

## Formelsammlung Elektrotechnik

### 1. Grundgrößen

- Spannung (U): Volt [V]
- Strom (I): Ampere [A]
- Widerstand (R): Ohm [ $\Omega$ ]
- Leistung (P): Watt [W]
- Arbeit (W): Wattsekunde [Ws]

### 2. Formeln Gleichstrom

Formel	Einheit	Bezeichnung	Bemerkungen
$U = I \cdot R$	V	Ohmsches Gesetz	
$P = U \cdot I$	W	Wirkleistung	
$W = P \cdot t$	Ws	Arbeit	oder auch kWh
$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \cdot 100\%$	%	Wirkungsgrad	$\eta$ (eta)
$P_{zu} = P_{ab} + P_{pv}$	W	Zugeführte Leistung	Abgegebene + Verlustleistung

### 3. Formel Wechselstrom

Formel	Einheit	Bezeichnung	Bemerkungen
$S = U \cdot I$	VA	Scheinleistung	$S^2 = P^2 + Q^2$
$P = S \cos \phi$	W	Wirkleistung	
$Q = S \sin \phi$	VAR	Blindleistung	Volt Ampère reaktiv
$\hat{u} = \sqrt{2} \cdot U_{eff}$	V	Maximalwert der Wechselspannung	
$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$	Hz	Kreisfrequenz	
$f = 1/T$	Hz	Frequenz	Kehrwert der Periodendauer
$u(t) = \hat{u} \cdot \sin(\omega \cdot t)$	V	Augenblickswert der Wechselspannung	oder $\hat{u} \cdot \sin(\varphi)$

$\phi$  (Phasenverschiebungswinkel)

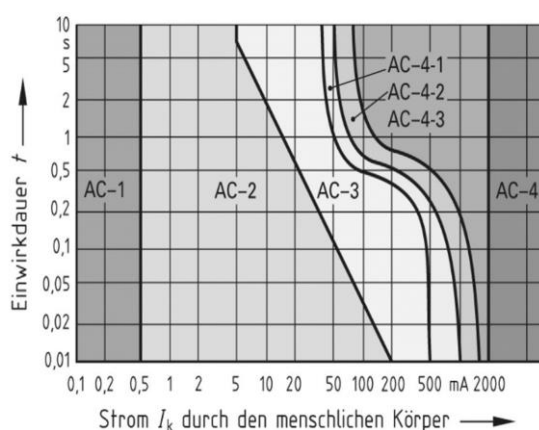
### 4. Formeln Drehstromleistung

Formel	Einheit	Bezeichnung	Bemerkungen
$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$	VA	Scheinleistung	$S^2 = P^2 + Q^2$
$P = S \cos \phi$	W	Wirkleistung	
$Q = S \sin \phi$	var	Blindleistung	Volt Ampère reaktiv
$U_{pp} = \sqrt{3} \cdot U_{pn}$	V	Spannung zwischen 2 Phasen	Bezug zwischen p(Phasen), n(Neutral)

Um eine einwandfreie Funktion aller angeschlossenen Verbraucher sicher zu gewährleisten, sind in den technischen Anschlussbedingungen (TAB) der Energie-Versorgungs-Unternehmen (EVU) die **höchstzulässigen Spannungsverluste in Prozent der Netzspannung ( $\Delta u$ ) angegeben:**

$$\Delta u = \frac{U_1 - U_2}{U_1} \cdot 100\% \quad \text{mit } U_1 = 230 \text{ V; } U_2 = \text{(tatsächliche) Spannung am Verbraucher}$$

### Strom durch menschlichen Körper



Bereich	Körperreaktionen
AC-1	Wahrnehmung möglich, meist keine Schreckreaktion
AC-2	Wahrnehmung und unwillkürliche Muskelkontraktionen wahrscheinlich, meist keine schädlichen Wirkungen
AC-3	Atemschwierigkeiten; Muskelverkrampfungen; starke unwillkürliche Muskelkontraktion; reversible Störungen der Herzfunktionen möglich; meist kein organischer Schaden
AC-4-1 bis AC-4-3	Wahrscheinlichkeit von Herzkammerflimmern ansteigend (bis etwa 5% bei AC-4-1, bis etwa 50% bei AC-4-2, über 50% bei AC-4-3)
AC-4	Herzstillstand, Atemstillstand oder andere Zellschäden

Leistungen bei induktiver Last		
$S^2 = P^2 + Q_L^2 \Rightarrow S = \sqrt{P^2 + Q_L^2}$	$S = U \cdot I$	
$\cos \varphi = \frac{P}{S} \Rightarrow P = S \cdot \cos \varphi$	$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$	
$\sin \varphi = \frac{Q_L}{S} \Rightarrow Q_L = S \cdot \sin \varphi$	$Q_L = U \cdot I \cdot \sin \varphi$	
$\tan \varphi = \frac{Q_L}{P}$	$Q_L = P \cdot \tan \varphi$	
$S$ Scheinleistung	$[S] = \text{VA} = \text{W}$	
$P$ Wirkleistung	$[P] = \text{W}$	
$Q_L$ induktive Blindleistung	$[Q_L] = \text{var}^1 = \text{W}$	
$\varphi$ Phasenverschiebungswinkel		

Tabelle: Maximale Ladeleistungen an AC-400/230-V-Anschlusspunkten		
Anschlusspunkt		FI/LS-Schalter
einphasig	dreiphasig	
3,7 kW	11,0 kW	16 A
-	13,8 kW	20 A
-	17,3 kW	25 A
7,4 kW	22,0 kW	32 A
-	27,7 kW	40 A
14,5 kW	43,5 kW	63 A

Formeln zur Berechnung des Spannungsfalls $\Delta U$			
Gleichstrom	$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\gamma \cdot A}$		
Einphasenwechselstrom	$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot A}$		
Drehstrom	$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot A}$		
Prozentualer Spannungsfall	$\Delta u = \frac{\Delta U \cdot 100 \%}{U}$		
$\Delta U$ Spannungsfall in V	$I$ Leiterstrom	$A$ Leiterquerschnitt	
$\Delta u$ Spannungsfall in %	$A$ Leiterquerschnitt	$l$ Leitungslänge	
$U$ Netznominalspannung	$l$ Leitungslänge	$\cos \varphi$ Wirkfaktor	
$\gamma$ elektr. Leitfähigkeit	$\cos \varphi$ Wirkfaktor		

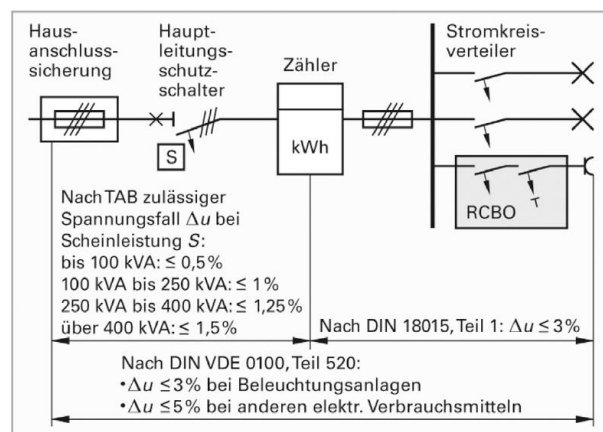


Tabelle 1: Spezifischer Widerstand und Leitfähigkeit		
Material	Spezifischer Widerstand $\rho$ in $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$	Leitfähigkeit $\gamma$ in $\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$
Aluminium (Al)	0,0278	36,0
Kupfer (Cu)	0,0178	56,0
Silber (Ag)	0,0167	60,0
Gold (Au)	0,022	45,7

Stromkreis	Nennwechselspannung $U_0$	Abschaltzeit $t_a$
Endstromkreise* mit einem Bemessungsstrom bis einschließlich 32 A	$50 \text{ V} < U_0 \leq 120 \text{ V}$	0,8 s
	$120 \text{ V} < U_0 \leq 230 \text{ V}$	0,4 s
	$230 \text{ V} < U_0 \leq 400 \text{ V}$	0,2 s
	$U_0 > 400 \text{ V}$	0,1 s
Verteilungsstromkreise	-	5 s

\* Endstromkreis, an dem direkt ein Stromverbrauchsmittel oder Steckdosen angeschlossen sind.  
 $U_0$  Nennwechselspannung zwischen Außenleiter und Erde

### Mindestquerschnitt

Für Leitungen und Kabel für feste und geschützte Verlegung (d.h. bei Aderleitungen, Verlegung im Installationsrohr oder -kanal) sind folgende Normquerschnitte festgelegt:

Normquerschnitte in mm <sup>2</sup>									
Außenleiter	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50
Schutzleiter	1,5	2,5	4	6	10	16	16	16	25