



Alle elektrischen Bauelemente, z. B. Motoren, Heizungen oder Leitungen, besitzen einen Widerstand, durch den der Strom beeinflusst wird. Bei Stromfluss durch einen Widerstand entsteht Nutzwärme oder Verlustwärme.

1. Was versteht man unter elektrischem Widerstand? Geben Sie dazu zwei Erklärungen.

• elektrisches Bauelement das den Strom vermindert

•

2. Durch das Widerstandsverhalten der Leiter und Bauelemente verlieren die strömenden Ladungsträger Energie.

a) In welche Energieform wird die Bewegungsenergie der Ladungsträger umgewandelt?

b) Was geschieht mit dieser Energie?

a) die Bewegungsenergie der Elektronen wird in Wärme umgewandelt

b) Wird an Umgebung abgegeben

3. Ergänzen Sie die **Tabelle 1**.

Tabelle 1: Elektrischer Widerstand	
Formelzeichen	R
Einheitenname	Ohm
Einheitenzeichen	Ω

4. Was gibt a) der spezifische Widerstand ρ und b) die elektrische Leitfähigkeit γ eines Leiters an?

a) ist der Widerstand eines Stoffes mit einem Querschnitt von 1 mm^2 je Meter Länge

b) ist Kehrwert des spezifischen Widerstand

5. Der elektrische Widerstand ist von den Materialgrößen des Leiters abhängig. Ergänzen Sie die **Tabelle 2**.

Tabelle 2: Materialabhängigkeit des elektrischen Widerstandes			
Materialgrößen des Leiters	Beispiele		Elektrischer Widerstand
Leiterlänge l	z. B. 30 m	groß	groß
	z. B. 10 m	klein	klein
Leiterquerschnitt A	z. B. 25 mm^2	groß	klein
	z. B. 1,5 mm^2	klein	groß
spezifischer Widerstand ρ	z. B. Wolfram	groß	groß
	z. B. Kupfer	klein	klein

6. Geben Sie zwei Formeln zur Berechnung des Leiter-Widerstandswertes mithilfe der Materialgrößen ρ und γ an.

Leiterwiderstand $R = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{l}{\gamma \cdot A}$

7. Berechnen Sie den Widerstand in $\text{m}\Omega$ einer 10 m langen Kupfer-Leitung NYM-J 3 x 1,5 mm^2 . Beachten Sie, dass im Betrieb der Leitung zwei Adern stromführend sind.

Geg.: $l = 10\text{ m}$ $\gamma_{\text{Cu}} = 56$ $A = 1,5\text{ mm}^2$ Ges.: R_{Leitung}

Lösung: $R = \frac{l}{\gamma \cdot A} = \frac{10\text{ m}}{56 \cdot 1,5\text{ mm}^2}$



Eine Reihenschaltung von mehreren elektrischen Bauelementen (**Bild 1**) liegt vor, wenn der Anschluss eines Bauelementes nur mit einem Anschluss des nächstfolgenden Bauelementes verbunden wird.

1. Nennen Sie zwei Beispiele für die technische Anwendung von Reihenschaltungen.

- Lichterketten, Weihnachtsbeleuchtung
- Vorwiderstand für LED



Bild 1: Lichterkette

2. Tragen Sie in die Reihenschaltung (**Bild 2**) die Gesamtspannung U , den Strom I und die Teilspannungen U_1 an R_1 , U_2 an R_2 und U_3 an R_3 mit den dazugehörigen Bezugspfeilen ein.

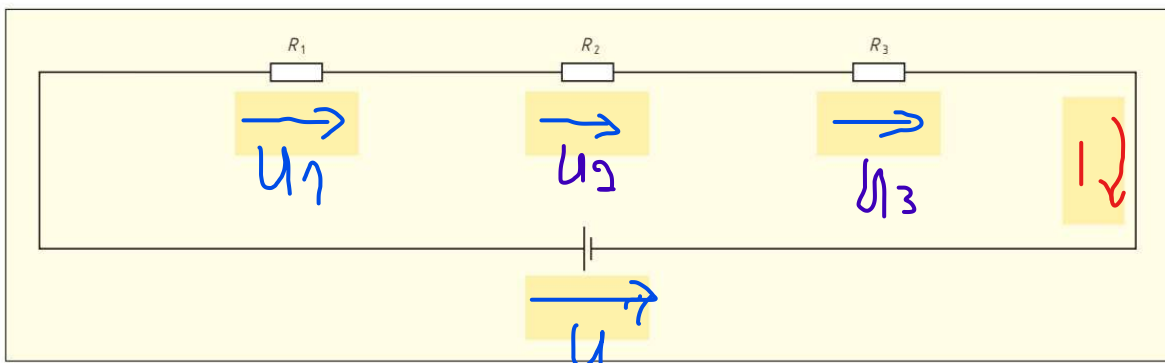


Bild 2: Reihenschaltung von Widerständen

3. Ergänzen Sie die Gesetzmäßigkeiten der Reihenschaltung **Bild 2 a)** als Formel und **b)** mit Worten.

a)	Stromstärke	Gesamtspannung	Gesamtwiderstand	Spannungsteiler für U_1, U_2
	$I = \text{konstant}$	$U = U_1 + U_2 + U_3$	$R = R_1 + R_2 + R_3$	$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$

- b) Der Strom ist an allen Stellen der Reihenschaltung gleich groß.

Die Gesamtspannung ist gleich der Summe aller Teilspannungen

Der Gesamtwiderstand ist gleich der Summe aller Teilwiderstände

Die Spannungen verhalten sich proportional zu den dazugehörigen Widerständen

4. Ziehen Sie Schlussfolgerungen aus den Gesetzmäßigkeiten der Reihenschaltung, indem Sie folgende Aussagen mit „größten/größte“ oder „kleinsten/kleinste“ ergänzen.

Die größte Teilspannung tritt am größten Teilwiderstand auf.

Am kleinsten Teilwiderstand tritt die kleinste Teilspannung auf.

5. Nennen Sie zwei Nachteile der Reihenschaltung.

- bei Ausfall eines Widerstandes ist der gesamte Stromkreis unterbrochen
- bei Änderung eines Widerstandes ändern sich auch alle Teilspannungen der anderen Widerstände



6. Nennen Sie die Maschenregel (2. Kirchhoffsche Regel).

In einer Masche ist die Summe aller Energiespannungen und aller Teilspannungen in einer festgelegten Zählrichtung gleich null



Die Zählrichtung innerhalb einer Masche kann frei gewählt werden, entweder im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn. Beachten Sie, dass alle Spannungen in der Zählrichtung ein positives Vorzeichen, alle Spannungen gegen die Zählrichtung ein negatives Vorzeichen erhalten.

7. a) Stellen Sie die Maschenregel für die Reihenschaltung nach **Bild 1** auf und berechnen Sie daraus die Spannung U_2 für die Zählrichtung im Uhrzeigersinn und
b) für die Zählrichtung gegen den Uhrzeigersinn.
c) Welche Schlussfolgerung ziehen Sie aus dem Vergleich beider Ergebnisse?

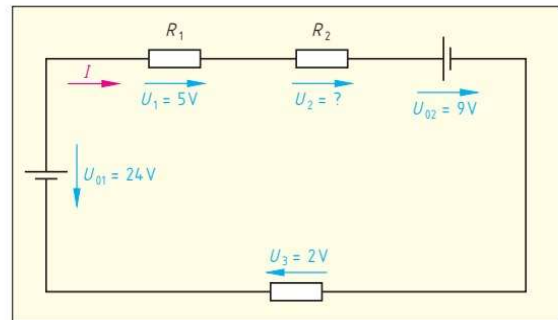


Bild 1: Reihenschaltung von drei Widerständen

Geg.:	$U_1 = 5V, U_3 = 2V, U_{01} = 24V, U_{02} = 9V$
Ges.:	U_2
Lösung:	
a)	$U_1 + U_2 + U_{02} + U_3 = U_{01} = 0$
	$U_2 = U_{01} - U_1 - U_3 = 8V \quad (24 - 5 - 9 - 2 = 8V)$
b)	$-U_1 - U_2 - U_{02} - U_3 + U_{01} = 0$
	$U_2 = U_{01} - U_1 - U_{02} - U_3$
c)	

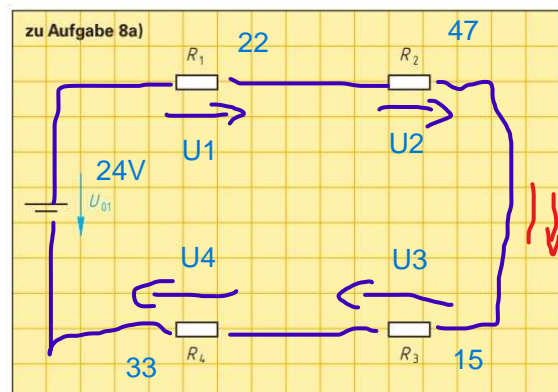


Bild 2: Reihenschaltung von vier Widerständen

8. Vier Teilwiderstände $R_1 = 22 \Omega$, $R_2 = 47 \Omega$, $R_3 = 15 \Omega$ und $R_4 = 33 \Omega$ sind in Reihe an eine Spannungsquelle mit $U_0 = 24 V$ geschaltet.
- a) Verbinden Sie die Bauelemente im **Bild 2** und tragen Sie für den Strom I und alle Teilspannungen U_1 bis U_4 die Bezugspfeile ein.
- b) Berechnen Sie den Ersatzwiderstand R .
- c) Berechnen Sie die Stromstärke I .
- d) Berechnen Sie die Teilspannungen U_1 bis U_4 .
- e) Berechnen Sie die Summe U_1 bis U_4 .

Geg.:	
Ges.:	
Lösung:	$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 22 + 47 + 15 + 33 = 117 \text{ OHM}$
b)	
c)	$I = U/R = 24 \text{ V} / 117 \text{ Ohm} = 0,21 \text{ Amper}$
d)	$U_1 = R_1 \cdot I = 22 \cdot 0,21 = 4,62 \text{ V}$ $U_2 = R_2 \cdot I = 47 \cdot 0,21 = 9,87 \text{ V}$ $U_3 = R_3 \cdot I = 15 \cdot 0,21 = 3,15 \text{ V}$ $U_4 = R_4 \cdot I = 33 \cdot 0,21 = 6,93 \text{ V}$
e)	



Eine Parallelschaltung von mehreren elektrischen Bauelementen liegt vor, wenn alle Eingänge bzw. alle Ausgänge der Bauelemente jeweils in einem Knotenpunkt verbunden sind, z. B. Steckdosenleiste (**Bild 1**).

1. Nennen Sie zwei Beispiele für die technische Anwendung von Parallelschaltungen.

- Steckdosen im Haushalt
- mehrere Taster in Steuerschaltungen (Licht, Klingel)

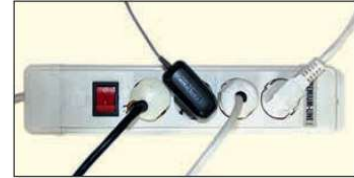


Bild 1: Steckdosenleiste

2. Tragen Sie in die Parallelschaltung **Bild 2** die Gesamtspannung U , den Gesamtstrom I , die Teilströme I_1 , I_2 und I_3 , sowie die Teilspannungen U_1 an R_1 , U_2 an R_2 und U_3 an R_3 mit den dazugehörigen Bezugspfeilen ein.

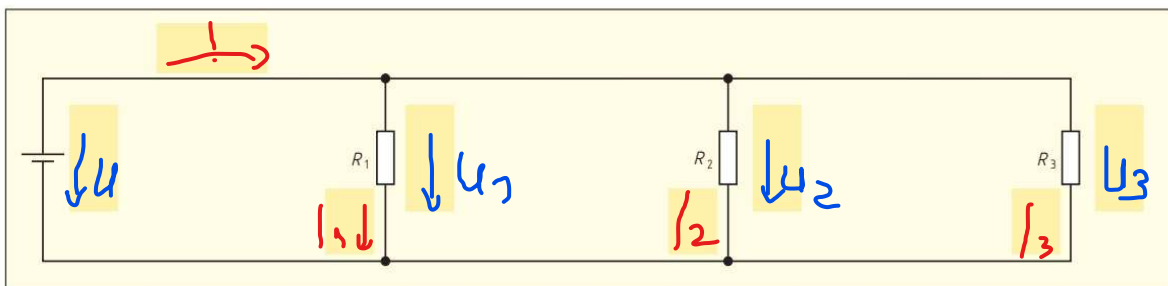


Bild 2: Parallelschaltung mit drei Widerständen

3. Ergänzen Sie die Gesetzmäßigkeiten der Parallelschaltung **Bild 2 a)** als Formel und **b)** allgemein mit Worten

a)	Spannungen	Gesamtstromstärke	Gesamtwiderstand	Stromteiler für R_1, R_2
	$U_1 = U_2 = U_3 = U$	$I = I_1 + I_2 + I_3$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$

- b) Die Spannungen sind an allen Widerständen der Parallelschaltung gleich groß.

Der Gesamtstrom ist gleich der Summe der Teilströme

Der Kehrwert des Gesamtwiderstandes ist gleich der Summe der Kehrwerte der einzelwiderstände

Die Ströme verhalten sich umgekehrt proportional zu den dazugehörigen Widerständen

4. Ziehen Sie Schlussfolgerungen aus den Gesetzmäßigkeiten der Parallelschaltung, indem Sie folgende Aussagen mit „größten/größte/größer“ oder „kleinsten/kleinste/kleiner“ ergänzen.

Der größte Teilstrom tritt am kleinsten Teilwiderstand auf.

Am größten Teilwiderstand tritt der kleinste Teilstrom auf.

Der Gesamtwiderstand einer Parallelschaltung ist

stets kleiner als der kleinste Teilwiderstand.

5. Zu einem Widerstand R_1 wird ein weiterer Widerstand R_2 parallel geschaltet. Wie verhalten sich **a)** die Stromstärke I in der Zuleitung, **b)** die Spannung U_1 am Widerstand R_1 und **c)** der Gesamtwiderstand R (**Bild 3**)?

- a) Strom wird größer
- b) Spannung bleibt gleich (eigentlich kleiner wegen Innenwiderstand)
- c) Gesamtwiderstand wird kleiner

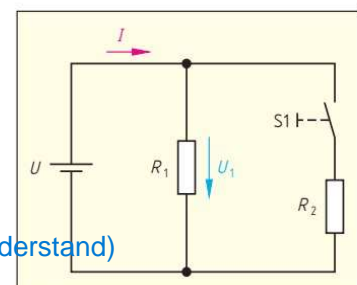


Bild 3: R_2 wird zugeschaltet



6. Nennen Sie die Knotenpunktregel (1. Kirchhoffsche Regel).

In jedem Knotenpunkt ist die Summe der zufließenden

Ströme gleich der Summe der abfließenden Ströme

7. Stellen Sie

- die Knotenpunktregel zur Berechnung der Ströme für die Schaltung nach **Bild 1** auf und
- berechnen Sie daraus die Stromstärke I_3 .

Geg.: $I_1 = 1,1 \text{ A}, I_2 = 1,9 \text{ A}, I_4 = 2,7 \text{ A}, I_5 = 0,9 \text{ A}$ Ges: I_3

Lösung: $I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$

a)

b) $I_3 = I_4 + I_5 - I_1 - I_2$

$$I_3 = 2,7 + 0,9 - 1,1 - 1,9 = 0,6 \text{ A}$$

8. Nehmen Sie an: Das Ergebnis der **Aufgabe 7** hätte $I_3 = -0,6 \text{ A}$ gelautet. Ziehen Sie daraus die Schlussfolgerung für die Schaltung nach **Bild 1**.

9. Für einen Gleichstrommotor (**Bild 2**) werden 12 A benötigt, die aus zwei gleichen Spannungsquellen mit je 6 A zu entnehmen sind.

- Ergänzen Sie die Schaltung in **Bild 2**, um die Forderung zu erfüllen.
- Welche Bedingung lässt sich aus **Bild 2** für eine korrekte Parallelschaltung von Spannungsquellen ableiten?
- Welchen Strom würde der Motor (**Bild 2**) erhalten, wenn irrtümlicherweise eine Spannungsquelle umgepolert würde?

b) Plus auf Plus

Minus auf Minus

c)

0 A

10. Berechnen Sie für die Schaltung nach **Bild 3**

- den Ersatzwiderstand R_{I} , der drei parallel geschalteten Widerstände,
- den Gesamtstrom I und
- die Teilströme I_1, I_2 und I_3 .
- Wie groß müsste ein parallelgeschalteter Widerstand R_4 sein, damit der Ersatzwiderstand $R_{\text{II}} = 60 \Omega$ beträgt?

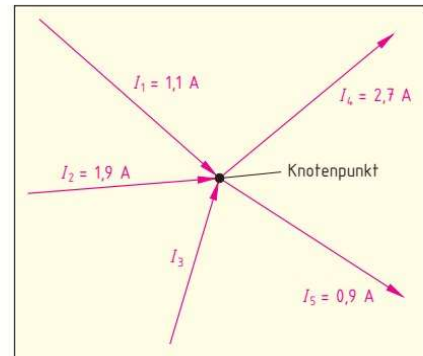


Bild 1: Knotenpunkt (Beispiel)

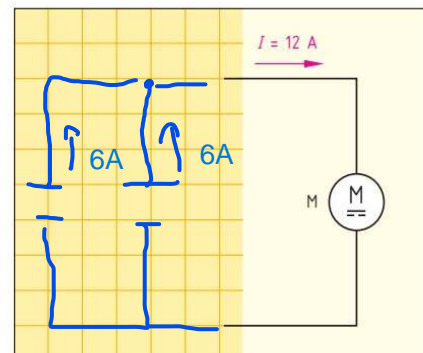


Bild 2: Stromversorgung Gleichstrommotor

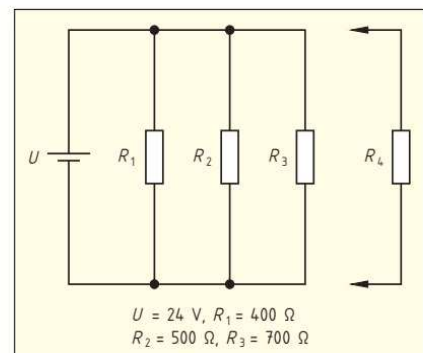


Bild 3: Parallelschaltung mit 4 Widerständen

Geg.:

Ges.:

Lösung: $1/R_{\text{I}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 = 1/400 + 1/500 + 1/700 = 0,0059 = 169 \text{ Ohm}$

a)

$$I = U/R = \frac{24 \text{ V}}{169 \Omega} = 0,142 \text{ A}$$

b)

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{24}{400} = 0,06 \text{ A}$$

c)

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{24}{500} = 0,048 \text{ A}$$

d)

$$I_3 = \frac{U}{R_3} = \frac{24}{700} = 0,034 \text{ A}$$



Das ohmsche Gesetz erklärt den Zusammenhang zwischen Strom I , Spannung U und Widerstand R . Wichtig ist, dass man unterscheiden kann, welche Größe jeweils die Ursache und welche Größe die Wirkung bzw. die Folge der Ursache ist. Im ohmschen Gesetz ist der Widerstand R immer die Größe, die zwischen Ursache und Wirkung die Bedingung darstellt.

- Der Physiker Ohm hat den Zusammenhang zwischen Stromstärke I und Spannung U erforscht. Ergänzen Sie a) die Beziehung zwischen Spannung U und Stromstärke I und b) die Formel für das ohmsche Gesetz.
- Nennen Sie mithilfe des ohmschen Gesetzes die Formeln zur Berechnung von I , U und R .

Ohmsches Gesetz (gleichbleibende Bedingungen)	
a)	b)
$U \sim I$	$\frac{U}{I} = \text{konstant} = R$

Berechnung der Stromstärke I	Berechnung der Spannung U	Berechnung des Widerstandes R
$I = \frac{U}{R}$	$U = R \cdot I$	$R = \frac{U}{I}$

- Erläutern Sie für die Größen Spannung, Strom und Widerstand die Beziehung zwischen Ursache und Wirkung in den Bildern 1 und 2.
 - Nennen Sie die zugehörige Formel zur Berechnung der Wirkungsgröße.

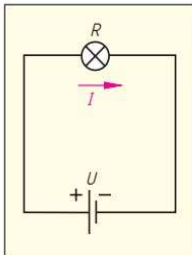


Bild 1: Batterie-stromkreis

a) Spannung ist die Ursache für den Strom. Strom fließt als Wirkung durch die Lampe.

b) Formel:

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

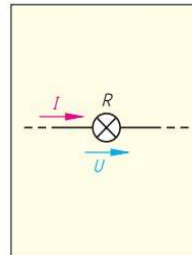


Bild 2: Verbraucher im Stromkreis

a) Strom fließt als Ursache durch die Lampe. Als Wirkung entsteht Spannung an der Lampe.

b) Formel:

$$U = R \cdot I$$

- Die Tabelle zeigt drei Beispiele der Veränderung einer elektrischen Größe im Bild 3. Ergänzen Sie mithilfe des ohmschen Gesetzes für jedes Beispiel die Reaktion der fehlenden Größe.

Tabelle: Zusammenwirken der elektrischen Größen: Spannung, Strom, Widerstand			
elektrische Größen	Beispiel 1	Beispiel 2	Beispiel 3
Widerstand R	bleibt gleich	bleibt gleich	wird kleiner
Stromstärke I	wird kleiner	größer	wird größer
Spannung U	kleiner	wird größer	bleibt gleich

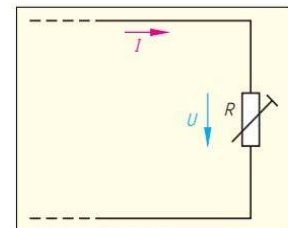


Bild 3: Stromkreisausschnitt

- Berechnen Sie den Wert eines Heizwiderstandes, wenn bei einer Spannung von 230 V ein Strom von 4,35 A fließt.
- Trotz Verbot arbeitete der Azubi unter Spannung an einer Schutzkontaktsteckdose für 230 V/16 A. Der Leitungswiderstand beträgt 0,9 Ω. Er berührte versehentlich mit dem Schraubendreher gleichzeitig den Außenleiter und den Schutzkontakt. Es kam zum Kurzschluss. Berechnen Sie die Stromstärke.

Geg.: $U=230 \text{ V}, I=4,35 \text{ A}$	Ges.: R
Lösung:	
$R = \frac{U}{I} = \frac{230 \text{ V}}{4,35 \text{ A}}$	
$= 52,87 \text{ A}$	

Hinweis: Der Widerstand des Schraubendrehers kann vernachlässigt werden.

Geg.: $230 \text{ V}, 0,9 \text{ Ohm}$	Ges.: I
Lösung:	
$I = \frac{230}{0,9} = 255 \text{ A}$	