

# 1 Größen, Formelzeichen und Einheiten

Größe	Formelzeichen	Einheiten- zeichen	Erklärung
-------	---------------	-----------------------	-----------

## 1.1 Raumgrößen

Strecke, Länge, Durchmesser	$s; l; d$	m	Meter
Fläche	$A$	m <sup>2</sup>	Quadratmeter
Volumen	$V$	m <sup>3</sup>	Kubikmeter
Winkel	$\alpha; \beta; \gamma; \varphi$	rad; °	Radian; Grad $1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad}$

## 1.2 Zeitgrößen – zeitabhängige Größen

Zeit, Zeitspanne	$t$	s	Sekunde
Periodendauer, Umlaufzeit	$T$	s	
Zeitkonstante	$\tau$	s	
Frequenz	$f$	1 Hz = s <sup>-1</sup>	Hertz, Schwingungen pro Sekunde
Kreisfrequenz, Winkelgeschwindigkeit	$\omega$	s <sup>-1</sup>	
Umdrehungsfrequenz (Drehzahl)	$n$	s <sup>-1</sup> (min <sup>-1</sup> )	Umläufe pro Sekunde 1 s <sup>-1</sup> = 60 min <sup>-1</sup>
Phasenverschiebungswinkel	$\varphi$	°	Grad
Geschwindigkeit	$v$	m/s	Meter pro Sekunde
Beschleunigung	$a$	m/s <sup>2</sup>	Meter pro Sekunde <sup>2</sup>

### 1.3 Mechanische Größen

Masse; Gewicht im Sinne einer Wägung	$m$	kg	Kilogramm
Kraft; Gewichtskraft	$F; G$	N	Newton
Dichte	$\rho$	kg/m <sup>3</sup> ; kg/dm <sup>3</sup>	1 kg/m <sup>3</sup> = 10 <sup>-3</sup> kg/dm <sup>3</sup> 1 t/m <sup>3</sup> = 1 kg/dm <sup>3</sup> = 1 g/cm <sup>3</sup>
Arbeit; Energie	$W; E$	J	Joule 1 J = 1 N · m = 1 W · s
Leistung	$P$	W	Watt 1 W = 1 J/s = 1 N · m/s
Trägheitsmoment	$J$	kg · m <sup>2</sup>	
Moment, Drehmoment	$M$	N · m	
Druck	$p$	Pa	Pascal 1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> = 10 <sup>-5</sup> bar

### 1.4 Wärmetechnik (Thermodynamik)

Wärmemenge, Wärmearbeit	$Q$	J	Joule 1 J = 1 N · m = 1 W · s
spezifische Wärmemenge	$c$	$\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	
Wärmeleitfähigkeit	$\lambda$	$\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$	
Temperatur, thermodynamische Temperatur	$\vartheta$ $T$	°C K	Grad Celsius Kelvin
Temperaturdifferenz	$\Delta \vartheta$	K	Kelvin
Längenausdehnungskoeffizient	$\alpha_l$	K <sup>-1</sup>	K <sup>-1</sup> = 1 $\frac{\text{m}}{\text{m} \cdot \text{K}}$
elektrischer Widerstands-Temperaturkoeffizient	$\alpha$	K <sup>-1</sup>	K <sup>-1</sup> = 1 $\frac{\Omega}{\Omega \cdot \text{K}}$

## 1.5 Elektrische Größen

Elektrizitätsmenge, elektrische Ladung	$Q$	C	Coulomb; $1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$
elektrische Spannung; Potentialdifferenz; Potential für Momentanwerte	$U$ $u$	V	Volt
elektrische Stromstärke für Momentanwerte	$I$ $i$	A	Ampere
elektrische Leistung: Wirkleistung Blindleistung  Scheinleistung	$P; P_p$ $Q; P_q$  $S; P_s$	W W oder var  W oder VA	Watt Watt oder Voltampere reaktiv Watt oder Voltampere
elektrischer Widerstand: ohmscher Widerstand (Resistanz) Blindwiderstand induktiver Widerstand kapazitiver Widerstand Scheinwiderstand (Impedanz)	$R$ $X$ $X_L$ $X_C$ $Z$	$\Omega$ $\Omega$ $\Omega$	Ohm; $1 \Omega = 1 \text{ V/A}$
elektrischer Leitwert: Wirkleitwert Blindleitwert induktiver Leitwert kapazitiver Leitwert Scheinleitwert	$G$ $B$ $B_L$ $B_C$ $Y$	S S  S	Siemens; $1 \text{ S} = \Omega^{-1}$
spezifischer elektrischer Widerstand	$\rho$	$\frac{\Omega \cdot \text{m};}{\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}}$	$1 \Omega \cdot \text{m} = 10^4 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
spezifischer elektrischer Leitwert; elektrische Leitfähigkeit	$\gamma; \kappa$	$\frac{\text{S/m};}{\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}}$	$1 \text{ S/m} = 10^{-4} \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$

elektrische Stromdichte	$J; S$	A/m <sup>2</sup> ; A/mm <sup>2</sup>	1 A/m <sup>2</sup> = 10 <sup>-6</sup> A/mm <sup>2</sup>
Induktivität; Selbstinduktivität	$L$	H	Henry; 1 H = 1 $\frac{V \cdot s}{A}$
elektrische Kapazität	$C$	F	Farad; 1 F = 1 $\frac{A \cdot s}{V}$
elektrische Feldstärke	$E$	V/m; V/mm	1 V/m = 10 <sup>-3</sup> V/mm
Permittivität (früher Dielektrizitäts- konstante)	$\varepsilon$	F/m	1 F/m = 1 $\frac{A \cdot s}{V \cdot m}$
elektrische Feldkonstante	$\varepsilon_0$	$\approx 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m	
Permittivitätszahl (früher Dielektrizitäts- zahl)	$\varepsilon_r$	1	

## 1.6 Magnetische Größen

elektrische Durch- flutung, magnetische Spannung	$\mathcal{O}$	A	Ampere
magnetische Feldstärke	$H$	A/m	Ampere pro Meter
magnetische Flussdichte, Induktion	$B$	T	Tesla; 1 T = 1 $\frac{V \cdot s}{m^2}$
magnetischer Fluss	$\Phi$	Wb	Weber; 1 Wb = 1 V · s
magnetischer Widerstand	$R_m$	H <sup>-1</sup>	1 $\frac{A}{V \cdot s} = H^{-1}$
magnetischer Leitwert	$\Lambda$	H	Henry; 1 H = 1 $\frac{V \cdot s}{A}$
Permeabilität (magn. Leitfähigkeit)	$\mu$	H/m	Henry pro Meter
magnetische Feldkonstante	$\mu_0$	$\approx 1,257 \cdot 10^{-6}$ H/m	
Permeabilitätszahl	$\mu_r$	1	
Windungszahl	$N; w$	1	im allgemeinen $N$ ; bei elektr. Maschinen $w$ , wenn $N$ für Nutenzahl

## 1.7 Lichtgrößen

Lichtstärke	$I_V$	cd	Candela
Lichtstrom	$\Phi_V$	lm	Lumen; $1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr}$
Beleuchtungsstärke	$E_V$	$\text{lx} = \frac{\text{lm}}{\text{m}^2}$	Lux
Leuchtdichte	$L_V$	$\frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$ od. $\frac{\text{cd}}{\text{cm}^2}$	
Lichtausbeute	$\eta$	$\frac{\text{lm}}{\text{W}}$	Lumen pro Watt
Absorptionsgrad	$\alpha$	1	
Reflexionsgrad	$\rho$	1	
Transmissionsgrad	$\tau$	1	
Raumwinkel	$\Omega, \omega$	sr	steradian

## 2 Mathematische und andere Zeichen

### 2.1 Mathematische Zeichen

Zeichen                                      Bedeutung – Sprechweise

#### a) Ordnungszeichen

1.	erstens
...	und so weiter bis
$r_1, r_2 \dots r_n$	r eins; r zwei; r n

#### b) Gleichheit; Ungleichheit

=	gleich
$\neq$	nicht gleich; ungleich
$\sim$	verhältnismäßig; proportional
$\approx$	angenähert gleich; etwa; rund
$\hat{=}$	entspricht
<	kleiner als
>	größer als
$\ll$	klein gegen; erheblich kleiner als
$\gg$	groß gegen; erheblich größer als

#### c) Rechenvorgänge

+	plus
-	minus
·	mal
_____	geteilt durch (gerader Bruchstrich)
%	Prozent (geteilt durch Hundert)
‰	Promille (geteilt durch Tausend)
<[( )]>	spitze, eckige, runde Klammer
$\sqrt{\quad}$	Quadratwurzel aus; zweite Wurzel aus
$\Sigma$	Summe
$\Delta$	Differenz
$\Pi$	Produkt
$\infty$	unendlich

Werte, für die eines dieser Zeichen gilt,  
sind in Klammern zu setzen!

### d) Geometrische Zeichen

$\parallel$	parallel
$\nparallel$	nicht parallel
$\perp$	rechtwinklig auf
$\sphericalangle$	Winkel
$\sphericalangle$	rechter Winkel
$\overline{AB}$	Strecke von A nach B
$\widehat{AB}$	Bogen von A nach B
arc $\alpha$	Bogenmaß zum Winkel $\alpha$ ; arcus $\alpha$

### 2.2 Vorsätze bei Einheiten

Atto	=	a	=	$10^{-18}$
Femto	=	f	=	$10^{-15}$
Piko	=	p	=	$10^{-12}$
Nano	=	n	=	$10^{-9}$
Mikro	=	$\mu$	=	$10^{-6}$
Milli	=	m	=	$10^{-3}$
Zenti	=	c	=	$10^{-2}$
Dezi	=	d	=	$10^{-1}$
Deka	=	da	=	$10^1$
Hekto	=	h	=	$10^2$
Kilo	=	k	=	$10^3$
Mega	=	M	=	$10^6$
Giga	=	G	=	$10^9$
Tera	=	T	=	$10^{12}$

## 2.3 Griechisches Alphabet

Alpha	$A$	$a$	Ny	$N$	$\nu$
Beta	$B$	$\beta$	Xi	$\Xi$	$\xi$
Gamma	$\Gamma$	$\gamma$	Omikron	$O$	$o$
Delta	$\Delta$	$\delta$	Pi	$\Pi$	$\pi$
Epsilon	$E$	$\varepsilon$	Rho	$P$	$\rho$
Zeta	$Z$	$\zeta$	Sigma	$\Sigma$	$\sigma$
Eta	$H$	$\eta$	Tau	$T$	$\tau$
Theta	$\Theta$	$\vartheta$	Ypsilon	$Y$	$\upsilon$
Jota	$I$	$\iota$	Phi	$\Phi$	$\phi$
Kappa	$K$	$\kappa$	Chi	$\chi$	$\chi$
Lambda	$\Lambda$	$\lambda$	Psi	$\Psi$	$\psi$
My	$M$	$\mu$	Omega	$\Omega$	$\omega$



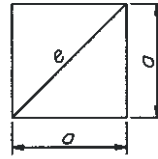
### 3 Flächen- und Körperberechnung

Quadrat

$$A = a^2$$

$$U = 4 \cdot a$$

$$e = \sqrt{2} \cdot a$$

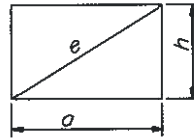


Rechteck

$$A = a \cdot h$$

$$U = 2(a + h)$$

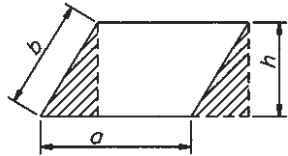
$$e = \sqrt{a^2 + h^2}$$



Verschobenes Viereck

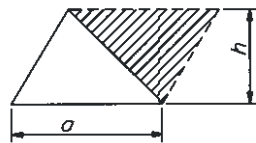
$$A = a \cdot h$$

$$U = 2(a + h)$$



Dreieck

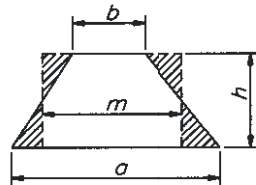
$$A = \frac{a \cdot h}{2}$$



Trapez

$$A = \frac{a + b}{2} \cdot h$$

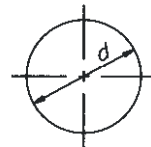
$$A = m \cdot h$$



Kreis

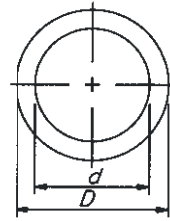
$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

$$U = d \cdot \pi$$



## Kreisring

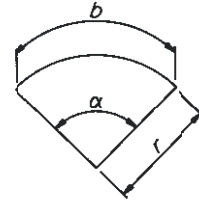
$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$



## Kreisausschnitt

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi \cdot \alpha}{4 \cdot 360^\circ}$$

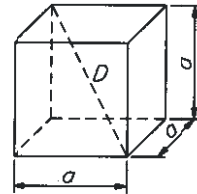
$$b = \frac{d \cdot \pi \cdot \alpha}{360^\circ}$$



## Würfel

$$V = a^3$$

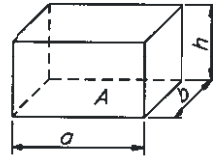
$$D = \sqrt{3} \cdot a$$



## Prisma

$$V = a \cdot b \cdot h$$

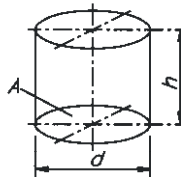
$$V = A \cdot h$$



## Zylinder

$$V = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot h$$

$$V = A \cdot h$$

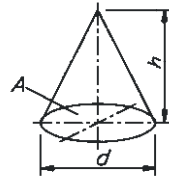


Körper mit gleichem Querschnitt:  
Volumen = Querschnittsfläche · Höhe

Kegel

$$V = \frac{d^2 \cdot \pi \cdot h}{12}$$

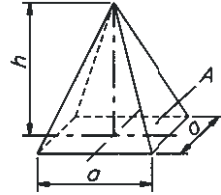
$$V = \frac{A \cdot h}{3}$$



Pyramide

$$V = \frac{a^2 \cdot h}{3}$$

$$V = \frac{A \cdot h}{3}$$



Kugel

$$V = \frac{d^3 \cdot \pi}{6}$$

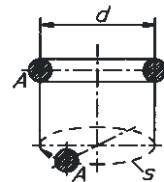
$$A = d^2 \cdot \pi$$



Guldinsche Regel

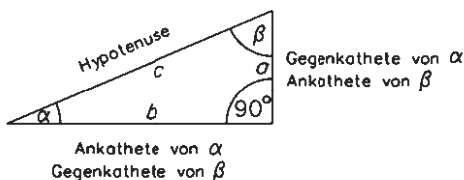
$$V = A \cdot s$$

$$V = A \cdot d \cdot \pi$$



Volumen = Querschnittsfläche · Schwerpunktsweg

## 4 Winkelfunktionen am rechtwinkligen Dreieck



Sinusfunktion gleich Gegenkathete durch Hypotenuse

$$\sin \alpha = \frac{a}{c}; \quad \sin \beta = \frac{b}{c}$$

Cosinusfunktion gleich Ankathete durch Hypotenuse

$$\cos \alpha = \frac{b}{c}; \quad \cos \beta = \frac{a}{c}$$

Tangensfunktion gleich Gegenkathete durch Ankathete

$$\tan \alpha = \frac{a}{b}; \quad \tan \beta = \frac{b}{a}$$

### Lehrsatz des Pythagoras:

Die Fläche des Hypotenusenquadrats ist gleich der Summe der beiden Kathetenquadrate.

$$a^2 + b^2 = c^2$$

## 5 Mechanik

### 5.1 Geometrische Addition von Kräften

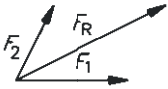
Grundgesetz der Statik:

Die Summe aller horizontalen und aller vertikalen Kräfte an einem Körper ist gleich null.

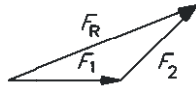
Resultierende Kraft:

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

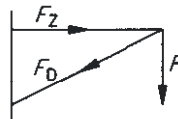
Addition nach Betrag und Richtung



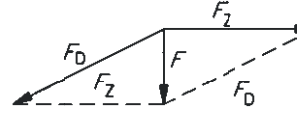
Zeigerbild



Additionsbild



Aufbauzeichnung

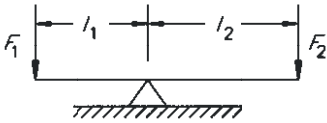


Kräftediagramm

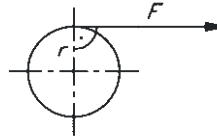
### 5.2 Hebelgesetz, Drehmoment

Die Summe der rechtsdrehenden Momente ist gleich der Summe der linksdrehenden Momente.

Drehmoment:



$$M = F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$



$$M = F \cdot r$$

N · m

### 5.3 Übersetzung, Getriebe

Die Umfangsgeschwindigkeit der Räder ist gleich.

Übersetzungsverhältnis:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

Index 1 treibendes Rad  
Index 2 getriebenes Rad

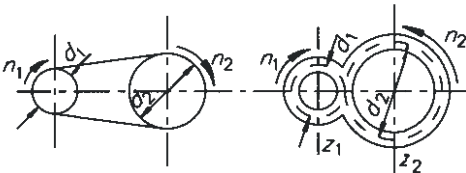
Übersetzung mit  
Schneckengetriebe:

$$\frac{n_S}{n_R} = \frac{Z_R}{g_S}$$

$n_S$  Umdrehungsfrequenz  
der Schnecke

$n_R$  Umdrehungsfrequenz  
des Schneckenrades

$g_S$  Gangzahl der Schnecke  
 $Z_R$  Zähnezah des  
Schneckenrades



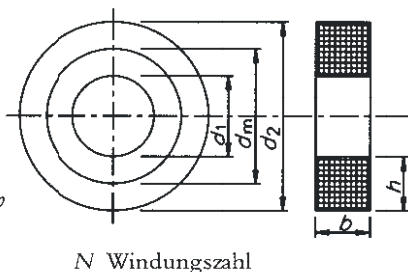
## 5.4 Masse (Gewicht), Dichte, Volumen

Masse (Gewicht) eines Körpers:	$m = V \cdot \rho$	kg V Volumen in $\text{dm}^3$ $\rho$ Dichte in $\text{kg}/\text{dm}^3$
Gewichtskraft:	$G = m \cdot g = V \cdot \rho \cdot g$	N $g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$ Erdbeschleunigung
Drahtmasse (Drahtgewicht):	$m = A \cdot l \cdot \rho \cdot 10^{-3}$	kg; A Drahtquerschnitt in $\text{mm}^2$ l Drahtlänge in m $\rho$ Dichte in $\text{kg}/\text{dm}^3$

## 5.5 Drahtlänge einer Spule

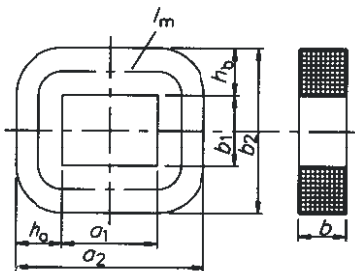
### Rundspule

Wickelhöhe:	$h = \frac{d_2 - d_1}{2}$
mittlerer Windungsdurchmesser:	$d_m = \frac{d_2 + d_1}{2} = d_1 + h$
mittlere Windungslänge:	$l_m = \pi \cdot d_m$
Drahtlänge:	$l = l_m \cdot N$



### Rechteckspule (symmetrisch)

Wickelhöhe:	$h_a = h_b = h = \frac{a_2 - a_1}{2} = \frac{b_2 - b_1}{2}$
mittlere Windungslänge:	$l_m = 2 \cdot (a_1 + b_1) + \pi \cdot h$
Drahtlänge:	$l = l_m \cdot N$
Leiterquerschnitt:	$A_1 = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$
gesamte Leiterquerschnittsfläche:	$A_L = A_1 \cdot N$
Wickelfläche:	$A_W = b \cdot h$
Füllfaktor:	$f = \frac{A_L}{A_W}$



## 5.6 Kinematik

Geschwindigkeit: 
$$v = \frac{s}{t} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$\frac{\text{m}}{\text{s}}; \left( 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}} \right)$$
 $s, \Delta s$  Wegstrecke in m  
 $t, \Delta t$  Zeitspanne in s

Beschleunigung (gleichförmig aus dem Ruhezustand,  $v_1 = 0$ ):

$$a = \frac{v_2}{t} = \frac{2 \cdot s}{t^2}$$

$$\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$
 $v_2$  Endgeschwindigkeit in  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$   
 $t$  Beschleunigungsdauer in s  
 $s$  Beschleunigungsstrecke in m

mittlere Geschwindigkeit:

$$v_m = \frac{v_2}{2} = \frac{a \cdot t}{2}$$

$$\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Beschleunigung von Anfangsgeschwindigkeit  $v_1$  auf  $v_2$ :

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

$$\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Endgeschwindigkeit nach freiem Fall ( $v_1 = 0$ ):

$$v_2 = g \cdot t = \frac{2 \cdot h}{t}$$

$$\frac{\text{m}}{\text{s}}$$
 $g \approx 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  Erdbeschleunigung  
 $h$  Fallhöhe in m

Drehende Bewegung

Winkelgeschwindigkeit: 
$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$$

$$\text{s}^{-1} = \text{Hz}$$
 $n$  Umdrehungsfrequenz in  $\text{s}^{-1} = \text{Hz}$

Umfangsgeschwindigkeit: 
$$v = d \cdot \pi \cdot n = \omega \cdot r$$

$$\frac{\text{m}}{\text{s}}$$
 $d$  Durchmesser in m  
 $r$  Radius in m

Winkelbeschleunigung: 
$$\varepsilon = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

$$\text{s}^{-2}$$

## 5.7 Dynamisches Grundgesetz

Kraft, Trägheitskraft  $F = m \cdot a$

$$1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

$m$  Masse des Körpers in kg

$a$  Beschleunigung in  $\text{m/s}^2$

Drehende Bewegung

Trägheitsmoment:  $J = m \cdot r^2$

$$\text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$r$  Trägheitsradius in m

Fliehkraft:  $F = m \cdot r \cdot \omega^2$

N

Drehmoment:  $M = J \cdot \varepsilon$

$\omega$  Winkelgeschwind. in  $\text{s}^{-1} = \text{Hz}$

$\text{N} \cdot \text{m}$

Energie der Bewegung, kinetische Energie

geradlinige Bewegung (translatorische Bewegung):

$$W_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

drehende Bewegung (rotatorische Bewegung):

$$W_k = \frac{J \cdot \omega^2}{2}$$

$\varepsilon$  Winkelbeschleunigung in  $\text{s}^{-2}$

Energie der Lage, potentielle Energie:

$$W_p = F \cdot s = G \cdot \Delta h$$

$m$  Masse in kg

$v$  Geschwindigkeit in  $\text{m/s}$

$J$  Trägheitsmoment in  $\text{kg} \cdot \text{m}^2$

$\omega$  Winkelgeschwind. in  $\text{s}^{-1} = \text{Hz}$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$G$  Gewichtskraft in N

$\Delta h$  Höhendifferenz in m

mechanische Leistung geradlinige Bewegung:

$$P = F \cdot v = \frac{F \cdot s}{t}$$

$$1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \text{ W} = 1 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}}$$

drehende Bewegung:

$F$  Antriebskraft in N

$v$  Geschwindigkeit in  $\text{m/s}$

$s$  Wegstrecke in m

$t$  Zeit in s

$\omega$  Winkelgeschw. in  $\text{s}^{-1} = \text{Hz}$

$M$  Drehmoment in  $\text{N} \cdot \text{m}$

$n$  Umdrehungsfrequenz

in  $\text{s}^{-1} = \text{Hz}$

$$P = M \cdot \omega = 2 \cdot \pi \cdot M \cdot n$$

$$P = \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot M \cdot n = \frac{M \cdot n}{9,55}$$

mit  $n$  in  $\text{min}^{-1}$



## 6 Grundbegriffe der Elektrotechnik (Gleichstromtechnik)

Berechnete Größe	Formel	Einheit, Erklärung
------------------	--------	--------------------

elektrische Ladung  
Elektrizitätsmenge:

$$Q = I \cdot t = I_{AV} \cdot t$$

1 C = 1 A · s (Coulomb)

$I_{AV}$  = arithmetischer Mittelwert  
bei Mischstrom

linearer elektrischer Widerstand,  
ohmscher Widerstand:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{u}{i}$$

1  $\Omega$  = 1  $\frac{V}{A}$  (Ohm)

differentieller elektrischer Widerstand  
(bei nichtlinearem Widerstand):

$$r = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

1  $\Omega$  = 1  $\frac{V}{A}$  (Ohm)

elektrischer Leitwert:

$$G = \frac{I}{U} = \frac{1}{R}$$

1 S = 1  $\frac{A}{V}$  (Siemens)

Spannung am ohmschen Widerstand (linearer Widerstand)  
(Ohmsches Gesetz):

$$U = I \cdot R = \frac{I}{G}$$

V (Volt)

Strom im ohmschen Widerstand  
(Ohmsches Gesetz):

$$I = \frac{U}{R} = U \cdot G$$

A (Ampere)

elektrische Leistung:

$$P = U \cdot I = U_{RMS} \cdot I_{RMS}$$

1 W = 1 V · A (Watt)

$U_{RMS}$ ,  $I_{RMS}$  = Effektivwerte

bei Wechsel- und Mischstrom

Leistung am linearen Widerstand:

$$P = P \cdot R = \frac{U^2}{R}$$

Leistung nach Spannungsänderung

bei  $R$  = konstant:

$$P_2 = P_1 \cdot \left( \frac{U_2}{U_1} \right)^2$$

Leistung nach Stromänderung

bei  $R$  = konstant:

$$P_2 = P_1 \cdot \left( \frac{I_2}{I_1} \right)^2$$

elektrische Arbeit bei Gleichstrom:  $W = U \cdot I \cdot t = U \cdot Q$   $1 \text{ J} = 1 \text{ V} \cdot \text{A} \cdot \text{s}$  (Joule)

allgemein:  $W = P \cdot t$

spezifischer elektrischer Widerstand:

$$\rho = \frac{R \cdot A}{l}$$

bei metallischen Werkstoffen (Drähten):  
Länge  $l$  in m; Querschnitt  $A$  in  $\text{mm}^2$

$$\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

bei anderen Stoffen:

Länge  $l$  in cm (m); Querschnitt  $A$  in  $\text{cm}^2$  ( $\text{m}^2$ )

$$1 \frac{\Omega \cdot \text{cm}^2}{\text{cm}} = 1 \Omega \cdot \text{cm}$$

$$1 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} = 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm} = 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$$

elektrische Leitfähigkeit:

Länge  $l$  in m; Querschnitt  $A$  in  $\text{mm}^2$

$$\gamma \text{ oder } \kappa = \frac{l}{R \cdot A}$$

$$1 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} = 1 \frac{\text{S} \cdot \text{m}}{\text{mm}^2}$$

Leiterwiderstand

Länge  $l$  in m;  
Querschnitt  $A$  in  $\text{mm}^2$

(Tabelle 21.1)

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{l}{\kappa \cdot A}$$

Stromdichte:

$$J \text{ oder } S = \frac{I}{A}$$

$$1 \text{ A/m}^2 = 10^{-6} \text{ A/mm}^2$$

Von einem Gleichstrom  
in einem Elektrolysebad  
ausgeschiedene Stoffmenge

$$m = I \cdot t \cdot c$$

g (mg)

$I$  Gleichstrom in A

(bei Mischstrom arithmetischer Mittelwert  $I_{AV}$ )

$t$  Zeit in s

$c$  elektrochemisches  
Äquivalent

$$\text{in } \frac{\text{g}}{\text{A} \cdot \text{s}} \text{ oder } \frac{\text{mg}}{\text{A} \cdot \text{s}}$$

(Tabelle 21.1)

# 7 Schaltungen mit ohmschen Widerständen

## 7.1 Gesetze der Parallelschaltung

Kirchhoffsches Knotenpunkt- oder Stromverzweigungsgesetz allgemein:

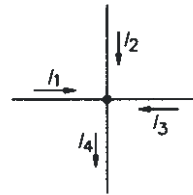
In jedem Stromverzweigungspunkt (Knotenpunkt) ist die Summe aller Ströme in jedem Augenblick gleich null.

Anmerkung:

Unterliegen die Ströme zeitlichen Änderungen, gilt dieses nur für die Augenblickswerte oder, bei sinusförmigen Strömen gleicher Frequenz, wenn die Addition nach Betrag und Richtung erfolgt.

Bei Gleichströmen:  $I_1 + I_2 + I_3 - I_4 = 0$

oder allgemein:  $i_1 + i_2 + i_3 - i_4 = 0$



**In einer Parallelschaltung von Widerständen gilt:**

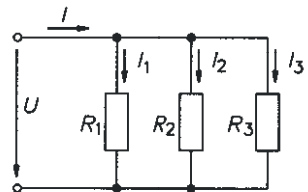
Die Summe aller zufließenden Ströme ist gleich der Summe aller abfließenden Ströme.

Gesamtstrom:  $I = I_1 + I_2 + I_3$

Ersatzwiderstand: 
$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

Ersatzleitwert:  $G = G_1 + G_2 + G_3$

Verhältnisse: 
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$



## 7.2 Gesetze der Reihenschaltung

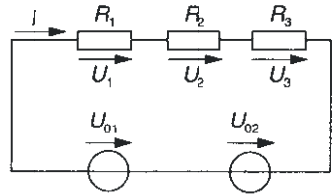
Kirchhoffsches Maschengesetz allgemein:

In jeder Masche (Stromkreis) ist die Summe aller Spannungen in jedem Augenblick gleich null.

Anmerkung:

Unterliegen diese Spannungen zeitlichen Änderungen, gilt dieses nur für die Augenblickswerte oder, bei sinusförmigen Spannungen gleicher Frequenz, wenn die Addition nach Betrag und Richtung erfolgt.

Bei Gleichspannungen:  $U_1 + U_2 + U_3 - U_{01} - U_{02} = 0$   
 oder allgemein:  $u_1 + u_2 + u_3 - u_{01} - u_{02} = 0$



**In einer Reihenschaltung von Widerständen gilt:**

Gesamtspannung:  $U = U_1 + U_2 + U_3$

Ersatzwiderstand:  $R = R_1 + R_2 + R_3$

Verhältnisse:  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$

## 7.3 Ersatzschaltbild einer Spannungsquelle

mit linearem Innenwiderstand  $R_i$  und Urspannung  $U_0$

Innenwiderstand:  $R_i = \frac{U_0 - U_Q}{I_L} = \frac{\Delta U_Q}{\Delta I_L}$

Kurzschlussstrom:  $I_K = \frac{U_0}{R_i}$

Ausgangsspannung:  $U_Q = U_0 - I_L \cdot R_i$

maximale Leistungsabgabe bei *Leistungsanpassung*:

$$R_L = R_i$$

$$P_{Q \max} = \frac{U_0^2}{4 \cdot R_i}$$

