

# Physikalische Formeln und Daten

Europa-Gymnasium Würth, zusammengestellt von Dr. Holger Hauptmann

---

## Inhaltsverzeichnis

1. Mechanik.....	2
1.1. Bewegungen .....	2
1.2. Impuls und Kraft.....	2
1.3. Reibung.....	2
1.4. Energie.....	2
1.5. Gravitation.....	3
1.6. Kreisbewegung.....	3
1.7. Rotation .....	3
1.8. Flüssigkeiten und Gase .....	3
2. Elektrodynamik.....	3
2.1. Stromkreise.....	3
2.2. Widerstände.....	4
2.3. Elektrisches Feld.....	4
2.4. Kondensatoren.....	4
2.5. Magnetisches Feld .....	5
2.6. Induktion.....	5
2.7. Wechselstrom / Trafo .....	5
2.8. Elektro-magn. Wellen.....	6
3. Schwingungen und Wellen .....	6
3.1. Schwingungen .....	6
3.2. Wellen.....	6
3.3. Interferenz.....	7
4. Optik .....	7
4.1. Geometrische Optik.....	7
5. Thermodynamik.....	7
5.1. Wärmelehre .....	7
5.2. Gase .....	7
6. Atome, Kerne, Quanten .....	8
6.1. Atomphysik .....	8
6.2. Kernphysik .....	8
6.3. Quantenphysik.....	8
7. Relativitätstheorie .....	8
7.1. Energie, Impuls, Masse.....	8
7.2. Bezugssystemwechsel .....	9
8. Mathematische Formeln.....	9
9. Naturkonstanten, Einheitenpräfixe .....	9
10. Astronomische Daten.....	10
10.1. Sonne .....	10
10.2. Erde.....	10
10.3. Mond.....	10
10.4. Planeten .....	10
11. Physikalische Daten .....	10
11.1. Dichte von Stoffen.....	10
11.2. Schallgeschwindigkeit .....	10
11.3. $c_w$ -Werte (und Querschnittsflächen) .....	11
11.4. Reibungszahlen.....	11
11.5. Energieinhalt von Brennstoffen.....	11
11.6. Elektrische Leitfähigkeit.....	11
11.7. Lichtgeschwindigkeit (und Brechzahl).....	11
11.8. Spektralfarben und Wellenlängen.....	11
11.9. Thermische Eigenschaften.....	11
12. Physikalische Größen, Einheiten, Umrechnungen.....	12

# Mechanik

Bewegungen	Formel	Einheit	Erläuterung
Geschwindigkeit	$v(t) = \dot{s}(t) = \frac{ds}{dt}$	m/s	
Beschleunigung	$a(t) = \dot{v}(t) = \frac{dv}{dt}$	m/s <sup>2</sup>	
gleichförmige Bewegung	$a(t) = 0$ $v(t) = \text{konst.}$ $s(t) = v \cdot t + s_0$	m/s <sup>2</sup> m/s m	$s_0$ : Anfangsort
gleichmäßig beschleunigte Bewegung	$a(t) = \text{konst.}$ $v(t) = a \cdot t + v_0$ $s(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + s_0$	m/s <sup>2</sup> m/s m	$v_0$ : Anfangsgeschwindigkeit. $s_0$ : Anfangsort
<b>Impuls und Kraft</b>			
Impuls	$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$	Hy = kg·m/s	
Impulsstromstärke / Kraft	$\vec{F} = \dot{\vec{p}}$ $\vec{F} = m \cdot \dot{\vec{v}} = m \cdot \vec{a}$	N = Hy/s N = kg·m/s <sup>2</sup>	wenn $m = \text{konst.}$
Hookesches Gesetz	$F = -D \cdot s$	N	$D$ : Federkonstante
Gewichtskraft	$F_G = m \cdot g$	N	$g$ : Ortsfaktor, Schwerkbeschleunigung
schiefe Ebene: Hangabtriebskraft Normalkraft	$F_H = F_G \cdot \sin(\alpha)$ $F_N = F_G \cdot \cos(\alpha)$	N N	$\alpha$ : Neigungswinkel
<b>Reibung</b>			
Haften	$F_{h,max} = f_h \cdot F_N$	N	$f_h$ : Haftkoeffizient $F_N$ : Normalkraft
Gleitreibung	$F_g = f_g \cdot F_N$	N	$f_g$ : Gleitreibungskoeff.
Luftwiderstand	$F = \frac{1}{2}c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$	N	$c_w$ : Widerstandsbeiwert $\rho$ : Dichte Medium $A$ : Querschnittsfläche
<b>Energie</b>			
Energiestromstärke / Leistung	$P = \dot{E} = \frac{dE}{dt}$	W = J/s	$E$ : Energie
mech. Energieübertragung / Arbeit	$P = v \cdot F$ $\Delta E = \Delta \vec{s} \cdot \vec{F} = \Delta s \cdot F$	W = J/s J = kg·m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	wenn $F = \text{konst.}$ , $\Delta s \parallel F$
kinetische Energie	$E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m}$	J	
Federenergie	$E_F = \frac{1}{2}Ds^2$	J	$D$ : Federkonstante
Energie Gravitationsfeld / potenzielle Energie	$E_{pot} = m \cdot g \cdot h$	J	wenn $g = \text{konst.}$

Gravitation	Formel	Einheit	Erläuterung
Gravitationsgesetz	$F_{grav} = \gamma \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}$	N	$\gamma$ : Gravitationskonstante $m$ : Masse Körper 1 $M$ : Masse Körper 2 $r$ : Abstand
Gravitationsenergie	$E_{grav} = -\gamma \cdot \frac{m \cdot M}{r}$	J	
<b>Kreisbewegung</b>			
Frequenz	$f = 1 / T$	1/s	$T$ : Umlaufdauer
Drehwinkel (Bogenmaß)	$\varphi = b / r$		$b$ : Bogenlänge $r$ : Radius
Winkelgeschwindigkeit	$\omega = \dot{\varphi}$ $\omega = 2\pi f = 2\pi / T$	1/s 1/s	wenn $\omega = \text{konst.}$
Bahngeschwindigkeit	$v = \omega \cdot r$	m/s	
Zentripetalkraft	$F_Z = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$	N	
<b>Rotation</b>			
Trägheitsmoment	$J = \sum_i m_i \cdot r_i^2$	kg·m <sup>2</sup>	$m_i$ : Teilmassen $r_i$ : Abstände Drehachse
Drehimpuls	$L = J \cdot \omega$	kg·m <sup>2</sup> /s	
Drehimpulsstromstärke / Drehmoment	$\vec{M} = \dot{L} = \vec{r} \times \vec{F}$	Nm	$r$ : Abstand Drehachse (Hebelarm)
Rotationsenergie	$E_{rot} = \frac{1}{2} J \omega^2$	J	
Energiestromstärke	$P = \omega \cdot M$	W	
<b>Flüssigkeiten und Gase</b>			
Druck	$p = F / A$	Pa = N/m <sup>2</sup>	
hydrostatischer Druck	$p = \rho \cdot g \cdot h$	Pa	$\rho$ : Dichte Medium $h$ : Tiefe
Auftrieb	$F_A = \rho \cdot g \cdot V$	N	$V$ : verdrängtes Volumen

## Elektrodynamik

Stromkreise	Formel	Einheit	Erläuterung
elektrische Stromstärke	$I = \dot{Q} = \frac{dQ}{dt}$	A = C/s	$Q$ : elektrische Ladung $t$ : Zeit
Spannung	$U = \Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$	V	$\varphi$ : elektrisches Potenzial
Energiestromstärke	$P = U \cdot I$	W	
Energieänderung eines geladenen Teilchens	$\Delta E = (\varphi_2 - \varphi_1) \cdot \Delta Q$ $\Delta E = U \cdot \Delta Q$	J	
elektrische Stromdichte	$ \vec{j}  = \frac{I}{A}$	A/m <sup>2</sup>	Richtung von $j$ : Richtung, in die der Strom fließt

Widerstände	Formel	Einheit	Erläuterung
elektrischer Widerstand	$R = \frac{U}{I}$	$\Omega = \text{V/A}$	
elektrischer Widerstand eines Drahtes	$R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{l}{A} = \rho \cdot \frac{l}{A}$	$\Omega$	$\sigma$ : elektr. Leitfähigkeit $\rho$ : spez. Widerstand $A$ : Querschnittsfläche $l$ : Länge
Reihenschaltung	$R_{ges} = R_1 + R_2$	$\Omega$	
Parallelschaltung	$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$	$1/\Omega$	
<b>Elektrisches Feld</b>			
elektrische Feldstärke	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q} \quad  \vec{E}  = \frac{\Delta\varphi}{\Delta s}$	$\text{N/C} = \text{V/m}$	$F$ : Kraft auf Probeladung $Q$ : Probeladung
elektrische Feldstärke an geladenen Oberflächen	$\frac{Q}{A} = \varepsilon_0 \cdot  \vec{E} $	$\text{C/m}^2$	$Q/A$ : Flächenladungsdichte
elektrische Feldstärke im Kondensator	$ \vec{E}  = \frac{U}{d}$	$\text{V/m}$	
elektrische Feldstärke um eine geladene Kugel	$ \vec{E}  = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$	$\text{V/m}$	$Q$ : Ladung der Kugel $r$ : Abstand
Coulomb-Gesetz	$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q \cdot Q}{r^2}$	$\text{N}$	$q$ : Ladung Körper 1 $Q$ : Ladung Körper 2 $r$ : Abstand
Energiedichte im elektrischen Feld	$\rho_E = \frac{\varepsilon_0}{2} \cdot  \vec{E} ^2$	$\text{J/m}^3$	$\varepsilon_0$ : elektr. Feldkonstante
lokales ohmsches Gesetz	$\vec{j} = \sigma \cdot \vec{E}$	$\text{A/m}^2$	$\sigma$ : elektr. Leitfähigkeit
<b>Kondensatoren</b>			
Kapazität	$C = \frac{Q}{U}$	$\text{F} = \text{C/V}$	
Kapazität Plattenkondensator	$C = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$	$\text{F}$	$\varepsilon_r$ : Dielektrizitätszahl $A$ : Plattenfläche $d$ : Plattenabstand
Reihenschaltung	$\frac{1}{C_{ges}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$	$1/\text{F}$	
Parallelschaltung	$C_{ges} = C_1 + C_2$	$\text{F}$	
Energie im Kondensatorfeld	$E_{Kond} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$	$\text{J}$	
Entladung Kondensator	$Q(t) = Q_0 \cdot e^{-t/(RC)}$ $T_{1/2} = \ln 2 \cdot RC$	$\text{C}$ $\text{s}$	$R$ : Widerstand $C$ : Kapazität $T_{1/2}$ : Halbwertszeit

Magnetisches Feld	Formel	Einheit	Erläuterung
magnetische Feldstärke	$\vec{H} = \frac{\vec{F}}{Q_m}$	N/Wb = A/m	$F$ : Kraft auf Probepol $Q_m$ : magn. Ladung des (pos.) Probepols
magnetische Feldstärke / Flussdichte in einer Spule	$H = \frac{n \cdot I}{l} \quad B = \mu_0 \cdot \frac{n \cdot I}{l}$	A/m    T	$n$ : Windungszahl $l$ : Spulenlänge nur für lange Spule ( $l \gg d$ )
magn. Feldstärke / Fluss- dichte um einen Draht	$H = \frac{I}{2\pi r} \quad B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2\pi r}$	A/m    T	$r$ : Abstand zum Draht
Energiedichte im magnetischen Feld	$\rho_E = \frac{\mu_0}{2} \cdot  \vec{H} ^2 = \frac{1}{2\mu_0} \cdot  \vec{B} ^2$	J/m <sup>3</sup>	$\mu_0$ : magn. Feldkonstante
Energie im Feld einer Spule	$E_{Spule} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$	J	$L$ : Induktivität
Induktivität einer Spule	$L = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot n^2 \cdot \frac{A}{l}$	H = V·s/A	$\mu_r$ : Permeabilitätszahl $A$ : Querschnittsfläche
Induktivität	$L = \frac{n \cdot \Phi}{I}$	H	$\Phi$ : magnetischer Fluss $I$ : Stromstärke
Kraft auf Leiter im Magnetfeld	$F = s \cdot I \cdot B$	N	$s$ : Leiterlänge; $B$ : äußeres Feld wenn $I \perp B$
Lorentz-Kraft	$\vec{F} = Q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$	N	$\vec{F} \perp \vec{v}$ ; $\vec{F} \perp \vec{B}$
Hallspannung	$U_H =  \vec{B}  \cdot v \cdot h$	V	$v$ : Geschw. Ladungsträger $h$ : Höhe Hallsonde
<b>Induktion</b>			
Magnetische Flussdichte	$\vec{B} = \mu_0 \cdot (\vec{H} + \vec{M}) = \mu_0 \mu_r \vec{H}$	T = V·s/m <sup>2</sup>	$M$ : Magnetisierung
Magnetischer Fluss	$\Phi = \vec{A} \cdot \vec{B}$	Wb = V·s	$A$ : Fläche $B$ : magn. Flussdichte
Induktionsgesetz	$U_{ind} = -n \cdot \dot{\Phi} = -n \cdot \frac{d\Phi}{dt}$	V	$\dot{\Phi}$ : Änderung des magnetischen Flusses
Selbstinduktion	$U_{ind} = -L \cdot \dot{I}$	V	$\dot{I}$ : Stromänderung $L$ : Induktivität
Generatorspannung	$U_{ind} = U_0 \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$ $U_0 = n \cdot \omega \cdot B \cdot A_0$	V V	$\omega$ : Winkelgeschwindigkeit $A_0$ : Spulenfläche
<b>Wechselstrom / Trafo</b>			
Energiestromstärke	$P = U_{eff} \cdot I_{eff}$	W	
Effektivwerte	$U_{eff} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}; I_{eff} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$	V; A	$U_0$ : Spannungsamplitude $I_0$ : Stromamplitude
Spannung am Transformator	$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$		$U_1, n_1$ : Primärspule $U_2, n_2$ : Sekundärspule
Stromstärke am Transformator	$n_1 \cdot I_1 = n_2 \cdot I_2$	A	$I_1, n_1$ : Primärspule $I_2, n_2$ : Sekundärspule

Elektro-magn. Wellen	Formel	Einheit	Erläuterung
Energiedichten	$\rho_{E,el} = \rho_{E,mag}$	J/m <sup>3</sup>	
Zusammenhang der Feldkonstanten	$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}}$	m/s	c: Lichtgeschwindigkeit im Vakuum

## Schwingungen und Wellen

Schwingungen	Formel	Einheit	Erläuterung
Frequenz	$f = 1 / T$	Hz = 1 / s	T: Periodendauer
Kreisfrequenz	$\omega = 2\pi f = 2\pi / T$	Hz = 1 / s	
harmonische Schwingung	$y(t) = \hat{y} \cdot \sin(\omega t + \varphi)$		$\hat{y}$ : Amplitude $\varphi$ : Anfangsphase
Differenzialgleichung der harm. Schwingung	$\ddot{y}(t) = -\omega^2 y(t)$		
Beispiel: Federpendel	$m \cdot \ddot{x}(t) = -D \cdot x(t)$	N	
Periodendauer Federschwinger	$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}$	s	m: Masse D: Federkonstante
Periodendauer Pendel	$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	s	l: Pendellänge g: Schwerebeschleunigung
Periodendauer Schwingkreis	$T = 2\pi \sqrt{L \cdot C}$	s	C: Kapazität L: Induktivität
gedämpfte Schwingung	$y(t) = \hat{y} \cdot e^{-\delta t} \cdot \sin(\omega t + \varphi)$		$\delta$ : Dämpfungsfaktor
Differenzialgleichung der gedämpften Schwingung	$\ddot{y}(t) = -k_1 y(t) - k_2 \dot{y}(t)$		$\delta = \frac{k_2}{2}$ ; $\omega^2 = k_1 - \delta^2$
Beispiel: gedämpfter Schwingkreis	$\ddot{Q}(t) = -\frac{Q(t)}{LC} - \frac{R}{L} \cdot \dot{Q}(t)$	C	$\delta = \frac{R}{2L}$ ; $\omega^2 = \frac{1}{LC} - \delta^2$
Wellen			
Sinuswellen	$y(x,t) = \hat{y} \cdot \sin[2\pi(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T})]$		
Wellengeschwindigkeit	$c = \lambda \cdot f$	m/s	$\lambda$ : Wellenlänge
Dopplereffekt für akustische Wellen	$f' = \frac{1 \pm \frac{v_E}{c}}{1 \mp \frac{v_S}{c}} \cdot f$	Hz	$v_E$ : v Empfänger $v_S$ : v Sender c: Ausbreitungsgeschw. annähern: oberes Zeichen entfernen: unteres Zeichen
Mach'scher Kegel	$\sin(\alpha/2) = c / v$		$\alpha$ : Öffnungswinkel
Eigenschwingungen bei gleichen Enden	$l = n \cdot \frac{\lambda}{2}$	m	l: Länge Wellenträger
Eigenschwingungen bei verschiedenen Enden	$l = n \cdot \frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{4}$	m	

Interferenz	Formel	Einheit	Erläuterung
konstruktive Interferenz	$\delta = k \cdot \lambda$	m	$\delta$ : Gangunterschied
destruktive Interferenz	$\delta = (k + \frac{1}{2}) \cdot \lambda$	m	
Wellenlänge im Medium	$\lambda_m = \frac{\lambda_0}{n}$	m	$\lambda_0$ : Vakuumwellenlänge $n$ : Brechzahl Medium
Doppelspalt Verstärkung	$d \cdot \sin(\alpha) = k \cdot \lambda$		$d$ : Spaltmittenabstand
Doppelspalt Auslöschung	$d \cdot \sin(\alpha) = (k + \frac{1}{2}) \cdot \lambda$		
Gitter Verstärkung	$g \cdot \sin(\alpha) = k \cdot \lambda$		$g$ : Gitterkonstante
Einzelspalt Auslöschung	$b \cdot \sin(\alpha) = k \cdot \lambda$		$b$ : Spaltbreite
Bragg-Reflexion	$2 \cdot d \cdot \sin(\varphi) = k \cdot \lambda$	m	$d$ : Netzebenenabstand

## Optik

Geometrische Optik	Formel	Einheit	Erläuterung
Reflexion	$\alpha = \beta$	°	
Brechung	$\frac{\sin(\alpha_1)}{\sin(\alpha_2)} = \frac{n_2}{n_1}$		$\alpha_i$ : Winkel $n_i$ : Brechzahl
Abbildungsgleichung	$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$	1/m = dpt	$f$ : Brennweite der Linse $g$ : Gegenstandsweite $b$ : Bildweite

## Thermodynamik

Wärmelehre	Formel	Einheit	Erläuterung
absolute Temperatur	$T = \vartheta \cdot \frac{\text{K}}{\text{°C}} + 273,15 \text{ K}$	K	$\vartheta$ : Celsius-Temperatur
Entropiestromstärke	$I_S = \dot{S} = \frac{dS}{dt}$	Ct/s	S: Entropie
Entropieleitung in einem Wärmewiderstand	$I_S = \sigma_S \cdot \frac{A}{d} \cdot \Delta T$	Ct/s	$\sigma_S$ : Entropieleitfähigkeit $A$ : Querschnittsfläche $d$ : Länge
Energiestromstärke	$P = T \cdot I_S$	W	
Energieänderung bei Temperaturerhöhung	$\Delta E = c \cdot m \cdot \Delta T$	J	$c$ : Wärmekapazität $m$ : Masse
Längenänderung bei Temperaturerhöhung	$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T$	m	$\alpha$ : Ausdehnungskoeff. $l_0$ : Ausgangslänge
<b>Gase</b>			
ideale Gasgleichung	$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$		$n$ : Stoffmenge $R$ : Gaskonstante
Druck-Volumen-Zusammenhang bei konstanter Entropie	$p \cdot V^\gamma = \text{konst.}$		$\gamma$ : Isentropenexponent 1-atomiges Gas: $\gamma = 1,67$ 2-atomiges Gas: $\gamma = 1,4$

Temperaturänderung eines Gases bei Volumen- oder Druckänderung mit konstanter Entropie	$\frac{T}{T_0} = \left(\frac{V_0}{V}\right)^{\gamma-1}; \frac{T}{T_0} = \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$		$\gamma$ : Isentropenexponent $T_0$ : Ausgangstemperatur $V_0$ : Ausgangsvolumen $p_0$ : Ausgangsdruck
barometrische Höhenformel	$p(h) = p_0 \cdot e^{-\frac{\rho_0 \cdot g \cdot h}{p_0}}$	Pa	$\rho_0$ : Dichte am Boden wenn $T = \text{konst.}$

## Atome, Kerne, Quanten

Atomphysik	Formel	Einheit	Erläuterung
Emission von Photonen	$f = \frac{E_1 - E_2}{h}$	Hz	$E_1$ : Ausgangsenergie $E_2$ : Endenergie $h$ : Planck-Konstante
<b>Kernphysik</b>			
radioaktiver Zerfall	$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$		$\lambda$ : Zerfallskonstante $\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$
Aktivität	$A(t) = -\dot{N}(t) = -\frac{dN}{dt}$	1/s = Bq	
<b>Quantenphysik</b>			
Energie von Quantenobjekten	$E = h \cdot f$	J	$h$ : Planck-Konstante $f$ : Frequenz
Impuls von Quantenobjekten	$p = \frac{h}{\lambda}$	Hy	$h$ : Planck-Konstante $\lambda$ : Wellenlänge
Energie im linearen Potenzialtopf	$E_n = \frac{n^2 \cdot h^2}{8 \cdot m \cdot d^2}$	J	$m$ : Masse Teilchen $d$ : Länge Potenzialtopf $E_n$ : $n$ -tes Energieniveau
Ort-Impuls-Unschärfe	$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi}$	Js	$\Delta x$ : Orts-Unschärfe $\Delta p_x$ : Impuls-Unschärfe
Energie-Zeit-Unschärfe	$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{4\pi}$	Js	$\Delta E$ : Energie-Unschärfe $\Delta t$ : Zeit-Unschärfe

## Relativitätstheorie

Energie, Impuls, Masse	Formel	Einheit	Erläuterung
Äquivalenz von Masse und Energie	$E = m \cdot c^2$	J	$c$ : Lichtgeschwindigkeit
Energie-Impuls-Zusammenhang	$E(p) = \sqrt{E_0^2 + p^2 c^2}$	J	$E_0$ : Ruheenergie $p$ : Impuls
Geschwindigkeit	$v(p) = \frac{p}{\sqrt{m_0^2 + \frac{p^2}{c^2}}}$	m/s	$m_0$ : Ruhemasse
Masse	$m(v) = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	kg	



Bezugssystemwechsel	Formel	Einheit	Erläuterung
Addition von Geschwindigkeiten	$v = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}}$	m/s	$v_1$ : Geschwindigkeit 1 $v_2$ : Geschwindigkeit 2
Längenkontraktion	$\Delta s' = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \cdot \Delta s$	m	$\Delta s$ : Eigenlänge $v$ : Relativgeschwindigkeit
Zeitdilatation	$\Delta t' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot \Delta t$	s	$\Delta t$ : Eigenzeit $v$ : Relativgeschwindigkeit

## Mathematische Formeln

	Formel	Einheit	Erläuterung
Kreis: Umfang Fläche	$U = 2\pi r$ $A = \pi r^2$	m $m^2$	
Kugel: Oberfläche Volumen	$A = 4\pi r^2$ $V = \frac{4}{3} \pi r^3$	$m^2$ $m^3$	
trigonometrische Funktionen	$\sin(\varphi) = b/c$ $\cos(\varphi) = a/c$ $\tan(\varphi) = b/a = \sin(\varphi)/\cos(\varphi)$		$a$ : Ankathete $b$ : Gegenkathete $c$ : Hypotenuse
Skalarprodukt	$\vec{a} \cdot \vec{b} =  \vec{a}  \cdot  \vec{b}  \cdot \cos(\alpha)$		$\alpha$ : Winkel zwischen den Vektoren
Vektorprodukt	$ \vec{a} \times \vec{b}  =  \vec{a}  \cdot  \vec{b}  \cdot \sin(\alpha)$		$\alpha$ : Winkel zwischen den Vektoren
Näherung für kleine Winkel	$\sin(\varphi) \approx \tan(\varphi) \approx \varphi$		$\varphi$ : Winkel im Bogenmaß
Umrechnung Bogenmaß	$\varphi = 2\pi \cdot \alpha / 360^\circ$		$\varphi$ : Winkel im Bogenmaß

## Naturkonstanten, Einheitenpräfixe

Ortsfaktor (Mitteleuropa)	$g = 9,81 \text{ m/s}^2$
Gravitationskonstante	$\gamma = 6,67384 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 / (\text{kg} \cdot \text{s}^2)$
Elementarladung	$e = 1,602176565 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
elektrische Feldkonstante	$\epsilon_0 = 8,854187817 \cdot 10^{-12} \text{ A} \cdot \text{s} / (\text{V} \cdot \text{m})$
magnetische Feldkonstante	$\mu_0 = 1,25663706 \cdot 10^{-6} \text{ V} \cdot \text{s} / (\text{A} \cdot \text{m})$
Vakuum-Lichtgeschwindigkeit	$c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
Ruhemasse eines Elektrons	$m_e = 9,10938291 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Ruhemasse eines Protons	$m_p = 1,672621777 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Ruhemasse eines Neutrons	$m_n = 1,674927351 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
atomare Masseneinheit	$u = 1,660538921 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Planck-Konstante	$h = 6,62606957 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ $\hbar = h / 2\pi$
absoluter Temperaturnullpunkt	$T_0 = 0 \text{ K} = -273,15 \text{ }^\circ\text{C}$
universelle Gaskonstante	$R = 8,3144621 \text{ J} / (\text{K} \cdot \text{mol}) = k \cdot N_A$
Boltzmann-Konstante	$k = 1,3806488 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$
Avogadro-Konstante	$N_A = 6,02214129 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Exa (E)	$10^{18}$
Peta (P)	$10^{15}$
Tera (T)	$10^{12}$
Giga (G)	$10^9$
Mega (M)	$10^6$
Kilo (k)	$10^3$
Milli (m)	$10^{-3}$
Mikro ( $\mu$ )	$10^{-6}$
Nano (n)	$10^{-9}$
Pico (p)	$10^{-12}$
Femto (f)	$10^{-15}$
Atto (a)	$10^{-18}$

## Astronomische Daten

Sonne			
Masse	$m_S = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$	Kerntemperatur	$T_{\text{Kern}} \approx 15 \cdot 10^6 \text{ K}$
mittlerer Radius	$r_S = 696,2 \cdot 10^3 \text{ km}$	Oberflächentemperatur	$T_O \approx 6\,000 \text{ K}$
mittlerer Ortsfaktor	$g_S = 274 \text{ N/kg}$	Leuchtkraft	$L_S = 3,845 \cdot 10^{26} \text{ W}$
Erde			
Masse	$m_E = 5,975 \cdot 10^{24} \text{ kg}$	mittlerer Bahnradius	$149,6 \cdot 10^6 \text{ km} = 1 \text{ AE}$
mittlerer Radius	$R_E = 6\,367 \text{ km}$	Umlaufdauer	$365,26 \text{ d}$
mittlerer Ortsfaktor	$g = 9,81 \text{ N/kg}$	Solarkonstante	$1,367 \text{ kW/m}^2$
Mond			
Masse	$m_M = 7,349 \cdot 10^{22} \text{ kg}$	mittlerer Bahnradius	$384\,400 \text{ km}$
mittlerer Radius	$r_M = 1\,738 \text{ km}$	Umlaufdauer	$27,322 \text{ d}$
mittlerer Ortsfaktor	$g_M = 1,62 \text{ N/kg}$		

Planeten	Bahnradius (km)	Umlaufzeit (a)	Masse (kg)	Radius (km)	Exzentrizität
Merkur	$57,9 \cdot 10^6$	0,24	$3,30 \cdot 10^{23}$	2 440	0,206
Venus	$108,2 \cdot 10^6$	0,62	$4,87 \cdot 10^{24}$	6 052	0,007
Erde	$149,6 \cdot 10^6$	1,00	$5,97 \cdot 10^{24}$	6 378	0,017
Mars	$227,9 \cdot 10^6$	1,88	$6,42 \cdot 10^{23}$	3 397	0,093
Jupiter	$778,4 \cdot 10^6$	11,9	$1,90 \cdot 10^{27}$	71 493	0,048
Saturn	$1426,7 \cdot 10^6$	29,4	$5,69 \cdot 10^{26}$	60 267	0,054
Uranus	$2871,0 \cdot 10^6$	84,0	$8,68 \cdot 10^{25}$	25 559	0,047
Neptun	$4498,3 \cdot 10^6$	164,8	$1,02 \cdot 10^{26}$	24 765	0,009

## Physikalische Daten

Dichte von Stoffen		$\rho$ in $\text{kg/m}^3$ (bei 25 °C)	
Luft (Meereshöhe)	1,20	Eis (0 °C)	917
Luft (2000m Höhe)	0,94	Aluminium	2 710
Wasser	1 000	Blei	11 340
Wasser (4 °C)	999,975	Eisen	7 860
Meerwasser	1 025	Gold	19 300
Schnee	60 ... 200	Kupfer	8 940
Ethanol	790	Uran	19 050
Spiritus	830	Beton	2 000
Glycerin	1 260	Sandstein	2 400
Benzin	760	Holz (Eiche)	800
Heizöl	840	Holz (Fichte)	500
Olivenöl	910	Papier	800
Quecksilber	13 540	Glas (Quarzglas)	2 200

Schallgeschwindigkeit		$c$ in m/s	
Luft (0°C, 1013mbar)	331	Wasser	1 400
Luft (20°C, 1013mbar)	343	Stahl	5 100

$c_w$ -Werte (und Querschnittsflächen)		$c_w$ ohne Einheit ( $A$ in $m^2$ )	
LKW	0,8	Radfahrer, aufrecht	1,2 (0,6)
VW Touareg	0,37 (2,78)	Radfahrer, sportlich	0,85 (0,4)
Opel Corsa	0,32 (2,01)	Fallschirm (Halbkugel)	1,33
Toyota Prius III	0,25 (2,23)	Gleitschirm	0,6
Motorrad	0,5 ... 0,7	Tropfen, Stromlinie	0,05
Mensch, stehend	0,78	Kugel	0,45

Reibungszahlen		Haftkoeffizient $f_h$	Gleitreibungskoeff. $f_g$
Stahl auf Stahl		0,15	0,05
Stahl auf Eis		0,03	0,01
Gummi auf Asphalt	(trocken)	0,7	0,5
Gummi auf Asphalt	(nass)	0,4	0,25
Gummi auf Asphalt	(Glätteis)	0,1	0,05
Holz auf Holz		0,6	0,3

Energieinhalt von Brennstoffen		$\rho_E$ in MJ/kg (in MJ/l)	
Benzin (Super)	43,5 (33,0)	Kohle	25
Heizöl	42,7 (35,9)	Brennholz	15
Bioethanol	26,8 (21,1)	Wasserstoff	120
Schokolade	22	Kartoffeln	3

Elektrische Leitfähigkeit		$\sigma$ in $(\Omega \cdot m)^{-1}$	
Kupfer	$58 \cdot 10^6$	Holz, trocken	$10^{-5} \dots 10^{-9}$
Gold	$44 \cdot 10^6$	Glas	$10^{-7} \dots 10^{-9}$
Eisen	$10 \cdot 10^6$	PVC	$10^{-8} \dots 10^{-9}$
Leitungswasser	$\sim 50 \cdot 10^{-3}$	Porzellan	$10^{-9}$

Lichtgeschwindigkeit (und Brechzahl)		$c$ in km/s ( $n$ ohne Einheit)	
Luft	299 700 (1,0003)	Quarzglas	205 000 (1,459)
Wasser	225 000 (1,333)	Kronglas	192 000 (1,565)
Eis	229 000 (1,31)	Diamant	124 000 (2,417)

Spektralfarben und Wellenlängen				$\lambda$ in nm			
Ultraviolett	< 380	violett	380-430	blau	430-480	grün	480-560
gelb	560-590	orange	590-640	rot	640-780	Infrarot	> 780

Thermische Eigenschaften	Entropieleitfähigkeit $\sigma_s$ in $Ct/(s \cdot K \cdot m)$	Wärmekapazität $c$ in $J/(kg \cdot K)$	Längenausdehnungskoeffizient $\alpha$ in $1/K$
Wasser	0,002	4 184	0,000 060
Kupfer	1,43	390	0,000 016
Beton	0,007	920	0,000 012
Glas	0,0027	170	0,000 010

## Physikalische Größen, Einheiten, Umrechnungen

Größe	Symbol	Maßeinheiten	Umrechnungswerte
Länge, Strecke	$l, s, d$	Meter astronomische Einheit Lichtjahr Parsec Ångström	1 m (SI-Basiseinheit) 1 AE $\approx 1,496 \cdot 10^{11}$ m 1 ly $\approx 9,461 \cdot 10^{15}$ m 1 pc $\approx 3,086 \cdot 10^{16}$ m 1 Å = $1 \cdot 10^{-10}$ m
Zeit	$t$	Sekunde Minute Stunde Tag Jahr	1 s (SI-Basiseinheit) 1 min = 60 s 1 h = 60 min = 3600 s 1 d = 24 h = 86400 s 1 a $\approx 365,25$ d $\approx 31557600$ s
Masse	$m$	Kilogramm atomare Masseneinheit	1 kg (SI-Basiseinheit) 1 u $\approx 1,66054 \cdot 10^{-27}$ kg
Geschwindigkeit	$v$	Meter pro Sekunde Kilometer pro Stunde	1 m/s 1 km/h; 1 m/s = 3,6 km/h
Impuls	$p$	Huygens	1 Hy = 1 kg·m/s
Impulsstromstärke / Kraft	$F$	Newton	1 N = 1 Hy/s = 1 kg·m/s <sup>2</sup>
Energie	$E$	Joule Kilowattstunde Kilokalorie Elektronenvolt	1 J = 1 kg·m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> 1 kWh = 3600 kJ 1 kcal = 4,1868 kJ 1 eV = $1,6022 \cdot 10^{-19}$ J
Energiestromstärke / Leistung	$P$	Watt Pferdestärke	1 W = 1 J/s 1 PS = 735,5 W
Druck	$p$	Pascal Bar Torr / mm Quecksilbersäule	1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> 1 bar = $10^5$ Pa 1 Torr = 1 mm Hg = 133,3 Pa
elektrische Ladung	$Q$	Coulomb	1 C = 1 A·s
elektrische Stromstärke	$I$	Ampere	1 A (SI-Basiseinheit)
elektrische Spannung	$U$	Volt	1 V
elektrischer Widerstand	$R$	Ohm	1 Ω = 1 V/A
Kapazität	$C$	Farad	1 F = 1 C/V
Induktivität	$L$	Henry	1 H = 1 V·s/A = 1 Wb/A
magnetische Ladung	$Q_m$	Weber	1 Wb = 1 V·s
magnetischer Fluss	$\Phi$	Weber	1 Wb
magnetische Flussdichte	$B$	Tesla	1 T = 1 V·s/m <sup>2</sup> = 1 Wb/m <sup>2</sup>
Temperatur	$T$ $\vartheta$	Kelvin Grad Celsius	1 K (SI-Basiseinheit) 1 °C
Entropie	$S$	Carnot	1 Ct = 1 J/K
Stoffmenge	$n$	Mol	1 mol (SI-Basiseinheit)
Lichtstärke	$I$	Candela	1 cd (SI-Basiseinheit)