

$$P = U \cdot I$$

$\Downarrow$

$$P = R \cdot I \cdot I = P = R \cdot I^2$$

$\Downarrow$

$$P = U \cdot \frac{U}{R} = P = \frac{U^2}{R}$$



Die elektrische Leistung, die vom Stromkreis abgegeben wird, z.B. als Wärme, nennt man Wirkleistung. Nur im Wechselstromkreis muss man die elektrische Leistung  $P$  „Wirkleistung“ nennen.

1. Was versteht man allgemein unter Leistung?

Leistung ist die Arbeit die in einer bestimmten Zeit verrichtet wird

2. Ergänzen Sie die **Tabelle 1**.

Tabelle 1: Elektrische Leistung	
Formelzeichen	$P$
Einheitenname	Watt
Einheitenzeichen	W

3. Nennen Sie vier Formeln zur Berechnung der elektrischen Leistung bei Gleichstrom.

$$P = \frac{W}{t} \quad P = U \cdot I \quad P = R \cdot I^2 \quad P = \frac{U^2}{R}$$

5. Wie ändert sich die Leistung an einem Bauelement mit konstantem Widerstand, wenn man die Spannung am Bauelement a) verdoppelt und b) um 10% verringert?

a) Leistung steigt um das Vierfache  
b) verringert sich auf 81 %

4. Geben Sie in **Tabelle 2** Beispielwerte von Leistungen folgender Verbraucher an.

Tabelle 2: Verbraucherleistungen (Beispiele)	
Leuchtmittel	10 W - 2000 W
Quarz-Uhrwerk	100 $\mu$ W
Warmwasserbereiter	2 kW - 33 kW
ICE-Antrieb	10 000 kW
Kühlschrank	100 - 200 W

$P = U \cdot I$



Ohmsche Widerstände  $R$  werden wegen der Wärmeabgabe im Betrieb auch **Wirkwiderstände**  $R$  genannt. Jeder Widerstand als Bauelement hat eine **Bemessungsleistung**  $P_N$ , die nicht überschritten werden darf, damit der Widerstand nicht durchbrennt. Die Bemessungsleistung  $P_N$  legt den im Dauerbetrieb maximal zulässigen Strom fest.

6. Für verschiedene Widerstände mit einer Bemessungsleistung  $P_N = P_{\max} = 1$  W, soll im **Bild** die Leistungskurve eingetragen werden.

- a) Ergänzen Sie in **Tabelle 2** die Stromwerte für eine Belastung von 1 W.

Tabelle 2: U-I-Wertepaare für 1 W					
U in V	10	20	30	40	50
I in mA	100	50	33	25	20
U in V	60	70	80	90	100
I in mA	16,67	14,3	12,5	11,1	10

- b) Tragen Sie diese U-I-Wertepaare in das **Bild** ein und verbinden Sie die Punkte zu einer 1-W-Leistungskurve.

- c) Schraffieren Sie im **Bild** den Bereich größer 1 W rot.

- d) Wie nennt man im **Bild** den Verlauf der Leistungskurve?

Leistungshyperbel

- e) Welche praktische Bedeutung hat der schraffierte Bereich im **Bild**?

die Widerstände dürfen nicht mit Werten betrieben werden die im schraffierten Bereich liegen

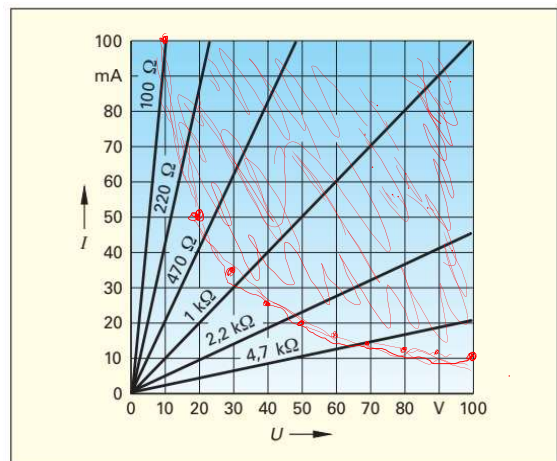
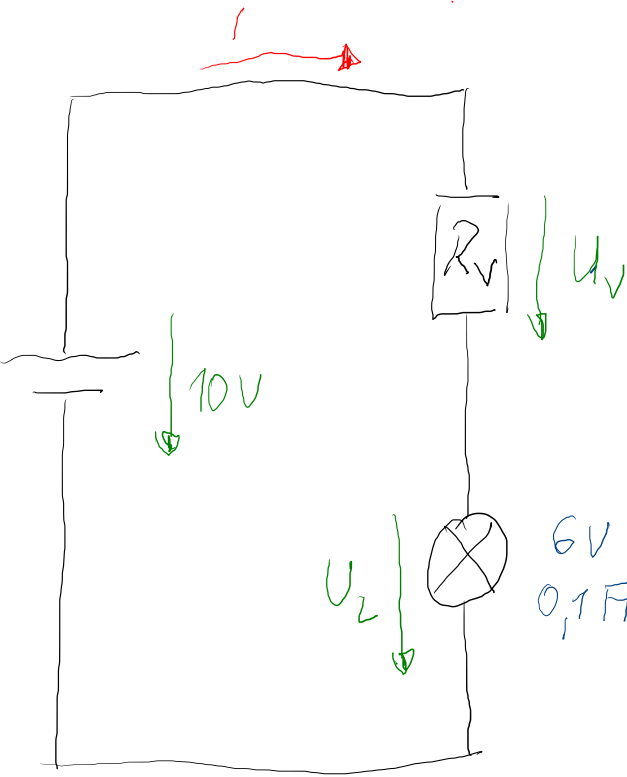


Bild: Leistungskurve für 1-W-Widerstände



$$R_V = \frac{U_V}{I} = \frac{U - U_2}{I} = \frac{10V - 6V}{0,1A}$$

$$R_V = \underline{40 \Omega}$$

$$P_V = U_V \cdot I = 4V \cdot 0,1A = \underline{0,4W}$$

$$R_L = \frac{U_L}{I} = \frac{6V}{0,1A} = 60 \Omega$$

$$P_L = U_L \cdot I = 6V \cdot 0,1A = \underline{0,6W}$$



Ein Vorwiderstand hat die Aufgabe den Bemessungsstrom von Verbrauchern zu begrenzen. Wird der Bemessungsstrom eines Verbrauchers überschritten, so kann er zerstört werden. Vorwiderstände werden grundsätzlich so berechnet, dass an ihnen die Spannungsdifferenz zwischen Betriebsspannung und Verbraucher-spannung vorhanden sein muss.

In allen Schaltungen (**Bilder 1–5**) ist der Vorwiderstand  $R_1$  zu berechnen und nach der Normreihe E12 auszuwählen.

**Normreihe E12:** 1,0 1,2 1,5 1,8 2,2 2,7 3,3 3,9 4,7 5,6 6,8 8,2

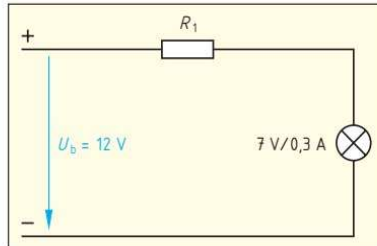


Bild 1: Leuchte mit Vorwiderstand

Hinweis:  $U_b$  = Betriebsspannung,  $U_L$  = Lampenspannung

$$R_1 = \frac{U_b - U_L}{I} = \frac{12V - 7V}{0,3A} = 16,7\Omega$$

$$P_1 = 5V \cdot 0,3A = 1,5W$$

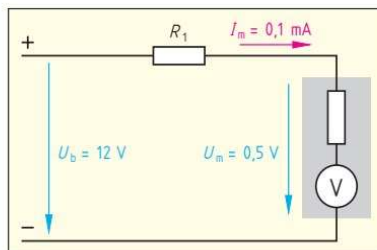


Bild 2: Spannungsmesser mit Vorwiderstand

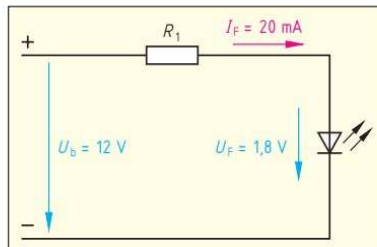
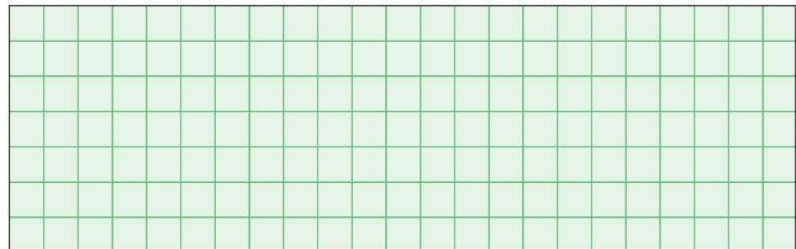


Bild 3: LED mit Vorwiderstand

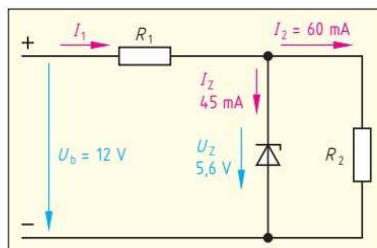
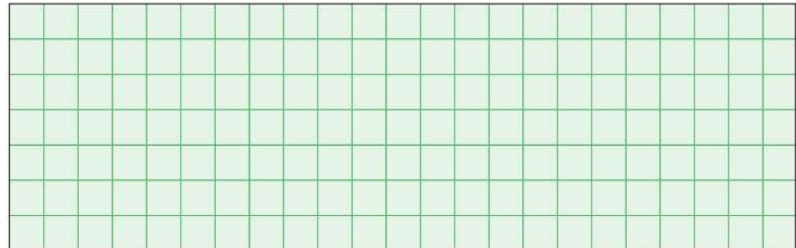


Bild 4: Z-Diode mit Vorwiderstand

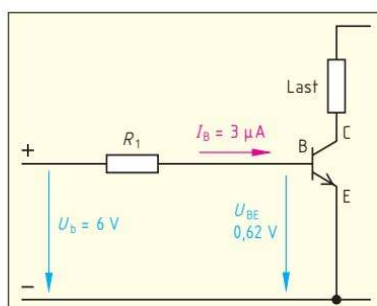
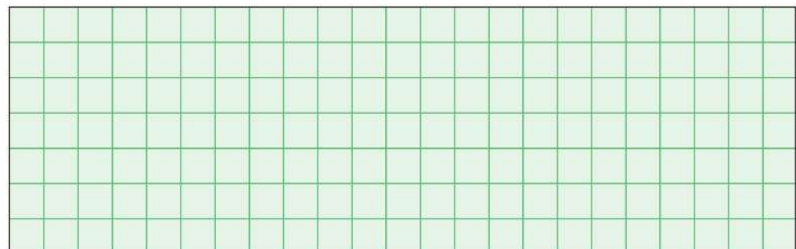
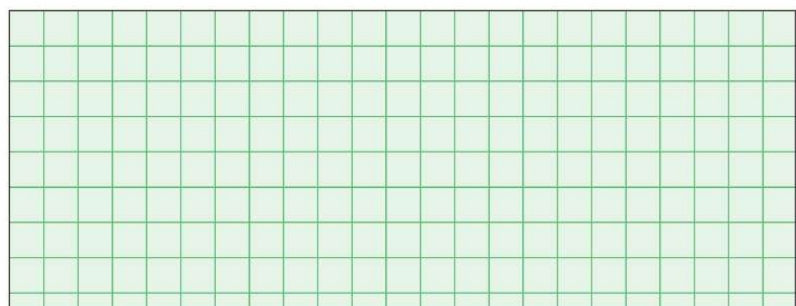
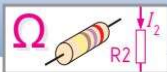


Bild 5: Transistor mit Vorwiderstand





### 4.3 Das Ohm'sche Gesetz

Das Ohm'sche Gesetz gibt den Zusammenhang zwischen Stromstärke, Spannung und Widerstand an.

Beim Rechnen mit dem Ohm'schen Gesetz ist zu beachten, dass die zusammengehörigen Größen verwendet werden müssen, z.B. die Stromstärke im Widerstand und die Spannung am selben Widerstand.

#### Beispiel 1: Stromstärke berechnen

In der Schaltung **Bild 1** treten verschiedene Spannungen auf. Wie groß ist die Stromstärke im Widerstand  $R_2$ ?

Lösung:

Zum Widerstand  $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$  gehört die Spannung  $U_2 = 20 \text{ V}$ .

$$I = \frac{U_2}{R_2} = \frac{20 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} = 20 \text{ mA}$$

$$[I] = \frac{[U]}{[R]} = \frac{\text{V}}{\Omega} = \text{A}$$

$$I = \frac{U}{R}$$

$I$  Stromstärke

$R$  Widerstand

$U$  Spannung

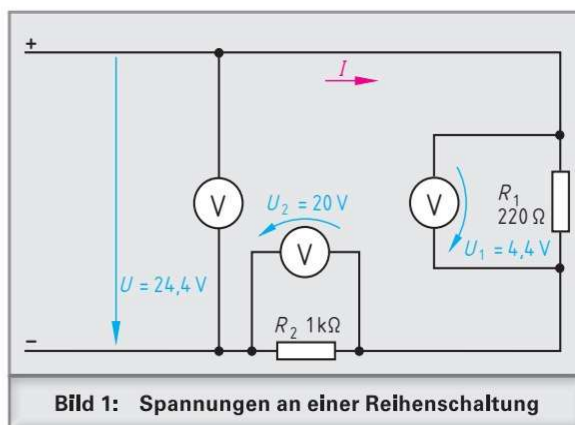


Bild 1: Spannungen an einer Reihenschaltung

#### Aufgaben zu 4.3

1. Die Stromstärke in  $R_1$  von **Bild 1** soll in A berechnet werden.
2. Der Widerstand von  $R_2$  von **Bild 2** soll in  $\Omega$  berechnet werden. Welchen Wert hat er?
3. Von Schaltung **Bild 2** soll der Widerstand zwischen den Anschlussklemmen berechnet werden.
4. Die Spannung an  $R_2$  von **Bild 3** soll in V berechnet werden.
5. Vier Widerstände sind nach **Bild 3** geschaltet. Berechnen Sie den Widerstand  $R_3$ .
6. Berechnen Sie von der Schaltung **Bild 3** a) den Widerstand  $R_1$ , b) die Spannung am Widerstand  $R_4$ .
7. Von der Schaltung **Bild 2** ist der gesamte Widerstand zwischen den Anschlussklemmen für  $U = 110 \text{ V}$  und  $I = 2 \text{ A}$  zu berechnen.
8. Berechnen Sie von der Schaltung **Bild 3** den gesamten Widerstand zwischen den Anschlussklemmen.

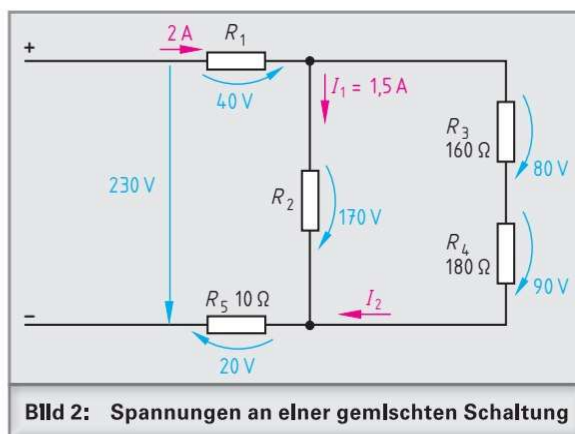


Bild 2: Spannungen an einer gemischten Schaltung

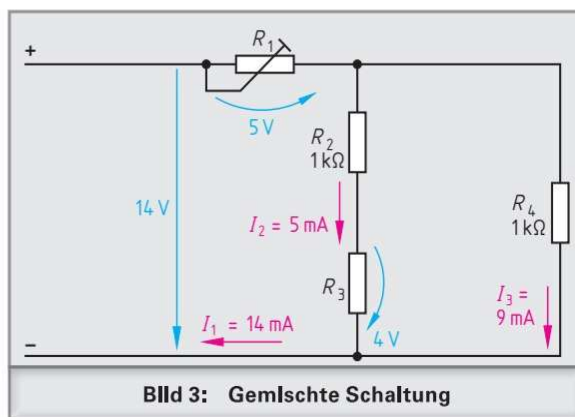
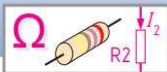


Bild 3: Gemischte Schaltung





## 4.8 Grundsaltungen

### 4.8.1 Reihenschaltung

In der Reihenschaltung (**Bild 1**) fließt überall derselbe Strom. Die Gesamtspannung ist gleich der Summe der Teilspannungen.

#### Beispiel 1: Widerstandsberechnung

Die Reihenschaltung von  $R_1$  und  $R_2$  hat einen Ersatzwiderstand von  $1\text{ k}\Omega$ . Die Gesamtspannung beträgt  $12\text{ V}$ . An  $R_2$  liegen  $5\text{ V}$ . Wie groß ist der Widerstand von  $R_2$ ?

Lösung:

$$\frac{R_2}{R} = \frac{U_2}{U}$$

$$\Rightarrow R_2 = \left( \frac{U_2}{U} \right) \cdot R = \left( \frac{5\text{ V}}{12\text{ V}} \right) \cdot 1\text{ k}\Omega = 417\Omega$$

Reihenschaltungen }  $\Rightarrow$  Gemischte Schaltungen, z. B. belasteter Spannungsteiler, Brückenschaltung  
Parallelschaltungen }

$$U = U_1 + U_2 + \dots$$

$$R = R_1 + R_2 + \dots$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$\frac{U_1}{U} = \frac{R_1}{R}$$

$U$  Gesamtspannung  
 $U_1, U_2, \dots$  Teilspannungen  
 $R$  Ersatzwiderstand  
 $R_1, R_2, \dots$  Einzelwiderstände

#### Aufgaben zu 4.8.1

- Es wird ein Widerstand von  $1340\Omega$  benötigt. Zur Verfügung stehen die festen Widerstände  $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 250\Omega$  und ein von  $0\Omega$  bis auf  $250\Omega$  veränderbarer Widerstand  $R_3$ . Auf welchen Widerstand ist  $R_3$  einzustellen?
- Mit welchen drei Widerständen aus dem Sortiment  $100\Omega$ ,  $150\Omega$ ,  $220\Omega$ ,  $330\Omega$ ,  $470\Omega$  und  $680\Omega$  (Reihe E6) lässt sich der Ersatzwiderstand von  $1\text{ k}\Omega$  verwirklichen?
- Die Widerstände  $R_1 = 100\Omega$ ,  $R_2 = 150\Omega$  und  $R_3 = 680\Omega$  liegen in Reihe an  $230\text{ V}$ . Berechnen Sie a) Ersatzwiderstand  $R$ , b) Teilspannung am Widerstand  $R_1$ .
- Die Reihenschaltung  $R_1 = 150\Omega$ ,  $R_2 = 125\Omega$  und  $R_3 = 400\Omega$  liegt an  $150\text{ V}$ . Berechnen Sie a) Ersatzwiderstand  $R$ , b) größte Teilspannung.
- Berechnen Sie von Schaltung **Bild 1** a) Stromstärke, b) Teilspannungen.
- Wie hoch sind die sechs verschiedenen Spannungen, die in der Schaltung **Bild 2** gemessen werden können?
- Eine Relaispule  $600\Omega$   $48\text{ V}$  soll von einem Gleichrichter mit  $100\text{ V}$  Ausgangsspannung gespeist werden. Berechnen Sie a) Widerstand  $R_v$ , b) Leistung  $P_v$  des Vorwiderstandes.
- Eine Glühlampe  $12\text{ V}$   $0,5\text{ A}$  soll über einen Vorwiderstand an  $48\text{ V}$  angeschlossen werden. Berechnen Sie den Vorwiderstand und seine Nennleistung.

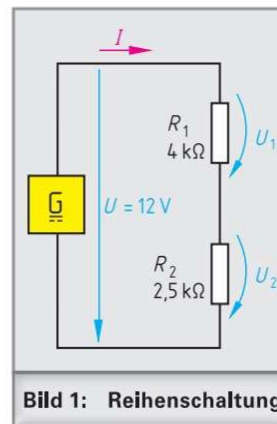


Bild 1: Reihenschaltung

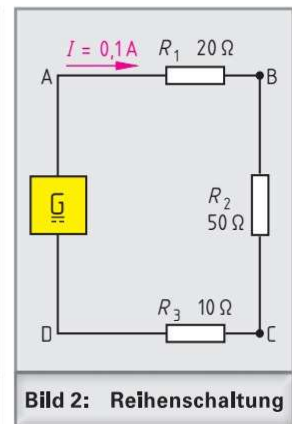


Bild 2: Reihenschaltung

- Die Reihenschaltung  $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 1,6\text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 10\text{ k}\Omega$  und  $R_4 = 4\text{ k}\Omega$  besteht aus  $0,25\text{ W}$ -Widerständen. Welche Stromstärke  $I$  ist höchstens zulässig?
- Eine Magnetspule hat einen Widerstand von  $120\text{ m}\Omega$  und soll während  $10\text{ s}$  einen Strom von  $80\text{ A}$  führen. Der Anschluss erfolgt über zwei  $12\text{ m}$  lange Kupferleiter von  $4\text{ mm}^2$  Querschnitt. Welche Spannung muss der Spannungserzeuger haben?
- Ein Heizelement  $230\text{ V}$   $50\text{ W}$  soll vorübergehend nur  $35\text{ W}$  leisten. Berechnen Sie den Vorwiderstand zum Anschluss an  $230\text{ V}$ .
- Ein Widerstand  $R_1$  mit dem Temperaturkoeffizienten  $\alpha_1 = 0,0044\frac{1}{\text{K}}$  und ein Widerstand  $R_2$  mit einem Temperaturkoeffizienten  $\alpha_2 = -0,0025\frac{1}{\text{K}}$  sollen in Reihenschaltung einen temperaturunabhängigen Widerstand  $R$  von  $16\text{ k}\Omega$  ergeben. Berechnen Sie die Widerstände von  $R_1$  und  $R_2$ .



### 4.8.2 Parallelschaltung

Bei der Parallelschaltung **Bild 1** liegt an allen Widerständen dieselbe Spannung. Der Ersatzleitwert ist gleich der Summe der Teilleitwerte. Weil  $R$  der Ersatzwiderstand für die Parallelschaltung von  $R_1$ ,  $R_2$  und  $R_3$  ist, schreibt man auch  $R = R_1 \parallel R_2 \parallel R_3$ .

#### Beispiel 1: Gesamtwiderstand berechnen

Die Widerstände  $R_1 = 2,5\text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 4\text{ k}\Omega$  und  $R_3 = 5\text{ k}\Omega$  sind parallel geschaltet. Berechnen Sie den Ersatzwiderstand der Schaltung.

Lösung:

$$G_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{2,5\text{ k}\Omega} = 0,4\text{ mS}$$

$$G_2 = \frac{1}{R_2} = \frac{1}{4\text{ k}\Omega} = 0,25\text{ mS}$$

$$G_3 = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{5\text{ k}\Omega} = 0,2\text{ mS}$$

$$G = G_1 + G_2 + G_3 = 0,4\text{ mS} + 0,25\text{ mS} + 0,2\text{ mS} = 0,85\text{ mS}$$

$$R = \frac{1}{G} = \frac{1}{0,85\text{ mS}} = 1,18\text{ k}\Omega$$

#### Beispiel 2: Teilwiderstand berechnen

Einem Widerstand  $R_1 = 100\Omega$  soll ein zu berechnender Widerstand  $R_2$  parallel geschaltet werden, damit sich ein Ersatzwiderstand von  $R = 80\Omega$  ergibt.

Lösung:

$$G_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{100\Omega} = 10\text{ mS}$$

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{80\Omega} = 12,5\text{ mS}$$

$$G = G_1 + G_2$$

$$\Rightarrow G_2 = G - G_1 = 12,5\text{ mS} - 10\text{ mS} = 2,5\text{ mS}$$

$$R_2 = \frac{1}{G_2} = \frac{1}{2,5\text{ mS}} = 400\Omega$$

#### Aufgaben zu 4.8.2

1. Eine Parallelschaltung enthält die Leitwerte mit  $G_1 = 2\text{ S}$ ,  $G_2 = 5\text{ S}$  und  $G_3 = 8\text{ S}$ . Berechnen Sie den Widerstand  $R$  der Schaltung.
2. Sechs gleiche Widerstände mit je  $30\Omega$  sind parallel geschaltet. Berechnen Sie a) Ersatzwiderstand, b) Ersatzleitwert.
3. Der Leitwert einer Schaltung soll von  $20\text{ S}$  auf  $25\text{ S}$  erhöht werden. Welcher Widerstand  $R_2$  muss parallel geschaltet werden?
4. Vier gleiche Widerstände  $R_1$  sind parallel an die Spannung  $U = 25\text{ V}$  angeschlossen. Das Abtrennen eines Widerstandes verringert den Gesamtstrom um  $40\text{ mA}$ . Berechnen Sie a) Leitwert  $G_1$  eines Einzelwiderstandes, b) Ersatzwiderstand  $R$  der ursprünglichen Schaltung.
5. Berechnen Sie in Schaltung **Bild 1** für  $U = 50\text{ V}$  a) kleinsten Teilstrom, b) Ersatzwiderstand der Schaltung.
6. Die Widerstände  $R_1 = 800\Omega$ ,  $R_2 = 1\text{ k}\Omega$  und  $R_3 = 250\Omega$  sind parallel geschaltet und führen einen Gesamtstrom von  $13,5\text{ mA}$ . An welcher Spannung liegt die Schaltung?
7. Die Widerstände  $R_1 = 16\Omega$  und  $R_2 = 60\Omega$  haben je  $1\text{ W}$  Bemessungsleistung. Zu berechnen sind a) Widerstand der Parallelschaltung, b) höchstzulässige Spannung  $U$ .
8. Die Parallelschaltung  $R_1 = 10\text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 16\text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 25\text{ k}\Omega$  und  $R_4 = 40\text{ k}\Omega$  besteht aus Widerständen von  $0,25\text{ W}$  Bemessungsleistung. Welche Spannung darf höchstens angelegt werden?

$I = I_1 + I_2 + \dots$	$G = G_1 + G_2 + \dots$
$\frac{I_1}{I_2} = \frac{G_1}{G_2}$	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$
Bei 2 Widerständen: $R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$	Bei $n$ gleichen Widerständen: $R = \frac{R_1}{n}$
$U = I \cdot R = I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2 = \dots$	

$I$	Gesamtstromstärke	$I_1, I_2, \dots$	Teilstromstärken
$G$	Ersatzleitwert	$G_1, G_2, \dots$	Teilleitwerte
$R$	Ersatzwiderstand	$R_1, R_2, \dots$	Teilwiderstände
$U$	Spannung		
$n$	Anzahl der gleichen Widerstände		
$\parallel$	Zeichen für parallel		

