

*Alles sollte so einfach wie möglich gemacht werden, aber nicht einfacher.*  
— Albert Einstein



**Physik**

# **Formelsammlung**

Dr. Florian Leupold  
Kantonsschule Uster

Klassen G4 & G5

2. Juni 2022

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Physik Allgemein</b>	<b>3</b>
1.1 Physikalische Grössen .....	3
1.2 Messung und Messungenauigkeit .....	3
<b>2 Klassische Mechanik</b>	<b>4</b>
2.1 Kinematik .....	4
2.2 Dynamik des Massenpunkts .....	6
2.3 Fluidstatik .....	9
2.4 Starrer Körper .....	9
<b>3 Thermodynamik</b>	<b>10</b>
3.1 Temperatur und Ausdehnung .....	10
3.2 Ideales Gas .....	10
3.3 Zustandsänderungen und Wärmemengen .....	11
3.4 Wärmetransport .....	11
<b>4 Elektrizität</b>	<b>12</b>
4.1 Elektrostatik .....	12
4.2 Gleichstrom .....	13
4.3 Magnetismus und Induktion .....	14
<b>5 Kernphysik</b>	<b>15</b>
<b>6 Schwingungen und Wellen</b>	<b>16</b>
<b>A Mathematik</b>	<b>17</b>
A.1 Geometrie .....	17
A.2 Algebra .....	17
A.3 Proportionalitäten und einfache Potenzfunktionen .....	18
A.4 Vektoren .....	19
A.5 Differentialrechnung .....	20
<b>B Tabellen</b>	<b>21</b>

Fehler und Anmerkungen bitte adressieren an: [florian.leupold@ksuster.ch](mailto:florian.leupold@ksuster.ch).

# 1. Physik Allgemein

## 1.1. Physikalische Grössen

Grössenwert	$G = \{G\} \cdot [G]$	$\{G\}$ : Zahlenwert $[G]$ : Einheit
Signifikante Stellen	Aussagekräftige Ziffern einer Zahl. d.h. die erste von Null verschiedene Stelle bis zur Rundungsstelle.	
Faustregel Multiplikation	Das Ergebnis bekommt genauso viele signifikante Stellen wie die Zahl mit den wenigsten signifikante Stellen	
Faustregel Addition	Das Ergebnis bekommt genauso viele Nachkommastellen wie die Zahl mit den wenigsten Nachkommastellen.	

## 1.2. Messung und Messungenauigkeit

Arithmetischer Mittelwert wiederholter Messungen	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	$x_i$ : $i$ -ter Messwert $n$ : Anzahl Messwerte
Standardabweichung	$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$	68 % aller Messwerte zwischen $\bar{x} - s$ und $\bar{x} + s$
Mittlerer Fehler von $\bar{x}$	$\Delta x = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$	
Angabe des Resultats	$x = \bar{x} \pm \Delta x$	
Relativer Fehler von $\bar{x}$	$\delta x = \frac{\bar{x}}{\Delta x}$	$[\delta x] = \%$

---

Quellen schliessen ein:

- DMK, DPK, DCK, *Formeln, Tabellen, Begriffe*, Orell Füssli Verlag, 6. Auflage (2017)
- Wikipedia

## 2. Klassische Mechanik

### 2.1. Kinematik

#### Ort, Geschwindigkeit, Beschleunigung

Zeitpunkt ↔ Zeitintervall	$t_1, t_2 \leftrightarrow \Delta t = t_2 - t_1$	$[t] = \text{s}$
Ort ↔ Verschiebung	$x_1, x_2 \leftrightarrow \Delta x = x_2 - x_1$	$[x] = \text{m}$
Mittlere Geschwindigkeit	$\bar{v}_x = \frac{\Delta x}{\Delta t}$	$[v] = \text{m/s}$
Momentane Geschwindigkeit	$v_x = \frac{dx}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$	$(v =  v_x : \text{Schnelligkeit})$
Mittlere Beschleunigung	$\bar{a}_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t}$	$[a] = \text{m/s}^2$

#### Gleichmässig beschleunigte Bewegung

##### Ort, Position:

$$x(t) = x_0 + v_{x,0} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a_x \cdot t^2$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} \quad \left. \vphantom{\frac{dx}{dt}} \right\} \Delta x = \bar{v}_x \cdot \Delta t$$

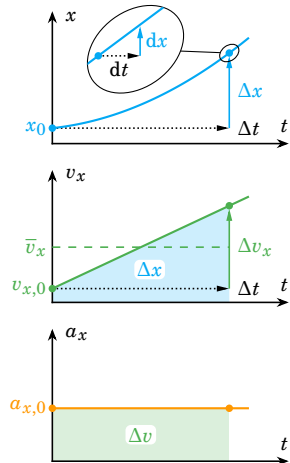
##### Geschwindigkeit:

$$v_x(t) = v_{x,0} + a_x \cdot t$$

$$a_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} \quad \left. \vphantom{\frac{\Delta v_x}{\Delta t}} \right\} \Delta v_x = a_x \cdot \Delta t$$

##### Beschleunigung:

$$a_x(t) = \text{konstant}$$



##### Spezielle Formeln

$$v_x^2 = v_{x,0}^2 + 2a_x(x - x_0) \quad (\text{ohne } t)$$

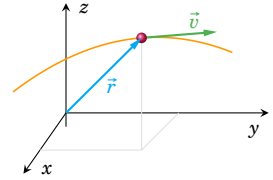
$$x = x_0 + \frac{v_x + v_{x,0}}{2} \cdot t \quad (\text{ohne } a_x)$$

# Räumliche Bewegung

Ortsvektor, Geschwindigkeit  $\vec{r} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}, \vec{v} = \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{pmatrix}$

Geschwindigkeit  $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$

Bahngeschwindigkeit  $v = |\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$



Gleichmässig beschleunigte Bewegung  $\vec{a} = \text{konst.}$

$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$

$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2$

$\vec{a} = 0$ : unbeschleunigt

$\vec{v}_0$ : Startgeschwindigkeit

$\vec{r}_0$ : Startort

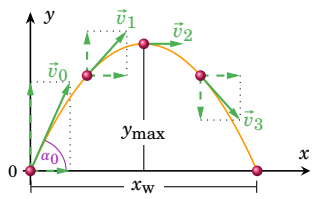
Schiefer Wurf  $\vec{a} = \begin{pmatrix} 0 \\ -g \end{pmatrix}$

$y = x \tan \alpha_0 - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha_0} x^2$

$y_{\text{max}} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha_0}{2g}$

$x_w = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha_0}{g}$

$\vec{g}$ : Ortsfaktor



# Gleichförmige Kreisbewegung ( $\omega = \text{konst.}$ )

Umlaufzeit  $T$

Frequenz  $f = \frac{1}{T}$

Winkelkoordinate  $\varphi = \frac{b}{r}$

Winkelgeschwindigkeit  $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$

Bahngeschwindigkeit  $v = r\omega$

Zentripetalbeschleunigung  $a_Z = r\omega^2 = \frac{v^2}{r}$

$[T] = \text{s}$

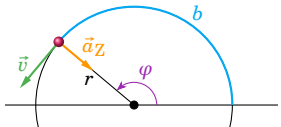
$[f] = \text{Hz (Hertz)}$

$[\varphi] = \text{m/m} = \text{rad (Radiant)}$

$b$ : Bogenlänge

$r$ : Kreisbahnradius

$[\omega] = \text{rad/s} = \text{s}^{-1}$



## 2.2. Dynamik des Massenpunkts

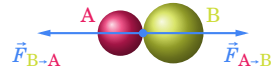
Masse	$m$	$[m] = \text{kg}$
Dichte	$\rho = \frac{m}{V}$	$[\rho] = \text{kg/m}^3$ $[V] = \text{m}^3$ (Volumen)

### Newton'sche Gesetze

Trägheitsprinzip (NEWTON I) In einem Inertialsystem beschleunigt ein Körper nicht, wenn die Summe der an ihm angreifenden Kräfte Null ist.

Aktionsprinzip (NEWTON II)  $\vec{F}_{\text{res}} = m\vec{a}$   $[F] = \text{kgm/s}^2 = \text{N}$  (Newton)

Wechselwirkungsprinzip  
(Actio = Reactio, NEWTON III)  $\vec{F}_{\text{B-A}} = -\vec{F}_{\text{A-B}}$



### Kräfte

Gewichtskraft, Gewicht	$F_G = mg$	$g$ : Fallbeschleunigung
Federkraft (HOOKE'sches Gesetz)	$F_F = D y = D  l - l_0 $	$l_0$ : Länge entspannte Feder $[D] = \text{N/m}$ Federkonstante
Normalkraft	$F_N$	senkrecht zur Kontaktfläche
Gleitreibungskraft	$F_{GR} = \mu_G F_N$	$\mu_G$ : Gleitreibungskoeffizient
Haftreibungskraft	$F_{HR} \leq \mu_H F_N$	$\mu_H$ : Haftreibungskoeffizient
Rollwiderstandskraft	$F_{RR} = \mu_R F_N$	$\mu_R$ : Rollwiderstandskoeff.
Strömungswiderstand	$F_W = \frac{1}{2} \cdot c_W \cdot A \cdot \rho \cdot v^2$	$[c_W] = 1$ (Widerstandszahl) $A$ : Stirnfläche $\rho$ : Dichte des Fluids $v$ : Relativgeschwindigkeit

# Energetik

## Energie

Energieerhaltung beim abgeschlossenen System

Potenzielle Energie

Kinetische Energie

Spannenergie einer Feder

**Arbeit** ( $\vec{F} = \text{konst.}$ )

Reibungsarbeit

Energie und Arbeit beim geschlossenen System

**Leistung** (mittlere)

Wirkungsgrad

$$E$$

$$E = \sum_i E_i = \text{konst.}$$

$$E_{\text{pot}} = mgh$$

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$E_F = \frac{1}{2}Dy^2$$

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s} = F_s \cdot s = F s \cos \alpha$$

$$W_R = \vec{F}_R \cdot \vec{s} = -F_R s$$

$$\Delta E = \sum_i \Delta E_i = W$$

$$W > 0 \quad \text{vs.} \quad W < 0$$

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

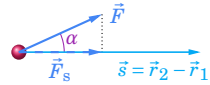
$$\eta = \frac{W_{\text{nutz}}}{W_{\text{zu}}} = \frac{P_{\text{nutz}}}{P_{\text{zu}}}$$

$$[E] = \text{Nm} = \text{Ws} = \text{J (Joule)}$$

$E$ : Gesamtenergie  
 $E_i$ : Teilenergien

$h$ : Höhe über Bezugsniveau

$y$ : Längenänderung



$\Delta E$ : Energieänderung

verrichtet *am/vom* System

$$[P] = \text{J/s} = \text{W (Watt)}$$

$$[\eta] = \%$$

## Impuls

Impuls

Vollk. elastischer Stoß

Vollk. inelastischer Stoß

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

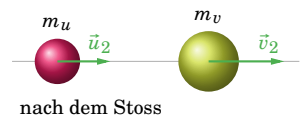
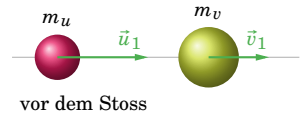
$$\vec{u}_2 = \frac{(m_u - m_v)\vec{u}_1 + 2m_v\vec{v}_1}{m_u + m_v}$$

$$\vec{v}_2 = \frac{(m_v - m_u)\vec{v}_1 + 2m_u\vec{u}_1}{m_u + m_v}$$

$$\vec{u}_2 = \vec{v}_2 = \frac{m_u\vec{u}_1 + m_v\vec{v}_1}{m_u + m_v}$$

$$\Delta E_{\text{kin}} = -\frac{m_u m_v (\vec{u}_1 - \vec{v}_1)^2}{2(m_u + m_v)}$$

$$[p] = \text{kgm/s}$$



# KEPLER'sche Gesetze

Bahnkurve (KEPLER I)

Ellipse mit  $M$  in einem der beiden Brennpunkte.

Perihel  $P$ : sonnennächster Punkt

Aphel  $A$ : sonnenfernster Punkt

Flächensatz (KEPLER II)

$$\frac{\Delta A}{\Delta t} = \text{konst.}$$

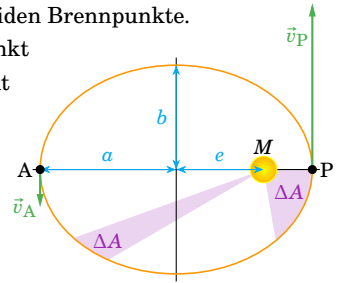
$$\frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{(a - e)}{2} v_P = \frac{(a + e)}{2} v_A$$

KEPLER III

$$\frac{a^3}{T^2} = \text{konst.} \left( = \frac{GM}{4\pi^2} \right)$$

Numerische Exzentrizität

$$\varepsilon = \frac{e}{a}$$



$e$ : lineare Exzentrizität

## Gravitation und KEPLER-Bahnen

Gravitationskraft

(Massenpunkte oder Kugeln)

$$\vec{F}_{Gr} = -G \frac{mM}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$$

$G$ : Gravitationskonstante

$M$ : Masse des Zentralkörpers

$\vec{r}$ : Abstandsvektor

Potenzielle Energie

$$E_{pot} = -G \frac{mM}{r}$$

$E_{pot} = 0$  für  $r \rightarrow \infty$

Gravitationspotenzial

$$\Phi = \frac{E_{pot}}{m} = -G \frac{M}{r}$$

$\Phi = 0$  für  $r \rightarrow \infty$

1. kosmische Geschwindigkeit

$$v_1 = \left( \frac{GM}{r} \right)^{1/2}$$

Kreisbahngeschwindigkeit

2. kosmische Geschwindigkeit

$$v_2 = \left( \frac{2GM}{r} \right)^{1/2}$$

Fluchtgeschwindigkeit

Perihel-Geschwindigkeit

$$v_P = \left( \frac{GM}{a} \frac{a - e}{a + e} \right)^{1/2}$$

Aphel-Geschwindigkeit

$$v_A = \left( \frac{GM}{a} \frac{a + e}{a - e} \right)^{1/2}$$



### 2.3. Fluidstatik

Druck	$p = \frac{F_N}{A}$	$[p] = \text{N/m}^2$
Schweredruck	$\Delta p = \rho g h$	$\rho$ : konst. Fluiddichte $h$ : Höhendifferenz im Fluid
Barometrische Höhenformel	$p = p_0 \cdot e^{-\frac{\rho_0 g}{p_0} \cdot h}$	$\rho_0, p_0$ : Werte bei $h = 0$ (ideales Gas, $T$ konstant)
Auftrieb	$F_A = m_F g = \rho_F g V_K$	$m_F$ : verdrängte Fluidmasse $V_K$ : Eintauchvol. Körper

### 2.4. Starrer Körper

Drehmoment	$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$ $M = r F \sin \varphi = r F_{\perp}$	$[M] = \text{Nm}$ $\varphi = \angle(\vec{r}, \vec{F})$
Gleichgewichtsbedingungen	$\vec{F}_{\text{res}} = \sum_i \vec{F}_i = 0$ $\vec{M} = \sum_i \vec{M}_i = 0$	Kräftegleichgewicht Drehmomentengleichgewicht (Bezugspunkt frei wählbar)

### 3. Thermodynamik

Thermodynamisches System	Ein thermodynamisches System ist ein wohl definierbares Teilstück der Welt, beschrieben durch Zustandsgrößen wie Temperatur, Druck, Volumen und Teilchenzahl.	
• offenes System:	Energie- und Materieaustausch mit der Umgebung	
• geschlossenes System:	Energie-, aber kein Materieaustausch mit der Umgebung	
• abgeschlossenes System:	weder Energie- noch Materieaustausch mit der Umgebung	

#### 3.1. Temperatur und Ausdehnung

Temperaturskalen	$\{T\} = \{\vartheta\} + \{T_n\}$	$[T] = \text{K}; [\vartheta] = ^\circ\text{C}$ $T_n = 273.15 \text{ K}$ (Normtemp.)
Temperaturdifferenz	$\{\Delta T\} = \{\Delta \vartheta\}$	
Längenausdehnung	$\Delta l = \alpha l_0 \Delta T$	$[\alpha] = \text{K}^{-1}$ (LA-Koeffizient) $l_0$ : Anfangslänge
Volumenausdehnung	$\Delta V = 3\alpha V_0 \Delta T = \gamma V_0 \Delta T$	$[\gamma] = \text{K}^{-1}$ (VA-Koeffizient) $V_0$ : Anfangsvolumen

#### 3.2. Ideales Gas

Stoffmenge	$n = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$	$[n] = \text{mol}$ $N$ : Teilchenzahl $N_A$ : AVOGADRO-Konstante
Molare Masse	$M = \frac{m}{n} = N_A \cdot m_M$	$[M] = \text{kg/mol}$ $m$ : Masse der Substanz $m_M$ : Teilchenmasse
<b>Zustandsgleichung</b>	$pV = nRT = Nk_B T$	$R$ : univers. Gaskonstante $k_B$ : BOLTZMANN-Konstante
Mittlere Translationsenergie	$\bar{E}_{\text{kin},M} = \frac{1}{2} m_M \bar{v}^2 = \frac{3}{2} k_B T$	
Teilchengeschwindigkeiten	$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$	$v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ $v_w = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$

### 3.3. Zustandsänderungen und Wärmemengen

Wärmemenge, innere Energie	$Q, U$	$[Q] = [U] = \text{J}$
Spezifische Wärmekapazität $c$	$Q_c = cm\Delta T$	$[c] = \text{J}/(\text{kgK})$
Spez. Schmelzwärme $L_f$	$Q_f = L_fm$	$[L_f] = \text{J}/\text{kg}$
Spez. Verdampfungswärme $L_v$	$Q_v = L_vm$	$[L_v] = \text{J}/\text{kg}$
Spez. Heizwert $H$	$Q_H = Hm$	$[H] = \text{J}/\text{kg}$
<b>Erster Hauptsatz der Thermodynamik</b>	$\Delta U = Q + W$	$Q > 0$ : Wärme zugeführt $W > 0$ : verrichtet am System

### 3.4. Wärmetransport

Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -\lambda A \frac{\Delta T}{\Delta x}$	$[\lambda] = \text{W}/(\text{Km})$ $A$ : Querschnittfläche $\Delta T/\Delta x$ : Temperaturgradient
Wärmedurchgangskoeff. $U$	$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -UA\Delta T$	$[U] = \text{W}/(\text{Km}^2)$ $\Delta T$ : Differenz innen–aussen
Wärmestrahlung (STEFAN-BOLTZMANN-Gesetz)	$P = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \varepsilon\sigma AT^4$	$\varepsilon$ : Emissionszahl $\sigma$ : STEFAN-BOLTZMANN-K. $A$ : Oberfläche $T$ : Oberflächentemperatur

### Licht und Schwarzkörperstrahlung

Lichtgeschwindigkeit $c$	$c = \lambda f$	$\lambda$ : Wellenlänge $f$ : Frequenz
Photonenenergie	$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$	$h$ : PLANCK'sches Wirkungsq.
WIEN'sches Verschiebungsges.	$\lambda_{\max}T = b$	$\lambda_{\max}$ : $\lambda$ des Strahlungsmax. $b$ : WIEN'sche Konstante

# 4. Elektrizität

## 4.1. Elektrostatik

Ladung	$Q, q$	$[Q] = [q] = \text{As} = \text{C}$ (Coulomb)
COULOMB'sches Gesetz für die elektrische Kraft	$\vec{F}_E = k_C \frac{qQ}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$	$k_C$ : Coulomb-Konstante $\vec{r}$ : Abstandsvektor
Elektrische Feldstärke	$\vec{E} = \frac{\vec{F}_E}{q}$	$[E] = \text{V/m} = \text{N/C}$ $q$ : Probeladung
Spannung	$U_{AB} = \frac{W_E(A \rightarrow B)}{q}$	$[U] = \text{J/C} = \text{V}$ (Volt) $W_E$ : Arbeit vom E-Feld
Potenzial	$\varphi(A) = U_{AZ}$ $\varphi(A) - \varphi(B) = U_{AB}$	$[\varphi] = \text{V}$ $Z$ : Bezugspunkt ( $\varphi_Z = 0$ )

## Punktladung

Elektrische Feldstärke	$\vec{E} = k_C \frac{Q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$	
Potenzial	$\varphi = k_C \frac{Q}{r}$	Nullpunkt im Unendlichen

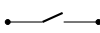
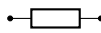
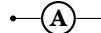
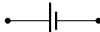


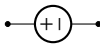


## Plattenkondensator (homogenes Feld)

Spannung	$U_{AB} = \vec{E} \cdot \vec{s}$	$\vec{s} = \overrightarrow{AB}$
Kapazität	$C = \frac{Q}{U} = \epsilon_0 \frac{A}{d}$	$[C] = \text{C/V} = \text{F}$ (Farad) $\epsilon_0$ : elektrische Feldkonstante $A$ : Fläche einer Platte $d$ : Plattenabstand; $d \gg \lambda$


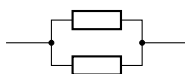
## 4.2. Gleichstrom

Stromstärke	$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$	$[I] = \text{A (Ampere)}$
Technische Stromrichtung	Flussrichtung positiver Ladungsträger	
Widerstand (absolut)	$R = \frac{U}{I}$	$[R] = \text{V/A} = \Omega \text{ (Ohm)}$
OHM'sches Gesetz	$R = \text{konst.} \Rightarrow U \propto I$	
Spezifischer Widerstand $\rho_{\text{el}}$	$R = \rho_{\text{el}} \frac{l}{A}$	$[\rho_{\text{el}}] = \Omega \text{m}$ $l/A$ : Leiterlänge/-querschnitt

### Schaltzeichen

 Schalter	 Widerstand	 Amperemeter
 Batterie	 Glühlampe	 Voltmeter
 Spannungsquelle	 Erdung	 Gerät

### Kombination von Widerständen

Serieschaltung	$R_{\&} = \sum_i R_i$	
Parallelschaltung	$\frac{1}{R_{\parallel}} = \sum_i \frac{1}{R_i}$	

### Umwandlung elektrischer Energie

Leistung	$P = UI$	verrichtet <i>vom</i> elektr. Strom
JOULE'sche Wärme	$P = RI^2 = \frac{U^2}{R}$	

### 4.3. Magnetismus und Induktion

#### Magnetfelder und Kräfte im magnetischen Feld

Magnetische Flussdichte	$\vec{B}$	$[B] = \text{Vs/m}^2 = \text{T (Tesla)}$
Magnetische Permeabilität	$\mu = \mu_r \mu_0$	$\mu_0$ : magn. Feldkonstante $\mu_r$ : relative Permeabilität
Magnetfeld eines unendlich langen, geraden Leiters	$B = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{I}{r}$	$\mu_0$ : magn. Feldkonstante
Magnetfeld in einer langen, dünnen Zylinderspule	$B = \mu \cdot \frac{NI}{l}$	$N$ : Anzahl Windungen $l$ : Länge der Spule
Magnetische Kraft auf stromführenden Leiter	$\vec{F}_B = I \cdot \vec{l} \times \vec{B}$ $F_B = IlB \sin(\varphi)$	$\vec{l}$ : Leiterrichtung $\varphi = \angle(\vec{l}, \vec{B})$
Magnetische Kraft auf bewegte Ladung	$\vec{F}_B = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$ $F_B =  q vB \sin(\varphi)$	$\varphi = \angle(\vec{v}, \vec{B})$
Drei-Finger-Regel	Daumen: $I/\vec{v}$ — Zeigefinger: $\vec{B}$ — Mittelfinger: $\vec{F}_B$	

#### Induktion

Magnetischer Feldfluss	$\Phi_m = \vec{B} \cdot \vec{A} = B \cdot A \cdot \cos \alpha$	$\vec{A}$ : Flächennormale $\alpha = \angle(\vec{B}, \vec{A})$
Induktionsgesetz (FARADAY)	$U_{\text{ind}} = -N \cdot \frac{d\Phi_m}{dt}$	(Ableitung nach der Zeit)
LENZ'sche Regel	Die Induktionswirkung hemmt ihre eigene Ursache.	
Induktivität und induzierte Spannung in einer schlanken Zylinderspule	$L = \mu \cdot \frac{N^2 A}{l}$ $U_{\text{ind}} = -L \cdot \frac{dI}{dt}$	$[L] = \text{Vs/A} = \text{H (Henry)}$ $A$ : Querschnittsfläche $l$ : Länge der Spule; $l \ll \sqrt{A}$

#### Wechselstrom (AC)

Effektivwert der Spannung	$U_{\text{eff}} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$	$\hat{U}$ : Amplitude der Spannung
Transformatorgleichung	$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$	

# 5. Kernphysik

Massenzahl (Nukleonenzahl)

$$A = Z + N$$

Z: Ordnungszahl

N: Neutronenzahl

## Radioaktivität

Halbwertszeit

$$T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$$

$[\lambda] = \text{s}^{-1}$ : Zerfallskonstante

Zerfallsgesetz

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} = N_0 \cdot 2^{-t/T_{1/2}}$$

N,  $N_0$ : Anzahl Kerne

Aktivität

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

$[A] = \text{s}^{-1} = \text{Bq}$  (Becquerel)

## Dosimetrie

Energiedosis (Strahlenart R)

$$D_R = \frac{\Delta E_R}{\Delta m}$$

$[D] = \text{J/kg} = \text{Gy}$  (Gray)

Organdosis (Gewebe T)

$$H_T = \sum_R w_R \cdot D_{T,R}$$

$[H] = \text{J/kg} = \text{Sv}$  (Sievert)

$w_R$ : Strahlen-Wichtungsfaktor

Effektive Dosis

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T$$

$[E] = \text{Sv}$

$w_T$ : Gewebe-Wichtungsfaktor

# 6. Schwingungen und Wellen

## Harmonische Schwingung

Kreisfrequenz	$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$	$T$ : Schwingungsdauer $f$ : Frequenz
Auslenkung (Elongation)	$y = \hat{y} \cdot \sin(\omega t + \phi_0)$	$\hat{y}$ : Amplitude
Geschwindigkeit	$v_y = \dot{y} = \omega \cdot \hat{y} \cdot \cos(\omega t + \phi_0)$	$\omega t + \phi_0$ : Phase
Beschleunigung	$a_y = \ddot{y} = -\omega^2 \cdot \hat{y} \cdot \sin(\omega t + \phi_0)$	$\phi_0$ : Nullphase
Kraftgesetz	$\vec{F} = -k \vec{y}$	$[k] = \text{N/m}$ Richtgrösse
Schwingungsdauer	$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$	
• Federpendel	$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}$	
• Fadenpendel	$T \approx 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	für kleine Amplitude

## Harmonische Welle

Laufende Welle	$u(x, t) = \hat{u} \cdot \sin(kx - \omega t)$	
Ausbreitungsgeschwindigkeit	$c = \lambda f$	$[\lambda] = \text{m}$ Wellenlänge
Wellenzahl	$k = \frac{2\pi}{\lambda}$	$[k] = \text{m}^{-1}$

## Akustik

Stehende Welle	$u(x, t) = \hat{u} \cdot \sin(kx) \cdot \cos(\omega t)$	
Schwebungsfrequenz	$f_{\text{Schwebung}} =  f_2 - f_1 $	$[H] = \text{J/kg} = \text{Sv}$ (Sievert) $w_R$ : Strahlen-Wichtungsfaktor
Partialtöne	$f_n = n \cdot \frac{c}{2l}$ $f_n = (2n - 1) \cdot \frac{c}{4l}$	$l$ : Saiten-/Pfeifenlänge $n = 1, 2, 3, \dots$
DOPPLER-Effekt	$f_B = f_S \cdot \frac{c \pm v_B}{c \mp v_S}$	$B$ : Beobachter, $S$ : Sender oberes Zeichen: Annäherung



# A. Mathematik

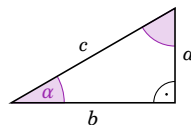
## A.1. Geometrie

### Umfang, Flächen- und Rauminhalt

Dreiecksfläche	$A = \frac{1}{2}gh$	$g$ : Grundlinie, $h$ : Höhe
Kreisumfang und -inhalt	$u = 2\pi r$ $A = \pi r^2$	$r$ : Radius
Kugeloberfläche und -volumen	$A = 4\pi r^2$ $V = \frac{4}{3}\pi r^3$	

### Trigonometrie

Sinus	$\sin \alpha = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}} = \frac{a}{c}$
Cosinus	$\cos \alpha = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}} = \frac{b}{c}$
Tangens	$\tan \alpha = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}} = \frac{a}{b}$



Satz des PYTHAGORAS     $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$      $a^2 + b^2 = c^2$

Additionstheoreme

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cdot \cos \beta \pm \cos \alpha \cdot \sin \beta$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta \mp \sin \alpha \cdot \sin \beta$$

## A.2. Algebra

Potenz     $a^n = \underbrace{a \cdot a \cdot a \dots a}_{n \text{ Faktoren}}$     Potenzwert = Basis<sup>Exponent</sup>

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n} \quad a^{1/n} = \sqrt[n]{a} \quad n \in \mathbb{N}$$

Potenzgesetze

$$a^{p+q} = a^p \cdot a^q$$

$$a^{p \cdot q} = (a^p)^q$$

$$(a \cdot b)^p = a^p \cdot b^p$$

Binomische Formeln

$$(a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2$$

$$(a + b)(a - b) = a^2 - b^2$$

### A.3. Proportionalitäten und einfache Potenzfunktionen

Direkte Proportionalität

Gehört zum  $k$ -Fachen eines Wertes einer Grösse  $x$  stets das  $k$ -Fache einer anderen Grösse  $y$ , so heissen die beiden Grössen direkt proportional (verhältnisgleich).

$$y \propto x \Rightarrow \frac{y}{x} = m \Rightarrow y = mx$$

Indirekte Proportionalität

Gehört zum  $k$ -Fachen eines Wertes einer Grösse  $x$  stets das  $\frac{1}{k}$ -Fache einer anderen Grösse  $y$ , so heissen die beiden Grössen indirekt proportional (produktgleich).

$$y \propto \frac{1}{x} \Rightarrow y \cdot x = A \Rightarrow y = \frac{A}{x}$$

Geradengleichung

$$y = mx + q$$

$m$ : Steigung

$q$ : Ordinatenabschnitt

- Zwei-Punkt-Form

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1) + y_1$$

Parabelgleichung

$$y = ax^2 + bx + c$$

- Scheitelpunktform

$$y = a(x - x_S)^2 + y_S$$

$(x_S, y_S)$ : Scheitelpunkt

- Nullstellen

$$x_{\pm} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

«Mitternachtsformel»

## A.4. Vektoren

Vektor in  $\mathbb{R}^2$   $\vec{v} = \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \end{pmatrix}$   $v_x, v_y$ : Vektorkomponenten

Betrag eines Vektors  $v = |\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

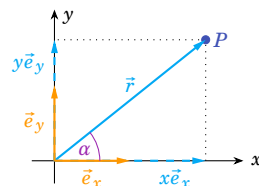
Vektorgleichung  $\vec{v} = \vec{w} \Leftrightarrow \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} w_x \\ w_y \end{pmatrix} \Leftrightarrow \begin{cases} v_x = w_x \\ v_y = w_y \end{cases}$

Einheitsvektoren in  $\mathbb{R}^2$   $\vec{e}_x = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \vec{e}_y = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$

Ortsvektor der Ebene  $\vec{r} = x\vec{e}_x + y\vec{e}_y = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$

Summe zweier Vektoren  $\vec{a} + \vec{b} = \begin{pmatrix} a_x + b_x \\ a_y + b_y \end{pmatrix}$

Multiplikation mit Skalar  $\lambda\vec{a} = \begin{pmatrix} \lambda a_x \\ \lambda a_y \end{pmatrix}$



Skalarprodukt  $\vec{a} \cdot \vec{b} = a \cdot b \cdot \cos \varphi$   $\varphi = \angle(\vec{a}, \vec{b})$

- Rechenregeln

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = \vec{b} \cdot \vec{a}, \quad \vec{a} \cdot (\vec{b} + \vec{c}) = \vec{a} \cdot \vec{b} + \vec{a} \cdot \vec{c}, \quad (\lambda\vec{a}) \cdot \vec{b} = \lambda(\vec{a} \cdot \vec{b})$$

Vektorprodukt

$$\vec{a} \times \vec{b} = \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} b_x \\ b_y \\ b_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_y b_z - a_z b_y \\ a_z b_x - a_x b_z \\ a_x b_y - a_y b_x \end{pmatrix}$$

- Rechenregeln

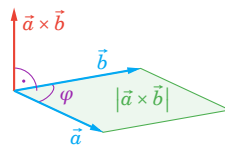
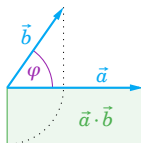
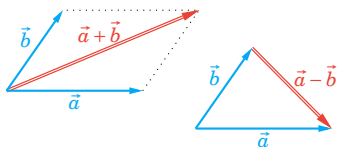
$$|\vec{a} \times \vec{b}| = a \cdot b \cdot \sin \varphi$$

- Eigenschaften

$\vec{a} \times \vec{b}$  steht senkrecht auf  $\vec{a}$  und  $\vec{b}$

$\vec{a}, \vec{b}$  und  $\vec{a} \times \vec{b}$  bilden ein Rechtssystem

$|\vec{a} \times \vec{b}|$  ist die Fläche des aufgespannten Parallelogramms



## A.5. Differentialrechnung

Differenzenquotient	$\frac{\Delta f}{\Delta x} = \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0}$	$\Delta x = x - x_0 \neq 0$
Ableitung	$f'(x_0) = \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0}$	
Ableitungsfunktionen	$f' = \frac{df}{dx} \quad f'' = \frac{d^2 f}{dx^2}$	
Summenregel	$f(x) = u(x) \pm v(x)$	$f'(x) = u'(x) \pm v'(x)$
Produktregel	$f(x) = u(x) \cdot v(x)$	$f'(x) = u'(x) \cdot v(x) + u(x) \cdot v'(x)$
Kettenregel	$f(x) = u(v(x))$	$f'(x) = u'(v(x)) \cdot v'(x)$

### Ableitungen spezieller Funktionen

$(x^s)' = s x^{s-1}$	$(e^x)' = e^x$	$(\ln x)' = \frac{1}{x}$
$(\sin x)' = \cos x$	$(\cos x)' = -\sin x$	$(\tan x)' = \frac{1}{\cos^2 x}$

## B. Tabellen

### Dichte

<b>Festkörper</b> bei 20 °C in 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>					
Aluminium	2.70	Marmor	2.7	Silber	10.5
Beton	2.2	Kork	0.3	Silizium	2.42
Blei	11.34	Kupfer	8.92	Stahl V2A	7.9
Buchenholz	0.7	Messing	8.47	Styropor	0.02
Diamant	3.51	Natrium	0.97	Tannenholz	0.5
Eis bei 0 °C	0.917	Nickel	8.90	Uran	18.7
Eisen	7.86	Paraffin	0.9	Wolfram	19.3
Glas	2.5	Platin	21.45	Ziegelstein	1.6
Gold	19.29	Plexiglas	1.18	Zink	7.14
Graphit	2.24	Porzellan	2.4	Zinn	7.29
Invar	8.00	Quarzglas	2.2		

<b>Flüssigkeiten</b> bei 20 °C in 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>					
Aceton	0.788	Glycerin	1.261	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1.84
Benzol	0.878	Heizöl EL	0.86	CCl <sub>4</sub>	1.594
Benzin	0.744	Methanol	0.792	Wasser	0.998
Diethylether	0.714	Olivenöl	0.92	D <sub>2</sub> O	1.105
Ethanol	0.789	Quecksilber	13.546		

<b>Gase</b> bei 0 °C und 1.013·10 <sup>5</sup> Pa in kg/m <sup>3</sup>					
Ammoniak	0.771	CO	1.250	SO <sub>2</sub>	2.926
Argon	1.784	Luft	1.293	Stickstoff	1.250
Butan	2.732	Methan	0.717	Wasserstoff	0.0899
Erdgas	0.830	Neon	0.900	Xenon	5.897
Helium	0.179	Propan	2.010		
CO <sub>2</sub>	1.977	Sauerstoff	1.429		

### Reibungskoeffizienten

Materialkombination	$\mu_G$	$\mu_H$	Materialkombination	$\mu_G$	$\mu_H$
Glas auf Glas	0.40	0.94	NaCl auf NaCl	1.2	1.5
Holz auf Holz	0.3	0.6	Pneu auf trock. Strasse	0.7	0.9
Stahl auf Stahl	0.1	0.15	Pneu auf nasser Strasse	0.3	0.5
Stahl auf Eis	0.014	0.027	Pneu auf Eis	0.05	0.1

## Thermische Eigenschaften von Festkörpern

$\alpha$	Längenausdehnungskoeffizient bei 20 °C
$c$	Spezifische Wärmekapazität bei 20 °C
$\vartheta_f, L_f$	Schmelz- und Erstarrungspunkt, Spezifische Schmelzwärme
$\lambda$	Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C

	$\alpha$ $10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$	$c$ $\frac{10^3 \text{ J}}{\text{kgK}}$	$\vartheta_f$ °C	$L_f$ $10^5 \frac{\text{ J}}{\text{ kg}}$	$\lambda$ $\frac{\text{ W}}{\text{ Km}}$
Aluminium	23.8	0.896	660.1	3.97	239
Blei	31.3	0.129	327.4	0.23	34.8
Eis bei 0 °C	37.0	2.1	0	3.338	2.2
Eisen	12.0	0.45	1535	2.77	80
Glas	8.5	0.8			1.0
Kupfer	16.8	0.383	1083	2.05	390
Messing	18	0.380	905	1.6	79
Silber	19.7	0.235	960.8	1.045	428
Silizium	7.6	0.705	1410	1.654	153
Stahl V2A	16.0	0.510			14
Wolfram	4.3	0.134	3380	1.92	177
Zink	26.3	0.385	419.5	1.11	112

## Thermische Eigenschaften von Flüssigkeiten

$\gamma$	Volumenausdehnungskoeffizient bei 20 °C
$c$	Spezifische Wärmekapazität bei 20 °C
$\vartheta_f, L_f$	Schmelz- und Erstarrungspunkt, Spezifische Schmelzwärme
$\vartheta_v, L_v$	Siede- und Kondensationspunkt, Spezifische Verdampfungswärme (Normdruck)

	$\gamma$ $10^{-3} \frac{1}{\text{K}}$	$c$ $\frac{10^3 \text{ J}}{\text{kgK}}$	$\vartheta_f$ °C	$L_f$ $10^5 \frac{\text{ J}}{\text{ kg}}$	$\vartheta_v$ °C	$L_v$ $10^5 \frac{\text{ J}}{\text{ kg}}$	$\lambda$ $\frac{\text{ W}}{\text{ Km}}$
Aceton	1.49	2.16	-94.86	0.98	56.25	5.25	0.162
Benzin	0.90	2.02					
Ethanol	1.10	2.43	-114.5	1.08	78.33	8.40	0.165
Glycerin	0.50	2.39	18.4	2.01	290.5	8.54	0.285
Heizöl EL	0.92						
Quecksilber	0.182	0.139	-38.87	0.12	356.58	2.85	8.2
Wasser	0.207	4.182	0.00	3.338	100.00	22.56	0.598

# Thermische Eigenschaften von Gasen

$c_p, c_v$	Spezifische Wärmekapazität für konst. Druck bzw. Volumen bei 20 °C
$C_p, C_V$	Molare Wärmekapazität für konst. Druck bzw. Volumen bei 20 °C
$\chi$	Adiabatexponent
$\vartheta_f, L_f$	Schmelz- und Erstarrungspunkt, Spezifische Schmelzwärme
$\vartheta_v, L_v$	Siede- und Kondensationspunkt, Spezifische Verdampfungswärme (Normdruck)

	$c_p$ $\frac{10^3 \text{ J}}{\text{kgK}}$	$C_p$ $\frac{\text{ J}}{\text{ molK}}$	$\chi$ $= \frac{c_p}{c_v}$	$\vartheta_f$ °C	$L_f$ $10^5 \frac{\text{ J}}{\text{ kg}}$	$\vartheta_v$ °C	$L_v$ $10^5 \frac{\text{ J}}{\text{ kg}}$
Argon	0.523	20.9	1.648	-189.38	0.30	-185.88	1.614
Helium	5.23	20.9	1.63			-268.94	0.211
Kohlendioxid	0.837	36.8	1.293			-78.45	
Luft	1.005	29.1	1.402				
Methan	2.219	35.6	1.308	-182.52	0.59	-161.5	4.806
Neon	1.031	20.8	1.64	-248.61		-246.06	
Sauerstoff	0.917	29.3	1.398	-218.79	0.14	-182.97	2.131
Stickstoff	1.038	29.1	1.401	-210.00	0.26	-195.82	1.994
Wasserdampf	1.863	33.6	1.33	0.00		+100	
Wasserstoff	14.32	28.9	1.41	-259.20	60.00	-252.77	4.458

## Wärmetransport

### Emissionszahl $\epsilon$ bei 20 °C Oberflächentemperatur

Alu eloxiert	0.92	Eis	0.97	Silber poliert	0.02
Alu oxidiert	0.3	Glas	0.9	Textil	0.85
Alu poliert	0.04	Menschl. Haut	0.97	Wasser	0.98

### Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ von Baustoffen in W/(Km)

Backstein	0.47	Isolierstoffe	0.04	Ruhende Luft	0.025
Fensterglas	0.8	Leichtbeton	0.22	Stahlbeton	1.85

### Wärmedurchgangskoeffizient $U$ von Bauelementen in W/(Km<sup>2</sup>)

Backsteinmauser (30 cm)	1.15	Fenster – Einfachglas	5.8
Leichtbetonwand (25 cm)	0.2	Fenster – Doppelverglasung	2.5
Massivholzwand (20 cm)	0.5	Fenster – Isolierverglasung	1.1

## Planeten-, Mond- und Sonnendaten

Name	$m$ in $10^{24}$ kg	$R$ in $10^6$ m	$a$ in $10^6$ km	$T$ in a	$\varepsilon$
Merkur	0.331	2.425	57.9	0.241	0.206
Venus	4.87	6.070	108.2	0.615	0.007
Erde	5.974	6.378	149.6	1.000	0.017
Mars	0.642	3.395	227.9	1.881	0.093
Jupiter	1898.5	71.3	778.3	11.868	0.048
Saturn	568.46	60.1	1427	29.458	0.056
Uranus	86.818	25.6	2870	84.014	0.047
Neptun	102.45	24.3	4496	164.793	0.009
Pluto	0.015	1.5	5900	248.68	0.250
Mond	0.073 49	1.7375	0.384	0.0748	0.055
Sonne	$1.9884 \cdot 10^6$	696.0			

## Spezifischer elektrischer Widerstand

Leiter bei 20 °C in $10^{-8} \Omega m$					
Aluminium	2.650	Kupfer (rein)	1.754	Wolfram	5.5
Eisen	9.61	Messing	8.0	Wolfram (1 kK)	24.3
Gold	2.214	Nickel	6.93	Wolfram (2 kK)	55.7
Graphit	300	Platin	10.5	Wolfram (3 kK)	90.4
Konstantan	49	Silber	1.587	Zink	5.90

Halbleiter bei 20 °C in $\Omega m$					
Germanium	0.46	Muskelgewebe	2	Silicium	640

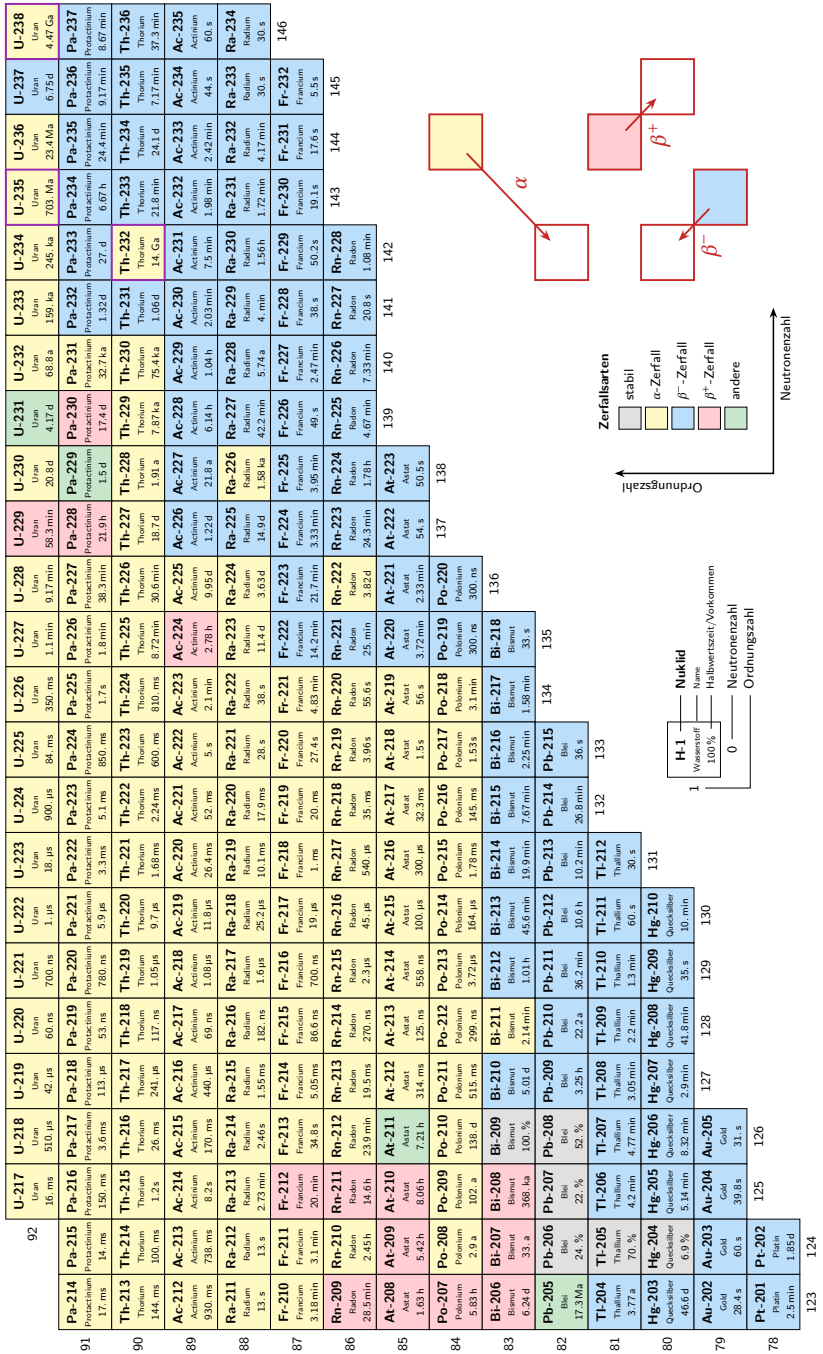
Isolierstoffe bei 20 °C in $\Omega m$					
Bernstein	$10^{18}$	Luft	$10^{13}$	Quarzglas	$10^{12}$
Glimmer	$5 \cdot 10^{14}$	Plexiglas	$10^{13}$	Styropor	$10^{17}$
Hartgummi	$10^{15}$	PVC	$5 \cdot 10^{12}$	Wasser (dest.)	$10^5$

## Wichtungsfaktoren der Dosimetrie

Strahlenart	$w_R$	Gewebe/Organ	$w_T$	Gewebe/Organ	$w_T$
$\gamma$ -, Röntgenstrahlen	1	Brust	0.12	Knochenmark	0.12
Elektronen, Myonen	1	Lunge	0.12	Keimdrüsen	0.08
Neutronen	5–20	Magen	0.12	Schilddrüse	0.04
$\alpha$ -Strahlen	20	Dickdarm	0.12	übrige	0.28



# Nuklidkarte (schwere Elemente)



# Periodensystem der Elemente

1	1.0079	<b>H</b>	Wasserstoff	2	4.0025	<b>He</b>	Helium																												
3	6.941	4	9.0122	<b>Li</b>	<b>Be</b>	7	14.007	<b>B</b>	<b>C</b>	8	15.999	<b>O</b>	<b>F</b>	9	18.998	<b>Ne</b>																			
11	22.990	12	24.305	<b>Na</b>	<b>Mg</b>	13	26.982	<b>Al</b>	<b>Si</b>	14	28.086	<b>P</b>	<b>S</b>	15	30.974	<b>Cl</b>	<b>Ar</b>																		
19	39.098	20	40.078	21	44.956	22	47.867	23	50.942	24	51.996	25	54.938	26	55.845	27	58.933	28	58.693	29	63.546	30	65.39	31	69.723	32	72.64	33	74.922	34	78.96	35	79.904	36	83.8
37	85.468	38	87.62	39	88.906	40	91.224	41	92.906	42	95.94	43	96	44	101.07	45	102.91	46	106.42	47	107.87	48	112.41	49	114.82	50	118.71	51	121.76	52	127.6	53	126.9	54	131.29
55	132.91	56	137.33	57-71	<b>La-Lu</b>	72	178.49	73	180.95	74	183.84	75	186.21	76	190.23	77	192.22	78	195.08	79	196.97	80	200.59	81	204.38	82	207.2	83	208.98	84	209	85	210	86	222
87	223	88	226	89-103	<b>Ac-Lr</b>	104	261	105	262	106	266	107	264	108	271	109	268	110	281	111	280	112	277	113	287	114	289	115	288	116	289	117	283	118	294
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og																		

Molare Masse (g/mol) — Ordnungszahl — 1 — 1.0079

fest — flüssig — gasförmig — **künstlich** — unbekannt

Alkalimetalle — Erdalkalimetalle — Übergangsmetalle — Halbmetalle — Nichtmetalle

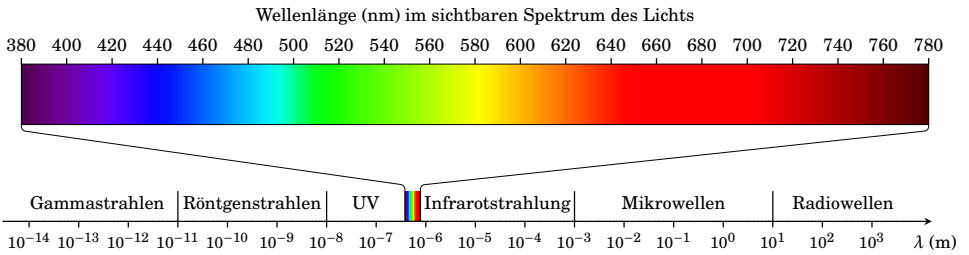
Halogene — Edelgase — Lanthanoide/Actinoide — unbekannt

Symbol — **H** — Name — Wasserstoff

57	138.91	58	140.12	59	140.91	60	144.24	61	145	62	150.36	63	151.96	64	157.25	65	158.93	66	162.50	67	164.93	68	167.26	69	168.93	70	173.04	71	174.97
<b>La</b>	<b>Ce</b>	<b>Pr</b>	<b>Nd</b>	<b>Pm</b>	<b>Sm</b>	<b>Eu</b>	<b>Gd</b>	<b>Tb</b>	<b>Dy</b>	<b>Ho</b>	<b>Er</b>	<b>Tm</b>	<b>Yb</b>	<b>Lu</b>															
89	227	90	232.04	91	231.04	92	238.03	93	237	94	244	95	243	96	247	97	247	98	251	99	252	100	257	101	258	102	259	103	260
<b>Ac</b>	<b>Th</b>	<b>Pa</b>	<b>U</b>	<b>Np</b>	<b>Pu</b>	<b>Am</b>	<b>Cm</b>	<b>Bk</b>	<b>Cf</b>	<b>Es</b>	<b>Fm</b>	<b>Md</b>	<b>No</b>	<b>Lr</b>															



# Spektrum der elektromagnetischen Strahlung



## Verschiedene Einheiten und Umrechnungen

Länge	1 Å	= $10^{-10}$ m	(Ångström)
	1 inch	= 2.540 cm	
	1 mile	= 1609.344 m	
	1 AE	= $1.49597870700 \cdot 10^{11}$ m	(Astronomische Einheit)
	1 Lj	= $9.460730472 \cdot 10^{15}$ m	(Lichtjahr)
Volumen	1 gallon (US)	= $3.785411784 \cdot 10^{-3}$ m <sup>3</sup>	
Geschwindigkeit	1 m/s	= 3.6 km/h	
Masse	1 pound	= 0.45359237 kg	
	1 u	= $1.66053892 \cdot 10^{-27}$ kg	(Atomare Masseneinheit)
Energie	1 kWh	= $3.6 \cdot 10^6$ J	(Kilowattstunde)
	1 eV	≈ $1.602176487 \cdot 10^{-19}$ J	(Elektronvolt)
	1 cal	= 4.182 J	(Kalorie nach IUNS)
Leistung	1 PS	= 735.49875 W	(Pferdestärke)
Druck	1 bar	= $10^5$ N/m <sup>2</sup>	= $10^5$ Pa
	1 atm	= 101325 Pa	= 1.01325 bar
Temperatur	K → °C	$\vartheta = (T - 273.15\text{K}) \cdot ^\circ\text{C}/\text{K}$	

## Griechisches Alphabet

Alpha	$\alpha$	<i>A</i>	Eta	$\eta$	<i>E</i>	Nu	$\nu$	<i>N</i>	Upsilon	$\upsilon$	<i>Y</i>
Beta	$\beta$	<i>B</i>	Theta	$\theta$	$\Theta$	Omicron	$o$	<i>O</i>	Phi	$\phi$	$\Phi$
Gamma	$\gamma$	$\Gamma$	Iota	$\iota$	<i>I</i>	Pi	$\pi$	$\Pi$	Chi	$\chi$	<i>X</i>
Delta	$\delta$	$\Delta$	Kappa	$\kappa$	<i>K</i>	Rho	$\rho$	<i>R</i>	Psi	$\psi$	$\Psi$
Epsilon	$\epsilon$	<i>E</i>	Lambda	$\lambda$	$\Lambda$	Sigma	$\sigma$	$\Sigma$	Omega	$\omega$	$\Omega$
Zeta	$\zeta$	<i>Z</i>	Mu	$\mu$	<i>M</i>	Tau	$\tau$	<i>T</i>			

## Allgemeine Konstanten

Gravitationskonstante	$G$	$6.67384 \cdot 10^{-11}$	$\text{Nm}^2/\text{kg}^2$
Lichtgeschwindigkeit	$c_0$	$2.99792458 \cdot 10^8$	m/s
Coulomb-Konstante	$k_C$	$8.98755179 \cdot 10^9$	$\text{Nm}^2/\text{C}^2$
Elektrische Feldkonstante	$\epsilon_0$	$8.85418782 \cdot 10^{-12}$	$\text{As}/(\text{Vm})$
Magnetische Feldkonstante	$\mu_0$	$4\pi \cdot 10^{-7}$	$\text{Vs}/(\text{Am})$
PLANCK'sches Wirkungsquantum	$h$	$6.62606957 \cdot 10^{-34}$	J s
Elementarladung	$e$	$1.60217657 \cdot 10^{-19}$	C
Masse des Elektrons	$m_e$	$9.10938291 \cdot 10^{-31}$	kg
Masse des Protons	$m_p$	$1.67262178 \cdot 10^{-27}$	kg
Masse des Neutrons	$m_n$	$1.67492747 \cdot 10^{-27}$	kg
BOHR'scher Radius	$a_0$	$0.52917721 \cdot 10^{-10}$	m
Druck bei Normbedingungen	$p_n$	101325	Pa
Temperatur bei Normbedingungen	$T_n$	273.15	K
Temperatur bei Laborbedingungen	$T_L$	293.15	K
AVOGADRO-Konstante	$N_A$	$6.02214129 \cdot 10^{23}$	1/mol
BOLTZMANN-Konstante	$k_B$	$1.3806488 \cdot 10^{-23}$	J/K
Universelle Gaskonstante	$R$	8.3144598	J/(molK)
STEFAN-BOLTZMANN-Konstante	$\sigma$	$5.670373 \cdot 10^{-8}$	$\text{W}/(\text{m}^2 \text{K}^4)$
WIEN'sche Konstante	$b$	$2.8977685 \cdot 10^{-3}$	Km
Solarkonstante	$S$	1380	$\text{W}/\text{m}^2$
Normwert der Fallbeschleunigung	$g_n$	9.81	$\text{m}/\text{s}^2$
Gravitationsparameter der Erde	$GM_E$	$3.986004418 \cdot 10^{14}$	$\text{m}^3/\text{s}^2$

## Einheitenpräfixe

$10^{24}$	Y	Yotta	$10^9$	G	Giga	$10^{-1}$	d	Dezi	$10^{-12}$	p	Pico
$10^{21}$	Z	Zetta	$10^6$	M	Mega	$10^{-2}$	c	Zenti	$10^{-15}$	f	Femto
$10^{18}$	E	Exa	$10^3$	k	Kilo	$10^{-3}$	m	Milli	$10^{-18}$	a	Atto
$10^{15}$	P	Peta	$10^2$	h	Hekto	$10^{-6}$	$\mu$	Mikro	$10^{-21}$	z	Zepto
$10^{12}$	T	Tera	$10^1$	da	Deka	$10^{-9}$	n	Nano	$10^{-24}$	y	Yokto