

# Grundwissenskatalog Physik Jahrgangsstufe 9

## Mechanische Energie

### Energie

Energie liegt in verschiedenen Formen vor. Sie kann von einer Energieform in eine andere umgewandelt werden und lässt sich von einem Gegenstand auf einen anderen übertragen. Wir unterscheiden folgende mechanische Energieformen:

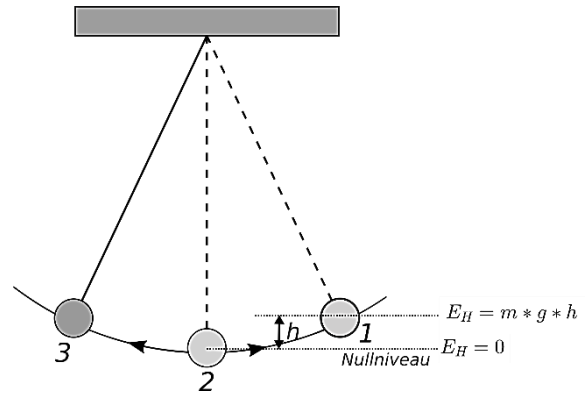
#### 1. Die Höhenenergie

Die Höhenenergie eines Körpers der Masse  $m$ , der sich in der Höhe  $h$  über dem Nullniveau befindet, wird über folgende Formel berechnet:

$$E_H = m \cdot g \cdot h \quad \text{mit } g = \text{Fallbeschleunigung}$$

$$\text{Einheit: } [E_H] = 1 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} = 1 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ J (Joule)}$$

Das Nullniveau bezeichnet das Niveau, von dem aus die Höhe gemessen wird. Es kann frei gewählt werden, muss dann aber für weitere Rechnungen beibehalten werden. Befindet sich der Körper unterhalb des Nullniveaus, so ist seine Höhenenergie negativ.



#### 2. Die kinetische Energie

Die kinetische Energie (Bewegungsenergie) eines Körpers der Masse  $m$  und der Geschwindigkeit  $v$  wird über folgende Formel berechnet:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad \text{Einheit: } [E_{kin}] = 1 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ J (Joule)}$$

➔ Bei Energieumwandlungen gilt stets das **Prinzip der Energieerhaltung**: In einem reibungsfreien System ist die Gesamtenergie, also die Summe aller potenziellen und aller kinetischen Energien aller beteiligten Körper zu jeder Zeit gleich groß, wenn es von außen nicht beeinflusst wird. Dabei kann die Gesamtenergie auf unterschiedliche mechanische Energieformen verteilt sein.

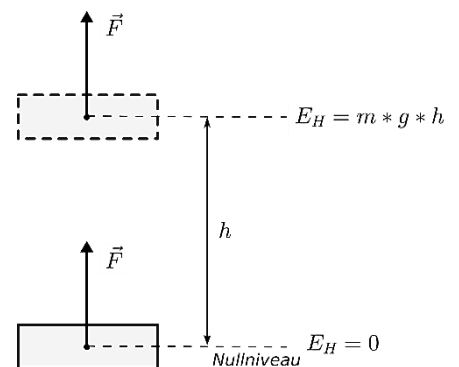
### Arbeit

Wirkt auf einen Körper längs eines Weges eine Kraft  $\vec{F}$  in Richtung des Weges, so ändert sich dessen mechanische Energie. Die Energiedifferenz  $\Delta E$  bezeichnet man als Arbeit  $W$  (von engl. „work“):

$$W = \Delta E \quad \text{Einheit: } [W] = 1 \text{ J (Joule)}$$

Dabei unterscheidet man 2 Fälle:

1. Die Energie des Gegenstandes ist nachher größer als vorher. In diesem Fall ist  $W$  positiv – d.h. am Gegenstand wurde Arbeit verrichtet.
2. Die Energie des Gegenstandes ist nachher geringer als vorher. In diesem Fall ist  $W$  negativ – der Gegenstand selbst hat Arbeit an der Umgebung verrichtet.



Wirkt eine konstante Kraft  $F$  in Richtung des Weges, so lässt sich der Betrag der Arbeit direkt über folgende Formel berechnen:

$$W = F \cdot \Delta x \quad \text{Einheit: } [W] = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ J}$$

Stehen Kraft- und Bewegungsrichtung zueinander senkrecht, so wird keine Arbeit verrichtet.

## Leistung

Die Leistung  $P$  (von engl. „power“) gibt an, wie schnell eine Energieumwandlung stattfindet, d.h. in welcher Zeitspanne  $\Delta t$  eine bestimmte Arbeit  $W$  verrichtet oder eine bestimmte Energiemenge  $\Delta E$  übertragen bzw. umgewandelt wird:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{W}{\Delta t} \quad \text{Einheit: } [P] = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \text{ W (Watt)}.$$

## Elektrische Energie

### Elektrische Ladung

Die elektrische Ladung  $Q$  misst man in der Einheit

$$[Q] = 1 \text{ C (Coulomb)}$$

Der Betrag jeder elektrischen Ladung ist stets ein ganzzahliges Vielfaches der Elementarladung  $e$  (kleinste in der Natur frei vorkommende Ladung):

$$Q = N \cdot e \quad \text{mit } e = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Elektronen besitzen die Ladung  $Q_{\text{Elektron}} = -e$ . Protonen tragen die betragsmäßig gleich große Ladung mit entgegengesetzten Vorzeichen:  $Q_{\text{Proton}} = +e$ .

### Zusammenhang Ladung – Stromstärke

Die elektrische Stromstärke  $I$  gibt an, welche Ladungsmenge  $\Delta Q$  pro Zeiteinheit  $\Delta t$  (z.B. innerhalb einer Sekunde) durch den Querschnitt eines Leiters transportiert wird:

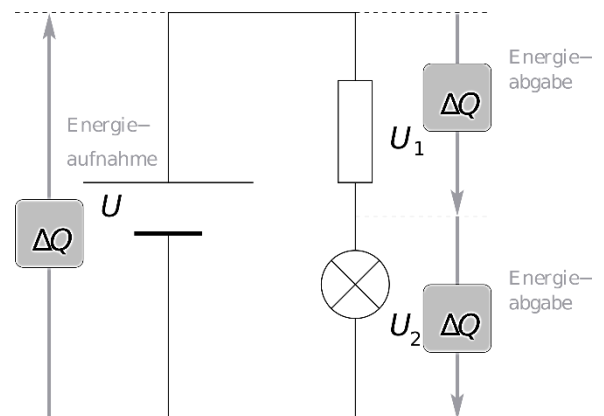
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad \text{Einheit: } [I] = 1 \frac{\text{C}}{\text{s}} = 1 \text{ A} = 1 \text{ Ampère}$$

### Elektrische Energie

Durchläuft eine Ladungsmenge  $\Delta Q$  zwischen zwei Punkten im Stromkreis die Spannung  $U$ , so nimmt sie an einer Elektrizitätsquelle die Energie  $\Delta E$  auf, in einem Widerstand („Verbraucher“) gibt sie die Energie  $\Delta E$  ab:

$$\Delta E = U \cdot \Delta Q \quad \text{Einheit: } [\Delta E] = 1 \text{ V} \cdot \text{C} = 1 \text{ V} \cdot \text{As} = 1 \text{ J}$$

Während die elektrische Energie in elektrischen Bauteilen bzw. Geräten umgewandelt wird, werden die elektrischen Ladungen dem Stromkreis nicht entzogen. Die Anzahl der Ladungsträger im Stromkreis bleibt (bei sonst gleichen Bedingungen) konstant.



### Spannung und Potenzial

Im Höhenmodell entspricht der Höhenlage  $h$  das elektrische Potenzial  $\varphi$ .

Die Spannung  $U$  zwischen zwei Punkten im Stromkreis entspricht der Potentialdifferenz  $\Delta\varphi$  zwischen dem höheren und dem niedrigeren Potenzial:

$$U = \Delta\varphi \quad \text{Einheit: } [\varphi] = 1 \text{ V (Volt)}$$

### Elektrische Leistung

Die elektrische Leistung  $P$  gibt an, welche Energiemenge  $\Delta E$  pro Zeiteinheit  $\Delta t$  in einem Stromkreis umgesetzt wird:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{\Delta Q \cdot U}{\Delta t} = U \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta t} = U \cdot I$$

Aus der Formel  $P = U \cdot I$  ergibt sich die Einheit  $[P] = 1 \text{ V} \cdot \text{A} = 1 \text{ W (Watt)}$

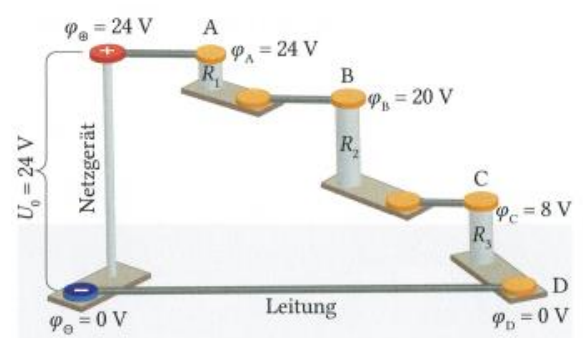


Bild entnommen aus: Gleixner, Ch.: Dorn.Bader Physik 9 Gymnasium Bayern, 1. Auflage, Westermann Bildungsmedien Verlag, Braunschweig 2021

## Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad  $\eta$  (sprich „eta“) ist definiert als Quotient aus genutzter Energie  $\Delta E_{\text{nutz}}$  und insgesamt aufgewendeter Energie  $\Delta E_{\text{auf}}$ :

$$\eta = \frac{\Delta E_{\text{nutz}}}{\Delta E_{\text{auf}}}$$

Da  $\Delta E_{\text{nutz}}$  ein Teil von  $\Delta E_{\text{auf}}$  ist, werden beide in der gleichen Zeitspanne  $\Delta t$  verrichtet. Deshalb kann der Wirkungsgrad  $\eta$  auch aus den Leistungsdaten ermittelt werden:

$$\eta = \frac{\Delta E_{\text{nutz}}/\Delta t}{\Delta E_{\text{auf}}/\Delta t} = \frac{P_{\text{nutz}}}{P_{\text{auf}}}$$

Der Wirkungsgrad  $\eta$  ist also ein Maß für die Effektivität.  $\eta$  ist eine dimensionslose Zahl, die häufig in Prozent angegeben wird. Maximal kann der Wirkungsgrad somit den Wert 1 annehmen.

## Licht und Atome

### Modelle für Licht

Licht kann man sich entweder als Lichtbündel bzw. -strahlen („Strahlenmodell“) oder als Strom von Lichtteilchen, sog. Photonen („Photonenmodell“) vorstellen.

### Das Photonenmodell:

- Photonen sind keine Teilchen im herkömmlichen Sinn. Sie entstehen bei der Emission (Aussendung) und nehmen dabei Energie auf. Bei ihrer Absorption werden sie vernichtet und geben dabei ihre Energie ab.
- Im Vakuum bewegen sich alle Photonen mit Lichtgeschwindigkeit  $c$  ( $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ).
- Die Energie der Photonen hängt mit der Farbe zusammen. Die Photonenenergie nimmt vom roten zum violetten Ende des kontinuierlichen Spektrums stetig zu.

Die Energie der Photonen wird in der Einheit „Elektronenvolt“ angegeben. Ein Elektronenvolt ist der Betrag der Energie, die ein Elektron beim Durchlaufen einer Spannung von 1V aufnimmt oder abgibt.

$$\text{Einheit } [E_{ph}] = 1\text{eV} = 1\text{Elektronenvolt} = 1,6022 \cdot 10^{-19}\text{J}$$

Die Energie der Photonen des sichtbaren Lichts liegt zwischen 1,6eV (rot) und 3,3eV (violett).

### Spektren

Licht kann durch geeignete Experimente in seine Spektralfarben zerlegt werden (vgl. „Regenbogenfarben“).

Grundsätzlich unterscheidet man:

- das kontinuierliche Spektrum, welches z.B. bei der spektralen Zerlegung von weißem Licht durch ein Prisma entsteht. Das Licht der Spektralfarben ist nicht weiter zerlegbar.



Bild entnommen aus: Gleixner, Ch.: Dorn.Bader Physik 9 Gymnasium Bayern, 1. Auflage, Westermann Bildungsmedien Verlag, Braunschweig 2021

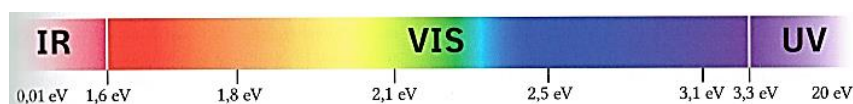


Bild entnommen aus: Gleixner, Ch.: Dorn.Bader Physik 9 Gymnasium Bayern, 1. Auflage, Westermann Bildungsmedien Verlag, Braunschweig 2021

- das Emissionsspektrum mit farbigen Linien: Es entsteht, wenn man chemische Elemente zum Leuchten anregt. Da das Spektrum aus einzelnen farbigen Linien besteht, nennt man ein solches Spektrum „Linienpektrum“.



Bild entnommen aus: Gleixner, Ch.: Dorn.Bader Physik 9 Gymnasium Bayern, 1. Auflage, Westermann Bildungsmedien Verlag, Braunschweig 2021

- o das Absorptionsspektrum mit schwarzen Linien: Es entsteht, wenn man ein Gas oder eine Flüssigkeit mit weißem Licht durchleuchtet.

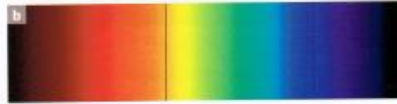


Bild entnommen aus: Gleixner, Ch.: Dorn.Bader Physik 9 Gymnasium Bayern, 1. Auflage, Westermann Bildungsmedien Verlag, Braunschweig 2021

### Das Energiestufenmodell der Atomhülle

Ein Photon kann von einem Atom nur dann absorbiert werden, wenn die Energie des Photons genau der Differenz zwischen dem momentanen Energiezustand des Atoms und einem möglichen höheren Zustand entspricht. Das Atom wird durch die Absorption eines Photons in diesen höheren Energiezustand überführt („angeregt“). Eine Anregung ist aber z.B. auch durch einen Stoß mit einem anderen Teilchen möglich.

Geht ein Atom von einem Energiezustand in einen niedrigeren über, so wird ein Photon emittiert, dessen Energie genau der Differenz der Energiezustände vorher und nachher entspricht.

Die Energiestufen ebenso wie die Emissions- und Absorptionsspektren sind spezifisch, also typisch für die jeweilige Atomsorte. Alle Atome, die zu einem chemischen Element gehören, haben dieselben Energiestufen.

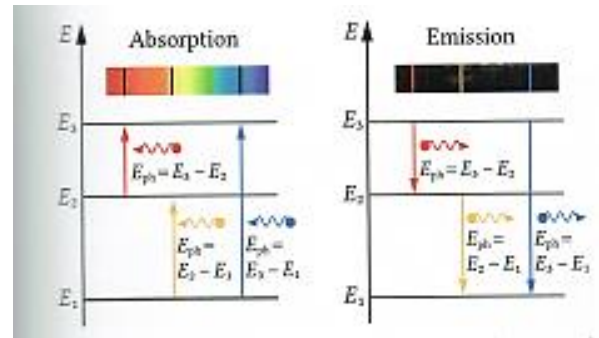


Bild entnommen aus: Gleixner, Ch.: Dorn.Bader Physik 9 Gymnasium Bayern, 1. Auflage, Westermann Bildungsmedien Verlag, Braunschweig 2021

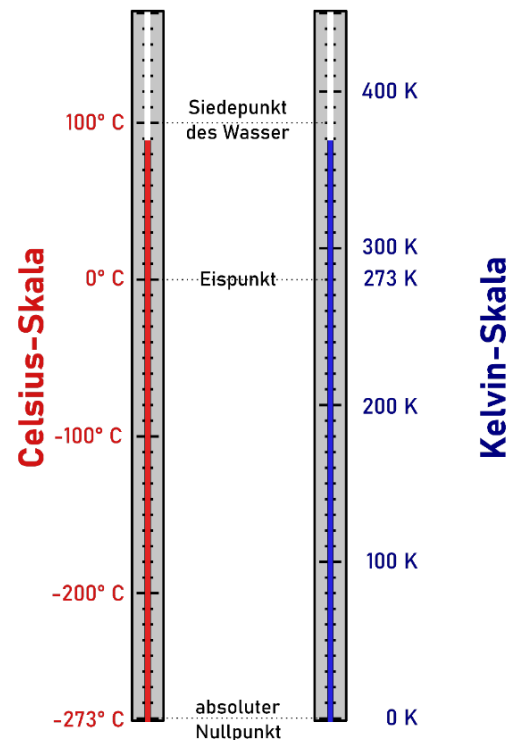
### Risiken von optischer Strahlung

Beim Einwirken optischer Strahlung wird Energie übertragen, sodass z.B. bei der Haut oder der Netzhaut der Augen Schädigungen hervorgerufen werden können. Das Risiko einer Schädigung ist abhängig von folgenden drei Faktoren: Intensität, Spektralbereich und Auftreffort.

### Temperatur und Druck

#### Temperaturskalen

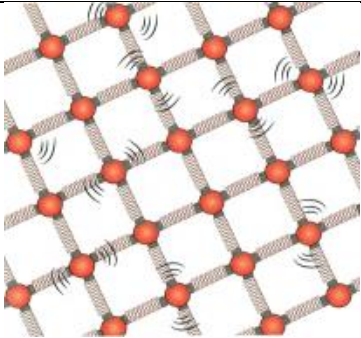
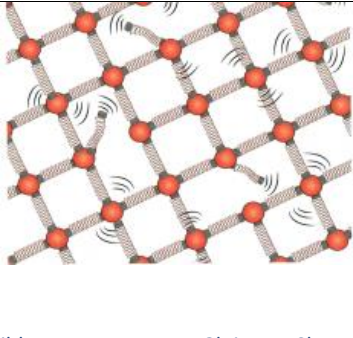
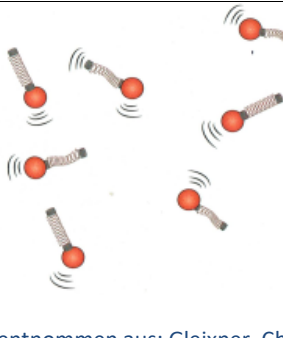
1. Die Celsius-Skala (wird in D häufig im Alltag verwendet)  
Als Formelzeichen für die Temperatur wird „ $\vartheta$ “ verwendet:  
Einheit:  $[\vartheta] = 1^\circ\text{C}$  (Grad Celsius)  
Bei Normaldruck liegt der Gefrierpunkt von Wasser bei  $0^\circ\text{C}$ , der Siedepunkt liegt bei  $100^\circ\text{C}$ .
2. Die Kelvin-Skala (absolute Temperaturskala)  
Als Formelzeichen für die Temperatur wird „ $T$ “ verwendet:  
Einheit:  $[T] = 1\text{K}$  (Kelvin)  
Die Kelvin-Skala beginnt am absoluten Nullpunkt der Temperatur mit  $0\text{K} \triangleq -273^\circ\text{C}$ .  
Die Abstände sind auf der Celsius-Skala genauso groß wie auf der Kelvin-Skala, daher gilt:  $0^\circ\text{C} \triangleq +273\text{K}$ .



## Teilchenmodell, Temperatur, innere Energie und Aggregatzustände

Im Teilchenmodell stellen wir uns Materie so vor:

- Alle Körper sind aus kleinsten Teilchen aufgebaut.
- Diese kleinsten Teilchen befinden sich in ständiger unregelmäßiger Bewegung.
- Im Teilchenmodell bedeutet eine höhere Temperatur, dass sich die Teilchen schneller bewegen. Die Temperatur eines Gases oder einer Flüssigkeit ist also ein Maß für die mittlere kinetische Energie der Teilchen.
- Zwischen den Teilchen bestehen je nach Aggregatzustand unterschiedlich starke Anziehungskräfte → Darstellung der Aggregatzustände im **Teilchen-Federn-Modell**:

 <p>Bild entnommen aus: Gleixner, Ch.: Dorn.Bader Physik 9 Gymnasium Bayern, 1. Auflage, Westermann Bildungsmedien Verlag, Braunschweig 2021</p>	 <p>Bild entnommen aus: Gleixner, Ch.: Dorn.Bader Physik 9 Gymnasium Bayern, 1. Auflage, Westermann Bildungsmedien Verlag, Braunschweig 2021</p>	 <p>Bild entnommen aus: Gleixner, Ch.: Dorn.Bader Physik 9 Gymnasium Bayern, 1. Auflage, Westermann Bildungsmedien Verlag, Braunschweig 2021</p>
<p>In <b>Festkörpern</b> sitzen die Teilchen aufgrund ihrer starken Bindungskräfte auf festen Plätzen um die sie unregelmäßig schwingen.</p>	<p>In <b>Flüssigkeiten</b> lassen sich die Teilchen infolge geringerer Bindungskräfte leicht gegeneinander verschieben.</p>	<p>In <b>Gasen</b> bewegen sich die Teilchen frei im Raum und stoßen immer wieder aneinander.</p>

Materie kann von einem Aggregatzustand in einen anderen wechseln:

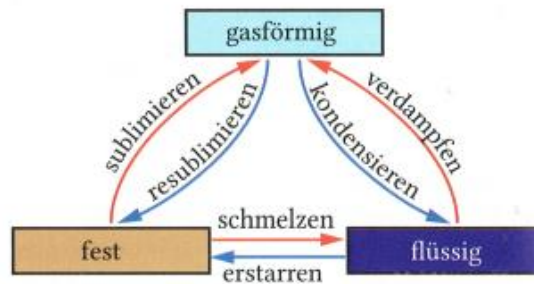


Bild entnommen aus: Gleixner, Ch.: Dorn.Bader Physik 9 Gymnasium Bayern, 1. Auflage, Westermann Bildungsmedien Verlag, Braunschweig 2021

Bei Änderungen des Aggregatzustandes muss Energie zugeführt bzw. abgeführt werden. Durch die zugeführte bzw. abgeführte Energie verändern sich die Bindungen zwischen den Teilchen und damit auch die potenzielle Energie der Teilchen. Die Temperatur (mittlere kinetische Energie der Teilchen) bleibt bei diesem Vorgang konstant.

### Innere Energie

Die innere Energie eines Körpers setzt sich aus der kinetischen und der potenziellen Energie seiner Bestandteile (Atome oder Moleküle) zusammen.

Die Erhöhung der inneren Energie eines Körpers kann folgende Zustandsänderungen bewirken:

- (1) eine Temperaturerhöhung und damit eine Erhöhung der mittleren kinetischen Energie der Teilchen oder
- (2) eine Änderung des Aggregatzustandes (von „fest“ nach „flüssig“ oder von „flüssig“ oder „fest“ nach gasförmig). Hierbei nimmt die potenzielle Energie der Teilchen zu, ihre Bindungen aneinander werden gelockert.

## Druck

Der Druck  $p$  (von engl. „pressure“) beschreibt, wie stark ein Gas (oder eine Flüssigkeit) zusammengepresst ist. Der Druck in Gasen lässt sich im Teilchenmodell dadurch erklären, dass die Gasteilchen immer wieder auf die Gefäßwände treffen und dort abprallen. Gemessen wird der Druck in den Einheiten

- $[p] = 1\text{Pa}$  (Pascal) (internationale Einheit) oder
- $[p] = 1\text{bar} = 1000\text{hPa} = 100000\text{Pa}$  (technischer Bereich)

- Verringert sich das Volumen eines Gases bei gleichbleibender Temperatur, so vergrößert sich der Druck.
- Steigt die Temperatur eines Gases bei gleichbleibendem Volumen, so vergrößert sich der Druck ebenfalls.

Der mittlere Luftdruck der Atmosphäre beträgt auf Meereshöhe  $1013\text{hPa}$ . Er nimmt mit zunehmender Höhe über der Erdoberfläche ab.

## Energie und Klima

### Spezifische Wärmekapazität

Erhöht oder verringert man die Temperatur eines Körpers der Masse  $m$

ohne Änderung des Aggregatzustandes um  $\Delta\vartheta$ , so muss die Energiemenge  $\Delta E$  zugeführt bzw. abgeführt werden:

$$\Delta E_i = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$$

Der Faktor  $c$  heißt spezifische Wärmekapazität.

$$\text{Einheit: } [c] = 1 \frac{\text{J}}{\text{g}\cdot\text{K}} = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

### Änderung der inneren Energie

Wird von einem Gegenstand auf einen anderen innere Energie übertragen, so nennt man die übertragene Energie Wärme:

$$Q = \Delta E_i \quad \text{Einheit: } [Q] = 1\text{J (Joule)}$$

Wird an einem Körper Reibungsarbeit verrichtet, so erhöht sich dessen innere Energie:

$$W = \Delta E_i$$

### Wärmetransport

Wir unterscheiden drei Mechanismen des Wärmetransports:

1. Wärmeleitung: Hierbei wird die Wärme durch Stöße zwischen Teilchen übertragen. Die Teilchen selbst verbleiben dabei an ihrer Position. Beispiel: klassische Herdplatte, Tauchsieder
2. Konvektion: Die Wärme wird in Gasen oder Flüssigkeiten durch die Bewegung von Materie transportiert. Beispiele: Golfstrom, Föhnwinde
3. Wärmestrahlung: Hierbei wird die Wärme durch einen Strom von Photonen übertragen, deren Energie geringer ist als die der Photonen des sichtbaren Lichts. Dieser Vorgang ist auch über große Entfernungen hinweg und durch ein Vakuum wie im Weltall möglich. Beispiele: Infrarotlampen, Sonne

## Strahlungsleistung und -gleichgewicht

Jeder Körper emittiert Wärmestrahlung und kann umgekehrt auch Wärmestrahlung absorbieren. Unter der Strahlungsleistung eines Körpers versteht man die pro Zeiteinheit in Form von Strahlung abgegebene Energie:

$$P_{\text{Strahlung}} = \frac{\Delta E_{\text{Strahlung}}}{\Delta t}$$

Die Strahlungsleistung ist umso größer, je höher die Temperatur des Körpers ist. Absorbiert ein Körper pro Zeiteinheit genauso viel Energie, wie er in derselben Zeit emittiert, so sagt man, er befindet sich im Strahlungsgleichgewicht. In diesem Fall bleibt seine innere Energie und damit seine Temperatur konstant.

### Übersicht über physikalische Größen der 9. Jahrgangsstufe

Größe	Formelzeichen	SI-Einheit
Energie	$E$	1J (Joule)
Arbeit	$W$	1J (Joule)
Leistung	$P$	1W (Watt)
Elektrische Ladung	$Q$	1C (Coulomb)
Wirkungsgrad	$\eta$	
Wellenlänge	$\lambda$	1m
Temperatur	$T$	1K
Druck	$p$	1Pa
Spezifische Wärmekapazität	$c$	$1 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
Wärme	$Q$	1J (Joule)