

16 Übungen gemischte Schaltungen

16.1 Aufgabe Gemischt 1 (Labor)

- a) Berechne alle Ströme und Spannungen und messe diese nach!

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \rightarrow R_{23} = 1,939\text{k}\Omega$$

$$R_{\text{ges}} = R_1 + R_{23} = 4,139\text{k}\Omega$$

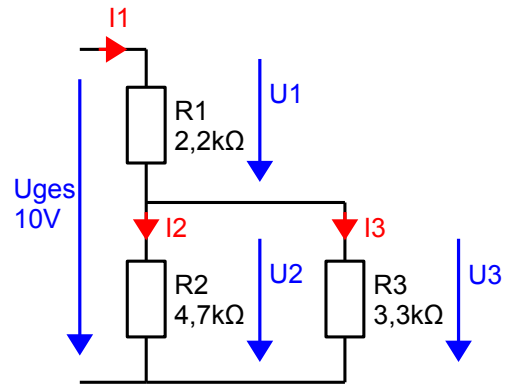
$$I_{\text{ges}} = \frac{U_{\text{ges}}}{R_{\text{ges}}} = 2,416\text{mA} = I_1$$

$$U_1 = R_1 \cdot I_1 = 5,32\text{V}$$

$$U_2 = U_3 = U_{\text{ges}} - U_1 = 4,68\text{V}$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = 0,996\text{mA}$$

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = 1,42\text{mA} \quad \text{oder} \quad I_3 = I_1 - I_2 = 1,42\text{mA}$$



- b) Wie ändern sich I_1 und U_2 , wenn zu R_3 ein $1\text{k}\Omega$ -Widerstand parallel geschaltet wird?
Messung und Begründung (Wirkungskette).

$$1\text{k}\Omega \text{ parallel zu } R_3 \rightarrow R_{234} \downarrow \rightarrow R_{\text{ges}} \downarrow \rightarrow I_1 = I_{\text{ges}} \uparrow \rightarrow U_1 \uparrow \rightarrow U_2 \downarrow$$

In Worten: Durch die Parallelschaltung eines $1\text{k}\Omega$ -Widerstandes zu R_3 erniedrigt sich der sich daraus ergebende Widerstand R_{234} . Daher sinkt auch R_{ges} ($R_1 + R_{234}$).

Der Gesamtstrom steigt ($I_{\text{ges}} = U_{\text{ges}} / R_{\text{ges}}$) und der Spannungsabfall am Widerstand R_1 steigt ebenfalls ($U_{R1} = R_1 \cdot I_{\text{ges}}$).

Da die Gesamtspannung konstant bleibt, muss U_2 sinken ($U_2 = U_{\text{ges}} - U_1$).

16.2 Aufgabe Gemischt 2 (Labor)

a) Berechne alle Ströme und Spannungen und messe diese nach!

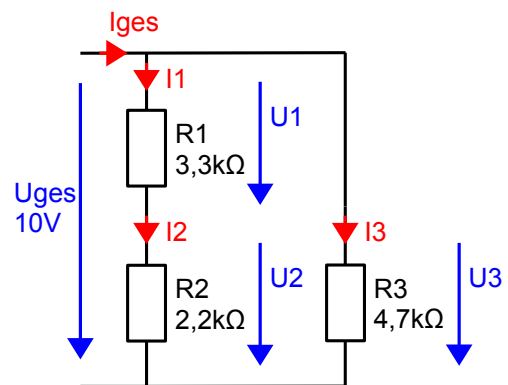
$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = 2,128 \text{ mA}$$

$$R_{23} = R_1 + R_2 = 5,5 \text{ k}\Omega$$

$$I_1 = I_2 = I_{23} = \frac{U_{23}}{R_{23}} = \frac{10 \text{ V}}{5,5 \text{ k}\Omega} = 1,818 \text{ mA}$$

$$U_1 = R_1 \cdot I_1 = 6 \text{ V}$$

$$U_2 = U_{ges} - U_1 = 4 \text{ V}$$



b) Wie ändert sich I_1 wenn man einen $1 \text{ k}\Omega$ -Widerstand in Reihe zu R_1 und R_2 schaltet?
 Messung und Begründung (Wirkungskette)

$1 \text{ k}\Omega$ in Reihe zu $R_{12} \rightarrow R_{124} \uparrow \rightarrow I_1 \downarrow$

(I_3 bleibt unverändert)

c) Wie ändert sich I_1 wenn man einen $1 \text{ k}\Omega$ -Widerstand parallel zu R_3 schaltet?
 Messung und Begründung (Wirkungskette).

$1 \text{ k}\Omega$ parallel zu $R_3 \rightarrow I_1$ ändert sich nicht, da sich weder U_{ges} noch R_{12} ändern.

16.3 Aufgabe Gemischt 3

Zwei Lampen mit den Nennwerten $12 \text{ V} / 160 \text{ mA}$ werden parallel geschaltet. In Reihe dazu schaltet man einen Vorwiderstand R_v . Die Gesamtschaltung wird an 15 V angeschlossen.

a) Skizziere die Schaltung

b) Berechne R_v so, dass die Lampen mit ihren Nennwerten betrieben werden. Ist es ausreichend, wenn man einen $1/2 \text{ W}$ -Widerstand verwendet?

$$I_R = 2 \cdot 160 \text{ mA} = 320 \text{ mA}$$

$$U_R = 15 \text{ V} - U_L = 3 \text{ V}$$

$$R_v = \frac{U_R}{I_R} = 9,04 \Omega$$

$$P_v = U_R \cdot I_R = 0,996 \text{ W}$$

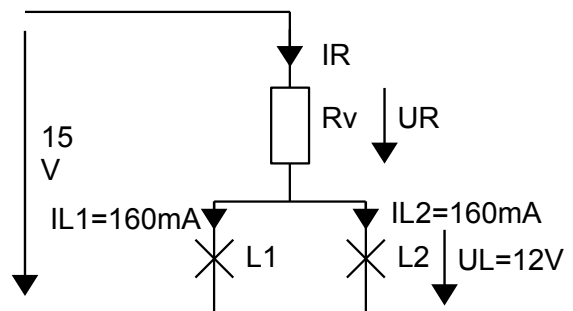
ein $1/2 \text{ W}$ -Widerstand ist nicht ausreichend.

c) Was passiert, wenn eine Lampe defekt ist? Gib eine Erklärung.

Für eine Lampe braucht man einen Widerstand von

$$R_v = \frac{3 \text{ V}}{160 \text{ mA}} = 18,75 \Omega$$

Daher ist der vorhandene Widerstand zu klein, die Lampe erhält einen zu großen Strom, und an ihr liegt eine zu große Spannung an.



16.4 Aufgabe Gemischt 4

- a) Welche 7 Gesamtwiderstandswerte lassen sich aus 1 bis 3 gleichen 1kΩ-Widerständen durch beliebige Reihen- und Parallelschaltung herstellen?
Fertige 7 kleine Schaltungsskizzen an und berechne jeweils die Gesamtwiderstände.
- b) Zeichne bei allen Widerständen von a) die Größe der anliegenden Spannungen und die Größe der fließenden Ströme ein. Die Gesamtspannung beträgt in allen Fällen 10V.

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{10V}{1k} \Omega = 10mA$$

$$R_{ges} = R_1 + R_2 = 2k\Omega$$

$$I_{ges} = \frac{U_{ges}}{R_{ges}} = \frac{10V}{2k} \Omega = 5mA$$

$$U_{R1} = U_{R2} = 5V$$

$$R_{ges} = R_1 + R_2 + R_3 = 3k\Omega$$

$$I_{ges} = \frac{U_{ges}}{R_{ges}} = \frac{10V}{3k} \Omega = 3,33mA$$

$$U_{R1} = U_{R2} = U_{R3} = R_3 \cdot I_{ges} = 3,33V$$

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

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

$$I_1 = I_2 = 10mA$$

$$I_{ges} = I_1 + I_2 = 20mA$$

$$U_1 = U_2 = 10V$$

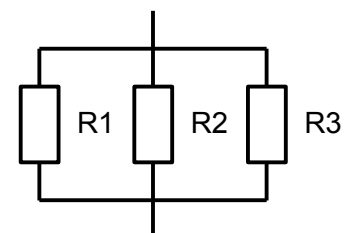
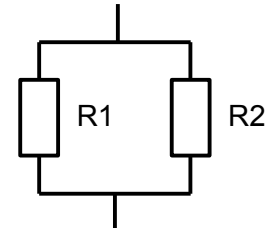
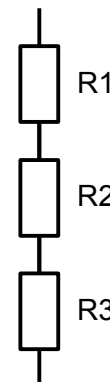
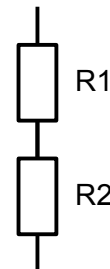
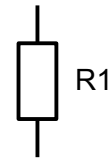
$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$R_{ges} = 333,3\Omega$$

$$I_1 = I_2 = I_3 = 10mA$$

$$I_{ges} = I_1 + I_2 + I_3 = 30mA$$

$$U_1 = U_2 = U_3 = 10V$$



$$R_{12} = R_1 + R_2 = 2\text{k}\Omega$$

$$\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_3}$$

$$R_{\text{ges}} = 666,7\Omega$$

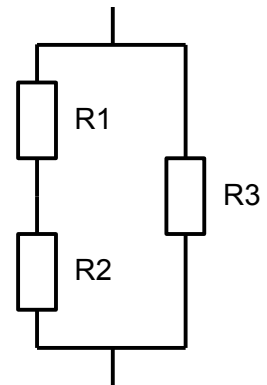
$$U_1 = U_2 = 5\text{V}$$

$$U_3 = 10\text{V}$$

$$I_{12} = 5\text{mA}$$

$$I_3 = 10\text{mA}$$

$$I_{\text{ges}} = I_{12} + I_3 = 15\text{mA}$$



$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$R_{23} = 500\Omega$$

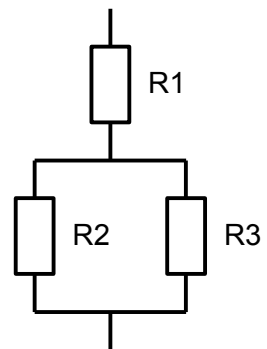
$$R_{\text{ges}} = R_{23} + R_1 = 1,5\text{k}\Omega$$

$$I_{\text{ges}} = \frac{U_{\text{ges}}}{R_{\text{ges}}} = 6,667\text{mA} = I_1$$

$$U_{R1} = R_1 \cdot I_1 = 6,67\text{V}$$

$$U_2 = U_3 = 10\text{V} - U_{R1} = 3,33\text{V}$$

$$I_2 = I_3 = \frac{I_{\text{ges}}}{2} = 3,33\text{mA} \quad \text{oder} \quad I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{3,33\text{V}}{1\text{k}\Omega} = 3,33\text{mA}$$



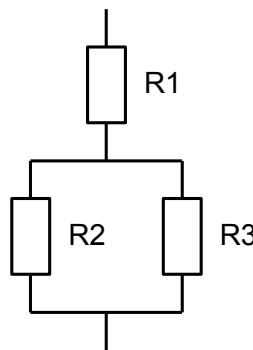
16.5 Aufgabe Gemischt 5

$$R_1 = 1\text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 2\text{ k}\Omega$$

$$R_3 = 6\text{ k}\Omega$$

$$U_{\text{ges}} = 10\text{V}$$



$$R_{23} =$$

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

$$I_1 =$$

$$I_2 =$$

$$I_3 =$$

$$U_1 =$$

$$U_2 =$$

$$U_3 =$$

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \rightarrow R_{23} = 1,5\text{k}\Omega$$

$$R_{\text{ges}} = R_{23} + R_1 = 2,5\text{k}\Omega$$

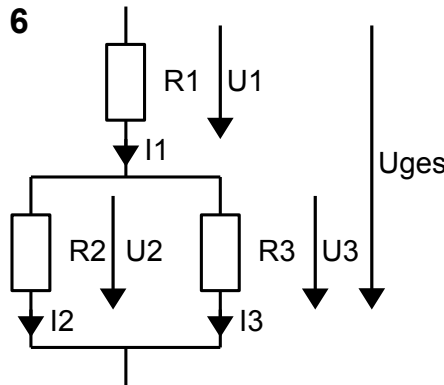
$$I_1 = I_{\text{ges}} = \frac{U_{\text{ges}}}{R_{\text{ges}}} = 4\text{mA}$$

$$U_1 = R_1 \cdot I_1 = 4\text{V} \rightarrow U_2 = U_3 = U_{\text{ges}} - U_1 = 6\text{V}$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = 3\text{mA} \rightarrow I_3 = I_1 - I_2 = 1\text{mA}$$

16.6 Aufgabe Gemischt 6

$I_1 = 2 \text{ mA}$
 $I_2 = 0,5 \text{ mA}$
 $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$
 $U_{ges} = 2 \text{ V}$



$R_3 =$
 $R_1 =$

$$U_2 = R_2 \cdot I_2 = 1 \text{ V} = U_3 \rightarrow U_1 = U_{ges} - U_2 = 1 \text{ V}$$

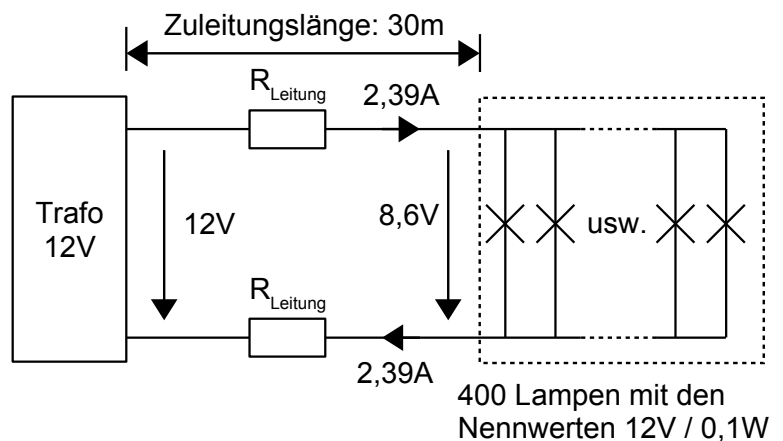
$$R_1 = U_1 / I_1 = 500 \Omega$$

$$I_3 = I_1 - I_2 = 1,5 \text{ mA}$$

$$R_3 = U_3 / I_3 = 667 \Omega$$

16.7 Weihnachtsbaumbeleuchtung mit parallel geschalteten Lampen

400 parallel geschaltete Lampen sind in 30 m Entfernung vom Trafo an einem Weihnachtsbaum angebracht. Ein Hobby-Elektriker wundert sich, warum die Lampen so „dunkel“ leuchten und geht der Sache meistechnisch auf den Grund: Direkt am Trafo-Ausgang mißt er 12V, an den Lampen jedoch nur 8,6V. In der Zuleitung fließt ein Strom von 2,39A. Annahme: Die Lampen verhalten sich wie ohm'sche Widerstände.



16.7.1 Welche Querschnittsfläche besitzt eine Ader der Kupferzuleitung? $\rho_{Cu}=0,0178 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$

$$U_{ges} = U_{Leitung} + U_{Leitung} + U_{Lampen}$$

$$U_{ges} = 2 \cdot U_{Leitung} + U_{Lampen}$$

$$\rightarrow U_{Leitung} = (U_{ges} - U_{Lampen}) / 2 = (12 \text{ V} - 8,6 \text{ V}) / 2 = 1,7 \text{ V}$$

$$R_{Leitung} = \frac{U_{Leitung}}{I_{Leitung}} = \frac{1,7 \text{ V}}{2,39 \text{ A}} = 0,7113 \Omega$$

$$R_{Leitung} = \rho_{Cu} \cdot \frac{l}{A} \rightarrow A = \rho_{Cu} \cdot \frac{l}{R_{Leitung}} = 0,0178 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{30 \text{ m}}{0,7113 \Omega} = 0,75 \text{ mm}^2$$

16.7.2 Welche Leistung gibt eine Lampe ab? (nicht 0,1W!)

16.7.3 Welche Leistung geben alle Lampen zusammen ab?

$$P_{400Lampen} = 2,39 \text{ A} \cdot 8,6 \text{ V} = 20,554 \text{ W}$$

$$P_{1Lampe} = P_{400Lampen} / 400 = 51,4 \text{ mW} \text{ (statt } 100 \text{ mW wenn die Lampen an } 12 \text{ V liegen)}$$

Andere Berechnungsmöglichkeit: Mit den Nennwerten 12V / 0,1W den Widerstand der Lampen ausrechnen. $I_{1Lampe} = 2,39A / 400$. $P_{1Lampe} = I^2 * R_{1Lampe}$ (nicht mit dem Nennwert-Strom rechnen!)

16.7.4 Der Hobby-Elektriker ersetzt die 2-adrige Zuleitung durch eine andere mit einem Querschnitt von 2 x 3mm². (2 Adern mit je 3mm² Querschnittsfläche). Welche Leistungen geben jetzt die Lampen ab? (gesucht: P_{400Lampen} und P_{1Lampe})

Achtung: Nur U_{ges} und R_{Lampe} bleiben konstant!

$$R_{Leitung} = \rho_{Cu} * \frac{l}{A} = 0,0178 \Omega \frac{mm^2}{m} * \frac{30m}{3mm^2} = 0,178 \Omega$$

$$P_{1Lampe} = \frac{U^2}{R_{1Lampe}} \rightarrow R_{1Lampe} = \frac{U^2}{P_{1Lampe}} = \frac{(12V)^2}{0,1W} = 1440 \Omega$$

$$\frac{1}{R_{400Lampen}} = \frac{1}{R_{1Lampe}} + \frac{1}{R_{1Lampe}} + \dots = \frac{400}{R_{1Lampe}} \rightarrow R_{400Lampen} = \frac{R_{1Lampe}}{400} = 3,6 \Omega$$

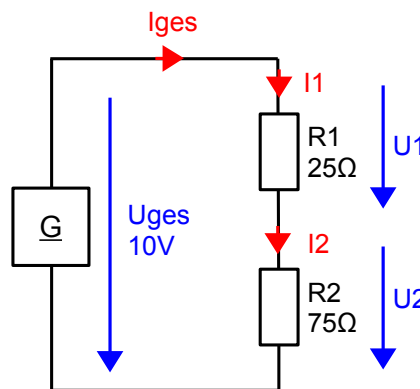
$$R_{ges} = 2 * R_{Leitung} + R_{400Lampen} = 3,956 \Omega$$

$$I_{ges} = 12V / R_{ges} = 3,033A$$

$$P_{400Lampen} = I^2 * R_{400Lampen} = 33,1W$$

$$P_{1Lampe} = P_{400Lampen} / 400 = 82,8mW \quad (\text{ideal } 100mW \text{ wenn } 12V \text{ an den Lampen anliegt})$$

16.8 Stromkreidenken



16.8.1 Woher „weiß der Strom“, wie groß er zu werden hat?

Der Strom wird bestimmt vom Gesamtwiderstand.

16.8.2 An welchem Widerstand fällt die größere Spannung ab?

Am größeren Widerstand fällt die größere Spannung ab. $U = R \cdot I$

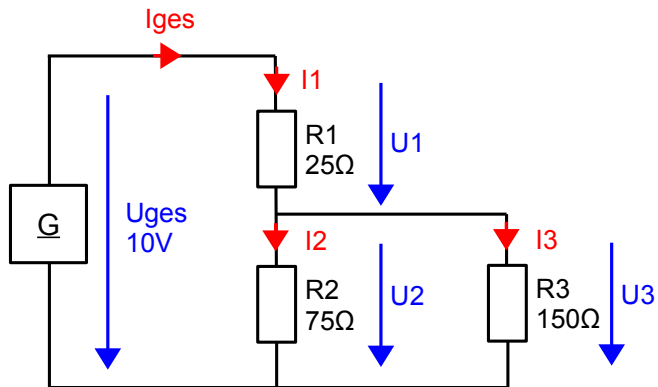
16.8.3 Woher „weiß die Spannung“ am Widerstand, wie groß sie wird?

Die Größe der Spannung ist abhängig von der Größe des Stromes und des Widerstandes.

16.8.4 Welcher Widerstand gibt mehr Wärme ab?

Der größere Widerstand hat die größere Leistung $P = U \cdot I$, daher gibt dieser auch mehr Wärme ab.

Zu R2 wird ein weiterer Widerstand R3 = 150Ω parallel geschaltet.



16.8.5 Wie ändert sich der Gesamtwiderstand?

$R_{23} \downarrow \rightarrow R_{ges} \downarrow$

16.8.6 Wie ändert sich der Gesamtstrom?

$R_{23} \downarrow \rightarrow R_{ges} \downarrow \rightarrow I_{ges} \uparrow$

16.8.7 Wie ändert sich U_1 ?

$R_{23} \downarrow \rightarrow R_{ges} \downarrow \rightarrow I_{ges} \uparrow \rightarrow U_1 \uparrow$

16.8.8 Wie ändert sich U_2 ?

$R_{23} \downarrow \rightarrow R_{ges} \downarrow \rightarrow I_{ges} \uparrow \rightarrow U_1 \uparrow \rightarrow U_2 \downarrow$

16.8.9 Was kann man über die Größe der Ströme I_1 , I_2 , I_3 sagen?

$I_1 = I_2 + I_3$

$I_{ges} = I_1 \uparrow$

$U_2 \downarrow \rightarrow I_2 \downarrow$

I_3 kommt neu dazu, daher kann es sein, dass I_2 sinkt obwohl I_1 steigt.

16.9 Autoakku mit Innenwiderstand

Der Innenwiderstand eines üblichen 12V-Blei-Akkumulators liegt im mΩ-Bereich. Er ist vom Ladezustand, der Temperatur und dem Alter des Akkus abhängig.

Die Leerlaufspannung sei $U_0 = 12V$, der Innenwiderstand $R_i = 50m\Omega$.

16.9.1 Welcher Strom fließt, wenn ein Anlasser mit $R_a = 0,3\Omega$ mit dem Akku betrieben wird?

Wie groß ist in diesem Fall die Klemmenspannung am Akku?

Fertigen Sie eine Schaltungsskizze an.

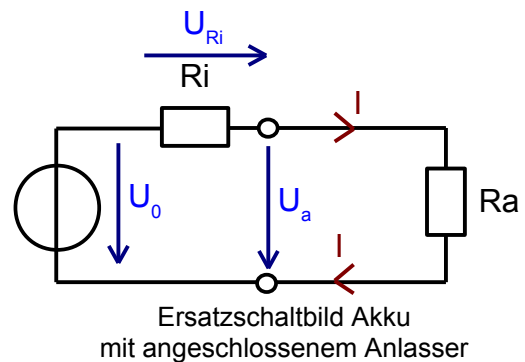
$$R_{ges} = R_i + R_a = 0,05\Omega + 0,3\Omega = 0,35\Omega$$

$$I = \frac{U_0}{R_{ges}} = \frac{12V}{0,35\Omega} = 34,29 A$$

$$U_a = R_a * I = 0,3\Omega * 34,29 A = 10,29 V$$

Das Auto mit obiger Batterie wurde schon lange nicht mehr gefahren und es ist kalt. Der Innenwiderstand ist auf 150 mΩ angestiegen.

Der Fahrer hat beim Starten fälschlicherweise die Lichtanlage des Autos (Gesamtwiderstand 1,0Ω) eingeschaltet.



16.9.2 Kann damit der Anlasser noch ordnungsgemäß betätigt werden, wenn dieser eine Mindestspannung von 9,0 V benötigt?

$$\frac{1}{R_{aLicht}} = \frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_{Licht}} = \frac{1}{0,3\Omega} + \frac{1}{1\Omega}$$

$$R_{aLicht} = 0,2308\Omega$$

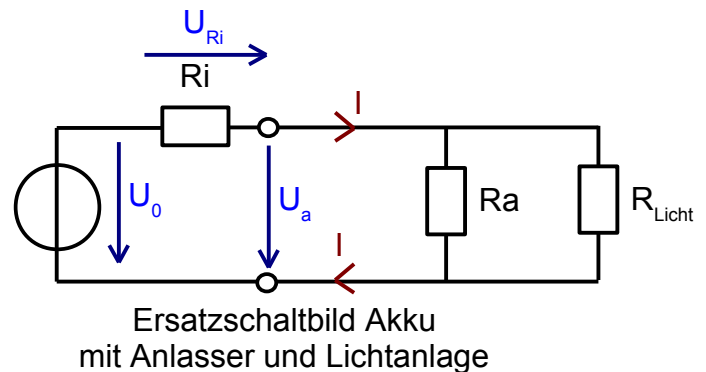
$$R_{Ges} = R_{aLicht} + R_i = 0,15\Omega + 0,2308\Omega$$

$$R_{Ges} = 0,3808\Omega$$

$$I = \frac{U_0}{R_{Ges}} = \frac{12V}{0,3808\Omega} = 31,51 A$$

$$\rightarrow U_a = R_{aLicht} * I = 0,2308\Omega * 31,51 A = 7,27 V$$

Die Spannung sinkt auf 7,27V. Der Anlasser wird nicht mehr ordnungsgemäß funktionieren.



16.10 Entladung des Autoakkus mit der Lichtanlage

Die Autolichtanlage (120W/12V) ist an den Akku (12V; Innenwiderstand $R_i = 0,010\Omega$; Ladung 45Ah) des Autos angeschlossen.

16.10.1 Wie lange würde der Scheinwerfer leuchten, wenn vergessen worden wäre ihn auszuschalten. (Annahme: $U_0=12V$ und R_i bleiben während der Entladung konstant.)