

# Ganzzahlige Spannungsteilerverhältnisse mit Widerständen der E-Reihen

Bei der Dimensionierung eines Spannungsteilers oder eines Verstärkers ist es oft notwendig, mit preiswerten und vor allem verfügbaren Metallschichtwiderständen ein ganzzahliges Verhältnis zu erreichen.

Für eine meßtechnische Anwendung wurde ein Gleichspannungsverstärker benötigt. Dieser sollte eine Verstärkung von exakt  $U_a/U_e = 5$  aufweisen und mit OPVs realisiert werden. Die Verstärkung einer nicht-invertierenden Stufe ist

$$U_a/U_e = 1 + R_2/R_1,$$

und das Verhältnis der benötigten Widerstände ergab sich damit zu  $R_2/R_1 = 4$ .

Die absoluten Werte spielten bei dieser Anwendung eine untergeordnete Rolle. Sucht man die Werte durch Probieren, so sind im ungünstigsten Fall bei der E24-Reihe 24 Berechnungen notwendig. Diese Methode erschien sehr unbefriedigend.

Nun ist die E-Reihe aus einigen einfachen Vorgaben heraus entstanden und mathematisch fundiert, auch wenn die krummen Werte zunächst nicht den Anschein erwecken.

Die Zahl nach dem Kennbuchstaben E gibt zunächst die Anzahl der verfügbaren Widerstände pro Dekade an. Widerstände lassen sich nicht beliebig genau fertigen. Die IEC-Normreihen sind deshalb so aufgebaut, daß mit der zugehörigen Produktionstoleranz jeder E-Reihe der gesamte Widerstandsbereich fast lückenlos abgedeckt wird.

Die E6-Reihe basiert auf einer Toleranz von  $\pm 20\%$ , E12-Reihe auf  $\pm 10\%$  usw. Zum Beispiel hat ein Widerstand von 2,2 k $\Omega$  ma-

ximal  $+10\% = 2420 \Omega$ , der nächste Wert von 2,7 k $\Omega$  minimal  $-10\% = 2430 \Omega$  (die mathematische Beschreibung für diesen Zusammenhang ist eine dezimalgeometrische Folge).

Real sind die Produktionstoleranzen heute meist geringer, häufig nur ein oder zwei Prozent, trotzdem werden nicht alle Zwischenwerte gefertigt. Es sind die Reihen E6, E12 und E24, selten noch die E96-Reihe lieferbar. Der Bedarf an anderen Werten wäre wohl zu gering.

**Mit der Excel-Tabelle findet man schnell die nötigen Widerstandswerte.**

Versucht man, diese Zusammenhänge in einer Formel darzustellen, so ergibt sich das Verhältnis zweier aufeinanderfolgender Widerstandswerte zu

$$R_2/R_1 = n\text{-te Wurzel aus } 10 = 10 \cdot (1/n),$$

mit  $n =$  Nummer der E-Reihe.

Zum Beispiel ergäbe sich aus dieser Formel heraus für die E12-Reihe mit  $n = 12$  für  $R_2/R_1$  der Wert 1,2115. Der  $x$ -te Wert einer Reihe ist dann:

$$R_x/R_1 = 10 \cdot [(x - 1)/n].$$

Da sich daraus recht krumme Werte errechnen, hat man sie bei der Festlegung der E-Reihen etwas gerundet. Versucht man nun, durch Umstellen der Formel zwei Widerstände zu finden, die ein bestimmtes Verhältnis zueinander haben, so ergibt sich folgende Formel:

$$x = 1 + n \cdot \log(R_x/R_1),$$

wobei  $R_1$  theoretisch ein beliebiger Wert der E-Reihe sein darf und  $x$  angibt, der wievielte darauffolgende Wert  $R_x$  ist.

Für das oben genannte Verhältnis von 4 ergibt sich in der E24-Reihe  $x = 15,449$ . Es wird sofort klar, daß diese Rechnung aufgrund der Rundung nicht zum Ziel führt. Der 15. oder 16. Wert, der in dieser Reihe auf  $R_1$  folgt, sollte die Bedingung erfüllen. Das stimmt aber nur für  $R_1 = 3$  oder  $7,5$  (z.B. k $\Omega$ ). Dieser Weg war also eine Sackgasse.

Eine Lösung ergibt sich, wenn man ein Tabellenkalkulations-Programm heranzieht. In der nebenstehend abgebildeten Excel-Tabelle erscheinen nur die Werte, die ein ganzzahliges Verhältnis von Zeile zu Spalte ergeben.

Ändert man im Kopf der Tabelle die Zahl der anzugebenden Nachkommastellen z.B. auf 1, so erscheinen auf dem Blatt auch die Widerstandsverhältnisse 1,1; 1,2 usw. Die Lösung für das gewünschte Verhältnis ist sofort abzulesen, und das Raten, Schätzen und Rechnen hat ein Ende (Download aus der FA-Mailbox).

Das gleiche gilt natürlich ebenso für das Verhältnis von Kapazitäten und Induktivitäten, wobei diese meist nur in den Größen der E6-Reihen lieferbar sind.

Die jeweils aktuellste Tabelle gibt's beim Autor unter [www.elektrik-trick.de/files/e-reihe.xls](http://www.elektrik-trick.de/files/e-reihe.xls).

**Michael Schmidt**

# Elektrik-Trick: ein Nachtrag...

Sucht man für verschiedene Elektronikprojekte nach der mathematischen Parameterberechnung nun nach praktisch einsetzbaren Bauelementen gemäß der E-Reihen-Norm, so hilft nur das Blättern in einschlägigen Tabellen - oder die Verwendung programmtechnischer Hilfsmittel, wie z.B. vorgefertigter Excel-Tabellen.

Wir berichteten bereits über eine solche Lösung in der Märzausgabe des FUNK-AMATEUR. Auf der Internet-Homepage

<http://www.elektrik-trick.de> bietet der Autor, Michael Schmidt, eine solche fertige Tabelle zum Download an.

Es soll nochmals erwähnt werden, daß man das Verhältnis aufeinanderfolgender E-Reihen-Widerstände in den E-Reihen formelmäßig durch den (im besagten Beitrag nicht ganz korrekt angegebenen) Ausdruck

$$R2/R1 = 10^{1/n} ; n = \text{E-Reihen-Nummer}$$

bzw. bezüglich des x-ten Wertes der E-Reihe n über

$$R_x/R_1 = 10^{(x-1)/n}$$

ermittelt, wobei die teilweise „krummen“ Ergebniswerte in diesen Reihen ein wenig gerundet wurden. Doch mit der zur Verfügung stehenden Datentabelle braucht man sich darum schließlich nicht zu kümmern.

## ■ Kein Excel-Download?

Viele Interessenten versuchten aber offenbar vergeblich, diese im Excel-Format auf dem Webserver vorliegende Datei herunterzuladen. Das Problem: Die verschiedenen Browser vollführen wahrscheinlich ab und an ihr ganz eigenes File-Handling, wenn es um für sie „untypische“ Dateierweiterungen geht ...

## ■ Frisch „gezippt“ geht alles besser

Keine Probleme beim Download von Dateien bereiten jedoch mit „WinZip“ gepackte Dateien. Deshalb gibt's ab sofort das besagte File nun in diesem Format auf der Webseite. Und ein paar interessante Links (zu Tesla-Trafos, TCP/IP, GSM, Metalldetektoren usw.) finden sich dort ebenfalls.

**Dr.-Ing. Reinhard Hennig**

www.elektrik-trick.de: Gadgets - Microsoft Internet Explorer von CHIP

Dipl.-Ing.  
**Michael Schmidt**  
analoge und digitale Elektronik

Home  
Gadgets

Die Tücken der E-Reihen  
Flieckermaus-detektor  
Akkuladetimer

**Gadgets**

Schaltungen, Tips und Ideen die Sie bei uns nicht kaufen können:

**Die Tücken der E-Reihen**

Widerstände mit ganzzahligem Verhältnis in den Normreihen

Für alle Elektronik-Freaks gibt's ab sofort das besagte File nun in diesem Format auf der Webseite. Und ein paar interessante Links (zu Tesla-Trafos, TCP/IP, GSM, Metalldetektoren usw.) finden sich dort ebenfalls.

**Für alle Elektronik-Freaks gibt's ab sofort das besagte File nun in diesem Format auf der Webseite. Und ein paar interessante Links (zu Tesla-Trafos, TCP/IP, GSM, Metalldetektoren usw.) finden sich dort ebenfalls.**