

## Normwerte bei Widerständen, Kondensatoren und Induktivitäten

Aus Gründen der Standardisierung - und weil in vielen Anwendungen die Bauelementewerte nur näherungsweise stimmen müssen - hat man sich international bei der IEC auf bestimmte Standardwerte für alle Arten von passiven Bauelementen geeinigt.

Ursprünglich dienten diese Reihen dazu, jedes produzierte Bauelement (ohne Ausschuß!) einem Normwert mit entsprechender Toleranz zuordnen zu können. Diese Toleranzen waren (und sind bis heute) ± 20%, ± 10%, ± 5% und ± 1%. (2% wird selten verwendet).

Bei der 20%-Reihe liegt damit der Nennwert 100 zwischen 80 und 120 ( $100 \pm 20$ ), der zweite zwischen 120 und 180 ( $150 \pm 30$ ), der nächste zwischen 180 und 270 ( $225 \pm 45$ ) und so weiter.

Diese 20%-Reihe beginnt also mit den Werten 100, 150, 225, ... und die weiteren Werte ergeben sich aus dem vorhergehenden durch Multiplikation mit  $1,2/0,8=1,5$ . Nimmt man statt 1,5 den etwas kleineren Wert  $10^{(1/6)}=1,4678$  so landet man nach 6 Werten bei 1000, womit die nächste Dekade die gleichen Ziffern bekommt. Diese Reihe heißt E6-Reihe, weil sie aus 6 Normwerten pro Dekade besteht. Um mit jeweils 2 Ziffern auszukommen wird z.B. der Wert 225 auf 220 gerundet.

Die feinere 10%-Abstufung hat jeweils einen Zwischenwert, also 100, 120, 150, 180, 220, 270, etc. und die Stufung erfolgt mit  $10^{(1/12)}$  als E12-Reihe, wieder auf 2 Ziffern gerundet.

Die 5%-Reihe ist demnach die E24-Reihe (ebenfalls auf 2 Ziffern gerundet) und die 1%-Reihe ist die E96-Reihe, die mit jeweils 3 Ziffern gekennzeichnet wird.

E3	10							22							47							100			
E6	10			15				22			33				47				68			100			
E12	10		12	15		18		22		27	33		39		47		56		68		82	100			
E24	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	27	30	33	36	39	42	47	51	56	62	68	75	82	91	100

Für Widerstände wird überwiegend die E12-Reihe (meist sogar mit 5% Toleranz), für Z-Dioden die E24-Reihe, für Elektrolyt-Kondensatoren die E3- oder E6-Reihe und für sonstige Kondensatoren die E6- oder E12-Reihe eingesetzt.

Wegen Platzmangel auf den heutzutage sehr kleinen Bauelementen wurde ein Farbcode eingeführt, mit dem bei Widerständen und Induktivitäten mit axialen Anschlußdrähten farbige Ringe aufgebracht werden. Der letzte Ring wird breiter ausgeführt, damit man weiß, von wo aus abgelesen wird. Die Zuordnung zu den Ziffern orientiert sich am Regenbogen mit schwarz für 0, braun für 1, rot, orange, gelb, grün, blau, violett für 2 bis 7, grau für 8 und weiß für 9:

Ziffer	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Farbe	sw	bn	rt	or	ge	gn	bl	vi	gr	ws

Merkt man sich schwarz und weiß für die kleinste und höchste Ziffer, grau für "nicht ganz weiß" und braun für das "Mittel zwischen schwarz und rot", bleiben für 2 bis 7 die 6 bekannten Regenbogenfarben übrig. Neben den Ziffern muß noch die Anzahl der anzuhängenden Nullen mit einem weiteren Ring angegeben werden, damit die einzelnen Dekaden voneinander zu unterscheiden sind. Ein letzter Ring (der bei 20% fehlt) kennzeichnet die Toleranz. Hier kommen zusätzlich die "Farben" gold (5%) und silber (10% - silber ist nicht so teuer/genau wie gold!) zum Einsatz. Sie dienen auch der Kennzeichnung von Werten unter 10 (gold) bzw. unter 1 (silber).

In Schaltbildern findet man oft eine verkürzte Schreibweise für die Widerstands- und Kondensator-Werte, indem z.B. der "Multiplikator" k (für kilo(ohm)), p für pF und n für nF an die Stelle des Dezimalzeichens (Komma oder Punkt) gesetzt wird. Einige Beispiele:

$1,2k\Omega = 1k2$      $5,6M\Omega = 5M6$      $3,9\Omega = 3r9$      $4,7pF = 4p7$      $120pF = n12$      $0,1\mu F = 100n$

Besonderheiten: Bei Widerstandswerten unter 10 Ohm steht der Buchstabe "r" für das Komma und bei Kondensatoren wird das  $\mu$  gar nicht benutzt, sondern nur das p für pico und n für nano.

Die verkürzte Schreibweise findet sich auch auf kleinen Keramikkondensatoren und auf den Miniatur-Chip-Widerständen der heutigen SMD (Surface Mount Device) oder SMT (Surface Mount Technology) Bauformen.

Die Farbzusammenfassungstabelle im Überblick

Kennfarbe	Ziffer	Multiplikator	Toleranz
- ohne -			20%
silber		$10^{-2}$	0,01
gold		$10^{-1}$	0,1
schwarz	0	$10^0$	1
braun	1	$10^1$	10
rot	2	$10^2$	100
orange	3	$10^3$	1000
gelb	4	$10^4$	10000
grün	5	$10^5$	100000
blau	6	$10^6$	1000000
violett	7	$10^7$	10000000
grau	8	$10^8$	100000000
weiß	9	$10^9$	1000000000

Einige Beispiele sollen die Anwendung der Tabelle erläutern:

Farbringe (der letzte ist breiter als die anderen)	Wert und Toleranz	Kurzform
blau - grau - braun - gold	$680 \Omega \pm 5 \%$	680
grün - blau - rot - gold	$5,6 \text{ k}\Omega \pm 5 \%$	5k6
braun - schwarz - grün - gold	$10 \text{ M}\Omega \pm 5 \%$	10M
orange - orange - silber - gold	$0,33 \Omega \pm 5 \%$	r33
braun - schwarz - gold - silber	$1,0 \Omega \pm 10 \%$	1r0 oder 1
rot - violett - orange - gold	$27 \text{ k}\Omega \pm 5 \%$	27k
orange - weiß - gelb - gold	$390 \text{ k}\Omega \pm 5 \%$	390k oder M39
orange - schwarz - braun - schwarz - braun	$301 \Omega \pm 1 \%$	301
violett - grün - schwarz - gold - braun	$75 \Omega \pm 1 \%$	75
gelb - weiß - weiß - gold - rot	$49,9 \Omega \pm 2 \%$	49r9
braun - schwarz - schwarz - braun - braun	$1 \text{ k}\Omega \pm 1 \%$	1k0
braun - grün - braun - gold		
braun - schwarz - gelb - gold		
orange - orange - orange - gold		
grau - rot - rot - (nil)		
gelb - violett - grün - silber		
rot - rot - braun - braun - braun		
braun - weiß - blau - schwarz - rot		
braun - schwarz - schwarz - rot - grün		

Die verkürzte Schreibweise findet sich auch auf kleinen Keramik Kondensatoren und auf den Miniatur-Chip-Widerständen der heutigen SMD (Surface Mount Device) oder SMT (Surface Mount Technology) Bauformen.

Die Farbzusammenfassungstabelle im Überblick

Kennfarbe	Ziffer	Multiplikator		Toleranz
- ohne -				20%
silber		$10^{-2}$	0,01	10%
gold		$10^{-1}$	0,1	5%
schwarz	0	$10^0$	1	
braun	1	$10^1$	10	1%
rot	2	$10^2$	100	2%
orange	3	$10^3$	1000	
gelb	4	$10^4$	10000	
grün	5	$10^5$	100000	0,5%
blau	6	$10^6$	1000000	0,25%
violett	7	$10^7$	10000000	0,1%
grau	8	$10^8$	100000000	
weiß	9	$10^9$	1000000000	

Einige Beispiele sollen die Anwendung der Tabelle erläutern:

Farbringe (der letzte ist breiter als die anderen)	Wert und Toleranz	Kurzform
blau - grau - braun - gold	$680 \Omega \pm 5 \%$	680
grün - blau - rot - gold	$5,6 \text{ k}\Omega \pm 5 \%$	5k6
braun - schwarz - blau - gold	$10 \text{ M}\Omega \pm 5 \%$	10M
orange - orange - silber - gold	$0,33 \Omega \pm 5 \%$	r33
braun - schwarz - gold - silber	$1,0 \Omega \pm 10 \%$	1r0 oder 1
rot - violett - orange - gold	$27 \text{ k}\Omega \pm 5 \%$	27k
orange - weiß - gelb - gold	$390 \text{ k}\Omega \pm 5 \%$	390k oder M39
orange - schwarz - braun - schwarz - braun	$301 \Omega \pm 1 \%$	301
violett - grün - schwarz - gold - braun	$75 \Omega \pm 1 \%$	75
gelb - weiß - weiß - gold - rot	$49,9 \Omega \pm 2 \%$	49r9
braun - schwarz - schwarz - braun - braun	$1 \text{ k}\Omega \pm 1 \%$	1k0
<b>braun - grün - braun - gold</b>	<b><math>150 \Omega \pm 5 \%</math></b>	<b>150</b>
<b>braun - schwarz - gelb - gold</b>	<b><math>100 \text{ k}\Omega \pm 5 \%</math></b>	<b>100k</b>
<b>orange - orange - orange - gold</b>	<b><math>33 \text{ k}\Omega \pm 5 \%</math></b>	<b>33k</b>
<b>grau - rot - rot - (nil)</b>	<b><math>8,2 \text{ k}\Omega \pm 20 \%</math></b>	<b>8k2</b>
<b>gelb - violett - grün - silber</b>	<b><math>4,7 \text{ M}\Omega \pm 10 \%</math></b>	<b>4M7</b>
<b>rot - rot - braun - braun - braun</b>	<b><math>2,21 \text{ k}\Omega \pm 1 \%</math></b>	<b>2k21</b>
<b>braun - weiß - blau - schwarz - rot</b>	<b><math>196 \Omega \pm 2 \%</math></b>	<b>196</b>
<b>braun - schwarz - schwarz - rot - grün</b>	<b><math>10 \text{ k}\Omega \pm 0,5 \%</math></b>	<b>10k</b>