

Formelsammlung

Physik

Elektrizitätslehre

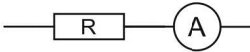
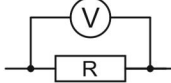
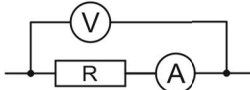
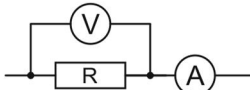
Atom- / Kernphysik

Energienutzung

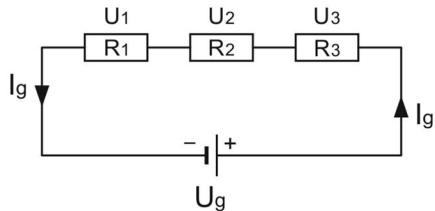
Physikalische Größen und Einheiten (Auswahl)				
Größe	Formelzeichen	Einheitenname	Einheitenzeichen	Umrechnungen
Kraft	F	Newton	N	$1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$
Druck	p	Pascal Bar	Pa bar	$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$ $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$
Frequenz	f	Hertz	Hz	$1 \text{ Hz} = \frac{1}{\text{s}}$
Temperatur	T θ	Kelvin Grad Celsius	K °C	$0 \text{ K} \triangleq -273,15 \text{ °C}$ $0 \text{ °C} \triangleq 273,15 \text{ K}$
Zeit	t	Sekunde Minute Stunde Tag Jahr	s min h d a	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$ $1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3660 \text{ s}$ $1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 1440 \text{ min}$ $1 \text{ a} = 365,242 \text{ d}$
Masse	m	Kilogramm	kg	$1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$
Länge	l	Meter	m	$1 \text{ m} = 10 \text{ dm} = 100 \text{ cm}$
Volumen	V	Kubikmeter Liter	m ³ L bzw. l	$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ l}$ $1 \text{ l} = 1000 \text{ cm}^3$
Dichte	ρ	---	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
Wärme	W _{th}	Joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws}$
Längenausdehnung	α	---	$\frac{1}{\text{°C}}$	---
Volumenausdehnung	γ	---	$\frac{1}{\text{°C}}$	---
Arbeit, Energie (mechanisch)	W, E	Joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$
Leistung (mechanisch)	P	Watt	W	$1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}$
Geschwindigkeit	v	---	$\frac{\text{m}}{\text{s}}$	$1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$; $1 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1}{3,6} \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Beschleunigung	a	---	$\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	---

Größen und Einheiten der E-Lehre (Gleichstrom)				
Größe	Formelzeichen	Einheitenname	Einheitenzeichen	Umrechnungen
Elektrische Arbeit Energie	W, W_{el} E	Joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ VA s} = 1 \text{ W s}$
Elektrische Ladung	Q	Coulomb	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ As}$
Elektrische Leistung	P, P_{el}	Watt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ VA} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}$
Elektrischer Leitwert	G	Siemens	S	$1 \text{ S} = 1 \frac{\text{A}}{\text{V}} = \frac{1}{\Omega}$
Elektrische Spannung	U	Volt	V	$1 \text{ V} = 1 \frac{\text{J}}{\text{C}} = 1 \frac{\text{W}}{\text{A}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{As}}$
Elektrischer Strom	I	Ampere	A	$1 \text{ A} = 1 \frac{\text{C}}{\text{s}}$
Elektrischer Widerstand	R	Ohm	Ω	$1 \Omega = 1 \frac{\text{V}}{\text{A}}$
Leiterlänge	ℓ	Meter	m	$1 \text{ m} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm}$
Leiterquerschnitt	A	Quadratmillimeter	mm^2	
Spezifischer Widerstand	ρ	---	$\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$	---
Wirkungsgrad	η	---	---	---

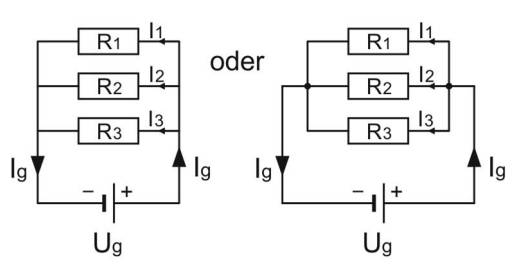
Formeln der E-Lehre (Gleichstrom)		
Elektrische Arbeit W_{el}	$W_{el} = U \cdot I \cdot t$ $W_{el} = P_{el} \cdot t$ $W_{el} = U \cdot Q$	$[W_{el}]$ in J, kWh, kWs, Ws
Elektrische Leistung P_{el}	$P_{el} = U \cdot I$ $P_{el} = \frac{W_{el}}{t}$	$P_{el} = I^2 \cdot R$ $P_{el} = \frac{U^2}{R}$
Elektrische Spannung U	$U = \frac{W_{el}}{Q}$; $U = \frac{P_{el}}{I}$; $U = \frac{W_{el}}{I \cdot t}$	
Elektrischer Strom I	$I = \frac{P_{el}}{U}$; $I = \frac{Q}{t}$	
Elektrischer Widerstand allg. R	$R = \frac{U}{I}$	
Elektrischer Leiterwiderstand R	$R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$	
Elektrischer Leitwert G	$G = \frac{I}{U}$; $G = \frac{1}{R}$; $G = \frac{A}{\rho \cdot \ell}$	
Elektrische Ladung Q	$Q = I \cdot t$	
Ohmsches Gesetz	$I \sim U \Rightarrow \frac{U}{I} = \text{konstant}$	Gültigkeit: bei Leitern / Widerständen, deren Temperatur sich nicht ändert; bei Konstantan bzw. nicht temperaturabhängigen Materialien
Wirkungsgrad η	$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}}$; $\eta = \frac{W_{nutz}}{W_{zu}}$ $\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$; $\eta = \frac{P_{nutz}}{P_{zu}}$	W : el. Arbeit P : el. Leistung ab / nutz : abgegeben, genutzt zu : zugeführt (aufgewendet)

Messen von Stromstärke und Spannung	
Strommessung ▶ in Reihe	
Spannungsmessung allgemein ▶ parallel	
Stromgenaue / Stromrichtige Messung (Spannungsfehlerschaltung)	 <p>Bei dieser Schaltung zeigt das Amperemeter den Strom an, der tatsächlich durch den Widerstand fließt.</p> <p>(Das Voltmeter zeigt die Summe der am Widerstand und Amperemeter anliegenden Spannungen an.)</p>
Spannungsgenaue / Spannungsrichtige Messung (Stromfehlerschaltung)	 <p>Bei dieser Schaltung zeigt das Voltmeter die Spannung an, die tatsächlich am Widerstand anliegt (abfällt).</p> <p>(Das Amperemeter zeigt die Summe der Ströme durch den Widerstand und das Voltmeter an.)</p>

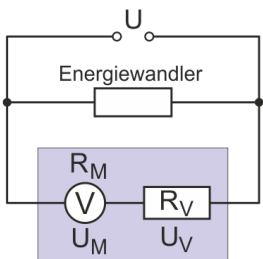
Schaltung von Widerständen im unverzweigten Stromkreis

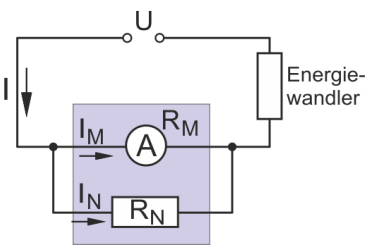
Reihenschaltung (Serienschaltung, Hintereinanderschaltung)	
<p>Gesetze der Reihenschaltung:</p> $R_g = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$ $U_g = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$ $I_g = I_1 = I_2 = I_3 \dots = \text{konstant (überall gleich)}$	
<p>Abgeleitete Formeln:</p> $U_1 : U_2 : U_3 : \dots = R_1 : R_2 : R_3 : \dots$ $I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_3}{R_3} = \dots = \frac{U_n}{R_n} = \frac{U_g}{R_g}$ $U_g = I_g \cdot (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n)$ $U_g = I_g \cdot R_g$ $P_g = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$ $P_g = U_1 \cdot I_g + U_2 \cdot I_g + U_3 \cdot I_g + \dots + U_n \cdot I_g$ $P_g = I_g \cdot (U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n)$ $P_g = I_g \cdot U_g$	<p>Der Gesamtwiderstand R_g ist stets größer als der größte Einzelwiderstand.</p> <p>Spannungsteilerregel: (bei 2 Widerständen)</p> $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$

Schaltung von Widerständen im verzweigten Stromkreis

Parallelschaltung (Nebeneinanderschaltung)	
<p>Gesetze der Parallelschaltung:</p> $\frac{1}{R_g} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$ $I_g = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$ $U_g = U_1 = U_2 = U_3 \dots = \text{konstant (überall gleich)}$ $G_g = G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n$	
<p>Abgeleitete Formeln:</p> $I_1 : I_2 : I_3 : \dots = \dots : R_3 : R_2 : R_1$ $\frac{U_g}{R_1} = \frac{U_g}{R_2} = \frac{U_g}{R_3} = \dots = \frac{U_g}{R_n}$ $P_g = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$ $P_g = U_g \cdot I_1 + U_g \cdot I_2 + U_g \cdot I_3 + \dots + U_g \cdot I_n$ $P_g = U_g \cdot (I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n)$ $P_g = U_g \cdot I_g$	<p>Für 2 Widerstände gilt:</p> $R_g = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ <p>Stromteilerregel: (bei 2 Widerständen)</p> $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{G_1}{G_2}$

Erweiterung des Messbereichs

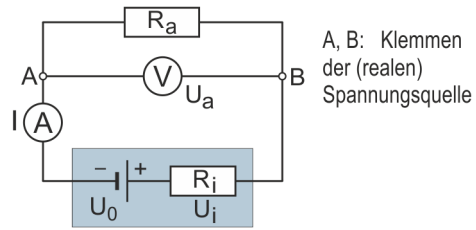
bei Spannungsmessgeräten		
U_V	am Vorwiderstand abfallende Spannung	<p>Spannungsmesser mit Vorwiderstand</p>  <p>Verhältnis der Widerstände zu den Spannungen:</p> $\frac{R_V}{R_M} = \frac{U_V}{U_M} \quad \text{mit} \quad U_V = U - U_M$ $R_V = R_M \cdot \left(\frac{U}{U_M} - 1 \right)$ $R_V = R_M \cdot (n - 1)$
U_M	Spannung am Messwerk (innerer Widerstand) bei vollem Zeigerausschlag	
U	Netzspannung bzw. erweiterte Messspannung	
R_V	Vorwiderstand zur Messbereichserweiterung	
R_M	Widerstand des Messwerks	
n	Faktor der Messbereichserweiterung (z.B. 10-fach $\rightarrow n = 10$)	
\textcircled{V}	Spannungsmessgerät (Voltmeter)	
<p>► Durch einen Vorwiderstand, der in Reihe mit dem Messwerk geschaltet ist, fällt ein Teil der Gesamtspannung an diesem Vorwiderstand ab.</p> <p>► Aufgrund der Messbereichserweiterung muss eine neue Skala verwendet werden.</p>		

bei Strommessgeräten		
I_N	Strom durch den Nebenwiderstand	<p>Strommesser mit Nebenwiderstand</p>  <p>Verhältnis der Widerstände zu den Strömen:</p> $\frac{R_N}{R_M} = \frac{I_M}{I_N} \quad \text{mit} \quad I_N = I - I_M$ $R_N = R_M \cdot \frac{I_M}{I - I_M}$ $R_N = \frac{R_M}{n - 1}$
I_M	Messwerkstrom bei vollem Zeigerausschlag (maximaler Messbereich)	
I	Erweiterter Messstrom	
R_N	Nebenwiderstand zur Messbereichserweiterung	
R_M	Widerstand des Messwerks	
n	Faktor der Messbereichserweiterung (z.B. 10-fach $\rightarrow n = 10$)	
\textcircled{A}	Strommessgerät (Amperemeter)	
<p>► Durch einen Widerstand, der parallel zum Messwerk geschaltet ist, fließt ein Teil des Stroms am Messgerät vorbei durch den Nebenwiderstand</p> <p>► Aufgrund der Messbereichserweiterung muss eine neue Skala verwendet werden.</p>		

Innenwiderstand und Teilspannungen einer Elektrizitätsquelle

U_a	Klemmenspannung bei Belastung der Elektrizitätsquelle bzw. am Außenwiderstand anliegende (abfallende) Spannung
U_0	Leerlaufspannung = Quellenspannung = Klemmenspannung der unbelasteten Elektrizitätsquelle
U_i	Spannung am Innenwiderstand R_i (innerer Spannungsabfall)
R_a	Außenwiderstand (Lastwiderstand R_L)
R_i	Innenwiderstand der Elektrizitätsquelle
I	Stromstärke im Stromkreis (Laststrom)
I_k	Kurzschlussstrom
<p>► Die Leerlaufspannung U_0 wird gemessen, wenn das Spannungsmessgerät an die unbelastete E-Quelle angeschlossen ist, also ohne einen Außenwiderstand R_a (der Stromkreis ist offen).</p> <p>► Bei Belastung mit einem Außenwiderstand R_a sinkt die Leerlaufspannung U_0 um die Teilspannung $U_i = I \cdot R_i$ am Innenwiderstand R_i der E-Quelle.</p>	

Elektrizitätsquelle mit Innenwiderstand



Für die Stromstärke gilt:

$$I = \frac{U_0}{R_i + R_a} = \frac{U_0}{R_g}$$

Für die Spannung am äußeren Widerstand (Klemmenspannung) gilt:

$$U_a = I \cdot R_a = U_0 \cdot \frac{R_a}{R_a + R_i}$$

$$U_a = U_0 - U_i \quad \left| \text{mit } U_i = I \cdot R_i \right.$$

$$U_a = U_0 - I \cdot R_i$$

Bei Kurzschluss fließt der Strom:

$$I_k = \frac{U_0}{R_i} \quad \text{wenn } R_a = 0 \Omega$$

Leistung, die der Spannungsquelle entzogen wird:

$$P = I \cdot U_a \quad \text{mit } U_a = U_0 - I \cdot R_i$$

$$P = I \cdot (U_0 - I \cdot R_i)$$

Begriffserklärungen im Zusammenhang mit einer Elektrizitätsquelle

Weil es in der Technik und den (Schul-) Büchern keine einheitlichen Definitionen, Begriffe, Formelzeichen usw. gibt habe ich hier eine Auswahl zusammengestellt. Einiges ist eher veraltet, aber manchmal noch im Gebrauch.

Begriff	Formelzeichen	Begriffserklärung / Definition
Leerlaufspannung Quellenspannung Ruhespannung Urspannung Elektromotorische Kraft EMK	U_0, U_q	Ist die vom Spannungsmessgerät angezeigte Spannung, wenn die Elektrizitätsquelle unbelastet ist. oder Sie ist an den offenen Anschlussklemmen der Quelle messbar, wenn kein Laststrom fließt.
Klemmenspannung ¹⁾ Betriebsspannung	U_a, U_b U_k	Ist die zwischen den Polen der Elektrizitätsquelle vorhandene Spannung, wenn im Stromkreis Energiewandler (Verbraucher) vorhanden sind. Oder Ist die an den Klemmen der Spannungsquelle anliegende Spannung; sie fällt am äußeren Widerstand ab.
Energiewandler Lastwiderstand Außenwiderstand Verbraucher	R_a, R_L	z.B. ein Glühlämpchen, ein Motor, Leitungen, also alle ohmschen Widerstände im Stromkreis.
Innenwiderstand Quellwiderstand Ausgangswiderstand	R_i	Der innere Widerstand einer realen Spannungsquelle. (nicht direkt bzw. nur mit speziellem Gerät messbar)
Elektrizitätsquelle Spannungsquelle Spannungserzeuger		Eine Batterie, ein Akkumulator, ein Generator usw.

- 1) Die Klemmenspannung ist immer die Spannung, die zwischen den Klemmen bzw. Polen einer Elektrizitätsquelle vorhanden ist oder gemessen wird.

Transformator

Idealer Transformator (ohne Energie- bzw. Leistungsverlust)	
Wirkungsgrad	$\eta = 1$ (100%)
Leistung	$P_S = P_P$ bzw. $U_S \cdot I_S = U_P \cdot I_P$
Energie	$E_S = E_P$ bzw. $U_S \cdot I_S \cdot t = U_P \cdot I_P \cdot t$
Unbelasteter Transformator	$\frac{U_S}{U_P} = \frac{n_S}{n_P}$; $\left \begin{array}{l} n_P = \text{Windungszahl der Primärspule} \\ n_S = \text{Windungszahl der Sekundärspule} \end{array} \right.$
Belasteter Transformator	$\frac{I_S}{I_P} \approx \frac{n_P}{n_S}$

Realer Transformator (mit Energie- bzw. Leistungsverlust)	
Wirkungsgrad	$\eta < 1$ (<100%)
Leistungsverlust	$\eta = \frac{P_S}{P_P} = \frac{U_S \cdot I_S}{U_P \cdot I_P}$; $\eta = \frac{P_{\text{Nutz}}}{P_{\text{Aufwand}}}$
Energieverlust	$\eta = \frac{E_S}{E_P} = \frac{U_S \cdot I_S \cdot t}{U_P \cdot I_P \cdot t}$; $\eta = \frac{E_{\text{Nutz}}}{E_{\text{Aufwand}}}$

Leistungsübertragung mit einer Fernleitung	
Verlustleistung in der Fernleitung (Hochspannungsleitung)	$P_{\text{Verlust}} = \Delta U \cdot I_L = R_L \cdot I_L \cdot I_L$ $P_{\text{Verlust}} = R_L \cdot I_L^2$ P_{Verlust} entsteht durch den Spannungsabfall ΔU am Leitungswiderstand R_L
Wirkungsgrad der Energieübertragung	$\eta = \frac{P_{\text{Nutz}}}{P_{\text{Aufwand}}} = \frac{P_S}{P_S + P_{\text{Verlust}}}$ $P_S = \text{Leistung an der Sekundärseite des Trafos}$

- ▶ Unbelasteter Transformator: kein Energiewandler im Sekundärkreis (Trafo im Leerlauf) und somit kein Stromfluss im Sekundärkreis.
- ▶ Belasteter Transformator: Energiewandler im Sekundärkreis vorhanden und somit fließt Strom im Sekundärkreis.

Größen und Einheiten der Atom- / Kernphysik

Größe	Formelzeichen	Einheitenname	Einheitenzeichen	Umrechnungen
Aktivität	A	Becquerel	Bq	$1 \text{ Bq} = 1 \frac{1}{\text{s}}$
Energiedosis	D	Gray	Gy	$1 \text{ Gy} = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 1 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$
Äquivalentdosis	H	Sievert	Sv	$1 \text{ Sv} = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$ $1 \text{ rem} = 0,01 \text{ Sv}$

Formeln der Atom- / Kernphysik

Aktivität	$A = \frac{n}{t}$ oder $A = \frac{n}{\Delta t}$	n: Anzahl der Kernzerfälle t: Zeit (spanne) Δt : Zeitintervall
Energiedosis	$D = \frac{E}{m}$	E: Energie, die ein Körper aufnimmt (absorbiert) m: Masse des Körpers
Äquivalentdosis	$H = q \cdot D$	q: biologischer Wirkungsfaktor oder Qualitätsfaktor; nach Tabelle (q hat keine Einheit)
Zerfallsgesetz (Teilchenanzahl)	$N(t) = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$	N(t): Anzahl der Kerne, die nach der Zeit t noch nicht zerfallen sind N ₀ : Anzahl der Kerne, die ursprünglich (zur Zeit t ₀) vorhanden waren
Zerfallsgesetz (Aktivität)	$A(t) = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$	A(t): Aktivität des radioaktiven Stoffs nach der Zeit t A ₀ : Aktivität des radioaktiven Stoffs, die ursprünglich vorhanden war
Zerfallsgesetz (Masse)	$m(t) = m_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$	m(t): Masse des radioaktiven Stoffs, die nach der Zeit t noch vorhanden ist m ₀ : Masse des radioaktiven Stoffs, die ursprünglich (zur Zeit t ₀) vorhanden war T: Halbwertszeit des radioaktiven Stoffs t: Zerfallszeit
Massenzahl A (Nukleonenzahl)	$A = Z + N$	A: Anzahl der Protonen + Neutronen in einem Atomkern Z: Protonenzahl (Kernladungszahl, Ordnungszahl im Periodensystem)
Nuklidschreibweise (Isotopenschreibweise)	${}^A_Z X$	N: Neutronenzahl X: Symbol des chemischen Elements
Alphazerfall	${}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 \text{He} (+\gamma)$	Heliumkerne (2-fach positiv)
Beta-Zerfall	${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e (+\gamma)$	Elektronen (1-fach negativ)
Gamma-Zerfall	${}^A_Z X \rightarrow {}^A_Z X^* + \gamma$	Energiereiche, elektromagnetische Wellen

Größen und Einheiten der Energienutzung / Energieversorgung

Größe	Formelzeichen	Einheitenname	Einheitenzeichen	Umrechnungen
Arbeit, Energie	W, E	Joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$
Leistung	P	Watt	W	$1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}$
Wärme	W_{th}	Joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws}$

Formeln der Energienutzung / Energieversorgung

Arbeit, Energie W	$W = F \cdot s$ $W = P \cdot t$	
Leistung P	$P = \frac{W}{t}$ $P_{\text{auf}} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t}$	
Wärme W_{th}	$W_{\text{th}} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$	
Heizwert H	$H = \frac{E}{m}$; $H = \frac{W}{m}$	E, W: Energie, Arbeit m: Masse
Wirkungsgrad η	$\eta = \frac{W_{\text{nutz}}}{W_{\text{auf}}}$; $\eta = \frac{P_{\text{nutz}}}{P_{\text{auf}}}$	nutz : genutzt, abgegeben auf : aufgewendet, zugeführt