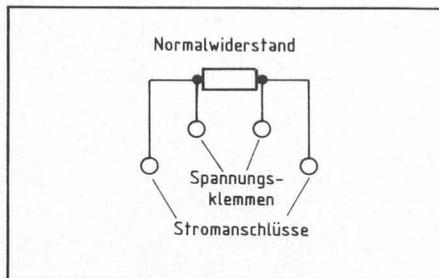


# Grundbauelemente der Elektrotechnik

## Teil 3

### 1.1.7 Normalwiderstände

Als Normalwiderstände bezeichnet man Einzelwiderstände höchster Genauigkeit und Konstanz. Sie haben getrennte Anschlüsse für Strom und Spannung, sogenannte Potentialklemmen, um Fehler durch Übergangswiderstände an den Anschlußklemmen auszuschließen.



Im allgemeinen werden sie in dekadischen Werten von 0,1 mΩ bis zu 100 kΩ hergestellt. Die Belastbarkeit beträgt hierbei in Luft mindestens 1 Watt, bei Ölkühlung 10 Watt. Normalwiderstände mit einem Widerstandswert unter 1 Ω sind höher belastbar, bei entsprechend größerer Bauweise. Bei der Fertigung werden die Normalwiderstände meistens bis auf 0,01 % genau abgeglichen. Selbstverständlich müssen Normalwiderstände sehr sorgfältig gelagert und behandelt werden.

### 1.2 Der Farbcode für die Widerstandsbezeichnung

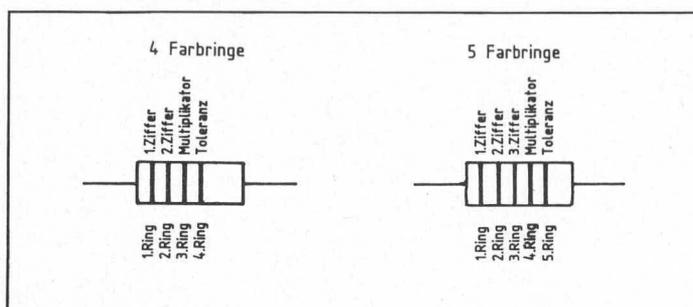
Bei den Widerständen werden Wert- und Toleranzen entweder in Klartext oder wie

meist üblich durch Farbcodierung gekennzeichnet. Festgelegt ist diese Farbcodierung in der DIN 41 429. In den meisten Fällen sind die Angaben mit 4 Farbringen ausreichend gekennzeichnet. Für Sonderfälle ist es jedoch möglich, 5 Ringe aufzubringen.

Ein evtl. vorhandener 6. Farbring, der sich meist in einem etwas größeren Abstand zu den anderen Farbringen befindet, gibt den TK (Temperaturkoeffizienten) an. Dieser wird in ppm, d. h. parts per million angegeben, wobei 1 ppm der 1millionste Teil ( $10^{-6}$ ) ist (jeweils bezogen auf 1°C).

Erster Farbring ist derjenige, der einem Anschlußdraht am nächsten ist. (Ausnahmen sind Widerstände mit zusätzlicher TK Angabe).

4 Farbringe	1. Ring = 1. Wertziffer	2. Ring = 2. Wertziffer		3. Ring = Multiplikator	4. Ring = Toleranz	zusätzlicher, von den anderen Ringen etwas entfernter Punkt bzw. Ring, gibt den TK in ppm an
5 Farbringe	1. Ring = 1. Wertziffer	2. Ring = 2. Wertziffer	3. Ring = 3. Wertziffer	4. Ring = Multiplikator	5. Ring = Toleranz	
farblos	—	—	—	—	± 20 %	
silber	—	—	—	x 0,01	± 10 %	
gold	—	—	—	x 0,1	± 5 %	
schwarz	(0)	0	0	x 1	—	200
braun	1	1	1	x 10	± 1 %	100
rot	2	2	2	x 100	± 2 %	50
orange	3	3	3	x 1000	—	15
gelb	4	4	4	x 10 000	—	25
grün	5	5	5	x 100 000	± 0,5 %	5
blau	6	6	6	x 10 <sup>6</sup>	—	—
violett	7	7	7	x 10 <sup>7</sup>	—	—
grau	8	8	8	x 10 <sup>8</sup>	—	—
weiß	9	9	9	x 10 <sup>9</sup>	—	10



### Beispiele:

rot violett braun gold  
2 7 x 10 ± 5 % = 270 Ω ± 5 %

braun schwarz gelb farblos  
1 0 x 10 k ± 20 % = 100 kΩ ± 20 %

braun rot grün orange braun  
1 2 4 x 1 k ± 1 % = 124 kΩ ± 1 %

### 1.3 Andere Widerstandsbeschriftungen

Häufig sieht man auch aufgedruckte Widerstandswerte wie z. B. 1R0. Auch diese Beschriftungsart soll hier kurz erläutert werden. Bei dem oben genannten Beispiel 1R0 steht der Buchstabe „R“ als Komma und weiterhin als Multiplikator. Es sind drei Buchstaben möglich, die als Komma und als Multiplikator mit folgender Wertigkeit stehen:

$$R \hat{=} x 1; K \hat{=} x 1000; M \hat{=} x 10^6$$

Demnach würden folgende Widerstände untenstehende Aufschriften tragen:

2,7 K $\Omega$  – 2K7; 0,1  $\Omega$  – 0R1; 3,3  $\Omega$  – 3R3;  
27 K $\Omega$  – 27 K0; 3,3 M $\Omega$  – 3M3.

### 1.4 Normreihe für Widerstände

Um einheitliche Widerstandswerte zu bekommen, sind diese in Normreihen eingeteilt. Diese Normreihen sind mit E6, E12, E24 und E96 bezeichnet, wobei E12 wohl die gebräuchlichste ist. Die Zahlen dieser Bezeichnung deuten darauf hin, daß eine Dekade in 6, 12, 24 oder 96 Werte unterteilt ist. Hierbei handelt es sich um eine logarithmische Teilung. Es ist sicher verständlich, daß die E6-Reihe die gröbste und die E96-Reihe die feinste Abstufung hat.

Entsprechend der Stufeneinheit ist den E-Reihen auch die Werttoleranz zugeordnet. Sie beträgt  $\pm 20\%$ ,  $\pm 10\%$ ,  $\pm 5\%$  bzw.  $\pm 1\%$  bei den Reihen E6, E12, E24 bzw. E96.

#### Normreihen für Widerstände:

**Reihe E6 (Toleranz  $\pm 20\%$ ):**

1,0 – 1,5 – 2,2 – 3,3 – 4,7 – 6,8 – 10,0

**Reihe E12 (Toleranz  $\pm 10\%$ ):**

1,0 – 1,2 – 1,5 – 1,8 – 2,2 – 2,7 – 3,3 – 3,9 – 4,7 – 5,6 – 6,8 – 8,2 – 10,0

**Reihe E24 (Toleranz  $\pm 5\%$ ):**

1,0 – 1,1 – 1,2 – 1,3 – 1,5 – 1,6 – 1,8 – 2,0 – 2,2 – 2,4 – 2,7 – 3,0 – 3,3 – 3,6 – 3,9 – 4,3 – 4,7 – 5,1 – 5,6 – 6,2 – 6,8 – 7,5 – 8,2 – 9,1 – 10,0

**Reihe E96 (Toleranz  $\pm 1\%$  bzw.  $\pm 2\%$ ):**

1,00 1,02 1,05 1,07 1,10 1,13 1,15 1,18  
1,21 1,24 1,27 1,30 1,33 1,37 1,40 1,43 1,47  
1,50 1,54 1,58 1,62 1,65 1,69 1,74 1,78  
1,82 1,87 1,91 1,96 2,00 2,05 2,10 2,15  
2,21 2,26 2,32 2,37 2,43 2,49 2,55 2,61 2,67  
2,74 2,80 2,87 2,94 3,01 3,09 3,16 3,24  
3,32 3,40 3,48 3,57 3,65 3,74 3,83  
3,92 4,02 4,12 4,22 4,32 4,42 4,53 4,64  
4,75 4,87 4,99 5,11 5,32 5,36 5,49  
5,62 5,76 5,90 6,04 6,19 6,34 6,49 6,65  
6,81 6,98 7,15 7,32 7,50 7,68 7,87 8,06  
8,25 8,45 8,66 8,87 9,09 9,31 9,53 9,76

Die vorstehenden Tabellenwerte können auch mit 10 oder einem Vielfachen hiervon multipliziert werden.

## 2. Kondensatoren

### 2.1 Festkondensatoren

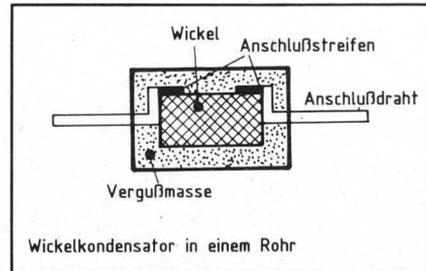
Festkondensatoren sind solche, bei denen der Kapazitätswert nicht verändert werden kann.

Maßgebend bei der Auswahl eines Kondensators sind die Kapazität und deren Toleranz, die Nennspannung und der Nennstrom.

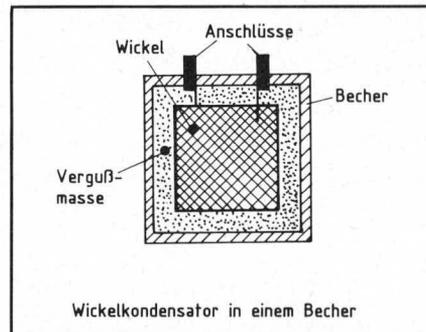
### 2.1.1 Der Papierkondensator

Bei den Papierkondensatoren bestehen die leitenden Flächen, die sogenannten Beläge, aus zwei Metallfolien. Die beiden Metallfolien sind durch ein imprägniertes Papier, dem Dielektrikum, voneinander isoliert. Um eine praktische Bauform zu erreichen, werden diese Streifen zu einem Wickel aufgerollt. Dieser Wickel kann einfach oder bifilar ausgeführt sein. Bifilar deshalb, um die induktive Wirkung des Wickels zu kompensieren.

Damit jedoch beim Wickel kein Kurzschluß entsteht, muß ein zweiter Papierstreifen außen aufgebracht werden. Der fertige Wickel kommt entweder in ein Rohr oder in einen Becher.



Wickelkondensator in einem Rohr



Wickelkondensator in einem Becher

Der Papierkondensator ist mit folgenden Angaben versehen:

Nennkapazität:

z. B. 1  $\mu$

Zulässige Kapazitätstoleranz:

z. B.  $\pm 10\%$ . Ist keine Angabe vorhanden, so gilt der Wert  $\pm 20\%$

Nennspannung:

Nennspannung ist die Spannung, die bei +40°C Umgebungstemperatur dauernd am Kondensator angelegt sein darf.

Der angegebene Wechselspannungswert ist der Effektivwert.

Ausführung:

Hinsichtlich der Verbindung zwischen den Kondensatoranschlüssen und den Kondensatorbelägen.

Hierbei bedeuten:

Kennbuchstabe „K“: Kontaktsichere Ausführung durch Schweißen oder ähnliche Verfahren

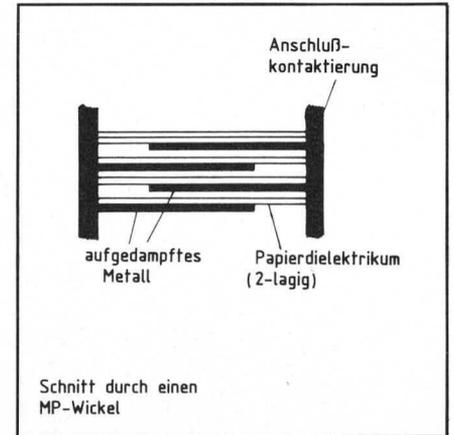
Kennbuchstabe „d“: Dämpfungsarme Ausführung durch Mehrfachkontaktierung

Ist kein Kennbuchstabe aufgedruckt, so handelt es sich um eine Druckkontaktausführung durch eingelegte Anschlußfahnen.

Papierkondensatoren sind preiswert in der Herstellung, jedoch nur bei niedrigen Frequenzen einsetzbar. Bei Spannungsdurchschlag ist der Kondensator zerstört.

### 2.1.2 Der Metallpapierkondensator

Metallpapierkondensatoren (MP-Kondensatoren) bestehen aus einem imprägnierten Papierstreifen, auf dem in Vakuum eine dünne Metallschicht, z. B. Zink, aufgedampft wurde. Ein MP-Wickel besteht aus zwei solchen MP-Bändern. Bei mehrlagigem Aufbau sind isolierende Zwischenlagen zusammen mit den MP-Bändern aufgerollt.

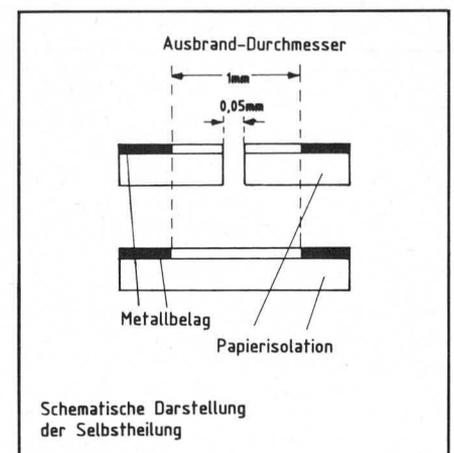


Schnitt durch einen MP-Wickel

Die beiden MP-Bänder sind gegeneinander versetzt. Auf jede Stirnseite des Wickels wird eine Metallschicht aufgespritzt, die die Verbindungspunkte zwischen Belägen und Stromzuführungen darstellen. Weil jede Windung der beiden Beläge durch dieses Verfahren direkt am Anschluß liegt, ist der MP-Kondensator fast induktionsfrei.

Besonders vorteilhaft ist die Selbstheilung der MP-Kondensatoren. Gemeint ist hiermit eine Art Selbstreparatur.

Die Beläge des MP-Wickels sind wesentlich dünner als die übliche Aluminiumfolie der Papierkondensatoren, nämlich etwa 1/100 mm. Erfolgt ein Durchschlag, so wird der dünne Metallbelag in der Umgebung der Fehlerstelle durch den entstehenden Lichtbogen verdampft. Durch das Verdampfen wird die Umgebung der Durchschlagstelle auf beiden Seiten metallfrei, so daß zwischen den Lagen keine leitende Verbindung mehr besteht.



Schematische Darstellung der Selbstheilung

MP-Kondensatoren werden besonders dort eingesetzt, wo große Betriebssicherheit verlangt wird. Bei kleinen Abmessungen können relativ große Kapazitätswerte erreicht werden (bis etwa 50  $\mu$ F).

MP-Wickel weisen gegenüber Papierkondensatoren eine kleinere Baugröße bei gleicher Kapazität auf. wird fortgesetzt