

Elektrizitätslehre

Der Gleichstromkreis

Aufgabensammlung

Datei Nummer 93015

3. Dezember 2022

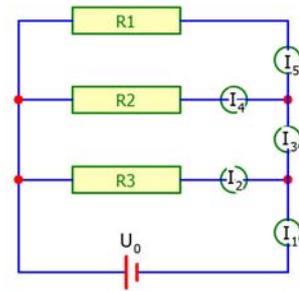
Aufgabe 1

Widerstände der Stärken $2000\ \Omega$, $3000\ \Omega$ und $4000\ \Omega$ werden

- a) parallel b) in Reihe

an 24 Volt angeschlossen.

Berechne alle Teilströme und Teilspannungen sowie den Gesamt-widerstand.



Aufgabe 2

Zwei Widerstände sind parallel geschaltet. Legt man 10,5 Volt an, fließt ein Gesamtstrom von 210 mA.

Welche Größe haben diese Widerstände, wenn sich die durchfließenden Ströme I_1 und I_2 verhalten?

Mache anschließend eine Probe und berechne die Gesamtstromstärke bei 10,5 V.

Aufgabe 3

Zu einem Widerstand von 4 MegaOhm sollen zwei gleiche Widerstände parallel geschaltet werden, so dass der Widerstand der Schaltung $0,8\ \text{M}\Omega$ beträgt. Wie groß müssen diese sein?

Aufgabe 4

Ein Amperemeter mit dem Innenwiderstand $R_A = 100\ \Omega$ hat bei einem Strom $I = 2\ \text{mA}$ Vollausschlag.

- a) Der Messbereich soll auf $1\ \text{A}$ erweitert werden.
Wie ist der benötigte Widerstand zu schalten und wie groß muss er sein?
- b) Welche Spannung liegt an dem Instrument bei Vollausschlag?
Wie könnte man das Amperemeter als Voltmeter für maximal 10 V verwenden?
Bestimme die Schaltung und den erforderlichen Widerstand.

Aufgabe 5

Ein Messgerät benötigt für einen Vollausschlag 2 mA Strom und 0,2 V Spannung.

Wie groß muss der Widerstand für eine Messbereichserweiterung auf

- a) 6V, b) 12V, c) 400 mV und d) 2 A sein?

Aufgabe 6

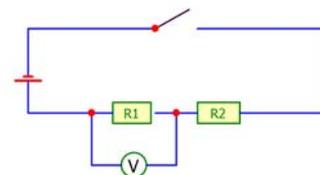
Es geht in dieser Aufgabe darum, wie sehr die Parallelschaltung eines Voltmeters die Daten im Stromkreis verändert.

Gegeben ist abgebildeter Stromkreis mit den Widerständen $R_1 = 300\ \Omega$

und $R_2 = 100\ \Omega$. Die Spannungsquelle liefert 4 Volt. Berechne den Spannungsabfall, der an R_1

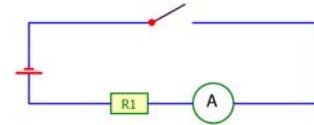
herrscht, wenn kein Voltmeter angeschlossen ist, und im zweiten Schritt diesen Spannungsabfall, wenn das Voltmeter angeschlossen ist, das einen Innenwiderstand von $300\ \Omega$ hat.

Um wieviel Prozent ist die Spannung durch das Voltmeter kleiner geworden?



Aufgabe 7

Es geht in dieser Aufgabe darum, wie sehr die Reihenschaltung eines Amperemeters die Daten im Stromkreis verändert.

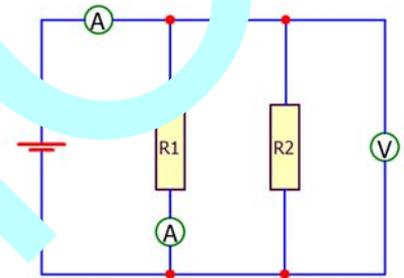


Gegeben ist abgebildeter Stromkreis mit der Spannungsquelle $U = 220 \text{ V}$ und $I = 20 \text{ mA}$.

- Wie groß ist der angeschlossene Widerstand, wenn das Amperemeter noch nicht angeschlossen ist? Dann wird das Amperemeter mit dem Innenwiderstand 200Ω dazu geschaltet. Welche Stromstärke zeigt es an?
Um wieviel Prozent ist die Stromstärke durch das Messgerät kleiner geworden?
- Wie sind diese Ergebnisse, wenn nur 10 V angeschlossen sind?

Aufgabe 8

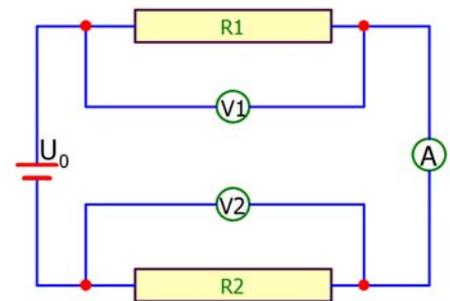
Die Schaltung enthält zwei Widerstände R_1 und R_2 , deren Ohmzahl nicht bekannt ist, ferner zwei Amperemeter mit dem Innenwiderstand 2Ω und ein Voltmeter mit dem Innenwiderstand 200Ω . Die Messgeräte zeigen an: $12,4 \text{ V}$, $4,3 \text{ A}$ und $1,2 \text{ A}$. Berechne R_1 , R_2 und die angelegte Spannung U .



Aufgabe 9

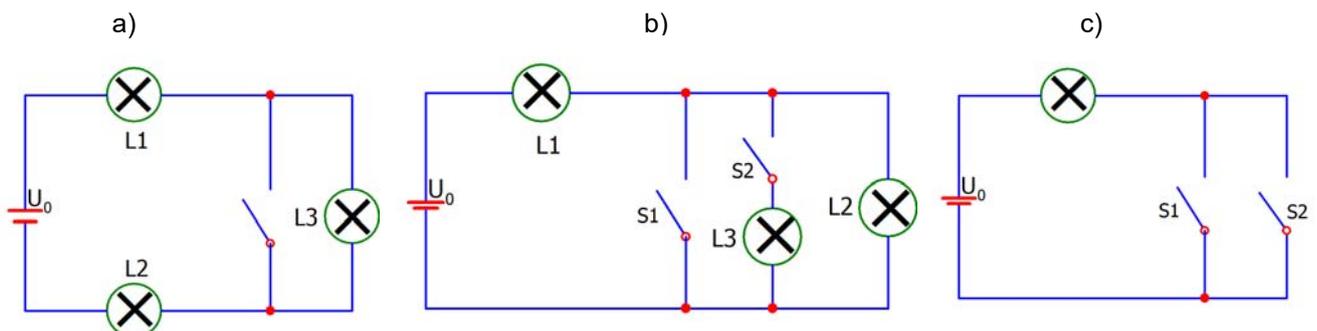
Die Messgeräte haben den Innenwiderstand $R_V = 200 \Omega$ und $R_A = 5 \Omega$. Die Messgeräte zeigen an: $U_1 = 68 \text{ V}$, $U_2 = 28 \text{ V}$ und $I = 2 \text{ A}$.

- Berechne R_1 , R_2 und U_0 .
- Um wieviel Prozent betragen die Fehler, wenn man die Innenwiderstände der Messgeräte vernachlässigt?



Aufgabe 10

Welche Lampen brennen, wenn der Schalter offen bzw. geschlossen ist?



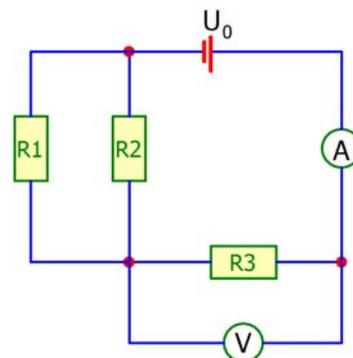
Aufgabe 11

In dieser Schaltung wird die Spannung $U_0 = 36\text{ V}$ angelegt.
 Daraufhin zeigen die Messgeräte folgende Werte an:

$$I = 0,40\text{ A} \quad \text{und} \quad U = 18\text{ V}.$$

Bekannt sind ferner: $R_2 = 200\ \Omega$ und $R_3 = 50\ \Omega$

und die Innenwiderstände der Messgeräte: $R_A = 5\ \Omega$ und $R_V = 450\ \Omega$.



- Berechne R_1 unter Berücksichtigung der Innenwiderstände.
- Wenn man aus dieser Schaltung die Messgeräte herausnimmt, ändern sich die Strom- und Spannungswerte nicht.
 Beweise diese Behauptung rechnerisch.

Aufgabe 12

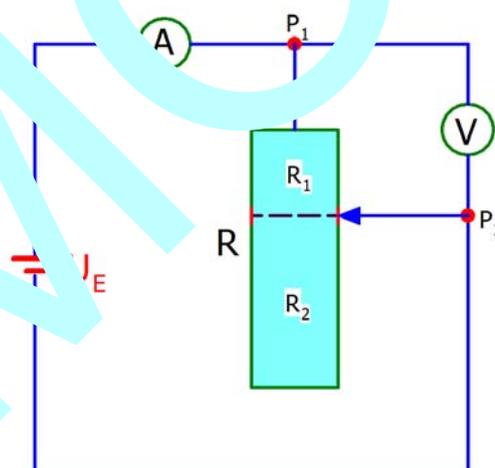
Von P_2 aus kann man den Widerstand R_1 verändern.
 Zwischen P_1 und P_2 haben wir Klemmen, die jetzt am angeschlossenen Widerstand R_1 liegt.

In zwei verschiedenen Einstellungen des Schiebereglers liest man ab:

I: $U = 11,7\text{ V}$ und $I = 0,29\text{ A}$

II: $U = 11,6\text{ V}$ und $I = 0,29\text{ A}$

Berechne den Innenwiderstand, die Spannung ohne, Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom.

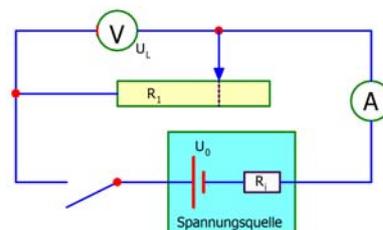


Aufgabe 13

An einer Batterie wurde mittels eines Schiebewiderstandes

U (V)	I (A)
1,0	1,7
2,2	3,0
4,0	3,2
2,3	1,6
9,6	

- Trage die Messwerte in ein Koordinatensystem ein. Zeige, dass die Messpunkte auf einer Geraden liegen müssen.
- Bestimme Ursprung, Innenwiderstand und Kurzschlussstromstärke der Batterie.



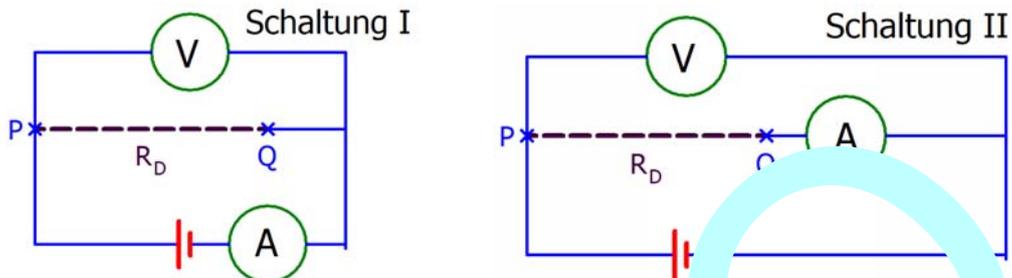
Aufgabe 14

Es soll der Widerstand eines Drahtes PQ festgestellt werden. Zur Verfügung stehen:

1 Amperemeter mit $5,0 \Omega$ Innenwiderstand, und ein Voltmeter mit 500Ω Innenwiderstand.

An den Klemmen K liegt eine regelbare Gleichspannung.

Die Messung erfolgt mit den Schaltungen I und II.



Man liest ab: In Schaltung I $0,5 \text{ V}$ und $9,0 \text{ mA}$
 In Schaltung II $0,81 \text{ V}$ und 100 mA .

- Bestimme aus beiden Messungen den Widerstand des Drahtes PQ.
- Welche Widerstandswerte ergeben sich für den Draht PQ, wenn man das Ohmsche Gesetz auf die Messwerte direkt anwendet? Welche Innenwiderstände der Messgeräte zu beachten? Welchen prozentualen Fehler macht man in jedem Fall?
- Welche Forderungen muss man an die Widerstände der Messinstrumente bei jeder Schaltung stellen, damit dieser prozentuale Fehler vernachlässigt werden kann? Welche der beiden Schaltungen (I oder II) ist zu verwenden, wenn das Voltmeter 20.000Ω Widerstand und das Amperemeter 5Ω Widerstand besitzt?

Lösungen

DEMO

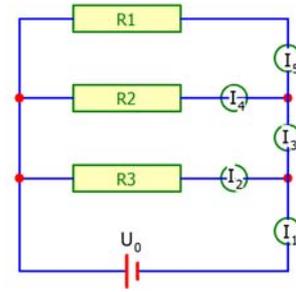
Lösung Aufgabe 1

Widerstände der Stärken 2000Ω , 3000Ω und 4000Ω werden

- a) parallel b) in Reihe

an 24 Volt angeschlossen.

Berechne alle Teilströme und Teilspannungen
sowie den jeweiligen Gesamtwiderstand.



- a) I_1 ist der durch den Gesamtwiderstand fließende Strom:

$$\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \left(\frac{1}{2000} + \frac{1}{3000} + \frac{1}{4000} \right) \frac{1}{\Omega} = \frac{6+4+3}{12.000} \frac{1}{\Omega} = \frac{13}{12.000} \frac{1}{\Omega} \Rightarrow R_{\text{ges}} \approx 923 \Omega$$

$$I_1 = \frac{U}{R_{\text{ges}}} = \frac{24 \text{ V}}{923 \Omega} \approx 0,026 \text{ A} = 26 \text{ mA}$$

An jedem der Parallelwiderstände liegen 24 Volt. Daraus folgt

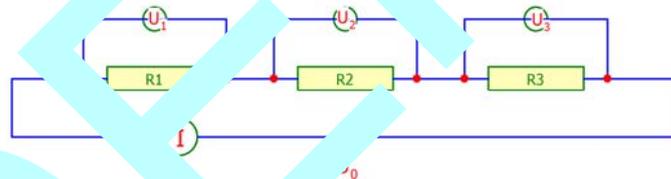
Strom durch R_3 : $I_2 = \frac{U}{R_3} = \frac{24 \text{ V}}{4000 \Omega} = 6 \text{ mA}$

Strom I_3 durch R_2 und R_3 : $I_3 = I_1 - I_2 = 20 \text{ mA}$

Strom I_4 durch R_2 : $I_4 = \frac{24 \text{ V}}{3000 \Omega} = 8 \text{ mA}$

Reststrom durch R_1 : $I_5 = I_3 - I_4 = 12 \text{ mA}$ $I_5 = \frac{24 \text{ V}}{2000 \Omega} = 12 \text{ mA}$

- b)



In der Reihenschaltung gilt: $R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + R_3 = 9000 \Omega$

$U_0 = 24 \text{ V}$ führt das zu einer Stromstärke von $I = \frac{U_0}{R_{\text{ges}}} = \frac{24 \text{ V}}{9000 \Omega} \approx 0,0027 \text{ A} = 2,7 \text{ mA}$.

Dieser Strom bewirkt bei R_1 einen Spannungsabfall von $U_1 = R_1 \cdot I = 2000 \Omega \cdot 2,7 \text{ mA} = 5,4 \text{ V}$,

bei R_2 : $U_2 = 3000 \Omega \cdot 2,7 \text{ mA} = 8,1 \text{ V}$

bei R_3 : $U_3 = 4000 \Omega \cdot 2,7 \text{ mA} = 10,8 \text{ V}$

Durch Rundung ergibt dies eine Gesamtspannung von 24,3 V statt 24 V.

Lösung Aufgabe 2

Zwei Widerstände sind parallel geschaltet. Legt man 10,5 Volt an, fließt ein Gesamtstrom von 210 mA. Welche Größe haben diese Widerstände, wenn sich die durchfließenden Ströme wie 2:5 verhalten?

Mache anschließend eine Probe und berechne die Gesamtstromstärke bei 10,5 V.

Der Widerstand der Parallelschaltung beträgt $R_{\text{ges}} = \frac{10,5\text{V}}{0,21\text{A}} = 50\ \Omega$

Also gilt einerseits $\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

andererseits wissen wir: $\frac{I_1}{I_2} = \frac{2}{5}$

Weil an beiden dieselbe Spannung anliegt, gilt: $\frac{R_1}{R_2} = \frac{U: I_1}{U: I_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow R_1 = 2,5 \cdot R_2$ (2)

(2) in (1): $\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{2,5 \cdot R_2} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{2,5 \cdot R_2} + \frac{2,5}{2,5 \cdot R_2} = \frac{7}{5 \cdot R_2}$

Daraus folgt: $R_2 = \frac{7 \cdot R_{\text{ges}}}{5} = \frac{7 \cdot 50}{5} = 70\ \Omega$

Also folgt $R_1 = 2,5 \cdot R_2 = 2,5 \cdot 70 = 175\ \Omega$.

Probe:

Für die Parallelschaltung erhält man diesen Ersatzwiderstand:

$$\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{175\ \Omega} + \frac{1}{70\ \Omega} = \frac{70+175}{70 \cdot 175\ \Omega} = \frac{245}{70 \cdot 175\ \Omega} \Rightarrow R_{\text{ges}} = 50\ \Omega$$

Bei $U = 10,5\ \text{V}$ erhält man den Gesamtstrom $I = \frac{U}{R_{\text{ges}}} = \frac{10,5}{50}\ \text{A} = 0,21\ \text{A} = 210\ \text{mA}$.

Die Probe stimmt, die Ergebnisse sind richtig.

Lösung Aufgabe 3

Zu einem Widerstand von 4 MegaOhm sollen zwei gleich große Widerstände parallel geschaltet werden, so dass der Widerstand der Schaltung 0,8 MΩ beträgt. Wie groß müssen diese sein?

Für die Parallelschaltung der drei Widerstände gilt (R_2 ist gesucht):

$$\frac{1}{R_g} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_g} = \frac{1}{R_1} + \frac{2}{R_2} \Rightarrow \frac{2}{R_2} = \frac{1}{R_g} - \frac{1}{R_1} = \frac{R_1 - R_g}{R_g \cdot R_1} = \frac{4.000.000 - 800.000}{4.000.000 \cdot 800.000}$$

Nun kürzt man durch 100.000:

$$\frac{2}{R_2} = \frac{40 - 8}{40 \cdot 800.000} = \frac{32}{32.000.000} = \frac{1}{1.000.000}$$

Also:

$$\frac{R_2}{2} = 1.000.000 \Omega \quad R_2 = 2.000.000 \Omega$$

Hinweis:

Diese vielen Nullen stören. Man könnte auch in der Einheit MΩ (MegaOhm) rechnen:

$$\frac{1}{R_g} = \frac{1}{R_1} + \frac{2}{R_2} \Rightarrow \frac{2}{R_2} = \frac{1}{R_g} - \frac{1}{R_1} = \frac{R_1 - R_g}{R_g \cdot R_1} = \frac{4 \text{ M}\Omega - 0,8 \text{ M}\Omega}{4 \text{ M}\Omega \cdot 0,8 \text{ M}\Omega} = \frac{3,2}{3,2 \text{ M}\Omega} = 1 \frac{1}{\text{M}\Omega}$$

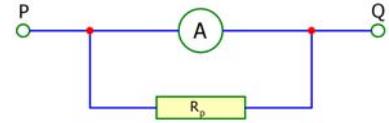
Aus $\frac{2}{R_2} = 1 \frac{1}{\text{M}\Omega}$ folgt $\frac{2}{2} = 1 \text{ M}\Omega \Rightarrow R_2 = 2 \text{ M}\Omega$

Lösung Aufgabe 4

Ein Amperemeter mit dem Innenwiderstand $R_i = 50 \Omega$ hat bei einem Strom $I = 2 \text{ mA}$ Vollausschlag.

- a) Der Messbereich soll auf 1 A erweitert werden.

Wie ist der benötigte Widerstand zu schalten und wie groß muss er sein?



Da das Amperemeter nur $0,002 \text{ A}$ „verträgt“, muss man die restliche $0,998 \text{ A}$ in einen Parallelzweig umleiten.

Bei $I = 2 \text{ mA}$ beträgt die Spannung am Amperemeter $U_{PQ} = 50 \Omega \cdot 0,002 \text{ A} = 0,1 \text{ V}$.

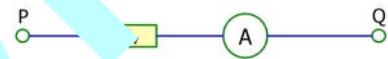
Daher benötigt der Parallelwiderstand $R_p = \frac{U_{PQ}}{I_{\text{Rest}}} = \frac{0,1 \text{ V}}{0,998 \text{ A}} \approx 0,1 \Omega$.

- b) Welche Spannung liegt an dem Instrument bei Vollausschlag?

Wie könnte man das Amperemeter als Voltmeter maximal verwenden?

Bestimme die Schaltung und den erforderlichen Widerstand.

Nach Teilaufgabe a) liegen bei Vollast von 2 mA am Amperemeter $0,1 \text{ V}$.



Mit einem Vorwiderstand, an dem bei $0,002 \text{ A}$ die restlichen $9,9 \text{ V}$ abfallen, kann man das Amperemeter als Voltmeter verwenden:

Für ihn muss gelten $R_v = \frac{9,9 \text{ V}}{0,002 \text{ A}} = 4950 \Omega$.

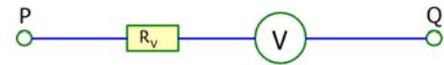
Dann ist der Gesamtwiderstand $R_{PQ} = R_p + R_v = 4950 \Omega + 50 \Omega = 5000 \Omega$.

Und das erlaubt sich, wenn man Spannungen bis $U_{PQ} = 5000 \Omega \cdot 0,002 \text{ A} = 10 \text{ V}$ messen.

Lösung Aufgabe 5

Ein Messgerät benötigt für einen Vollausschlag 2 mA Strom und 0,2 V Spannung.
Wie groß muss der Widerstand für eine Messbereichserweiterung auf
a) 6V, b) 120 V, c) 400 mA und d) 2 A sein?

- a) Für eine höhere Spannung benötigt man einen Vorwiderstand, an dem die Restspannung anliegt.



P und Q seien die Anschlussbuchsen für das Voltmeter:

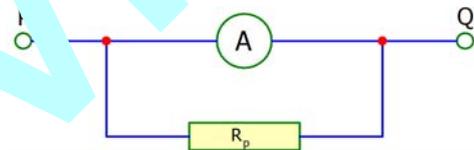
Der Vorwiderstand muss $6\text{ V} - 0,2\text{ V} = 5,8\text{ V}$ erhalten. Bei einer Stromstärke von 2 mA

$$\text{benötigt er } R_v = \frac{5,8\text{ V}}{0,002\text{ A}} = 2.900\ \Omega$$

- b) Für einen Messbereich bis 120 V gilt dann $R_v = \frac{119,8\text{ V}}{0,002\text{ A}} = 59.900\ \Omega$

- c) Soll das Gerät als Amperemeter bis 400 mA Verwendung finden, muss man einen Widerstand parallel schalten, der 398 mA durchlässt.

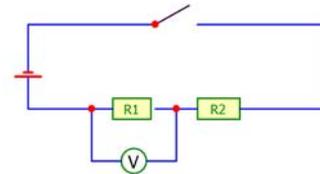
$$R_p = \frac{0,2\text{ V}}{0,398\text{ A}} \approx 0,5\ \Omega$$



- d) Für 2 A benötigt man $R_p = \frac{0,2\text{ V}}{1,998\text{ A}} \approx 0,1\ \Omega$

Lösung Aufgabe 6

Es geht in dieser Aufgabe darum, wie sehr die Parallelschaltung eines Voltmeters die Daten im Stromkreis verändert.



Gegeben ist abgebildeter Stromkreis mit den Widerständen $R_1 = 300 \Omega$ und $R_2 = 100 \Omega$. Die Spannungsquelle liefert 4 Volt. Berechne den Spannungsabfall, der an R_1 herrscht, wenn kein Voltmeter angeschlossen ist, und im zweiten Schritt diesen Spannungsabfall, wenn das Voltmeter angeschlossen ist, das einen Innenwiderstand von 300Ω hat. Um wieviel Prozent ist die Spannung durch das Voltmeter kleiner geworden?

1. Schritt: Ohne Voltmeter gilt:

Gesamtwiderstand $R_g = R_1 + R_2 = 400 \Omega$. Stromstärke: $I = \frac{U}{R_{\text{ges}}} = \frac{4V}{400 \Omega} = \frac{1}{100} A = 10 \text{ mA}$

Dieser Strom bewirkt an R_1 einen Spannungsabfall von $U_1 = R_1 \cdot I = 300 \Omega \cdot 0,01 A = 3 \text{ V}$.

2. Schritt: Mit Voltmeter gilt:

Gesamtwiderstand: $R_g = R_E + R_2$
wobei R_E der Ersatzwiderstand für die Parallelschaltung von R_1 und R_V ist:

$$\frac{1}{R_E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_V} = \left(\frac{1}{300} + \frac{1}{300} \right) \Omega^{-1} = \frac{2}{300} \Omega^{-1} \Rightarrow R_E = 150 \Omega$$

Also: $R_g = 150 \Omega + 100 \Omega = 250 \Omega$

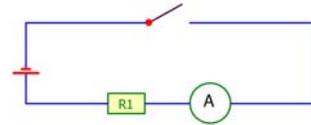
Das ergibt eine Stromstärke von $I = \frac{4V}{250 \Omega} = 0,016 A$

und einen Spannungsabfall der Parallelschaltung: $U_p = R_p \cdot I = 150 \Omega \cdot 0,016 A = 2,4 \text{ V}$

Durch das Voltmeter haben wir also einen **Spannungsverlust** von $0,6 \text{ V}$, das sind $\frac{0,6}{3} \cdot 100\% = 20\%$.

Lösung Aufgabe 7

Es geht in dieser Aufgabe darum, wie sehr die Reihenschaltung eines Amperemeters die Daten im Stromkreis verändert.



Gegeben ist abgebildeter Stromkreis mit der Spannungsquelle $U = 220 \text{ V}$ und $I = 20 \text{ mA}$.

- a) Wie groß ist der angeschlossene Widerstand, wenn das Amperemeter noch nicht angeschlossen ist? Dann wird das Amperemeter mit dem Innenwiderstand 200Ω dazu geschaltet. Welche Stromstärke zeigt es an?
Um wieviel Prozent ist die Stromstärke durch das Messgerät kleiner geworden?
- b) Wie sind diese Ergebnisse, wenn nur 10 V angeschlossen sind?

a) Der angeschlossene Widerstand hat $R_1 = \frac{U}{I} = \frac{220 \text{ V}}{0,02 \text{ A}} = 11.000 \Omega$.

Mit dem Amperemeter steigt der Widerstand auf $R_{\text{ges}} = R_1 + R_i = 11.200 \Omega$.

daher sinkt die Stromstärke auf $I_{\text{neu}} = \frac{220 \text{ V}}{11.200 \Omega} \approx 0,0196 \text{ A} \approx 19,6 \text{ mA}$.

Das ist eine Differenz von $\Delta I = 0,00036 \text{ A}$ und bedeutet eine Absenkung um

$$\frac{0,00036}{0,02} \cdot 100\% \approx 1,8 \%$$

b) Der angeschlossene Widerstand hat $R_1 = \frac{U}{I} = \frac{10 \text{ V}}{0,02 \text{ A}} = 500 \Omega$.

Mit dem Amperemeter steigt der Widerstand auf $R_{\text{ges}} = R_1 + R_i = 700 \Omega$.

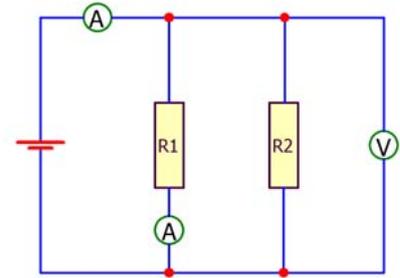
daher sinkt die Stromstärke auf $I_{\text{neu}} = \frac{10 \text{ V}}{700 \Omega} \approx 0,0143 \text{ A} \approx 14,3 \text{ mA}$.

Das ist eine Differenz von $\Delta I = 0,0057 \text{ A}$ und bedeutet eine Absenkung um

$$\frac{0,0057}{0,02} \cdot 100\% \approx 28,5 \%$$

Lösung Aufgabe 8

Die Schaltung enthält zwei Widerstände R_1 und R_2 , deren Ohmzahl nicht bekannt ist, ferner zwei Amperemeter mit dem Innenwiderstand $2\ \Omega$ und ein Voltmeter mit dem Innenwiderstand $200\ \Omega$. Die Messgeräte zeigen an: $24\ \text{V}$, $4,2\ \text{A}$ und $1,2\ \text{A}$. Berechne R_1 , R_2 und die angelegte Spannung U_0 .



Berechnung der Widerstände:

1. Schritt: Für die Serie aus R_1 und Amperemeter zeigt das parallel geschaltete Voltmeter die Spannung $24\ \text{V}$ an. Und das in dieser Hintereinanderschaltung liegende Amperemeter $1,2\ \text{A}$. (Die größere Stromstärke von $4,2\ \text{A}$ gilt natürlich für den Gesamtstrom.)

$$\text{Also folgt: } R_{1,A} = \frac{U}{I_{1,A}} = \frac{24\ \text{V}}{1,2\ \text{A}} = 20\ \Omega \text{ Gesamtwiderstand der Schaltung } R_1 \text{ und}$$

Amperemeter. Subtrahiert man davon die $2\ \Omega$ des Amperemeters, folgt $R_1 \approx 18\ \Omega$

2. Schritt: Da vom Gesamtstrom $4,2\ \text{A}$ genau $1,2\ \text{A}$ in die Reihenschaltung abbiegen, fließen in den Parallelzweig aus R_2 und Voltmeter noch $3\ \text{A}$. Diese verteilen sich wie folgt:

$$\text{Durch das Voltmeter (mit } R_V = 200\ \Omega \text{)} \quad U = 24\ \text{V} \quad I_V = \frac{U}{R_V} = 0,12\ \text{A},$$

und durch R_2 der Rest, also $I_2 = 3\ \text{A} - 0,12\ \text{A} = 2,88\ \text{A}$

$$\text{Also hat } R_2 \text{ die Größe } R_2 = \frac{U}{I_2} = \frac{24\ \text{V}}{2,88\ \text{A}} \quad R_2 \approx 8,33\ \Omega$$

3. Schritt: Gesamtwiderstand der Schaltung:

(1) $R_{1,A}$ ist $20\ \Omega$ (siehe oben).

(2) Parallelschaltung von $R_{1,A}$, R_2 und V :

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_{1,A}} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_V} = \frac{1}{20\ \Omega} + \frac{1}{8,33\ \Omega} + \frac{1}{200\ \Omega} = \frac{1}{8,33\ \Omega} + \frac{11}{200\ \Omega} = \frac{200 + 11 \cdot 8,33}{8,33 \cdot 200} \frac{1}{\Omega}$$

$$R_P = \frac{8,33 \cdot 200}{200 + 11 \cdot 8,33} \Omega \approx 5,71\ \Omega$$

(3) R_P ist nun noch in Reihe geschaltet mit dem oberen Amperemeter:

$$R_g = 5,7\ \Omega + 2\ \Omega \Rightarrow R_g = 7,7\ \Omega.$$

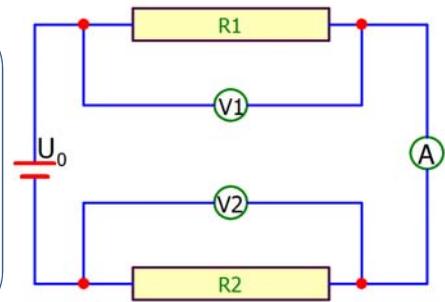
4. Schritt: Durch diesen Gesamtwiderstand fließen $4,2\ \text{A}$, also liefert die Stromquelle die Spannung $U_0 = R_g \cdot I_g = 7,7\ \Omega \cdot 4,2\ \text{A} \approx 32,3\ \text{V}$

Lösung Aufgabe 9

Die Messgeräte haben die Innenwiderstände $R_V = 200 \Omega$ und $R_A = 5 \Omega$. Die Messgeräte zeigen an:

$$U_1 = 68 \text{ V}, U_2 = 28 \text{ V} \text{ und } I = 2,45 \text{ A}.$$

- Berechne R_1 , R_2 und U_0 .
- Wieviel Prozent betragen die Fehler, wenn man die Innenwiderstände der Messgeräte vernachlässigt?



Der durch das Voltmeter V_1 fließende Strom ist $I_{V1} = \frac{U_1}{R_V} = \frac{68 \text{ V}}{200 \Omega} = 0,34 \text{ A}$

Folglich fließt $I_{R1} = I_{\text{ges}} - I_{V1} = 2,45 \text{ A} - 0,34 \text{ A} = 2,11 \text{ A}$ durch den Widerstand R_1 .

Dieser hat folglich die Größe $R_1 = \frac{U_1}{I_{R1}} = \frac{68 \text{ V}}{2,11 \text{ A}} \approx 32,2 \Omega$

Der durch das Voltmeter V_2 fließende Strom ist $I_{V2} = \frac{U_2}{R_V} = \frac{28 \text{ V}}{200 \Omega} = 0,14 \text{ A}$

Folglich fließt $I_{R2} = I_{\text{ges}} - I_{V2} = 2,45 \text{ A} - 0,14 \text{ A} = 2,31 \text{ A}$ durch den Widerstand R_2 .

Dieser hat folglich die Größe $R_2 = \frac{U_2}{I_{R2}} = \frac{28 \text{ V}}{2,31 \text{ A}} \approx 12,1 \Omega$

Der Gesamtwiderstand ist die Reihenschaltung von R_1 , R_A und R_{2-V2} :

$$R_{1-V1} = \frac{R_1 \cdot R_V}{R_1 + R_V} = \frac{32,2 \cdot 200}{32,2 + 200} \Omega \approx 27,7 \Omega$$

$$R_{2-V2} = \frac{R_2 \cdot R_V}{R_2 + R_V} = \frac{12,1 \cdot 200}{12,1 + 200} \Omega \approx 11,4 \Omega$$

$$R_{\text{ges}} = 27,7 \Omega + 11,4 \Omega + 5 \Omega = 44,1 \Omega$$

Daraus ergibt sich die angelegte Spannung von $U_0 = R_{\text{ges}} \cdot I_{\text{ges}} = 44,1 \Omega \cdot 2,45 \text{ A} \approx 108 \text{ V}$

- b) Vernachlässigt man die Innenwiderstände der Messgeräte, dann erhält man

$$R_1 = \frac{U_1}{I_{\text{ges}}} = \frac{68 \text{ V}}{2,45 \text{ A}} \approx 27,8 \Omega, \quad R_2 = \frac{U_2}{I_{\text{ges}}} = \frac{28 \text{ V}}{2,45 \text{ A}} = 11,4 \Omega, \quad R_{\text{ges}} = 39,2 \Omega$$

Und die Gesamtspannung entweder aus $U = U_1 + U_2 = 68 \text{ V} + 28 \text{ V} = 96 \text{ V}$

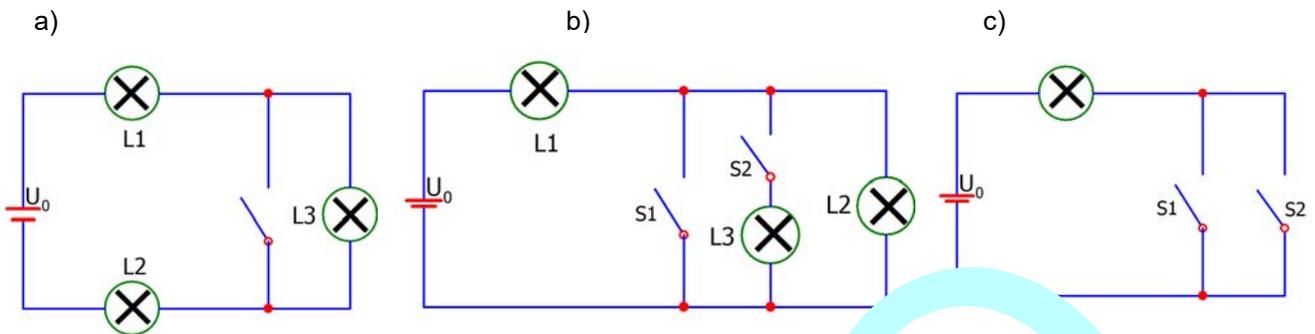
oder aus $U = R_{\text{ges}} \cdot I_{\text{ges}} = 39,2 \Omega \cdot 2,45 \text{ A} \approx 96 \text{ V}$.

Fehlerberechnung: $R_1: \frac{27,8 - 27,7}{27,7} \cdot 100\% \approx 0,36\%$, $R_2: 0\%$

$$U_0 = \frac{4 \text{ V}}{100 \text{ V}} \cdot 100\% = 4\%$$

Lösung Aufgabe 10

Welche Lampen brennen, wenn der Schalter off bzw. geschlossen ist?



- a) Ist der Schalter geöffnet, liegen die drei Lampen in einer Reihenschaltung in einem geschlossenen Stromkreis und leuchten.

Schließt man aber den Schalter, dann ist dort ein Kurzschluss mit einem sehr geringen Widerstand, sodass durch die parallele Lampe L3 sehr wenig Strom fließt, dass sie nicht mehr leuchtet.

- b) Sind beide Schalter geöffnet, leuchten L1 und L2 gleich hell, weil sie in Reihe geschaltet sind. Ist S2 geschlossen und S1 geöffnet, leuchten alle drei Lampen. Allerdings geht durch L2 und L3 weniger Strom, weil sie parallel geschaltet sind, weshalb sie weniger hell leuchten.

Ist S2 offen und S1 geschlossen, leuchtet nur L1, denn der Kurzschluss bei S1 entzieht so viel Strom, dass L2 nicht mehr leuchten kann.

Bleibt man bei S1, dass S1 und S2 geschlossen sind, dann leuchtet nur noch L1, denn die geschlossenen Schalter überbrücken L2 und L3.

- c) Man sieht man eine ODER-Schaltung:

Die Lampe brennt, wenn S1 oder S2 geschlossen sind, dazu gehört auch, dass beide geschlossen sind.

Lösung Aufgabe 11

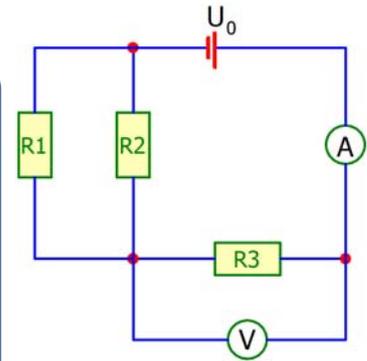
In dieser Schaltung wird die Spannung $U_0 = 36 \text{ V}$ angelegt.
Daraufhin zeigen die Messgeräte folgende Werte an:

$$I = 0,40 \text{ A} \quad \text{und} \quad U_3 = 18 \text{ V}.$$

Bekannt sind ferner: $R_2 = 200 \Omega$ und $R_3 = 50 \Omega$

und die Innenwiderstände der Messgeräte: $R_A = 5 \Omega$ und $R_V = 450 \Omega$.

- Berechne R_1 unter Berücksichtigung der Innenwiderstände.
- Wenn man aus dieser Schaltung die Messgeräte herausnimmt, ändern sich die Strom- und Spannungswerte nicht. Beweise diese Behauptung rechnerisch.



a)

- Spannungsabfall am Amperemeter: $U_A = R_A \cdot I = 5 \Omega \cdot 0,40 \text{ A} = 2 \text{ V}$
- Ersatzwiderstand für Voltmeter und R_3 : $\frac{1}{R_{V3}} = \frac{1}{450 \Omega} + \frac{1}{50 \Omega} = \frac{1}{45 \Omega}$
 $R_{V3} = 45 \Omega$
- Gesamtwiderstand von R_A , R_V und R_3 : $R_{V3} = 45 \Omega + 5 \Omega = 50 \Omega$ (Reihenschaltung)
- Spannungsabfall an R_1 :
Am Gesamtwiderstand R_{V3} fallen zusammen $2 \text{ V} + 18 \text{ V} = 20 \text{ V}$ ab, sodass von U_0 für den Parallelzweig R_1 und R_2 von $U_0 = 36 \text{ V}$ noch 16 V übrig bleiben.
- Strom durch R_2 : $I_2 = \frac{U_{12}}{R_2} = \frac{16 \text{ V}}{200 \Omega} = 0,08 \text{ A}$
- Durch die Parallelschaltung fließt $I_1 + I_2 = I = 0,40 \text{ A}$.
Strom durch R_1 : $I_1 = I - I_2 = 0,40 \text{ A} - 0,08 \text{ A} = 0,32 \text{ A}$
- Widerstand R_1 : $R_1 = \frac{U_{12}}{I_1} = \frac{16 \text{ V}}{0,32 \text{ A}} = 50 \Omega$

b)

Ohne die beiden Messgeräte verändert sich der Gesamtwiderstand:

Ersatzwiderstand für R_1 und R_2 :

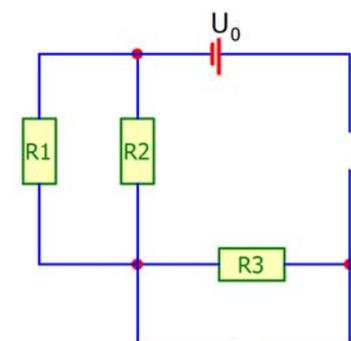
$$\frac{1}{R_{E12}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{50 \Omega} + \frac{1}{200 \Omega} = \frac{5}{200 \Omega} \Rightarrow R_{E12} = 40 \Omega$$

Gesamtwiderstand im Stromkreis: $R = 40 \Omega + 50 \Omega = 90 \Omega$

Damit hat der Strom die Stärke $I' = \frac{U_0}{R} = \frac{36 \text{ V}}{90 \Omega} = 0,4 \text{ A}$ (wie oben mit Messgerät angezeigt).

Am Parallelzweig R_{12} liegen dann $U_{12} = R_{E12} \cdot I' = 40 \Omega \cdot 0,4 \text{ A} = 16 \text{ V}$ (wie oben auch).

Damit bleiben für R_3 noch 20 V übrig. Das war oben der Spannungsabfall für R_3 , Volt- und Amperemeter.



Lösung Aufgabe 12

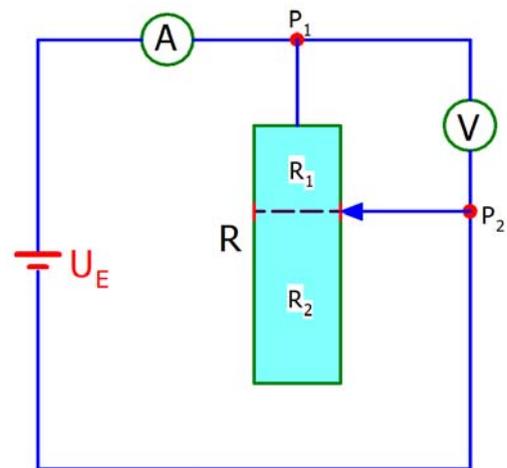
Von P_2 aus kann man den Widerstand R_1 verändern. Zwischen P_1 und P_2 haben wir Klemmenspannung, die jetzt am angeschlossenen Widerstand R_1 liegt.

In zwei verschiedenen Einstellungen des Schiebereglers liest man ab:

$$\text{I: } U = 11,7 \text{ V} \text{ und } I = 0,29 \text{ A}$$

$$\text{II: } U = 11,6 \text{ V} \text{ und } I = 0,39 \text{ A}$$

Berechne den Innenwiderstand der Spannungsquelle, Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom.



Hat man R_1 auf 0Ω gestellt, fließt ein Kurzschlussstrom (maximale Stromstärke). Dann fällt an R_1 auch keine Spannung ab, d.h. am Innenwiderstand (nicht eingeleitet) der Spannungsquelle fällt die ganze Spannung ab. Dann gilt: $I_k = \frac{U_E}{R_i}$.

Nimmt man den Lastwiderstand heraus, ist der Strom $I = 0$ unterbrochen und es fließt kein Strom. Daher hat man am Innenwiderstand auch keinen Spannungsabfall, so dass das Voltmeter die volle Leerlaufspannung anzeigt.

Wir haben in dieser Aufgabe zwei Zwischenstellungen gegeben, bei denen je nach eingestelltem Teilwiderstand andere Verhältnisse entstehen. Die Messgeräte werden dabei vernachlässigt.

Der Zusammenhang durch die Gleichung $U = R \cdot I$ gegeben.

R ist die Steigung im leeren U-I-Diagramm: $R = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{0,1 \text{ V}}{0,1 \text{ A}} = 1 \Omega$

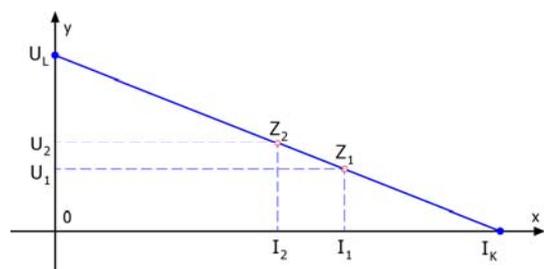
Die Gerade dieses Zustandsdiagramms hat die Gleichung $U - U_L = R_i \cdot (I - I_k)$

$$U - 11,7 \text{ V} = 1 \Omega \cdot (I - 0,29 \text{ A})$$

$$U = -1 \Omega \cdot I + 12 \text{ V} \text{ (gerundet)}$$

Daraus liest man die Leerlaufspannung ab: $U_L = 12 \text{ V}$ und für $U = 0$ erhält man den Kurzschlussstrom:

$$I_k = 12 \text{ A}$$



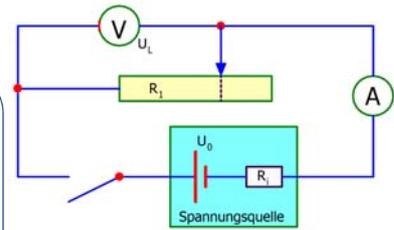
Das U-I-Diagramm ist nicht maßstabsgetreu.

Lösung Aufgabe 13

An einer Batterie wurde mittels eines Schiebewiderstandes

gemessen:	$I(A)$	0,4	1,0	1,7	2,2	3,0
	$U(V)$	4,0	3,2	2,3	1,6	0,6

- a) Trage die Messwerte in ein Koordinatensystem ein. Zeige, dass die Messpunkte auf einer Geraden liegen müssen.
- b) Bestimme Urspannung, Innenwiderstand und Kurzschlussstromstärke der Batterie.



- a) Mit Regression (CAS oder MatheGrafix) erhält man die Gleichung der Geraden: $U = -1,311 \cdot x + 4,517$

Die Messpunkte müssen aus folgendem Grund auf einer Geraden liegen:

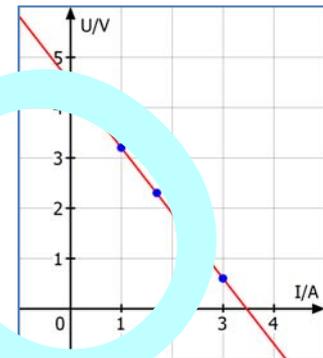
Das Voltmeter zeigt die Spannung an, die am Schieberegler abgelesen wird, und das ist auch die Spannung, die man an der Batterie abgelesen würde. Und diese entsteht aus der Leerlaufspannung U_0 abzüglich der Spannung, die am Innenwiderstand abfällt: $U = U_0 - R_i \cdot I$.

Nimmt man die Schieberegler heraus, dann ist der Stromkreis nicht belastet, es fließt kein Strom, und der Strom aus der Stromquelle liegt bei der Urspannung (Leerlaufspannung), die man auch aus dem Diagramm $4,5 V$ ablesen kann.

- b) Durch Vertauschen erhält man die Leerlaufspannung $= U_0 = 4,5 V$
 den Innenwiderstand $= R_i = 1,3 \Omega$

Der Kurzschlussstromstärke ist die Nullstelle dieser Funktion:

$$0 = -1,3 \Omega \cdot I + 4,5 V \Rightarrow I = \frac{4,5 V}{1,3 \Omega} = 3,46 A$$



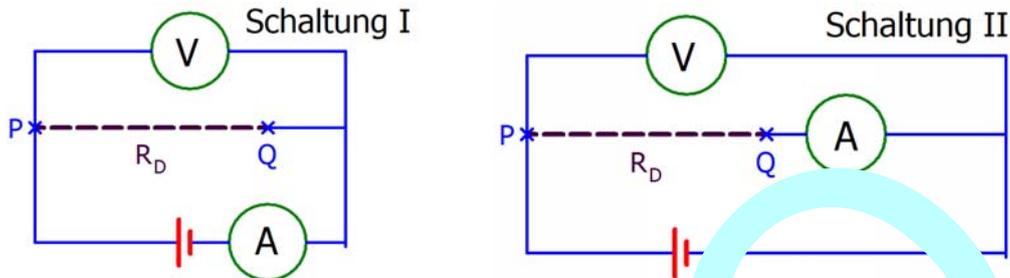
Lösung Aufgabe 14

Es soll der Widerstand eines Drahtes PQ festgestellt werden. Zur Verfügung stehen:

1 Amperemeter mit $5,0 \Omega$ Innenwiderstand, und ein Voltmeter mit 500Ω Innenwiderstand.

An den Klemmen liegt eine regelbare Gleichspannung.

Die Messung erfolgt mit den Schaltungen I und II.



Man liest ab: In Schaltung I $0,5 \text{ V}$ und $9,0 \text{ mA}$
 In Schaltung II $0,81 \text{ V}$ und $12,0 \text{ mA}$.

- a) Bestimme aus beiden Messungen den Widerstand des Drahtes PQ.

Aus Schaltung I folgert man:

Der Strom $I = 0,009 \text{ A}$ verteilt sich in der Parallelschaltung aus Voltmeter und Draht, dort liegt

$U_p = 0,5 \text{ V}$ an. Das ergibt für den Ersatzwiderstand der Parallelschaltung: $R_p = \frac{0,5}{0,009} \Omega$.

Andererseits gilt für die Parallelschaltung:

$$\frac{1}{R_D} + \frac{1}{R_V} = \frac{1}{R_p} \Rightarrow \frac{1}{R_D} = \frac{1}{R_p} - \frac{1}{R_V} = \left(\frac{0,009}{0,5} - \frac{1}{500} \right) \frac{1}{\Omega} = \left(\frac{9}{500} - \frac{1}{500} \right) \frac{1}{\Omega} = \frac{8}{500} \frac{1}{\Omega}$$

Damit erhält man den Drahtwiderstand zu $62,5 \Omega$.

Aus Schaltung II folgert man:

Über das Amperemeter fließt ein Strom der Stärke 12 mA . Also fällt dort die Spannung $5 \Omega \cdot 0,012 \text{ A} = 0,06 \text{ V}$ ab. An der Reihenschaltung aus Draht und Amperemeter liegen

$0,81 \text{ V}$ ab, daher entfallen auf den Draht $U_{Dr} = 0,81 \text{ V} - 0,06 \text{ V} = 0,75 \text{ V}$. Das führt zu einem

Drahtwiderstand $R_D = \frac{0,75 \text{ V}}{0,012 \text{ A}} = 62,5 \Omega$.

- b) Welche Widerstandswerte ergeben sich für den Draht PQ, wenn man das Ohmsche Gesetz auf die Messwerte direkt anwendet, ohne die Innenwiderstände der Messgeräte zu beachten? Welchen prozentualen Fehler macht man in jedem Fall?

Für Schaltung I: $R_{Dr} = \frac{U}{I} = \frac{0,5 \text{ V}}{0,009 \text{ A}} \approx 55,56 \Omega$

Das ist eine Abweichung von $\Delta R = 6,94 \Omega$ und ergibt einen Fehler von

$$\frac{6,94}{62,5} \cdot 100\% \approx 11,1\%$$

Für Schaltung II: $R_{Dr} = \frac{U}{I} = \frac{0,81 \text{ V}}{0,012 \text{ A}} = 67,5 \Omega$

Das ist eine Abweichung von $\Delta R = 5 \Omega$ und ergibt einen Fehler von $\frac{5}{67,5} \cdot 100\% \approx 7,4\%$

- c) Welche Forderungen muss man an die Widerstände der Messinstrumente bei jeder Schaltung stellen, damit dieser prozentuale Fehler vernachlässigt werden kann?

Das Amperemeter wird in Reihe geschaltet, daher muss der Innenwiderstand klein sein, damit die Stromstärke durch das Messgerät kaum verringert wird.

Das Voltmeter muss parallel geschaltet werden, damit es die gleiche Spannung anzeigt, die auch am Lastwiderstand anliegt. Aber sein Innenwiderstand muss möglichst groß sein, damit durch den Parallelzweig nur ein schwacher Strom fließt.

- Welche der beiden Schaltungen I oder II ist zu verwenden, wenn das Voltmeter 20.000Ω Widerstand und das Amperemeter 5Ω Widerstand besitzt?

Für die Beantwortung stelle ich folgende Berechnung an:

Ich lege eine selbst gewählte Spannung von 1 Volt an. Da ich nun den Draht-Widerstand $62,5 \Omega$ kenne, kann ich berechnen, welche Werte die beiden Messgeräte anzeigen. Aus diesen berechne ich dann den Fehler, der entsteht, wenn man die Innenwiderstände ignoriert.

Schaltung I:

Parallelwiderstand: $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_v} + \frac{1}{R_{Dr}} = \left(\frac{1}{20.000} + \frac{1}{62,5} \right) \frac{1}{\Omega} = \frac{20.062,5}{20.000 \cdot 62,5} \frac{1}{\Omega} \Rightarrow R_p \approx 62,305 \Omega$

Gesamtwiderstand: $R_{ges} = R_p + R_A = 62,305 \Omega + 5 \Omega \approx 67,3 \Omega$

Angezeigte Stromstärke im Amperemeter: $I_A = \frac{U}{R_{ges}} \approx \frac{1 \text{ V}}{67,3 \Omega} \approx \boxed{0,01486 \text{ A}}$

Spannungsabfall am Amperemeter: $U_A = 5 \Omega \cdot 0,01486 \text{ A} = 0,0743 \text{ V}$

Restspannung am Parallelzweig und daher auch am Voltmeter:

Angezeigte Spannung: $U_v = 1 \text{ V} - 0,075 \text{ V} = \boxed{0,9257 \text{ V}}$

Berechnung des Draht-Widerstandes aus den Messwerten $0,015 \text{ A}$ und $0,925 \text{ V}$ ohne

Berücksichtigung der Innenwiderstände der Messgeräte: $R_D = \frac{U}{I} = \frac{0,9257}{0,01486} \Omega \approx \boxed{62,295 \Omega}$

Schaltung II: Gesamtwiderstand:

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_v} + \frac{1}{R_D + R_A} = \left(\frac{1}{20.000} + \frac{1}{67,5} \right) \frac{1}{\Omega} = \frac{20.067,5}{20.000 \cdot 67,5} \frac{1}{\Omega} \Rightarrow R_{ges} = 67,273 \Omega$$

Das Voltmeter zeigt 1 Volt an. Angezeigte Stromstärke: $I = \frac{1 \text{ V}}{67,273 \Omega} = 0,01486 \text{ A}$

Ohmsches Gesetz: $R_{D+A} = \frac{1 \text{ V}}{0,01486 \text{ A}} \approx \boxed{67,29 \Omega}$

Ergebnis: Schaltung II ist ungünstiger, weil die angezeigte Spannung sich auf Draht und Amperemeter bezieht. Der Strom durch den Draht ist daher schwächer und R_D wird zu groß.