

# Physik für B-TI – 1. Semester

Dozentin: Dr. Barbara Sandow, [Barbara.Sandow@bht-berlin.de](mailto:Barbara.Sandow@bht-berlin.de)

## Zusammenfassung 5. SU

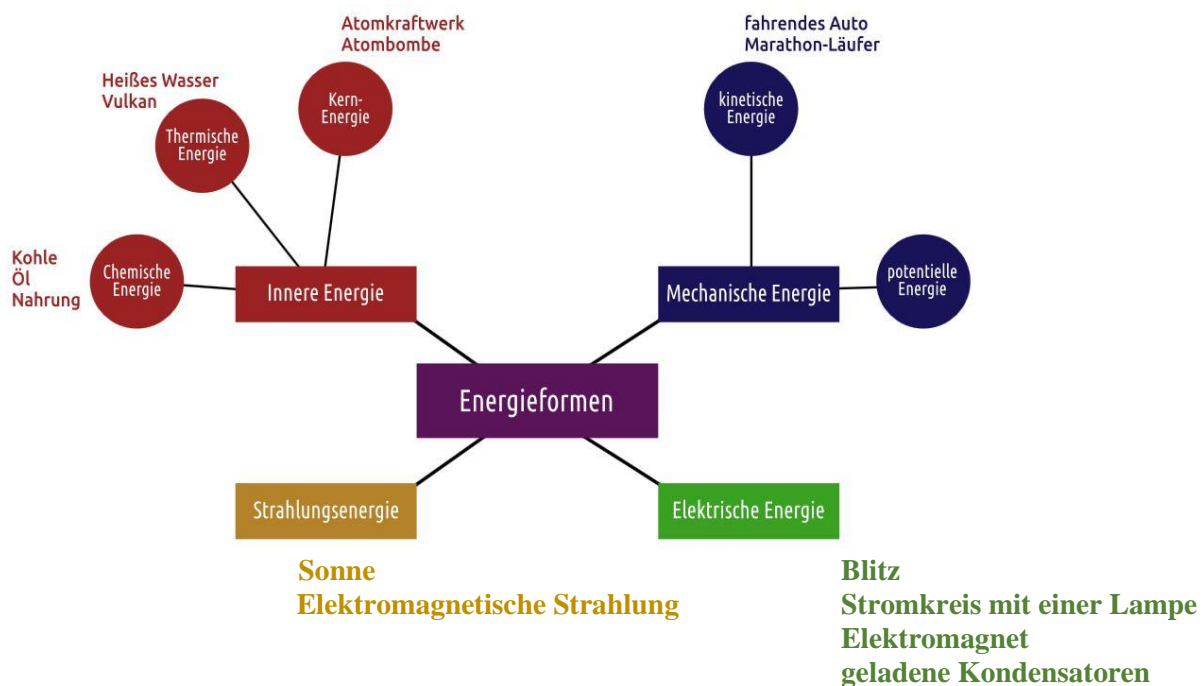
### MECHANIK

#### Energie, Arbeit, Leistung / Erhaltungssatz

##### Energie, Energieerhaltungssatz

Die **Energie E** ist eine Zustandsgröße. Sie ist „gespeicherte Arbeit“ oder auch das Vermögen Arbeit zu verrichten. Die Energie ist eine skalare Größe.

##### Energieformen:



Es gibt verschiedene Arten von Energie siehe obige Grafik.

Hier z.B. die mechanischen Energieformen:

- Bewegungsenergie (**kinetische Energie**) ist gespeicherte Beschleunigungsarbeit. Sie ist gegeben durch:

$$E_{kin} = \frac{m}{2} v^2$$

Die Einheit ist  $1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2 = 1 \text{ J (Joule)} = 1 \text{ Nm (Newtonmeter)} = 1 \text{ Ws (Wattsekunde)}$ .

- Lageenergie (**potentielle Energie**) ist die gespeicherte Verschiebearbeit. Sie ist gegeben durch:

$$E_{pot} = m \cdot g \cdot h$$

Das ist die potentielle Energie eines Gewichtes der Masse  $m$  in der Höhe  $h$  über der Erdoberfläche ( $g$ : Erdbeschleunigung,  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ).

Die potentielle Energie für die elastische Energie einer Feder der Federkonstanten  $D$ , die um den Betrag  $x$  von ihrer Ruhelage ausgelenkt wurde ist:

$$E_{pot} = \frac{D}{2} x^2$$

- Die Energieform, die durch Reibungsarbeit entsteht, ist die ungeordnete mikroskopische Bewegungsenergie, die wir Wärme nennen.

**Die Energie ist eine Größe für die ein Erhaltungssatz gilt. Der Energieerhaltungssatz ist ein Erfahrungssatz, der erst Mitte des 19. Jahrhunderts formuliert wurde:**

Energie kann weder erzeugt noch vernichtet, sondern lediglich umverteilt bzw. in andere, äquivalente Energieformen umgewandelt werden.

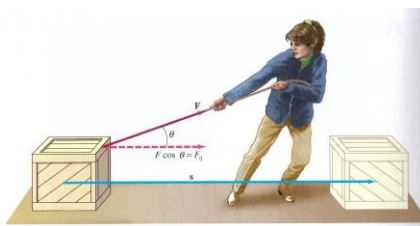
**Arbeit W:**

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s} = |\vec{F}| \cdot |\vec{s}| \cdot \cos(\varphi)$$

Die Arbeit ist eine Prozessgröße und wie die Energie eine skalare Größe.

Einheit:  $[W] = \text{J} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} = \text{N} \cdot \text{m}$

$\varphi$ : Winkel zwischen  $\vec{F}$  und  $\vec{s}$



**Leistung P:**  $P = W/t$  – Arbeit pro Zeit;  $[P] = W(\text{Watt}) = \text{J/s} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3}$

## Physik für B-TI – 1. Semester

Dozentin: Dr. Barbara Sandow, [barbara.sandow@bht-berlin.de](mailto:barbara.sandow@bht-berlin.de)

### **Zusammenfassung: Impuls**

#### **Impuls, Impulserhaltungssatz Impuls, Impulserhaltungssatz**

Der **Impuls** ist durch die einfache Gleichung:

$$\text{Impuls} \quad \vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

definiert. Der Impuls hat die Einheit: 1 kg m/s.

#### **Impulserhaltungssatz (kurz auch Impulssatz genannt)**

Impuls kann weder erzeugt noch vernichtet,  
sondern lediglich ausgetauscht werden.

In einem System ist der Gesamtimpuls bzw. die Summe aller Einzelimpuls konstant:

$$p = \sum_n p_n = \text{const.}$$

Der Impulssatz gilt sowohl für den Betrag als auch für seine Richtung.

Bei Drehbewegungen besitzt jeder Körper einen Bahndrehimpuls  $\vec{L}$ .

Im Fall einer Kreisbahn mit dem Radius  $r$  ist:

$$\text{Drehimpuls} \quad \vec{L} = r \cdot \vec{p} = r \cdot m \cdot \vec{v}$$

## Physik für B-TI – 1. Semester

Dozentin: Dr. Barbara Sandow

6. SU

### Periodische Bewegung: Kreisbewegung und Schwingungen

Eine Schwingung zeigt einige Ähnlichkeiten mit der ebenen Kreisbewegung, z.B. sind beide Bewegungen an den Ort gebunden: die Kreisbewegung an den Kreismittelpunkt, die Schwingung an ihre sogenannte Ruhelage.

#### Kreisbewegung

Beschreibung durch die zeitliche Abhängigkeit des:

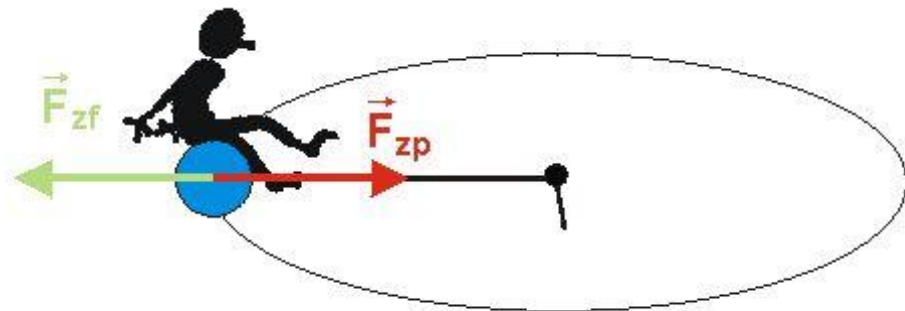
- Ortsvektor  $\vec{r} = \vec{r}(t)$
- Geschwindigkeitsvektor  $\vec{v} = \vec{v}(t)$
- Beschleunigungsvektor  $\vec{a} = \vec{a}(t)$

Siehe dazu angehängte Tabelle:

Analogie geradlinige Bewegung (Translation) und Drehbewegung (Rotation)

Kräfte, die auf einen Gegenstand auf einer Kreisbahn wirken und diesen auf einer Kreisbahn halten sind:

- Radialkraft oder auch Zentripetalkraft  $\vec{F}_{zp}$  genannt
- Fliehkraft oder auch Zentrifugalkraft  $\vec{F}_{zf}$  genannt.



Quelle: leifi Physik: Kreisbewegung

Für den Federschwinger bitte dieses Simulationprogramm ansehen: phet

<https://phet.colorado.edu/de/simulation/masses-and-springs>

#### Schwingungen

Schwingung ist eine periodische Veränderung einer physikalischen Größe an einem Ort.

# Physik für B-TI – 1. Semester

Dozentin: Dr. Barbara Sadow

## 2. MECHANIK

### Schwingungen

Schwingung ist eine periodische Veränderung einer physikalischen Größe an einem Ort.

#### Harmonischer Oszillator

- Oszillator führt Schwingungen (periodische Änderung einer physikalischen Größe) aus;
- Harmonische Oszillatoren: Schwingungen lassen sich mit einer Sinus- oder Kosinusfunktion beschreiben

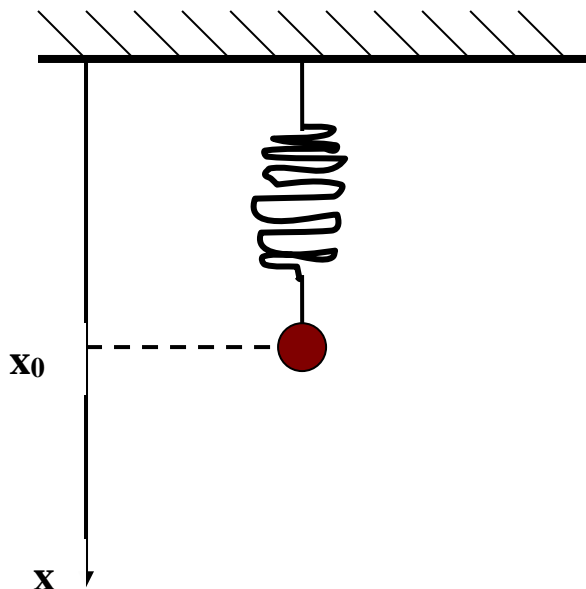
z.B. Federschwinger: Federkraft

$$F_D = -D (x - x_0),$$

D: Federkonstante,

x: Auslenkung,

$x_0$ : Ruhelage



Bewegungsgleichung:

$$F_D = m a = m \ddot{x} = m \frac{d^2 x}{dt^2}$$

(ohne Berücksichtigung der Schwerkraft!)

Differentialgleichung:

$$\ddot{x} + \frac{D}{m} (x - x_0) = 0$$

Lösung der Differentialgleichung:

$$x(t) = x_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$$

mit  $x_0$ : Anfangsauslenkung oder Amplitude  
 $\varphi_0$ : Anfangsphase als Konstanten  
 $\omega_0$ : Kreisfrequenz

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{D}{m}}$$

Schwingungsdauer T:  $T = 2\pi/\omega = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}}$

$T = 1/f$ , mit f: Frequenz

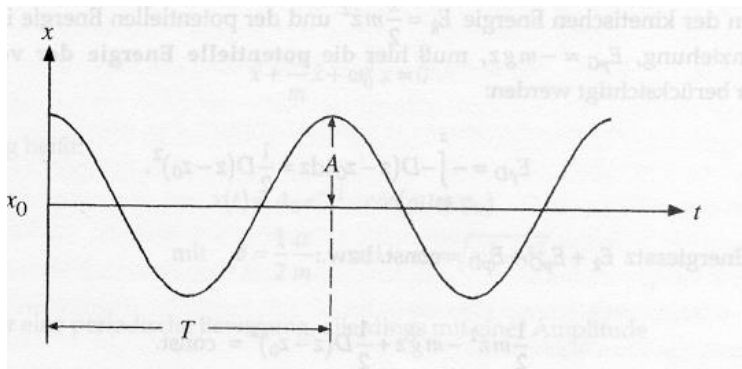


Fig: zeitlicher Verlauf der Auslenkung einer harmonischen Schwingung ohne Dämpfung

### Gedämpfte Schwingungen: zeitliche Abnahme der Amplitude

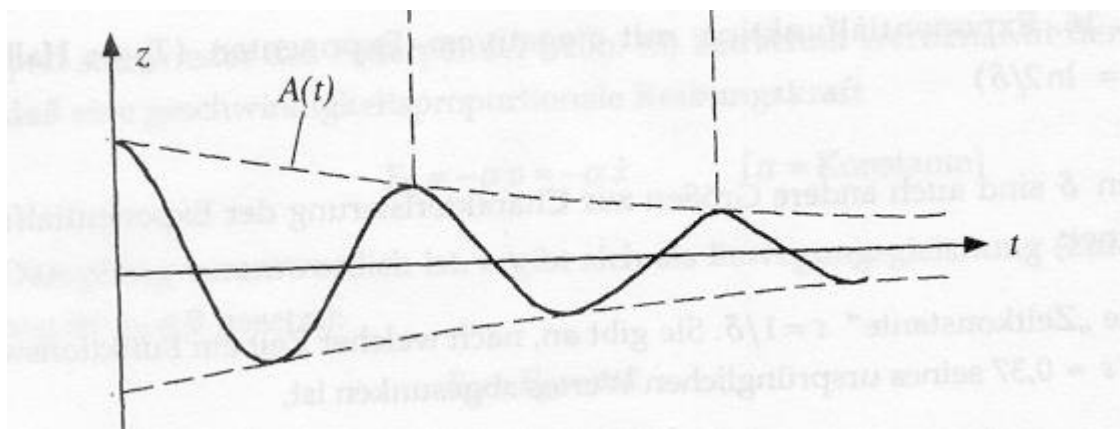


Fig: zeitlicher Verlauf der Auslenkung einer gedämpften harmonischen Schwingung

z. B. Federschwinger: Annahme - Dämpfung durch eine Reibungskraft  $-F_R = -\alpha v$   
mit  $\alpha$  Reibungskoeffizient

Bewegungsgleichung:  $F_R + F_D = m a = m\ddot{x}$

Differentialgleichung:

$$\ddot{x} + \frac{\alpha}{m} \dot{x} + \frac{D}{m} x = 0$$

mit  $\omega_0 = \sqrt{\frac{D}{m}}$  → der Kreisfrequenz der ungedämpften Schwingung, ergibt sich die Differentialgleichung:

$$\ddot{x} + \frac{\alpha}{m} \dot{x} + \omega_0^2 x = 0$$

Lösung der Differentialgleichung:

$$x(t) = A_0 e^{-\tau t} \cos(\omega t + \varphi_0)$$

mit  $\tau = \frac{1}{2} \frac{\alpha}{m}$  Dämpfungszeit und der Kreisfrequenz  $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \tau^2}$ , eine

periodische Bewegung mit der gedämpfte Amplitude:

$$A(t) = A_0 e^{-\tau t}$$

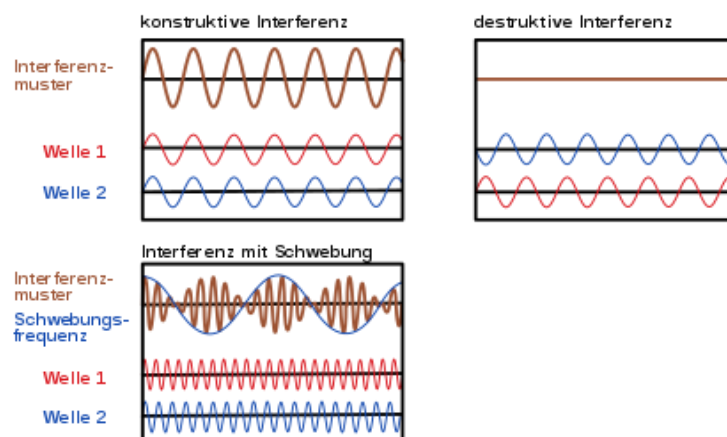
Siehe auch Tabelle: Vergleich von verschiedenen Oszillatoren (schwingungsfähigen Systemen).

### Überlagerungen von Schwingungen: Interferenz

An Orten, wo sie sich verstärken, herrscht konstruktive Interferenz.

An Orten, wo sich die Wellen dabei gegenseitig auslöschen, herrscht destruktive Interferenz.

- konstruktive Interferenz entspricht einer Verstärkung
- destruktive Interferenz entspricht einer Auslöschung



**Tabelle:** Analogie geradlinige Bewegung (Translation) und Drehbewegung (Rotation)

Translation		Rotation	
Größe	Einheit	Größe	Einheit
Weg $s, ds$	m	Winkel $\varphi, d\varphi$	rad (Radiant)
Geschwindigkeit $v = ds / dt$	m/s	Winkelgeschwindigkeit $\omega = d\varphi / dt$	rad/s = 1/s
Beschleunigung $a = dv / dt = d^2s / dt^2$	m/s <sup>2</sup>	Winkelbeschleunigung $\alpha = d\omega / dt = d^2\varphi / dt^2$	rad/s <sup>2</sup> = 1/s <sup>2</sup>
Masse (Trägheit) m	kg	(Massen-) Trägheitsmoment $\Theta = \Sigma m r^2$	kg m <sup>2</sup>
Kraft $F = m a = dp / dt$	N = kg m/s <sup>2</sup>	Drehmoment $M = \Theta \alpha = dL / dt$	Nm = kg m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
Impuls $p = m v$	kg m/s	Drehimpuls $L = \Theta \omega$	kg m <sup>2</sup> /s = Nms
Arbeit $dW = F x ds$	J = Nm	Arbeit $dW = M x d\varphi$	J = Nm
kinetische Energie $E_{kin} = (m/2) v^2$	J	Rotationsenergie $E_{rot} = (\Theta/2) \omega^2$	J
Leistung $P = dW / dt = F x v$	W = J/s	Leistung $P = dW / dt = M x \omega$	W = J/s
Kraftkonstante D = F / s	N/m	Winkelrichtmoment D* = M / $\varphi$	Nm
Spannarbeit W = (D/2)s <sup>2</sup>	Nm = J	Spannarbeit W = (D*/2) $\varphi^2$	Nm = J



**Tabelle:** Vergleich von verschiedenen Oszillatoren (schwingungsfähigen Systemen)

Größe, Eigenschaften	Federschwinger	Fadenpendel (Länge l)	Drehpendel
Auslenkung	Strecken $x(t)$	Winkel $\varphi(t)$ Bahnstrecke $s_B(t)$	Winkel $\varphi(t)$
rücktreibende Kraft	elastische (Feder-) Kraft $F = -D x$	Schwerkraft $F = -m g \sin \alpha$	elastisches (Torsions-) Moment $M = -D^* \varphi$
Trägheit	Masse m	Masse m	Trägheitsmoment $\Theta$
Dämpfung	Reibungskraft $F = -\alpha v$ $\alpha$ : Reibungskoeffizient	Reibungskraft $F = -\alpha v$	Torsionsreibung $M = -\alpha^* \dot{\varphi}$
Lösung der Differentialgleichung	$x(t) = x_0 \sin[\omega_0 t + \varphi_0]$	$s_B(t) = s_0 \sin[\omega_0 t + \xi_0]$ oder $\varphi(t) = \varphi_0 \sin[\omega_0 t + \xi_0]$ mit $\sin \varphi \approx \varphi$	$\varphi(t) = \varphi_0 \sin[\omega_0 t + \xi_0]$
Kreisfrequenz $\omega_0$ : Eigenfrequenz	$\omega_0 = \sqrt{\frac{D}{m}}$	$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$	$\omega_0 = \sqrt{\frac{D^*}{\Theta}}$
gedämpfte Frequenz $\omega_l$	$\omega_l = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{\alpha^2}{4m^2}}$	$\omega_l = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{\alpha^2}{4m^2}}$	$\omega_l = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{\alpha^{*2}}{4\Theta^2}}$

# Mathematik und Physik für B\_TI – 1. Semester

Dozentin: Dr. Barbara Sandow

## 2. MECHANIK

### Schwingungen

Schwingung ist eine periodische Veränderung einer physikalischen Größe an einem Ort.

### Wellen

Eine Welle ist eine periodische Änderung einer physikalischen Größe mit **der Zeit und am Ort** (eine Schwingung, die sich auf den Weg gemacht hat).

Wellenarten:

Die klassischen Wellenarten sind *Longitudinal-* und *Transversalwellen*.

**Longitudinalwellen** schwingen *parallel* zur Ausbreitungsrichtung.

**Transversalwellen** schwingen *senkrecht* zur Ausbreitungsrichtung.

### Eigenschaften

- **Amplitude:** Die Amplitude  $y_0$  beschreibt die maximale Auslenkung der Schwingungen der Welle, also dort wo der Wellenberg am höchsten ist.
- **Wellenlänge:** Die Wellenlänge  $\lambda$  (Lambda) ist der Abstand zweier Punkte mit gleicher Phase - zum Beispiel der Abstand zwischen zwei benachbarten Wellenbergen oder Wellentälern.
- **Ausbreitungsgeschwindigkeit:** Die Ausbreitungsgeschwindigkeit  $v$  einer Welle ist die Geschwindigkeit mit der sich eine bestimmte Phase, z.B. ein Wellenberg oder ein Wellental fortbewegt.

Außerdem wird eine Welle durch die von ihr erzeugten Schwingungen charakterisiert:

- **Periodendauer (Schwingungsdauer):** Die Periodendauer ist die Zeit, die verstreicht, während ein schwingungsfähiges System genau eine Schwingungsperiode durchläuft, d.h. nach der es sich wieder im selben Schwingungszustand befindet. Der Kehrwert der Periodendauer  $T$  ist die Frequenz  $f \rightarrow f = 1/T$

Zwischen der Wellenlänge der Welle und der Frequenz der Schwingungen besteht ein direkter physikalischer Zusammenhang über die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle  $c_w$ :

$$\lambda * f = c_w$$

Damit ergibt sich auch eine Beziehung zwischen der Wellenlänge und der Periodendauer:

$$\lambda = c_w * T$$

**Tabelle: Schwingungen und Wellen**

	<u><b>Schwingungen</b></u>	<u><b>Wellen</b></u>
Definition	periodische Änderung einer physikalischen Größe mit der Zeit	periodische Änderung einer physikalischen Größe mit der Zeit und am Ort (eine Schwingung, die sich auf den Weg gemacht hat)
charakteristische Größen	<b>- zeitabhängige Größen</b> Frequenz: $f$ Schwingungsdauer: $T$ Kreisfrequenz: $\omega$	<b>- zeitabhängige Größen</b> Frequenz: $f$ Schwingungsdauer: $T$ Kreisfrequenz: $\omega$ <b>- ortsabhängig Größe</b> Wellenlänge: $\lambda$
harmonisch	werden mit sin- und cos-Funktion beschrieben	werden mit sin- und cos-Funktion beschrieben
Lösung der Bewegungsgleichung	$y(t) = y_0 + A \cos(\omega t + \varphi_0)$	$y(t, x) = y_0 + A \cos(\omega t + \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_0)$

# Physik für B-TI – 1. Semester

Dozentin: Dr. Barbara Sandow, [barbara.sandow@beuth-hochschule.de](mailto:barbara.sandow@beuth-hochschule.de)

## 3. Wärmelehre

### 3.1. Wärme und Temperatur

Die **Wärme Q** ist eine Form der Energie – thermische Energie.

Änderung der Wärme:  $Q = c * m * T$  mit c: spezifische Wärmekapazität, m: Masse , T: Temperatur

[Q] = J – Joule oder auch im Alltag cal – Kalorie 1 cal = 4,186 J

Wärmeaustausch findet immer statt, wenn zwei Körper(Systeme) mit unterschiedlichen Temperaturen in Kontakt kommen. Es stellt sich mit der Zeit immer ein thermodynamisches Gleichgewicht ein, wobei die Wärme immer von dem Körper mit der höheren Temperatur zu dem Körper mit der niedrigeren Temperatur übergeht.

### Temperatur

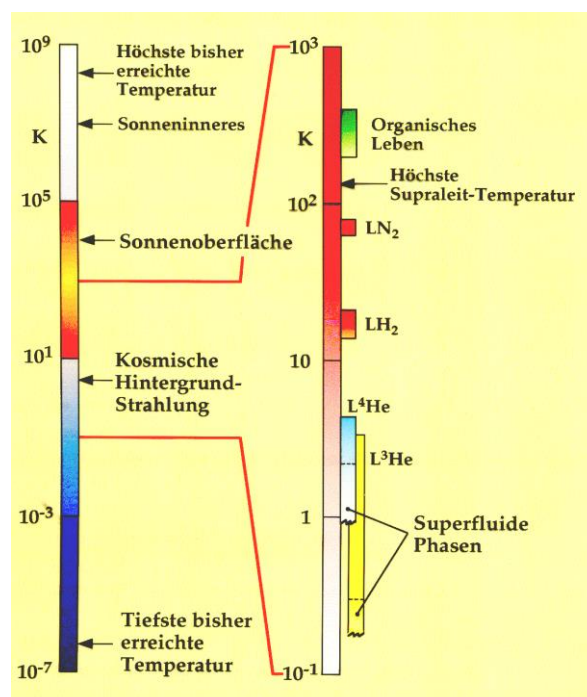
**Die Temperatur T ist die mittlere Bewegungsenergie der Teilchen.**

[T] = °C – Celsius oder K – Klevin

0 K = -273,15°C oder 0°C = 273,15 K

0 K ist der absolute Nullpunkt, hier erstarrt jede Teilchenbewegung.

**Temperaturskala in K:**



### **3.2 Wärmekapazität C**

Per Definition gibt  $C$  die Wärmemenge  $Q$  (in Joule) an, die einem Körper zugeführt werden muss, um einen Anstieg der Temperatur  $T$  (in Kelvin) zu erreichen (Einheit von  $[C] = \text{kJ/K}$ ).

Spezifische Wärmekapazität:  $c = C / m$                        $m$ : Masse

Die spezifische Wärmekapazität ist eine Materialkonstante und ist ein Maß für diejenige Energie, die man benötigt, um 1 kg eines Stoffes um 1 K (oder 1°C) zu erwärmen.

Die Einheit der spezifischen Wärmekapazität ist :

$$[c] = \text{J} / \text{kg} \cdot \text{K}$$

### **3.3 Wärmetransport**

drei Mechanismen:    Wärmestrahlung  
                              Wärmeströmung (Konvektion)  
                              Wärmeleitung

Wärme kann durch Wärmeleitung, Konvektion und Wärmestrahlung transportiert werden.

In den meisten Fällen sind bei der Wärmeübertragung mehrere dieser drei Mechanismen involviert, wobei je nach Temperatur der eine oder der andere überwiegt.

### **3.4 Aggregatzustände/Zustandsdiagramme**

**Aggregatzustände:** Erscheinungs- und Zustandsform, in der die Materie existiert:

#### **3 Formen: fest, flüssig und gasförmig**

**Festkörper** (fest): befinden sich in einer festen Form. Die Atome sind aufgrund von Bindungen (z.B. metallische Bindung) relativ fix und schwingen um ihre Ruhelage

**Flüssigkeiten** (flüssig): die Moleküle sind nah beieinander, jedoch in der Bewegung sehr variabel und können sich gegenseitig verdrängen. Mit Erhöhung der Temperatur steigt wegen der Brownschen Molekularbewegung auch die potenzielle Bewegung der Teilchen.

**Gase** (gasförmig): die Distanz zwischen den Atomen/Molekülen ist bei Gasen am größten. Es bestehen praktisch keine Bindungen zwischen den einzelnen Atomen oder Molekülen.

#### **Phasenübergänge:**

- **Verdampfen** (Phasenübergang von flüssig zu gasförmig)
- **Kondensieren** (Phasenübergang von gasförmig zu flüssig)
- **Erstarren** (Phasenübergang von flüssig zu fest)
- **Schmelzen** (Phasenübergang von fest zu flüssig)
- **Sublimieren** (Phasenübergang von fest zu gasförmig)
- **Resublimieren** (Phasenübergang von gasförmig zu fest)

## **Physik für B-TI – 1. Semester**

**Dozentin: Dr. Barbara Sandow,**

### **Optik** – Strahlenphysik

#### **Licht, Polarisation, Dispersion**

**Licht:** transversale Welle, elektromagnetische Welle, 400-800 nm-> sichtbarer Bereich, Ausbreitungsgeschwindigkeit im Vakuum  $c = 300000 \text{ km/s}$

**Polarisation:** durch einen Polarisationsfilter entsteht eine transversale Welle mit nur einer Schwingungsebene

**Dispersion:** beschreibt die Anhängigkeit der Ausbreitungsgeschwindigkeit einer harmonischen Welle im Medium von der Wellenlänge oder Frequenz

#### **Strahlenoptik**

**Reflexion:** Treffen Wellen irgendeiner Art auf eine ebene Fläche, dann entstehen neue Wellen, die sich von der Fläche wegbewegen.

**Reflexionsgesetz: Einfallswinkel = Reflektionswinkel**

**Brechung:** Richtungsänderung des Strahls nach Eintritt in ein zweites Medium

**Brechungsgesetz:  $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$**

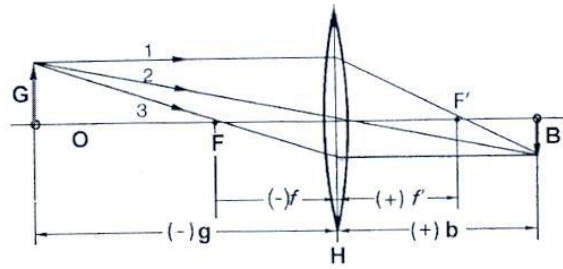
#### **Linsen, Abbildungen**

Mit Hilfe des Reflexions- und Brechungsgesetzes wird die Erzeugung von Bildern durch z.B. Spiegel und Linsen behandelt.

#### **Bildentstehung bei einer Sammellinse**

**Zur Konstruktion eines Sammellinsenbildes benötigt man 3 Strahlen:**

- 1.**  
einen achsenparallelen Strahl (Parallelstrahl), der von der Linse zum Brennpunkt F hin gebrochen wird;
- 2.**  
einen Mittelpunktstrahl, der ungebrochen die Linse verlässt,
- 3.**  
einen Brennpunktstrahl (kommt vom Gegenstand durch den Brennpunkt F und trifft auf die Linse), der zum Parallelstrahl hinter der Linse wird.



Der Kehrwert der Brennweite  $f$  ist ein Maß für die Stärke der Linse und heißt

Brechkraft  $D$ :  $D = 1/f$ .

Abbildungsgleichung:  $1/f = 1/g + 1/b$

Abbildungsmaßstab:  $B/G = b/g$

### 3 Fälle der Abbildung durch eine Linse:

1. G außerhalb der doppelten Brennweite:

$g > 2f$   $\rightarrow$  dann ist das Bild: umgekehrt, reell, verkleinert

2. G ist zwischen der einfachen und der doppelten Brennweite:

$f < g < 2f$   $\rightarrow$  dann ist das Bild: umgekehrt, reell, vergrößert

3. G innerhalb der einfachen Brennweite:

$g < f$   $\rightarrow$  dann ist das Bild: aufrecht, virtuell, vergrößert

Beispiel: leifiphysik:

<https://www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen/grundwissen/konstruktionsstrahlen-bei-der-linsenabbildung>