stärke und auch zu Zellulose, aus denen ihr Baugerüst besteht. Aus Luft, Wasser und Energie bastelt sich die Pflanze also wie durch Zauberhand quasi selbst. Ist das nicht sehr verwunderlich?

j-24 - Wärmehaushalt von Lebewesen

Die Photosynthese ist ein für uns Menschen |extrem wichtiger Vorgang|. Warum? Weil du von dem Zucker und Sauerstoff lebst, den die Pflanzen vorher produziert haben. In deinem Körper läuft nämlich der Vorgang in die |Gegenrichtung| ab (B 18.6 b). Und dabei wird wieder die Energie freigesetzt, die ursprünglich von der Sonne kommt. Dein Körper wird also buchstäblich mit |Sonnenenergie| betrieben (Info: Nährstoffe).

{{Bild: B 18.5 In den grünen Kügelchen (Chloroplasten) läuft die Photosynthese ab.}}

{{Grafik: B 18.6

a Pflanzen zu Photosynthese

Zucker + Sauerstoff (O\_2) =Wasser +Kohlenstoffdioxid (CO\_2) +Energie

Menschen b}}

||Bildbeschriftung: a) Was die Pflanze macht, wenn sie Luft und Wasser bekommt. b) Wir Menschen verbrennen den Zucker wieder, und gewinnen daraus die verborgene Energie.\||  
---

||GLÜHBIRNE!

Nährstoffe

|Die in Pflanzen| gespeicherte Energie stammt also ursprünglich von der |Sonne|. Manche |Tiere| fressen Pflanzen, und somit gelangen die Joule in ihren Organismus. Andere Tiere wiederum fressen Tiere, die vorher Pflanzen gefressen haben. Und wir |Menschen| essen in der Regel Pflanzen und Tiere. Die Joule in deiner pflanzlichen und tierischen Nahrung lassen sich in jedem Fall immer |bis zur Sonne| zurückverfolgen, können aber in verschiedenen Formen vorliegen. Dein Organismus kann nicht nur den |Kohlenhydraten|, sondern auch |Fetten| und |Proteinen| die Energie entziehen (Tab. 18.1).\||  
---

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nährstoff | Brennwert | Beispiel |
| Kohlenhydrate | 17 kJ/g | Traubenzucker, Kristallzucker, Milchzucker |
| Fette | 39 kJ/g | Speisefette und -öle |
| Proteine | 17 kJ/g | Eiweiß, Fleisch, Fisch |

||T 18.1 Brennwerte (chemische Energie oder auch Nährwert) der Nährstoffe: 1 kJ (Kilojoule) sind 1000 J (Joule).\||  
---

||GLÜHBIRNE!

Eine etwas andere Bombe

Den Nahrungsmitteln wird das Wasser entzogen, und sie werden in einen |Stahlbehälter| gegeben, die so genannte "|Bombe|" (B 18.7). In ihr befindet sich |reiner Sauerstoff| unter hohem Druck, damit das Feuer ordentlich prasselt. Nach der Zündung durch einen Funken wird gemessen, wie stark das Wasser sich erwärmt. Daraus kann man exakt auf den |Brennwert| schließen. Im Körper läuft die Verbrennung zwar anders ab, aber das Ergebnis ist dasselbe. 1 Gramm Kohlenhydrate zum Beispiel liefert sowohl im Körper als auch in der Bombe 17 kJ an Wärmeenergie.

{{Grafik: B 18.7 So wird der Brennwert (= chemische Energie) der Nahrung ermittelt.}}\||  
---

Was hat es nun mit der Bezeichnung |Brennwert| auf sich (A1)? Das ist bloß ein anderer Ausdruck für die |chemische Energie| der Nährstoffe (Tab. 18.1). Diese wird in deinem Körper mit Hilfe von Sauerstoff freigesetzt (B 18.6 b), und dabei entsteht Wärme. Einen solchen Vorgang nennt man allgemein |Verbrennung|. Und deshalb nennt man die chemische Energie der Nährstoffe auch Brennwert. Um diesen zu ermitteln, werden |Nahrungsmittel| tatsächlich unter besonderen Bedingungen |verbrannt| (Info: Eine etwas andere Bombe). Manche Lebensmittel wie Walnüsse (A2) oder Bitterschokolade kannst du sogar unter normalen Bedingungen verbrennen.

{{Grafik: B 18.8 Ein Kalorimeter: Damit kann man die Wärmeabgabe eines Menschen direkt messen.}}

j-25 - Wärmehaushalt von Lebewesen

Die chemische Energie der Nahrung wird in deinem Körper nicht direkt in Wärme umgewandelt, sondern es werden damit zunächst |Organe| wie Gehirn, Lunge oder Leber betrieben und deine |Muskeln| bewegt. Aber letzten Endes wird jedes Joule deiner Nahrung in |Wärme| umgewandelt (Info: Körperheizung). Man kann diese Abwärme |direkt| messen, wenn man dich in eine Art Röhre schiebt (B 18.8). Weil das eng und unbequem ist, misst man die Wärmeabgabe aber meistens |indirekt| über den Sauerstoffverbrauch (B 18.9).

{{Grafik: B 18.9 Indirekte Messung der Wärmeabgabe mit Hilfe des Sauerstoffverbrauchs}}

||GLÜHBIRNE!

Körperheizung

Mit wie viel |Watt| wird der Körper eines Menschen geheizt? Überlegen wir für eine Person mit |40 kg|. In Ruhe gilt die Faustregel: |Pro Kilogramm Körpermasse| |1 Watt Heizleistung|. Das macht also 40 W (siehe B 18.10 a). Wie sieht es im Durchschnitt über den ganzen Tag aus? |Jugendliche| in deinem Alter haben einen Tagesbedarf von etwa |8.000 kJ|. Diese Energie wird letztlich komplett in Wärme umgewandelt. Daraus lässt sich eine durchschnittliche Heizleistung von |90 W| abschätzen (siehe A 17, S. 28). Wenn die Person einen Kilometer in 5 Minuten läuft, dann liegt die Heizleistung sogar bei |560 W| (siehe A 18, S. 28).

{{Grafik: B 18.10 Drei Beispiele für Heizleistungen einer Person mit 40 kg: a) in Ruhe, b) im Schnitt über einen ganzen Tag, c) beim Laufen mit 5 Minuten pro Kilometer}}\||  
---

||WICHTIG!

Durch |Photosynthese| gelangt die Energie aus der Wärmestrahlung der |Sonne| zunächst in die Pflanzen, und über viele Zwischenschritte durch die |Nahrung| in deinen Körper. Dort wird sie letztlich komplett in |Wärme| umgewandelt. Deine Heizleistung liegt irgendwo zwischen 40 W in Ruhe und einigen Hundert Watt, wenn du gerade Bewegung machst.\||  
---

### !!18.2 Welche Fläche hat deine Haut? - Wärmeregulation deines Körpers

Sowohl die |Heizleistung| deines Körpers als auch die |Außentemperaturen| können beträchtlich schwanken. Wie kann dein Körper trotzdem seine Temperatur nahezu konstant halten?

+++A5.) Für die Wärmeabgabe ist die |Oberfläche deiner Haut| sehr wichtig. Aber welche Größe hat diese? Gib mal einen schnellen Tipp ab!

-----

+++A6.) Der Mann links ist ziemlich |entspannt|, aber der Bursche rechts scheint doch etwas |nervös| zu sein (B 18.11). Woran kann man das erkennen?

{{Bild: B 18.11 Was kann man aus dem Bild herauslesen?}}

{{Übung nicht durchführbar}}

-----

+++A7.) Welche Arten von |Wärmetransport| gibt es? Wie "funktioniert" |Kleidung|? Lies in Kapitel 17 nach!

-----

+++A8.) |Befeuchte| deine |Hände| etwas, und blase dann seitlich über sie darüber. Was kannst du spüren? Wie kannst du den Effekt erklären?

-----

+++A9.) In manchen Gegenden gibt es angeblich |Bernhardiner| mit |Schnapsfässchen|, die bei großer Kälte Menschen in Not zu Hilfe eilen (B 18.12). Stimmt's?

-----

Dein Körper heizt ständig, in Ruhe zum Beispiel mit rund 40 W (B 18.10). Er gibt diese Wärme aber auch pausenlos ab, und zwar über |Wärmeleitung, Wärmeströmung| und |Wärmestrahlung| (A7 und B 18.13). Deshalb kann dein Körper in Summe seine Temperatur halten. Er hat aber noch Tricks auf Lager, zum Beispiel |Schweiß|! Um Wasser zu verdunsten, braucht man immer Energie. Diese Joule holt sich der Schweiß von der Haut, wodurch diese wiederum abkühlt (A8). Der erste Trick lautet also: |Abkühlung| des Körpers |durch Verdunstung| von Wasser!

j-26 - Wärmehaushalt von Lebewesen

{{Grafik: 40 W Wärmeabgabe

a Wärmeleitung

b Wärmeströmung

10 W

c Wärmestrahlung

20 W

d Verdunstung

10 W}}

||B 18.13 Richtwerte für die Wärmeabgabe deines Körpers in Ruhe: Er befindet sich dann im |Temperaturgleich|. Er wird mit 40 W geheizt, gibt die Wärme aber auch wieder mit 40 W ab.\||  
---

GLÜHBIRNE!

Haut

Deine Hautoberfläche kannst du einfach abschätzen:

1) Mache in B 18.14 eine |waagrechte Linie| in der Höhe, die deiner |Körpergröße| entspricht. In der Abbildung ist das beispielhaft bei 140 cm eingezeichnet.

2) Mache eine |senkrechte Linie| an der Stelle, die deiner |Masse| in Kilogramm entspricht (z. B. 40 kg).

3) Suche den |Schnittpunkt| und überprüfe, in welchem Bereich der Kurven er liegt. In unserem Beispiel beträgt die Körperoberfläche zwischen 1,2 und 1,3 m^2.

{{Grafik: B 18.14 Diagramm zur Ermittlung deiner Hautoberfläche}}

Wenn du bei Hitze Sport betreibst, kannst du locker |einen Liter Schweiß pro Stunde| verlieren. Somit kann dein Körper auch unter extremen Bedingungen seine Temperatur halten. Die |Hautoberfläche| spielt bei der Kühlung eine bedeutende Rolle. Sie beträgt in deinem Alter etwa 1,2 bis 1,3 m^2 (Info: Haut).

Die Haut hat aber noch einen zweiten Trick auf Lager: Sie kann nämlich ihre |Temperatur verändern|! Wie macht sie das? Wenn es draußen |kalt| ist, dann |ziehen| sich die |Arterien| in der Haut (B 18.15) |zusammen|. Es strömt weniger warmes Blut durch und die Haut wird kälter, vor allem an Händen und Füßen (B 18.16 a).

Dadurch wird die Wärmeabgabe verringert. Zusätzlich hilft man sich natürlich auch mit warmer Kleidung (Kap. 17.2, S. 17). Auch bei |Nervosität| werden die Hände kalt, weil sich die Arterien dort zusammenziehen (A6).

{{Grafik: B 18.15 Querschnitt durch die Haut}}

Wenn es draußen |warm| ist oder deine Körpertemperatur durch Sport steigt, |erweitern| sich die |Arterien|. Deine Haut wird wärmer (B 18.16 b) und die Wärmeabgabe erhöht sich. Das passiert auch, wenn man |Alkohol| trinkt, weshalb "Aufwärmen durch Alkohol" im Winter nicht funktioniert - auch wenn das alle Nase lang behauptet wird (Info: Die Legende vom Schnapsfässchen).

||GLÜHBIRNE!

Die Legende vom Schnapsfässchen

Wenn man |Alkohol| trinkt, dann |erweitern| sich die |Arterien| der Haut (c). Diese ist dann so gut durchblutet, als wäre es draußen superwarm (b). Man hat dann zwar |den Eindruck|, dass einem warm wird, aber in Wirklichkeit kühlt man innen noch weiter aus. Deshalb darf man einem |Frierenden| unter |keinen Umständen Alkohol geben| (A9). Die Geschichte vom Bernhardiner mit dem Schnapsfässchen ist eine Legende, die man aber immer wieder hören kann.

{{Grafik: B 18.16 Hautwärme unter normalen Bedingungen (a und b) und wenn man Alkohol getrunken hat (c).}}\||  
---

||WICHTIG!

Dein Körper gibt seine Wärme durch |Wärmeleitung|, |Wärmeströmung| und |Wärmestrahlung| ab. Diese drei Effekte sind umso stärker, je wärmer die Haut ist. Diese kann durch |Erweitern| und |Zusammenziehen| der |Arterien| ihre Temperatur verändern. Außerdem kann sie durch |Schwitzen| zusätzlich gekühlt werden.\||  
---

j-27 - Wärmehaushalt von Lebewesen

### !!18.3 Eisbär, Elefant und Co. - Die Wärmetricks der Tiere

|Tiere| haben ein paar spezielle Tricks auf Lager, um optimal mit Wärme und Kälte umzugehen, und wir sehen uns einige davon an.

+++A10.) Der |Eisbär| verwendet zwei verblüffende physikalische Tricks, um mit den arktischen Temperaturen umzugehen. Welche sind das?

-----

+++A11.) Warum hat ein |afrikanischer Elefant| größere Ohren als ein |indischer|? Warum hatte das |Mammut| so kleine Ohren (B 18.17)?

{{Grafik: B 18.17 afrikanischer Elefant, indischer Elefant, Mammut}}

-----

+++A12.) Es hat einen physikalischen Grund, warum ein |Kaiser-Pinguin| 120 cm groß ist, ein |Galápagos- Pinguin| aber nur 50 cm. Welchen?

-----

Es gibt Wärmetricks, bei denen Tiere etwas Bestimmtes |machen| müssen. |Vögel| plustern ihr |Federkleid| auf, um es wärmer zu haben (B 17.16, S. 18), |Hunde| hecheln mit der |Zunge|, um Wärme loszuwerden. Es gibt aber auch Wärmetricks aufgrund des Körperbaus. Zum Beispiel ist jedes einzelne Haar im |Eisbärenfell| hohl (A10 und B 18.19) und isoliert dadurch besser. Außerdem ist die |Haut| von Eisbären überraschender Weise |schwarz|! Dadurch kann sie mehr Wärmestrahlung von der Sonne aufnehmen.

{{Bild: B 18.19 Ein Eisbärhaar unter dem Mikroskop}}

Elefantenohren sind nicht deswegen so groß, damit die Dickhäuter besser hören können. Sie helfen, |Körperwärme abzugeben| (A11). Weil es in Afrika so heiß ist, haben die Elefanten dort die größten Ohren. Die ausgestorbenen Mammuts hatten winzige Lauscher, weil es in ihrem Lebensraum eben viel kälter war. Bei den |Füchsen| ist das mit den Ohren ganz genauso (B 18.20).

{{Grafik: B 18.20 Wüstenfuchs, Rotfuchs, Polarfuchs - Je kälter der Lebensraum, desto kleiner die Fuchsohren!}}

Die Sache mit den Pinguinen (A12) ist ein Hirnverzwirner. Allgemein ist für die Wärmeproduktion das Volumen der Lebewesen bestimmend, weil die Wärme von den Organen und Muskel erzeugt wird, und für die Wärmeabgabe die Körperoberfläche. Bei kleinen Tieren ist die Körperoberfläche im Verhältnis zum Volumen größer (Info: Würfelmäuse). Sie verlieren dadurch leichter Wärme als ihre großen Verwandten und müssen deshalb in wärmerer Umgebung leben. Ein Galapagos-Pinguin würde in der Arktis erfrieren! Das erklärt auch, warum kleine Mäuse viel aktiver sind als große Mäuse oder Ratten: Wären sie nicht so rastlos, würden sie erfrieren.

||GLÜHBIRNE!

Würfelmäuse

Stell dir zwei würfelförmige Mäuse mit 1 cm und 2 cm Seitenlänge vor (B 18.21). Bei der kleinen Maus kommen auf 1 cm3 Volumen, das die Wärme erzeugt, 6 cm^2 Oberfläche, die die Wärme wieder abgibt (a). Bei der großen Maus sind es pro 1 cm^3 nur 3 cm^2 (b). Es ist ein allgemeiner Zusammenhang, der für alle Tiere gilt -nicht nur für Würfelmäuse: Kleine Tiere haben im Vergleich zum Volumen immer eine größere Oberfläche und kühlen daher leichter aus.

{{Grafik: B 18.21 Verblüffend: Das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen hängt von der Größe eines Dings ab.}}\||  
---

||WICHTIG!

Tiere arbeiten mit allen möglichen Tricks, um die Wärmeabgabe zu verhindern. Dabei spielt auch die Größe der Tiere eine ganz entscheidende Rolle. Kleine Tiere verlieren viel leichter Wärme als große.\||  
---

j-28 - Wärmehaushalt von Lebewesen

### !!18.4 Turbozwergspitzmäuse - Übung und Vertiefung

+++A13.) |LÖS| Alle Reptilien wie Schlangen (B 18.22) oder -> L Eidechsen legen sich wie die Menschen gerne in die Sonne. Allerdings wollen sie nicht braun werden. Was wollen sie dann?

{{Bild: B 18.22 Eine Kreuzotter, die auch bei uns in Österreich heimisch ist.}}

-----

+++A14.) |LÖS| Das Anfressen eines Winterspecks hat für einen Bären gleich zwei Vorteile! Welche? Hilf dir mit Tab. 18.1 (S. 24) und Tab. 17.1 (S. 16).

-----

+++A15.) |LÖS| Eigentlich könnte man sagen, dass Wärme -> L für Mensch und Tier ein nützlicher Abfall ist. Was könnte damit gemeint sein?

-----

+++A16.) |LÖS| Fülle in zwei Gläser dieselbe Menge heißes Wasser. Stülpe über eines einen warmen Fäustling (B 18.23). In welchem Glas kühlt das Wasser schneller aus und warum?

-----

+++A17.) |LÖS| In Info: Körperheizung (S. 25) ist davon die Rede, dass 8.000 kJ Tagesbedarf eine durchschnittliche Heizleistung von rund 90 W ergeben. Überprüfe diese Angabe und gehe dabei so vor:

1) Schau auf S. 10 nach, wie die Leistung definiert ist und welcher Zusammenhang zwischen Watt, Joule und Sekunden besteht.

2) Berechne, wie viele Sekunden ein Tag hat.

Gehe dabei von den dir bekannten Zahlen aus.

3) Rechne 8.000 kJ (Kilojoule) in Joule um. Hilf dir mit der Bildunterschrift von Tab. 18.1 (S. 24).

4) Berechne nun mit Hilfe von 1) bis 3) die Heizleistung.

-----

+++A18.) |LÖS| In Info: Körperheizung auf S. 25 ist davon die Rede, dass eine Person mit 40 kg, die einen Kilometer in 5 Minuten läuft, eine Heizleistung von 560 W hat. Dazu musst du wissen, dass man beim Laufen pro Kilometer und pro Kilogramm 4,2 kJ an Energie dabei so vor:

1) Schau in Kap. 16.4 auf S. 10 nach, wie die Leistung definiert ist und welcher Zusammenhang zwischen Watt, Joule und Sekunden besteht.

2) Rechne aus, wie viele Kilojoule beziehungsweise Joule die Person mit 40 kg pro Kilometer benötigt. Hilf dir mit der Bildunterschrift von Tab. 18.1 (S. 24).

3) Berechne, wie viele Sekunden 5 Minuten haben.

4) Berechne mit den Daten aus 1) bis 3) die Leistung.

-----

+++A19.) |LÖS| Eine Zwergspitzmaus (B 18.24) muss täglich so viel Nahrung fressen, wie sie selbst wiegt. Warum ist das so? Stell dir mal vor, du müsstest jeden Tag 40 kg Nahrungsmittel verputzen!

{{Bild: B 18.24 Eine halbe Handvoll Zwergspitzmaus}}

-----

+++A20.) |LÖS| Die Haut von Eisbären ist schwarz, damit möglichst viel von der Wärmestrahlung der Sonne aufgenommen wird. Wäre es aber nicht besser, wenn überhaupt gleich das Fell schwarz wäre?

-----

+++A21.) |LÖS| In B 18.25 siehst du das Wärmebild eines Löwen. Wo findet der größte Wärmeverlust statt und warum? Warum zeigt das Bild sehr schön die Wirkung eines dichten Pelzes?

-----

+++A22.) |LÖS| Wenn du aus dem Bad oder aus der Dusche steigst, dann ist es immer saukalt, auch wenn es im Badezimmer eigentlich schön warm ist. Hast du das schon mal bemerkt? Warum ist das so?

-----

+++A23.) Wenn du einen Taschenrechner mit Wurzelfunktion hast, kannst du deine Körperoberfläche in einem Aufwasch mit dieser Formel berechnen:

Oberfläche in m^2 ='w(Größe in cm x Masse in kg)/60

-----

j-29 - Wärme und Kälte erzeugen und nutzen

||ZI: CODE: ze9vh4\||

# !!Wärme und Kälte erzeugen und nutzen

## !!19 Der Hogwarts-Express

Wärme ist die ungeordnete Bewegungsenergie der Teilchen (Kap.16, S. 5). Wie sie entsteht und wie man sie nutzen kann, bevor sie in der Umgebung verduftet, erfährst du in diesem Kapitel. Eine ganz wichtige Anwendung sind Motoren in Autos, bei denen die Wärmeenergie in Bewegungsenergie umgewandelt wird. In B 19.1 siehst du, wie 1885 alles begann. Im Jahr 2010, also 125 später, wurde die Schallmauer von 1 Milliarde Kraftfahrzeugen auf unserer Erde durchbrochen. Sagenhaft, oder!?

{{Bild: B 19.1 Der "Benz Patent-Motorwagen Nummer 1" wurde von Carl Benz 1885 erbaut und gilt als das erste praxistaugliche Auto der Welt.}}

### !!19.1 Am Anfang war das Feuer - Wie Wärme erzeugt wird

Wärme kann man zum Beispiel erzeugen, indem man durch mechanische, elektrische oder chemische Energie die Bewegung der Teilchen in einem Stoff erhöht. Wir sehen uns dazu ein paar Beispiele an.

+++A1.) Presse deine Handflächen zusammen und reibe diese einige Male kräftig aneinander (B 19.2). Was kannst du bemerken und wie kann du das erklären?

-----

+++A2.) Beim Tauklettern darfst du niiiiemals mit Karacho runterrutschen, während du noch das Tau in den Händen hältst. Warum?

-----

+++A3.) Nimm ein Stückchen dicken Draht und biege diesen mindestens 10-mal hin und her (B 19.3). Was passiert und warum?

-----

+++A4.) Nimm ein bisschen extrafeine Stahlwolle und halte die Pole einer 9 V-Batterie dagegen (B 19.4). Was passiert und warum?

-----

+++A5.) Wie "funktioniert" ein Feuer? Was passiert in den glühenden Kohlen (B 19.5) in einem Kamin?

-----

Wärme ist die ungeordnete Bewegungsenergie der Teilchen (Kap. 16, S. 5). Wenn man diese Teilchenbewegungen erhöht, hat man zusätzliche Wärme erzeugt. Eine Möglichkeit ist durch Reibung oder genauer gesagt Reibungskraft. Sie entsteht durch mikroskopisch kleine Unebenheiten an den Oberflächen sich berührender Körper (B 19.6 a). Wenn sie gegeneinander verschoben werden, rattern die Kontaktflächen übereinander und die Teilchen beginnen heftiger zu schwingen (b). Kurz: Sie erwärmen sich!

{{Grafik: B 19.6 Vereinfachte Darstellung der Entstehung von Reibungswärme}}

j-30 - Wärme und Kälte erzeugen und nutzen

Deshalb werden durch Reiben deine Handflächen warm (A1), und beim Tauklettern kannst du dir diese sogar saftig verbrennen (A2). Auch Autobremsen funktionieren mit Reibung. Dabei werden Bremsklötze aus Gummi gegen Bremsscheiben gedrückt. In manchen Fällen können diese so heiß werden, dass sie zu glühen beginnen (B 19.7).

{{Bild: B 19.7 Glühende Vorderbremsen bei einem Sportwagen}}

Die Erzeugung von Wärme durch Reibung war für die Geschichte der Menschheit unheimlich wichtig. Durch das Drehen eines Rundstabes konnten unsere Vorfahren gezielt ein Feuerchen entfachen (B 19.8). Das war nicht nur praktisch zum Kochen und Braten, sondern man konnte die Höhle wärmen und beleuchten und das Feuer bot Schutz vor Raubtieren und Insekten. In späterer Zeit wurden mit Feuer Keramiken erzeugt und Erze geschmolzen. Ohne diese Entdeckung hätte sich die Menschheit wohl kaum entwickeln können.

{{Bild: B 19.8 Feuermachen mit Hilfe von Reibung in der Steinzeit}}

Werfen wir einen kurzen Blick auf die Erzeugung von Wärme durch Verformung. Auch wenn du ein Stück Draht hin und her biegst (A3), erhöhst du die Bewegung der Teilchen im Inneren, und der Draht erwärmt sich. Bei einem hüpfenden Ball entsteht bei jedem Bodenkontakt durch Verformung Wärme (Info: Boing Boing, S. 8). Besonders dramatisch ist dieser Effekt, wenn ein großer Meteorit aufschlägt. Beim Zusammenstauchen entsteht so viel Hitze, dass der Brocken komplett verdampft (Info: Krawumm und weg!).

||GLÜHBIRNE!

Krawumm und weg!

Vor 50.000 Jahren schlug in Arizona ein Meteorit mit etwa 45 m Größe sowie geschätzten 70.000 km/h ein und erzeugte den beeindruckenden Barringer-Krater (B 19.9). Die gesamte Bewegungsenergie des Brockens wurde dabei in Wärme umgewandelt.

Die freiwerdende Energie entsprach etwa der von 150 Hiroshima-Bomben und verdampfte den Meteoriten vollständig. Auch der "Saurier-Meteorit" (B 16.5, S. 6) wurde vollkommen verdampft und verteilte sich als dünne Schichte über die gesamte Erde.

{{Bild: B 19.9 Der Barringer-Krater ist 170 m tief und hat einen Durchmesser von 1,2 km.}}\||  
---

Beim Verbrennen von Holz oder Kohle (A5) passiert praktisch genau dasselbe wie beim Verbrennen von Nährstoffen im Inneren deines Körpers (Kap. 18.1, S. 24). Mit Hilfe von Sauerstoff (O2) werden neue Substanzen erzeugt, und dabei wird jene chemische Energie freigesetzt und in Wärme umgewandelt, die sich vorher in den Brennstoffen befunden hat. Bei Nahrung und Brennstoffen wird pro Gramm auch ähnlich viel Energie freigesetzt (B 19.10 und Tab. 19.1). Wohnungen werden in der Regel so geheizt, dass Erdgas, Öl oder Holz in irgendeiner Form verbrannt wird.

|  |  |
| --- | --- |
| Nährstoff | Brennwert |
| Erdgas | 36-50 kJ/g |
| Benzin | 44 kJ/g |
| Fette | 39 kJ/g |
| Steinkohle | 29-33 kJ/g |
| Holz | 19 kJ/g |
| Proteine | 17 kJ/g |
| Kohlenhydrate | 17 kJ/g |

||T 19.1 Brennwerte der Nahrung (grau unterlegt) im Vergleich mit Brennwerten von Brennstoffen\||  
---

{{Grafik: B 19.10 Was beim Verbrennen von Brennstoffen passiert. Vergleiche mit B 18.6, S. 24.

Brennstoff (Holz, Kohle, Benzin, Gas) + Sauerstoff (O\_2) = Asche + Kohlenstoffdioxid (CO\_2) + Energie}}