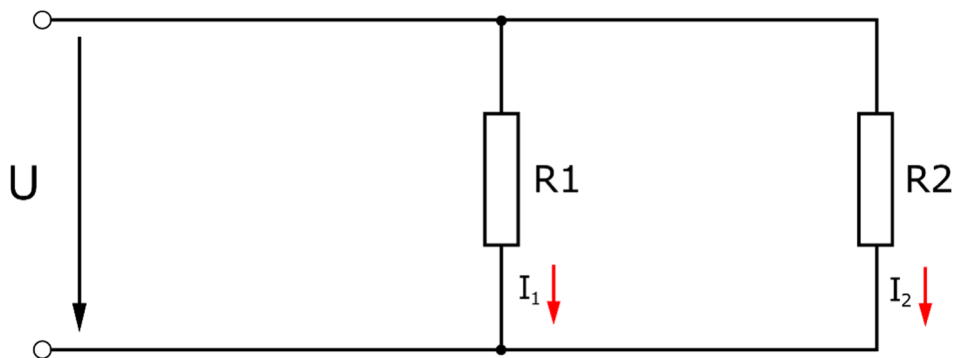


Aufgabe 1

Gegeben sei die folgende Schaltung:



Sie haben die Information, dass R_1 doppelt so groß ist wie R_2 . Sie wissen auch, dass der Gesamtstrom in der Schaltung 4,8 A beträgt. Die Spannungsquelle liefert 60 V Gleichstrom

- Wie groß ist der Widerstandswert von R_2 ?
- Angenommen Sie würden die Widerstände in Reihe schalten. Wie groß wäre der Strom in diesem Fall?

Lösung:

Zu a)

Um R_2 mit der Formel $R_2 = \frac{U}{I_2}$ berechnen zu können, müssen wir wissen, wie groß der Teilstrom I_2 ist. Da R_1 doppelt so groß ist wie R_2 , wird nur ein geringerer Anteil des Gesamtstromes von 4,8 A durch ihn hindurchfließen. Es fließen zwei Teile des Gesamtstromes durch R_2 und ein Teil des Gesamtstroms durch R_1 . Also können wir die folgende Gleichung aufstellen:

$$I_2 = \frac{I_{ges} \cdot 2}{3}$$

$$I_2 = \frac{4,8 \text{ A} \cdot 2}{3}$$

$$I_2 = 3,2 \text{ A}$$

Wir können auch gleich I_1 berechnen:

$$I_1 = \frac{I_{ges} \cdot 1}{3}$$

$$I_1 = \frac{4,8 \text{ A} \cdot 1}{3}$$

$$I_1 = 1,6 \text{ A}$$

R_2 berechnen wir nun mit der obigen Formel:

$$R_2 = \frac{U}{I_2}$$

$$R_2 = \frac{60 \text{ V}}{3,2 \text{ A}}$$

$$R_2 = 18,75 \, \Omega$$

Da R_1 doppelt so groß ist wie R_2 gilt:

$$R_1 = 2 \cdot R_2 = 2 \cdot 18,75 \, \Omega = 37,5 \, \Omega$$

Zu b)

$$R_{\text{ges}} = R_1 + R_2$$

$$R_{\text{ges}} = 37,5 \, \Omega + 18,75 \, \Omega = 56,25 \, \Omega$$

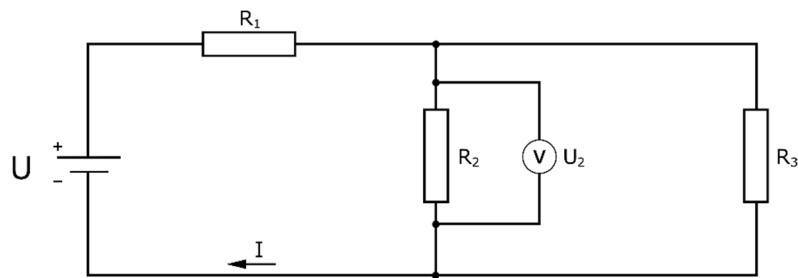
$$I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{60 \text{ V}}{56,25 \, \Omega}$$

$$I = 1,07 \text{ A}$$

Aufgabe 2

Die folgende elektrische Schaltung sei gegeben:



$$U = 230 \text{ V}$$

$$I = 0,92 \text{ A}$$

$$U_2 = 138 \text{ V}$$

$$R_3 = 600 \, \Omega$$

1. Berechnen Sie die Widerstandswerte von R_1 und R_2 .
2. Angenommen Sie würden R_1 kurzschließen (mit einem Draht überbrücken). Welcher Strom würde dann fließen?

Lösung zu 1.:

Berechnung von R_1 :

$$U_1 = U - U_2$$

$$U_1 = 230 \text{ V} - 138 \text{ V}$$

$$U_1 = 92 \text{ V}$$

$$R_1 = \frac{U_1}{I}$$

$$R_1 = \frac{92 \text{ V}}{0,92 \text{ A}}$$

$$R_1 = 100 \, \Omega$$

Berechnung von R_2 :

$$I_3 = \frac{U_2}{R_3}$$

$$I_3 = \frac{138 \text{ V}}{600 \, \Omega}$$

$$I_3 = 0,23 \text{ A}$$

Hinweis:

Wir haben I_3 berechnet, um damit I_2 berechnen zu können:

$$I_2 = I - I_3$$

$$I_2 = 0,92 \text{ A} - 0,23 \text{ A}$$

$$I_2 = 0,69 \text{ A}$$

Mit I_2 können wir nun R_2 berechnen, unser eigentliches Ziel:

$$R_2 = \frac{U_2}{I_2}$$

$$R_2 = \frac{138 \text{ V}}{0,69 \text{ A}}$$

$$R_2 = 200 \Omega$$

Lösung zu 2.:

Wir berechnen den Wert von R_{23} , der ja bei kurzgeschlossenem R_1 im Prinzip R_{ges} entspricht. Also können wir die folgende Formel aus der Formelsammlung verwenden:

$$R_{\text{ges}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

R_{23} ist ja jetzt R_{ges} , also gilt folgendes:

$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} \quad \text{Werte einsetzen}$$

$$R_{23} = \frac{200 \Omega \cdot 600 \Omega}{200 \Omega + 600 \Omega}$$

$$R_{23} = 150 \Omega$$

Wir berechnen den Strom:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230 \text{ V}}{150 \Omega} = 1,53 \text{ A}$$

Aufgabe 3

Gemäß Typenschild ist eine elektrische Maschine für den Betrieb mit einer Spannung von 230 V und einem Strom von 8 A ausgelegt. Da sich die Maschine in einer etwas weiter entfernten Halle befindet, wird ein Kabel mit einer Länge von 38 m verwendet. Die Leitung im Kabel besteht aus Kupfer und hat einen Leiterquerschnitt von 2,9 mm².

- Welchen Widerstand hat das Gerät gemäß den Angaben des Typenschildes?
- Berechnen Sie den Widerstand der Anschlussleitung und den Spannungsfall an der Anschlussleitung.
- Wie groß ist die Klemmenspannung?
- An der Anschlussleitung soll der Spannungsfall nicht größer als 5 % der Bemessungsspannung sein. Überprüfen Sie, ob diese Toleranzvorgabe eingehalten wird.

Lösung zu a):

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

$$R = \frac{230 \text{ V}}{8 \text{ A}}$$

$$R = 28,75 \Omega$$

Lösung zu b):

$$R_L = \frac{\rho \cdot L}{A} \quad \text{Werte einsetzen}$$

$$R_L = \frac{0,0179 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 76 \text{ m}}{2,9 \text{ mm}^2}$$

NR: 38 m · 2 = 76 m (da Hin- und Rückleitung!)

$$R_L = 0,47 \Omega$$

Der Widerstand der Anschlussleitung beträgt 0,47 Ω.

$$R_{\text{ges}} = R_L + R_{\text{Maschine}}$$

$$R_{\text{ges}} = 0,47 \Omega + 28,75 \Omega$$

$$R_{\text{ges}} = 29,22 \Omega$$

$$I = \frac{U}{R_{\text{ges}}}$$

$$I = \frac{230 \text{ V}}{29,22 \Omega}$$

$$I = 7,87 \text{ A}$$

$$U_L = R_L \cdot I$$

$$U_L = 0,47 \, \Omega \cdot 7,87 \, A$$

$$U_L = 3,7 \, V$$

Der Spannungsfall an der Anschlussleitung beträgt 3,7 V.

Lösung zu c)

Mit Klemmenspannung ist diejenige Spannung gemeint, die wir an den Anschlüssen der elektrischen Maschine messen können.

$$U_{\text{Klemme}} = U_{\text{ges}} - U_L$$

$$U_{\text{Klemme}} = 230 \, V - 3,7 \, V$$

$$U_{\text{Klemme}} = 226,3 \, V$$

Lösung zu d):

Wir berechnen den zulässigen Spannungsfall. Dieser beträgt maximal 5% der Bemessungsspannung. Die Bemessungsspannung für das Gerät sind 230 V.

$$\Delta U_{\text{zul}} = U \cdot 0,05$$

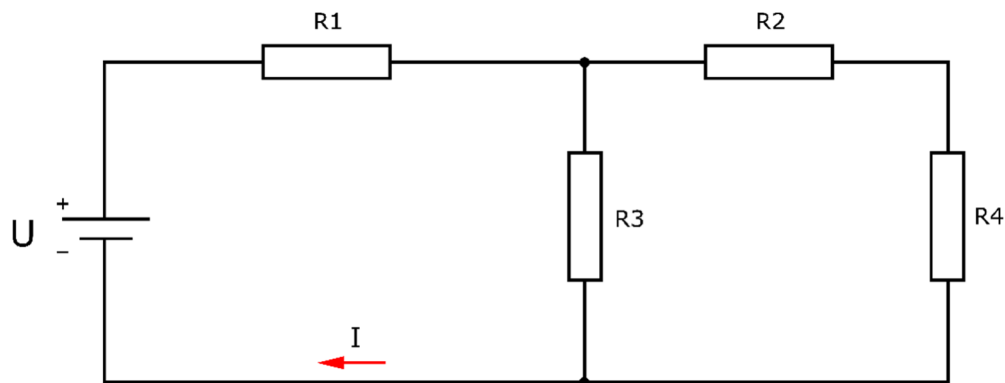
$$\Delta U_{\text{zul}} = 230 \, V \cdot 0,05$$

$$\Delta U_{\text{zul}} = 11,5 \, V$$

Der zulässige maximale Spannungsfall beträgt 11,5 V. Der tatsächliche Spannungsfall liegt mit 3,7 V deutlich darunter, somit wird die Toleranzvorgabe eingehalten.

Aufgabe 4

Gegeben sei die nachfolgend dargestellte gemischte Schaltung. Sie ist an eine Spannungsquelle von 230 V angeschlossen.



Folgende Werte sind bekannt:

$$U = 230 \text{ V}$$

$$R_1 = 200 \, \Omega$$

$$R_2 = 100 \, \Omega$$

$$R_3 = 400 \, \Omega$$

$$R_4 = 1100 \, \Omega$$

- a) Berechnen Sie den Gesamtstrom.
- b) Welche Spannung fällt an R_4 ab?

Lösung zu a):

Wir berechnen den Strom mit der Formel:

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

Da es sich aber um den Gesamtstrom handelt, benötigen wir auch den Gesamtwiderstand. Diesen müssen wir schrittweise berechnen. Zuerst berechnen wir den Reihenwiderstand von R_2 und R_4 und nennen ihn R_{24} . Da R_2 und R_4 in Reihe sind, können wir sie einfach addieren:

$$R_{24} = R_2 + R_4$$

$$R_{24} = 100 \, \Omega + 1100 \, \Omega$$

$$R_{24} = 1200 \, \Omega$$

Zu diesem gemeinsamen Widerstand R_{24} ist R_3 parallelgeschaltet. Wir berechnen also den gemeinsamen Widerstand aus R_{24} und R_3 und nennen ihn R_{234} . Wir verwenden die Formel für parallele Widerstände:

$$\frac{1}{R_{234}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_{24}}$$

Werte einsetzen

$$\frac{1}{R_{234}} = \frac{1}{400 \, \Omega} + \frac{1}{1200 \, \Omega}$$

$$R_{234} = 300 \, \Omega$$

Zum Widerstand R_{234} ist R_1 noch in Reihe geschaltet. Wir bekommen den Gesamtwiderstand, indem wir R_{234} und R_1 addieren:

$$R_{ges} = R_{234} + R_1 \quad \text{Werte einsetzen}$$

$$R_{ges} = 300 \, \Omega + 200 \, \Omega$$

$$R_{ges} = 500 \, \Omega$$

Jetzt können wir den Gesamtstrom berechnen:

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{Werte einsetzen}$$

$$I = \frac{230 \, V}{500 \, \Omega}$$

$$I = 0,46 \, A$$

Lösung zu b):

Um den Spannungsabfall von R_4 zu berechnen, benötigen wir die Spannung, die an der Widerstandsgruppe R_{234} abfällt.

$$U_1 = R_1 \cdot I$$

$$U_1 = 200 \, \Omega \cdot 0,46 \, A$$

$$U_1 = 92 \, V$$

$$U_{234} = U - U_1$$

$$U_{234} = 230 \, V - 92 \, V$$

$$U_{234} = 138 \, V$$

Wir benötigen den Teilstrom I_{34} :

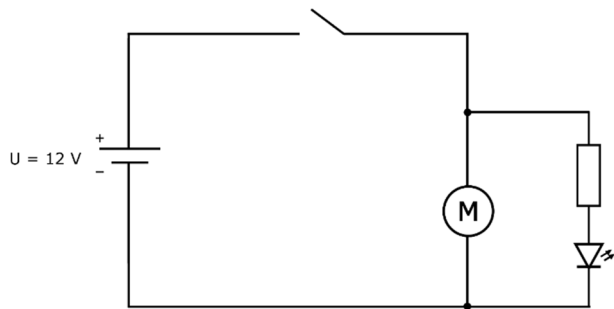
$$I_{24} = \frac{U_{234}}{R_{24}} = \frac{138 \, V}{1200 \, \Omega} = 0,115 \, A$$

Wir berechnen den Spannungsabfall an R_4 :

$$U_4 = R_4 * I_{34} = 1100 \, \Omega * 0,115 \, A = 126,5 \, V$$

Aufgabe 5

Für einen Elektromotor soll eine LED als Meldeleuchte eingesetzt werden. Läuft der Motor, dann geht auch die LED an.



Der Motor wird mit 12 V betrieben. Für die LED wäre aber eine Spannung von 12 V zu hoch, da sie für 2,5 V und 20 mA ausgelegt ist. Sie würde durchbrennen, sobald der Schalter umgelegt wird.

Man schaltet einen Vorwiderstand vor die LED, um diese zu schützen.

Berechnen Sie, welchen Widerstandswert der Vorwiderstand haben muss und seine zugehörige Teilspannung.

Lösung:

Da es sich um eine Parallelschaltung handelt, liegen am Motor und an dem zweiten Strang (mit Widerstand und LED) die gleiche Spannung von 12 V an.

Vorwiderstand und LED aber sind in Reihe geschaltet, sodass sich die Spannung auf die beiden aufteilt.

Im Text steht, dass die LED mit 2,5 V arbeitet, das bedeutet, dass an ihr diese Spannung abfällt, bzw. der Vorwiderstand so beschaffen sein soll, dass an ihr 2,5 V abfallen. Am Vorwiderstand müssen dann also $12\text{ V} - 2,5\text{ V} = 9,5\text{ V}$ abfallen.

Der Teilstrom dieses Stranges ist gegeben mit $I = 20\text{ mA}$, das sind $0,02\text{ A}$.

Jetzt können wir die Werte $I = 0,02$ und $U = 9,5\text{ V}$ verwenden, um die Größe des Vorwiderstandes zu berechnen.

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{umformen nach } R$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{9,5\text{ V}}{0,02\text{ A}} = 475\ \Omega$$

Der Vorwiderstand muss $475\ \Omega$ haben, damit in dem rechten Strang 20 mA fließen und eine Spannung von 2,5 V an der LED anliegen.

Aufgabe 6

Ein Heizgerät arbeitet mit einer Spannung von 230 V. Sie führen eine Widerstandsmessung an der Heizwicklung durch und ermitteln einen Wert von $32,6 \, \Omega$.

- Um das Heizgerät in einem weit entfernten Raum zu betreiben, verwenden Sie ein sehr langes Verlängerungskabel. Dadurch liegen am Heizgerät nur noch 92 % der Anschlussspannung an. Erklären Sie, warum das so ist.
- Berechnen Sie die Stromstärke der Schaltung.

Lösung zu a):

Ein sehr langes Kabel hat einen entsprechend hohen Widerstandswert. Dadurch fällt an dem Kabel eine bestimmte Spannung ab, sodass im Umkehrschluss ein kleinerer Teil der Spannung am Heizgerät abfällt.

Dass am Heizgerät nur noch 92 % der Anschlussspannung anliegen, liegt am **Spannungsabfall** über das Verlängerungskabel. Jedes Kabel besitzt einen eigenen, wenn auch geringen, elektrischen Widerstand (R_{Kabel}).

Das Heizgerät und das Verlängerungskabel bilden eine Reihenschaltung. Die Gesamtspannung (U_{Gesamt}) der Steckdose teilt sich daher auf den Widerstand des Kabels und den Widerstand des Heizgeräts auf:

$$U_{\text{Gesamt}} = U_{\text{Kabel}} + U_{\text{Heizgerät}}$$

Ein Teil der Spannung fällt also am Widerstand des Kabels ab. Je länger und dünner das Kabel ist, desto höher ist sein Widerstand und desto größer ist der Spannungsabfall. Dies führt dazu, dass die Spannung am Ende des Kabels (also am Heizgerät) niedriger ist.

Lösung zu b):

Wir berechnen 8 % der Spannung:

$$0,08 \cdot 230 \, \text{V} = 18,4 \, \text{V}$$

Wir ziehen den Wert von der ursprünglichen Spannung ab:

$$U_{\text{Heizgerät}} = 230 \, \text{V} - 18,4 \, \text{V}$$

$$U_{\text{Heizgerät}} = 211,6 \, \text{V}$$

Wir berechnen den neuen Strom:

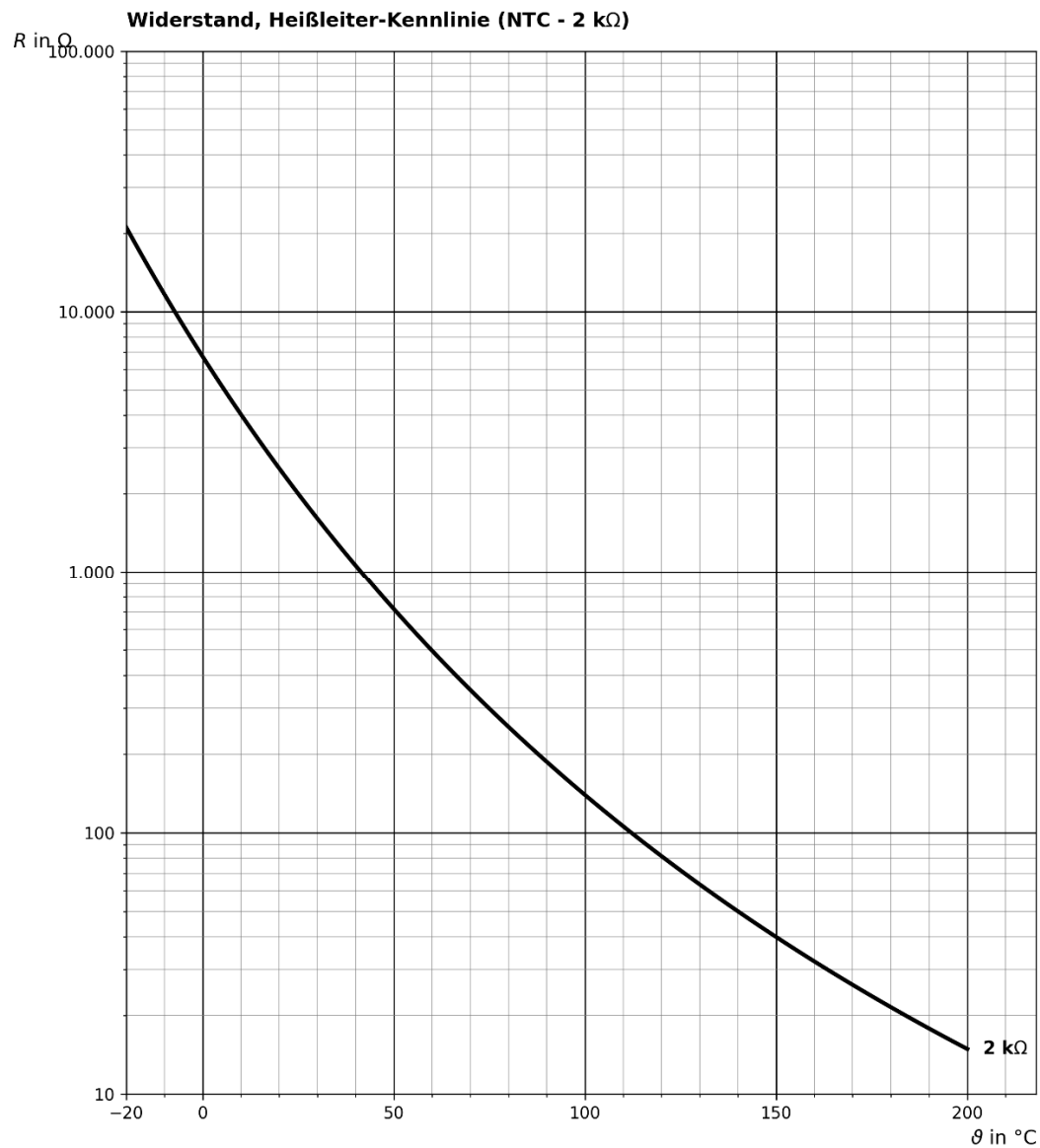
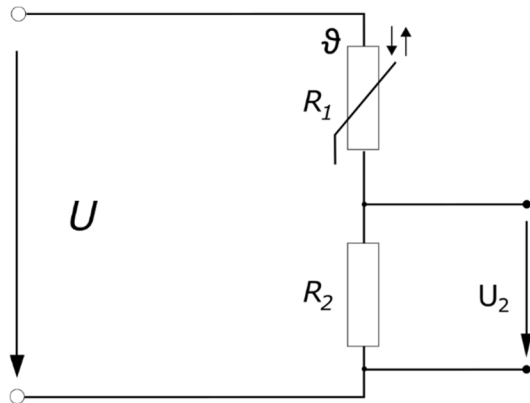
$$I = \frac{U_{\text{Heizgerät}}}{R_{\text{Heizgerät}}}$$

$$I = \frac{211,6 \, \text{V}}{32,6 \, \Omega}$$

$$I = 6,49 \, \text{A}$$

Aufgabe 7

Die zwei Widerstände R_1 und R_2 sind in Reihe geschaltet. Die Spannungsquelle liefert 120 V Gleichspannung. R_1 ist temperaturabhängig und hat einen Kennwert von 2 k Ω . Der Widerstand R_2 ist ein Festwiderstand und hat einen Wert von 100 Ω .



a) Wie groß ist R_1 bei einer Temperatur von 75 $^{\circ}\text{C}$?

- b) Welche Spannung U_2 lässt sich messen, wenn R_1 einer Temperatur von 75 °C ausgesetzt ist?
c) Wie wird sich die Spannung U_2 verändern, wenn die Temperatur steigt?

Lösung zu a):

R_1 hat bei 75 °C einen Widerstandswert von $300\text{ }\Omega$.

Lösung zu b):

$$R_{\text{ges}} = R_1 + R_2$$

$$R_{\text{ges}} = 300\text{ }\Omega + 100\text{ }\Omega$$

$$R_{\text{ges}} = 400\text{ }\Omega$$

$$\frac{U_2}{U_{\text{ges}}} = \frac{R_2}{R_{\text{ges}}} \quad \text{umformen nach } U_2$$

$$U_2 = \frac{R_2 \cdot U_{\text{ges}}}{R_{\text{ges}}}$$

$$U_2 = \frac{100\text{ }\Omega \cdot 120\text{ V}}{400\text{ }\Omega}$$

$$U_2 = 30\text{ V}$$

Man kann auch zunächst I berechnen mit:

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

$$I = \frac{120\text{ V}}{400\text{ }\Omega} = 0,3\text{ A}$$

Und dann mit dem ohmschen Gesetz U_2 berechnen:

$$U_2 = R_2 \cdot I$$

$$U_2 = 100\text{ }\Omega \cdot 0,3\text{ A}$$

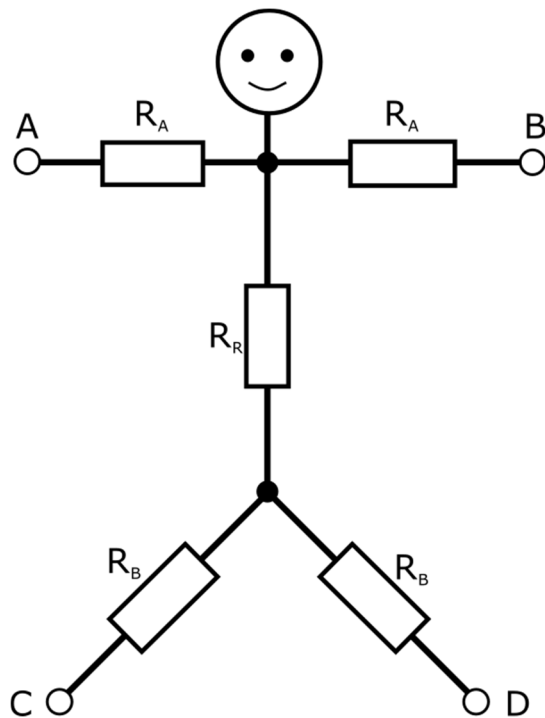
$$U_2 = 30\text{ V}$$

Lösung zu c):

Wenn die Temperatur steigt, wird der Widerstand von R_1 kleiner und es fällt ein größerer Teil der Spannung an R_2 ab, d.h. die Spannung U_2 wird größer.

Aufgabe 8

Strom kann für den Menschen gefährlich werden. Deshalb sollen Sie mögliche Stromflüsse durch den menschlichen Körper untersuchen.



$$R_A = 1200 \, \Omega$$

$$R_B = 1600 \, \Omega$$

$$R_R = 400 \, \Omega$$

$$U = 60 \, \text{V}$$

- Wie groß ist die Stromstärke, wenn der Strom von A nach B fließt?
- Angenommen die Stromquelle wird mit beiden Händen berührt, sodass der Strom von AB (also durch beide Arme), über den Rumpf, nach CD (durch beide Beine) fließt. Wie groß ist in diesem Fall die Gesamtstromstärke?
- Die Widerstände R_A , R_B und R_R sind vom Aufgabensteller angenommene Werte, die in der Realität durchaus abweichen können. Nennen Sie einige Faktoren, die den Gesamtwiderstand und somit die Gesamtstromstärke beeinflussen können.

Lösung:

Zu a)

Wenn der Strom von A nach B fließt, dann haben wir eine Reihenschaltung bestehend aus den beiden Widerständen R_A und R_A . Diese müssen wir einfach nur addieren und anschließend die Stromstärke berechnen.

$$R = R_A + R_A = 1200 \, \Omega + 1200 \, \Omega$$

$$R = 2400 \, \Omega$$

Wir berechnen den Strom mit der Formel $I = \frac{U}{R}$

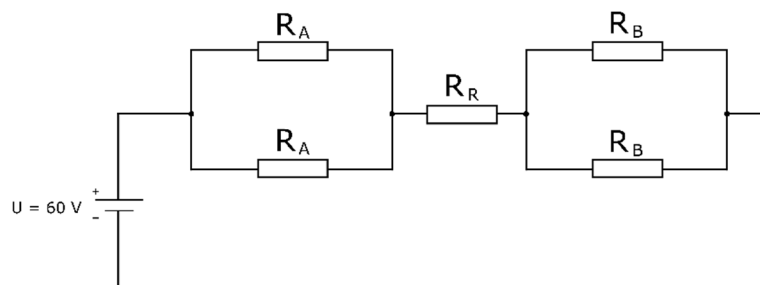
$$I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{60 \, V}{2400 \, \Omega}$$

$$I = 0,025 \, A$$

Zu b)

Um uns zu verdeutlichen wie der Strom hier fließt vereinfachen wir es uns ein wenig und zeichnen eine Schaltung, die den Stromfluss veranschaulicht.



Wir berechnen nun zuerst den Ersatzwiderstand der Parallelschaltung R_A und R_A :

$$R_{\text{Ers,AA}} = \frac{R_A \cdot R_A}{R_A + R_A} = \frac{1200 \, \Omega \cdot 1200 \, \Omega}{1200 \, \Omega + 1200 \, \Omega} = 600 \, \Omega$$

Jetzt berechnen wir den Ersatzwiderstand für R_B und R_B :

$$R_{\text{Ers,BB}} = \frac{R_B \cdot R_B}{R_B + R_B} = \frac{1600 \, \Omega \cdot 1600 \, \Omega}{1600 \, \Omega + 1600 \, \Omega} = 800 \, \Omega$$

Jetzt berechnen wir den Gesamtwiderstand:

$$R_{\text{ges}} = R_{\text{Ers,AA}} + R_R + R_{\text{Ers,BB}}$$

$$R_{\text{ges}} = 600 \, \Omega + 400 \, \Omega + 800 \, \Omega$$

$$R_{\text{ges}} = 1800 \, \Omega$$

Da wir jetzt den Gesamtwiderstand haben berechnen wir die Gesamtstromstärke mit der Formel $I = \frac{U}{R}$

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

$$I = \frac{60 \text{ V}}{1800 \Omega}$$

$$I = 0,03 \text{ A}$$

Zu c)

- Strom wird größer bzw. Widerstand kleiner, wenn die Hände feucht sind
- Strom wird kleiner, bzw. Widerstand größer, wenn man Schutzkleidung, zum Beispiel Schuhe mit dicker Gummisohle trägt und wenn man Handschuhe trägt.
- Ein feuchter Fußboden leitet den Strom besser, dadurch wird der Widerstand insgesamt kleiner und der Strom, der durch den Menschen fließt größer.

Aufgabe 9

In einem Produktionsbetrieb soll ein Wassertank mithilfe einer elektrischen Heizung erwärmt werden. Der Tank enthält 150 Liter Wasser, das zunächst eine Temperatur von 20 °C besitzt. Das Wasser soll bis zum Erreichen der Siedetemperatur erhitzt werden.

Die elektrische Heizung besteht aus drei gleich großen Heizwiderständen, die in Dreieckschaltung betrieben werden. Die Heizung wird an ein Drehstromnetz mit einer Außenleiterspannung von 400 Volt angeschlossen.

Für die Berechnungen ist davon auszugehen, dass die gesamte elektrische Energie vollständig in Wärmeenergie des Wassers umgewandelt wird. Wärmeverluste an die Umgebung werden vernachlässigt.

- a) Berechnen Sie die Wärmemenge, die benötigt wird, um das Wasser von 20 °C auf 100 °C zu erhitzen.
- b) Jeder Heizwiderstand soll von einem Strom von 8 A durchflossen werden. Berechnen Sie den erforderlichen Widerstandswert eines einzelnen Heizwiderstands.

Lösung:

a) $Q = m * c * \Delta T$

$$Q = 150 \text{ kg} * 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}} * 80 \text{ K} = 50\,160 \text{ kJ}$$

b) $I_{Str} = \frac{U_{Str}}{R}$ umformen nach R

$$R = \frac{U_{Str}}{I_{Str}} = \frac{400 \text{ V}}{8 \text{ A}} = 50 \, \Omega$$

Hinweis: $U = U_{Str}$

