

Formelsammlung Elektrotechnik



Die wichtigsten Formeln der Elektrotechnik auf einen Blick — für Berufsschule, Prüfungsvorbereitung und den Alltag an der Anlage. Jede Formel mit Erklärung der Formelzeichen und Einheiten und mit einem Verweis auf den passenden Rechner, der dir den Rechenweg Schritt für Schritt zeigt. Als PDF zum Ausdrucken oder zum Teilen in der Klassengruppe. **Hinweis: Richtwerte, ersetzen keine Planung und Prüfung durch eine Elektrofachkraft.**

Elektro-Toolbox · erechner.alberssystems.de/formelsammlung/ · kostenlos, frei weiterzugeben

Grundlagen

Ohmsches Gesetz und Leistung

$$U = R \cdot I \quad \cdot \quad I = U / R \quad \cdot \quad R = U / I$$
$$P = U \cdot I \quad \cdot \quad P = I^2 \cdot R \quad \cdot \quad P = U^2 / R \quad \cdot \quad I = \sqrt{P / R}$$

ZEICHEN	GRÖSSE	EINHEIT
U	Spannung	V (Volt)
I	Strom	A (Ampere)
R	Widerstand	Ω (Ohm)
P	Leistung	W (Watt)

Zwei bekannte Größen legen die anderen beiden fest (Formelrad). Gilt für Gleichstrom und ohmsche Last — bei Motoren und anderen Wechselstromverbrauchern kommt $\cos \phi$ dazu.

Rechner: erechner.alberssystems.de/ohm-rechner/

SI-Vorsätze umrechnen

$$\text{Zielwert} = \text{Wert} \cdot 10^{(\text{Exponent}_{\text{von}} - \text{Exponent}_{\text{nach}})}$$

ZEICHEN	VORSATZ	FAKTOR
G	Giga	10^9
M	Mega	10^6
k	Kilo	10^3
—	Basiseinheit	$10^0 = 1$
m	Milli	10^{-3}
μ	Mikro	10^{-6}
n	Nano	10^{-9}
p	Piko	10^{-12}

Jeder Schritt sind drei Kommastellen: 1500 mA = 1,5 A, 1500 W = 1,5 kW, 4,7 nF = 4700 pF. **m ≠ M:** Zwischen 1 mΩ und 1 MΩ liegen neun Zehnerpotenzen.

Rechner: erechner.alberssystems.de/si-einheiten/

Wechsel- und Drehstrom

Wirkleistung und Strom

$$\text{Gleichstrom: } P = U \cdot I \rightarrow I = P / U$$

$$\text{Wechselstrom: } P = U \cdot I \cdot \cos \phi \rightarrow I = P / (U \cdot \cos \phi)$$

$$\text{Drehstrom: } P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \phi \rightarrow I = P / (\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \phi)$$

ZEICHEN	GRÖSSE	EINHEIT
P	Wirkleistung	W, kW
U	Spannung (Drehstrom: Außenleiterspannung, z. B. 400 V)	V
I	Strom (Drehstrom: Strom je Außenleiter)	A
$\cos \phi$	Leistungsfaktor, ohne Einheit — ohmsche Last (Heizung) = 1	—

√3 nur bei Drehstrom — bei einem 230-V-Gerät mit √3 zu rechnen, ist der häufigste Fehler. Bei $\cos \phi = 1$ sind 1 kW rund 4,3 A an 230 V und rund 1,4 A an 400 V Drehstrom.

Rechner: erechner.alberssystems.de/leistung-strom/

Scheinleistung und Blindleistung

$$\text{Wechselstrom: } S = U \cdot I \quad \cdot \quad \text{Drehstrom: } S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

$$P = S \cdot \cos \phi \quad \cdot \quad Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

ZEICHEN	GRÖSSE	EINHEIT
S	Scheinleistung — das, was Leitung, Sicherung und Trafo sehen	VA, kVA
P	Wirkleistung — verrichtet die Arbeit	W, kW
Q	Blindleistung — pendelt, belastet aber die Leitungen	var, kvar

Bei $\cos \phi < 1$ ist S immer größer als P. Deshalb stehen Trafos, Generatoren und USV-Anlagen in kVA auf dem Typenschild, nicht in kW.

Rechner: erechner.alberssystems.de/leistung-strom/

Blindleistungskompensation

$$Q_C = P \cdot (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \quad \cdot \quad \tan \phi = \tan(\arccos(\cos \phi))$$

ZEICHEN	GRÖSSE	EINHEIT
Q_C	nötige Kondensatorleistung	kvar
P	tatsächliche mittlere Wirkleistung (nicht die Anschlussleistung)	kW
ϕ_1 / ϕ_2	Phasenwinkel vorher (Ist) / nachher (Ziel)	—

Beispiel: $\cos \phi 0,75 \rightarrow \tan \phi 0,882$; $\cos \phi 0,95 \rightarrow \tan \phi 0,329$. Üblich ist ein Ziel von 0,90 bis 0,95 — **nicht auf 1,0** kompensieren (Überkompensation, Resonanzgefahr).

Rechner: erechner.alberssystems.de/blindleistung/

Blindwiderstand und Scheinwiderstand (R, L, C in Reihe)

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L \quad \cdot \quad X_C = 1 / (2\pi \cdot f \cdot C)$$
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad \cdot \quad \cos \phi = R / Z \quad \cdot \quad I = U / Z$$

ZEICHEN	GRÖSSE	EINHEIT
X_L / X_C	induktiver / kapazitiver Blindwiderstand	Ω
L / C	Induktivität in Henry / Kapazität in Farad (10 μ F = 0,00001 F)	H, F
Z	Scheinwiderstand (Impedanz)	Ω
ϕ	Phasenwinkel — positiv induktiv, negativ kapazitiv	°

R und X stehen senkrecht aufeinander: **nicht einfach addieren**.
Beispiel 100 mH an 50 Hz: $X_L = 31,42 \Omega$; mit $R = 22 \Omega$ wird $Z = 38,35 \Omega$.

Rechner: rechner.alberssystems.de/wechselstrom-drehstrom/

Stern- und Dreieckschaltung

Stern: $U = \sqrt{3} \cdot U_{Str}, \quad I = I_{Str}$
Dreieck: $U = U_{Str}, \quad I = \sqrt{3} \cdot I_{Str}$
 $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \phi \quad \cdot \quad P_\Delta = 3 \cdot P_Y$

ZEICHEN	GRÖSSE	EINHEIT
U / I	Außenleiterspannung / Außenleiterstrom	V / A
U_{Str} / I_{Str}	Spannung / Strom an einem Verbraucherstrang	V / A
P_Y / P_Δ	Leistung derselben Verbraucher im Stern / im Dreieck	W

Dieselben drei Widerstände nehmen **im Dreieck dreimal so viel Leistung** auf wie im Stern. Beispiel 3 $\times$ 50 Ω an 400 V: Stern 3,2 kW, Dreieck 9,6 kW.

Rechner: rechner.alberssystems.de/wechselstrom-drehstrom/

Transformator

$\ddot{u} = U_1 / U_2 = N_1 / N_2 \approx I_2 / I_1$
Einphasig: $I_N = S / U \quad \cdot \quad$ Drehstrom: $I_N = S / (\sqrt{3} \cdot U)$

ZEICHEN	GRÖSSE	EINHEIT
$\ddot{u}$	Übersetzungsverhältnis	—
N_1 / N_2	Windungszahl primär / sekundär	—
S	Bemessungsleistung vom Typenschild	VA, kVA

Die Ströme verhalten sich **umgekehrt** wie die Spannungen. Beispiel 400 V / 24 V, 250 VA: $\ddot{u} = 16,67, \quad I_{2N} = 10,42 \text{ A}, \quad I_{1N} = 0,625 \text{ A}$.

Rechner: rechner.alberssystems.de/transformator/

Leitungen

Leitungswiderstand

$R = \rho \cdot l / A = l / (\gamma \cdot A) \quad \cdot \quad R_{Schleife} = 2 \cdot R$

ZEICHEN	GRÖSSE	EINHEIT
R	Widerstand eines Leiters (einfacher Weg)	Ω
l	Leitungslänge, einfach	m
A	Leiterquerschnitt	mm ²
ρ	spez. Widerstand bei 20 °C: Cu 0,0179 $\cdot$ Al 0,0286	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
γ	Leitfähigkeit (auch κ) bei 20 °C: Cu 56 $\cdot$ Al 35	$\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$

Betriebswarm (70 °C) liegt der Widerstand rund **20 % höher**. Kupfer je Leiter bei 20 °C: 1,5 mm² $\approx$ 11,9 m Ω /m $\cdot$ 2,5 mm² $\approx$ 7,1 m Ω /m $\cdot$ 4 mm² $\approx$ 4,5 m Ω /m. Messgeräte messen die Schleife (hin und zurück).

Rechner: rechner.alberssystems.de/leitungswiderstand/

Spannungsfall

Drehstrom: $\Delta U = \sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot \cos \phi / (\gamma \cdot A)$
Wechselstrom: $\Delta U = 2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \phi / (\gamma \cdot A)$
Gleichstrom: $\Delta U = 2 \cdot l \cdot I / (\gamma \cdot A)$
 $\Delta U \text{ in \%} = \Delta U / U \cdot 100$

ZEICHEN	GRÖSSE	EINHEIT
ΔU	Spannungsfall auf der Leitung	V
U	Nennspannung (230 V, 400 V, DC-Spannung)	V
l	einfache Leitungslänge	m
I	Betriebsstrom	A
γ, A	Leitfähigkeit (Cu 56, Al 35) und Querschnitt	$\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2), \text{mm}^2$

Faktor 2 oder $\sqrt{3}$? Beim Wechselstrom fließt der Strom über Außen- und Neutraleiter — die doppelte Länge steckt schon im Faktor 2, also nicht zusätzlich die Länge verdoppeln. Beim symmetrischen Drehstrom steht $\sqrt{3}$. Übliche Planungswerte: 3 % (DIN 18015-1, Wohngebäude ab Messeinrichtung), 4 % (DIN VDE 0100-520:2023-06, ab Hausanschlusskasten). Induktiver Anteil bei Installationsleitungen meist vernachlässigbar, bei großen Querschnitten nicht: $\Delta U = f \cdot l \cdot I \cdot (\cos \phi / (\gamma \cdot A) + X' \cdot \sin \phi), \quad X' \approx 0,08 \text{ m}\Omega/\text{m}$.

Rechner: rechner.alberssystems.de/spannungsfall/ · PV-Gleichstromseite: rechner.alberssystems.de/pv-leitung/

Querschnitt nach Spannungsfall

Drehstrom: $A = \sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot \cos \phi / (\gamma \cdot \Delta U)$
Wechselstrom / DC: $A = 2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \phi / (\gamma \cdot \Delta U) \quad (\text{DC: } \cos \phi = 1)$
 $\Delta U_{zul} = \text{zulässiger Prozentwert} / 100 \cdot U$

ZEICHEN	GRÖSSE	EINHEIT
A	rechnerischer Mindestquerschnitt	mm ²
ΔU_{zul}	erlaubter Spannungsfall (z. B. 3 % von 400 V = 12 V)	V

Immer auf den nächsten Normquerschnitt aufrunden: 1,5 $\cdot$ 2,5 $\cdot$ 4 $\cdot$ 6 $\cdot$ 10 $\cdot$ 16 $\cdot$ 25 $\cdot$ 35 $\cdot$ 50 $\cdot$ 70 $\cdot$ 95 $\cdot$ 120 $\cdot$ 150 $\cdot$ 185 $\cdot$ 240 mm². **Drei Kriterien** bestimmen den Querschnitt — Strombelastbarkeit, Spannungsfall, Abschaltbedingung —, der ungünstigste gewinnt.

Rechner: rechner.alberssystems.de/leitungsquerschnitt/ · alle drei Kriterien: rechner.alberssystems.de/leitungsassistent/

Strombelastbarkeit und Schutzorgan

I_z = I_{tab} · f_{Temperatur} · f_{Häufung}
I_B ≤ I_n ≤ I_z und I₂ ≤ 1,45 · I_z

ZEICHEN	GRÖSSE	EINHEIT
I _z	zulässige Belastbarkeit der Leitung	A
I _{tab}	Tabellenwert nach VDE 0298-4 (30 °C, ein Stromkreis)	A
f	Umrechnungsfaktoren für Umgebungstemperatur und Häufung	—
I _B / I _n	Betriebsstrom / Nennstrom der Sicherung	A
I ₂	Auslösestrom des Schutzorgans (LS B/C: 1,45 · I _n , K/Z: 1,2 · I _n)	A

Die Tabellenwerte hängen an Verlegeart und Aderzahl — sie stehen im Rechner. Häufung wird regelmäßig unterschätzt. Beim LS-Schalter ist I₂ ≤ 1,45 · I_z mit I_n ≤ I_z erfüllt, bei Schmelzsicherungen gG gesondert prüfen.

Rechner: erechner.alberssystems.de/strombelastbarkeit/

AWG in mm²

d = 0,127 mm · 92^{(36 - AWG)/39} · A = π/4 · d²

ZEICHEN	GRÖSSE	EINHEIT
AWG	American Wire Gauge — größere Zahl = dünnerer Draht	—
d / A	Leiterdurchmesser / Querschnitt	mm / mm²

Beispiel: AWG 16 = 1,31 mm² → metrisch 1,5 mm². Die zulässige Belastbarkeit richtet sich nach hiesiger Norm und Verlegeart, nicht nach dem US-Aufdruck.

Rechner: erechner.alberssystems.de/awg-umrechnung/

Schutz

Abschaltbedingung im TN-System

Z_s · I_a ≤ U₀ → Z_{s,max} = U₀ / I_a
l_{max} = (c · U₀ / I_a - Z_e) · γ · A_L / (1,24 · (1 + A_L/A_{PE}))

ZEICHEN	GRÖSSE	EINHEIT
Z _s	Schleifenimpedanz	Ω
U ₀	Spannung Außenleiter gegen Erde (230 V)	V
I _a	Auslösestrom, oberer Wert: B 5 · C 10 · D 20 × I _n	A
c	Spannungsfaktor 0,95 für den kleinsten Fehlerstrom	—
Z _e	Vorimpedanz am Verteiler (Netz, Trafo, Zuleitung)	Ω
1,24	Leiter betriebswarm (Kupfer etwa 80 °C) statt 20 °C	—
A _L / A _{PE}	Querschnitt Außenleiter / Schutzleiter	mm²

Beispiel B16: I_a = 80 A → Z_{s,max} = 230 V / 80 A = 2,875 Ω; C16: 1,4375 Ω. Messwert ≤ 2/3 · U₀/I_a (DIN VDE 0100-600, nach DGUV I 203-072, S. 43/44): B16 ≈ 1,92 Ω, C16 ≈ 0,96 Ω. Abschaltzeit bei U₀ = 230 V: 0,4 s für Endstromkreise mit Steckdosen bis 63 A und mit fest angeschlossenen Verbrauchsmitteln bis 32 A, 5 s für Verteilungsstromkreise und größere Endstromkreise. **Planungswert** — den Nachweis liefert die Messung (VDE 0100-600).

Rechner: erechner.alberssystems.de/abschaltbedingung/ · Messwert einordnen: erechner.alberssystems.de/rcd-schleife/

RCD (FI) — Auslösefenster

I_{Δn}/2 < I_Δ ≤ I_{Δn} · t ≤ 300 / 150 / 40 ms bei 1 / 2 / 5 · I_{Δn}

ZEICHEN	GRÖSSE	EINHEIT
I _{Δn}	Bemessungsdifferenzstrom (z. B. 30 mA)	mA
I _Δ	gemessener Auslösestrom	mA
t	Auslösezeit, unverzögerter RCD	ms

Zeiten für unverzögerte RCDs bei sinusförmigem Prüfstrom. Typ S (selektiv): 130–500 / 60–200 / 50–150 ms. Typen: AC nur Wechselfehlerstrom (in Deutschland nicht zulässig), A auch pulsierender Gleichfehlerstrom, F auch Mischfrequenzen, B auch glatter Gleichfehlerstrom. Mit RCD als Fehlerschutz gilt Z_s · I_{Δn} ≤ U₀; der LS muss weiter Kurzschluss und Überlast beherrschen.

Rechner: erechner.alberssystems.de/rcd-schleife/

Kurzschlussstrom am Transformator

I_n = S / (√3 · U) · I_k ≈ c · I_n · 100 / u_k

ZEICHEN	GRÖSSE	EINHEIT
S	Bemessungsleistung des Trafos	VA, kVA
U	Außenleiterspannung (400 V)	V
u _k	relative Kurzschlussspannung (Typenschild)	%
c	Spannungsfaktor, c _{max} = 1,1 (DIN EN 60909-0, Niederspannung +10 %)	—
I _n / I _k	Nennstrom / Kurzschlussstrom an den Klemmen	A, kA

Beispiel 400 kVA, u_k = 4 %: I_n = 577 A, I_k ≈ 1,1 · 577 A · 25 ≈ 15,9 kA — mehr als die 6 kA oder 10 kA üblicher Leitungsschutzschalter. Abschätzung auf der sicheren Seite: Netz- und Leitungsimpedanz sind vernachlässigt.

Rechner: erechner.alberssystems.de/kurzschlussstrom/

Motor

Bemessungsstrom und Anlaufstrom

I_N = P / (√3 · U · cos φ · η) · P_{auf} = P / η

ZEICHEN	GRÖSSE	EINHEIT
I _N	Bemessungsstrom (Rechenwert)	A
P	abgegebene Wellenleistung vom Typenschild	W, kW
P _{auf}	aufgenommene elektrische Leistung	W, kW
η	Wirkungsgrad (z. B. 0,90 für 90 %)	—
cos φ	Leistungsfaktor vom Typenschild	—

Faustregel 400 V: **etwa 2 A pro kW**. Anlaufstrom (Näherung): direkt 6–8 × I_N · Stern-Dreieck 2–2,7 × I_N · Sanftanlauf 2,5–4 × I_N. Den Motorschutz stellst du auf den Strom vom Typenschild ein, nicht auf den Rechenwert.

Rechner: erechner.alberssystems.de/motorstrom/

Drehzahl, Schlupf und Drehmoment

$$n_s = 60 \cdot f / p \quad s = (n_s - n) / n_s \cdot 100 \% \quad M = 9549 \cdot P / n$$

ZEICHEN	GRÖSSE	EINHEIT
n_s / n	synchrone Drehzahl (Drehfeld) / Drehzahl vom Typenschild	1/min
f / p	Netzfrequenz / Polpaarzahl (4-polig = 2 Polpaare)	Hz / —
s	Schlupf	%
M / P	Drehmoment an der Welle / abgegebene Leistung	Nm / kW

Bei 50 Hz: 3000, 1500, 1000 und 750 1/min für 1 bis 4 Polpaare.
Beispiel 7,5 kW, 1455 1/min: $p = 2$, $s = 3 \%$, $M = 49,2$ Nm. $9549 = 60 \cdot 000 / (2\pi)$, oft gerundet 9550.

Rechner: rechner.alberssystems.de/motordrehzahl/

Energie und Kosten

Energie und Stromkosten

$$\text{Energie (kWh)} = P \text{ (kW)} \cdot t \text{ (h)} \quad \text{Kosten} = P \text{ (kW)} \cdot t \text{ (h)} \cdot \text{Preis (€/kWh)}$$

$$\text{kWh/Jahr} = \text{kWh/Tag} \cdot \text{Tage pro Woche} / 7 \cdot 365 \quad \text{€} = \text{kWh} \cdot \text{ct} / 100$$

ZEICHEN	GRÖSSE	EINHEIT
P	Leistung (Watt durch 1000 = kW)	kW
t	Laufzeit	h
Preis	Arbeitspreis laut Vertrag (brutto oder netto beachten)	€/kWh, ct/kWh

Leistung aus gemessenem Strom: $P = U \cdot I$ (230 V) oder $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$ (400 V) mit $\cos \varphi = 1$ — für Motoren eine bewusst hohe Schätzung.
Merkwert: 1 kW Dauerlast = 8.760 kWh im Jahr, bei 37 ct/kWh rund 3.240 €.

Rechner: rechner.alberssystems.de/energiekosten/

Licht und Photovoltaik

Anzahl der Leuchten (Wirkungsgradverfahren)

$$n = E_m \cdot A / (WF \cdot \eta_B \cdot \Phi_L)$$

ZEICHEN	GRÖSSE	EINHEIT
n	Anzahl der Leuchten, immer aufrunden	—
E_m	Wartungswert der Beleuchtungsstärke	lx
A	Grundfläche des Raums	m ²
WF	Wartungsfaktor (kleiner 1)	—
η_B	Beleuchtungswirkungsgrad	—
Φ_L	Lichtstrom je Leuchte (alle Lampen der Leuchte)	lm

Aufrunden, nie abrunden — sonst bleibt die Beleuchtungsstärke unter dem geforderten Wert. E_m , η_B und WF kommen aus der Lichtplanung, Φ_L aus dem Datenblatt der Leuchte. $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$.
Beispiel: $300 \text{ lx} \cdot 120 \text{ m}^2 / (0,8 \cdot 0,6 \cdot 4000 \text{ lm}) = 18,75 \rightarrow 19$ Leuchten.

Rechner: rechner.alberssystems.de/beleuchtung/

PV-String: Spannung und Modulanzahl

$$U(T) = U_{STC} \cdot (1 + \beta/100 \cdot (T - 25^\circ\text{C})) \quad U_{\text{String}} = n \cdot U_{\text{Modul}}$$

$$n_{\max} = U_{\max,WR} / U_{oc}(T_{\min}) \rightarrow \text{abrunden} \quad n_{\min} = U_{MPP,\min} / U_{mpp}(T_{\max}) \rightarrow \text{aufrunden}$$

ZEICHEN	GRÖSSE	EINHEIT
U_{STC}	U_{oc} oder U_{mpp} des Moduls laut Datenblatt (STC, 25 °C)	V
β	Temperaturkoeffizient der Spannung aus dem Datenblatt, negativ	%/K
T	Modultemperatur ($T_{\min}$ kälteste, $T_{\max}$ heißeste)	°C
$U_{\max,WR}$	maximale Eingangsspannung des Wechselrichters	V
$U_{MPP,\min}$	Anfang des MPP-Bereichs des Wechselrichters	V

β ist negativ: Bei Kälte steigt die Spannung, bei Hitze sinkt sie. Darum die Leerlaufspannung mit der tiefsten und die MPP-Spannung mit der höchsten Modultemperatur rechnen. Beispiel: $49,5 \text{ V} \cdot (1 + (-0,29)/100 \cdot (-10 - 25)) = 54,52 \text{ V}$ je Modul. Ohne Sicherheitszuschlag, Ströme gesondert prüfen.

Rechner: rechner.alberssystems.de/pv-string/

Analogsignal 4–20 mA

Signal in Messwert umrechnen

$$\text{Messwert} = \text{Anfang} + (I - 4 \text{ mA}) / 16 \text{ mA} \cdot (\text{Ende} - \text{Anfang})$$

$$I = 4 \text{ mA} + (\text{Messwert} - \text{Anfang}) / (\text{Ende} - \text{Anfang}) \cdot 16 \text{ mA}$$

$$S7\text{-Rohwert} = (I - 4 \text{ mA}) / 16 \text{ mA} \cdot 27648 \quad U_{\text{Bürde}} = I \cdot R_{\text{Bürde}}$$

ZEICHEN	GRÖSSE	EINHEIT
I	Signalstrom	mA
Anfang / Ende	Messbereich des Gebers (z. B. 0–16 bar)	Messgröße
27648	Nennbereichsende SIMATIC S7 (Modul auf 4–20 mA parametrierbar)	—
$R_{\text{Bürde}}$	Eingangswiderstand, üblich $250 \Omega \rightarrow 1\text{--}5 \text{ V}$	Ω

Durch 16 teilen, nicht durch 20 — die Spanne ist 16 mA. NAMUR NE 43: $\leq 3,6 \text{ mA}$ und ab 21 mA Ausfallinformation (Drahtbruch bzw. Kurzschluss oder Geberfehler), 3,6–3,8 und 20,5–21 mA Unterscheidungszone. S7: über 27648 Übersteuerung, ab 32512 Überlauf.

Rechner: rechner.alberssystems.de/4-20-ma/

Widerstands-Farbcode

Farbringe ablesen (IEC 60062)

$$R = \text{Ziffern} \cdot \text{Multiplikator} \quad (4 \text{ Ringe: } 2 \text{ Ziffern} \cdot 5/6 \text{ Ringe: } 3 \text{ Ziffern})$$

FARBE	ZIFFER	MULTIPLIKATOR	TOLERANZ	TK ppm/K
schwarz	0	× 1	—	250
braun	1	× 10	±1 %	100
rot	2	× 100	±2 %	50
orange	3	× 1 k	—	15
gelb	4	× 10 k	—	25
grün	5	× 100 k	±0,5 %	20
blau	6	× 1 M	±0,25 %	10
violett	7	× 10 M	±0,1 %	5
grau	8	× 100 M	±0,05 %	1
weiß	9	× 1 G	—	—
gold	—	× 0,1	±5 %	—
silber	—	× 0,01	±10 %	—

Reihenfolge: Ziffern · Multiplikator · Toleranz, beim 6. Ring zusätzlich der Temperaturkoeffizient TK. Gold und Silber stehen nie vorn — steht eine davon außen, liest du verkehrt herum. Beispiel braun-schwarz-orange-gold: $10 \cdot 1.000 \, \Omega = 10 \, \text{k}\Omega \pm 5 \, \%$.

Rechner: erechner.alberssystems.de/farbcode/

Richtwerte, ersetzen keine Planung und Prüfung durch eine Elektrofachkraft. Alle Formeln stammen aus den Rechnern der Elektro-Toolbox — Annahmen und Grenzen stehen dort, die Normausgaben im [Norm- und Quellenregister](#). Kostenlos, werbefrei, frei weiterzugeben — Quelle: erechner.alberssystems.de/formelsammlung/