

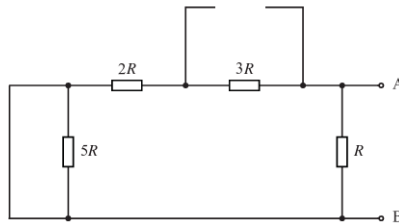
## Lösung Katalog S.9

a) Um das Ersatzschaltbild zu berechnen, müssen 2 Größen berechnet werden:

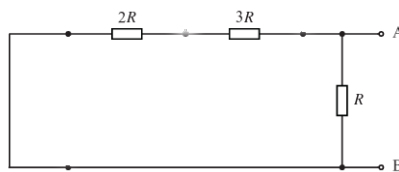
- 1) Innenwiderstand
- 2) Leerlaufspannung oder Kurzschlussstrom

1) Für die Berechnung des Innenwiderstandes werden alle Quellen zu null gesetzt.  
D.h. Spannungsquellen  $\rightarrow$  Kurzschluss, Stromquellen  $\rightarrow$  Leerlauf

**Ersatzschaltbild**



Da der  $5R$  Widerstand kurzgeschlossen ist, wird niemals Strom durch ihn hindurchfließen. Somit können wir ihn durch einen Leerlauf ersetzen.

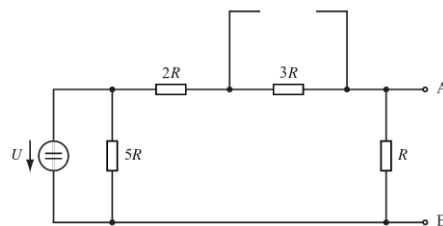


$2R$  und  $3R$  liegen Seriell, somit können sie zu einem Widerstand der Grösse  $5R$  zusammengefasst werden. Dieser Widerstand ist wiederum parallel zu  $R$ , womit wir für den gesamten Widerstand und somit  $R_E$  folgendes erhalten.

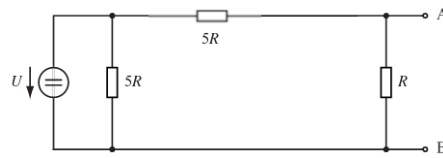
$$R_E = (2R + 3R || R) = \frac{5R^2}{6R} = \frac{5}{6} R$$

2) Nun müssen wir noch die Leerlaufspannung der Ersatzschaltung berechnen. Dazu wenden wir das Superpositionsprinzip an:

Zuerst berechnen wir die Spannung  $U_{AB}$  zwischen den Klemmen A und B in Abhängigkeit der Spannungsquelle:



Die Widerstände  $2R$  und  $3R$  sind seriell.

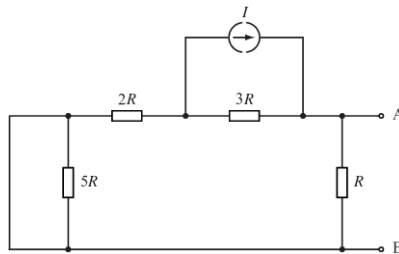


Da die Widerstände ( $5R + R$  und  $5R$ ) parallel sind, muss über beiden Ästen die Gleiche Spannung  $U$  abfallen.

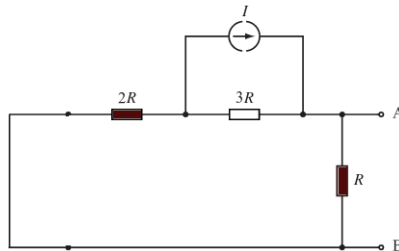
Somit können wir die Spannungsteilerregel anwenden:

$$U_{AB}^{(1)} = U \cdot \frac{R}{R+5R} = U \cdot \frac{1}{6}$$

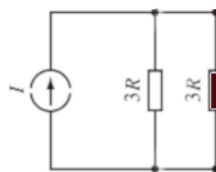
Nun müssen wir noch die Spannung  $U_{AB}^{(2)}$  in Abhängigkeit der Stromquelle berechnen:  
Dazu setzen wir die Spannungsquelle zu 0:



Der Widerstand  $R_5$  wird wieder kurzgeschlossen.



Die Widerstände  $2R$  und  $R$  können Seriell zusammengefasst werden, wodurch jedoch die Klemmen verschwinden :



Nun können wir mithilfe der Stromteilerregel den Strom durch den roten Widerstand berechnen:

$$I_{Rot} = I \frac{3R}{3R+3R} = \frac{I}{2}$$

Dieser Strom fließt durch die beiden Widerstände  $R$  und  $2R$  somit gilt für die Spannung über dem roten  $R$  Widerstand und somit für die Spannung  $U_{AB}^{(2)}$ :

$$U_{AB}^{(2)} = U_R = I_{Rot} \cdot R = \frac{I \cdot R}{2}$$

Somit gilt für die Leerlaufspannung gemäss Superposition:

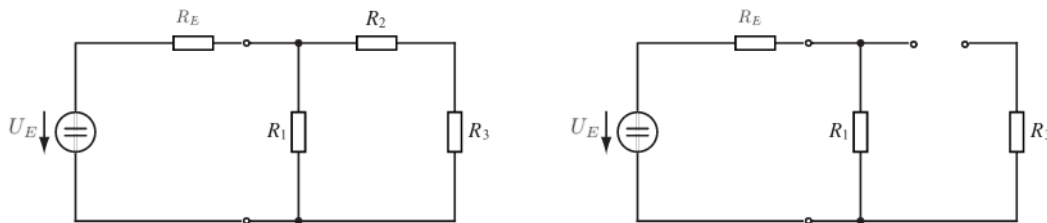
$$U_E = U_{AB}^{(1)} + U_{AB}^{(2)} = \frac{U}{6} + \frac{I \cdot R}{2}$$

b) Es gilt:  $R_E = \frac{5}{6} \cdot 12\Omega = 10\Omega$  und  $U_E = 2V + 3A \cdot 6\Omega = 20V$

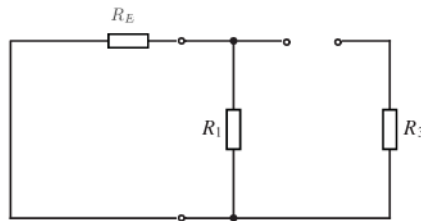
Für  $I_E$  gilt:

$$I_E = \frac{U_E}{R_E} = \frac{20V}{10\Omega} = 2A$$

c) Um die Leistung über dem Widerstand  $R_2$  zu maximiere, schliessen wir zuerst das Lastnetzwerk an unsere Ersatzquelle an und ersetzen danach den Widerstand  $R_2$  mit offenen Klemmen und formen erneut das Netzwerk zu einer realen Quelle um. Aus der Vorlesung ist bekannt, dass die Leistung über  $R_2$  genau dann maximal ist, wenn  $R_2 = R_i$  gilt, wobei  $R_i$  den Innenwiderstand gegenüber den Klemmen bezeichnet. Die Aufgabe reduziert sich als darauf, den Innenwiderstand gegenüber den Klemmen zu berechnen.



Um den Innenwiderstand zu berechnen setzen wir die Quellen zu 0 und formen das Netzwerk um, bis nur noch ein Widerstand vorhanden ist.



Im ESB sind die Widerstände  $R_E$  und  $R_1$  parallel. Beide zusammen sind wiederum seriell zu  $R_3$ . Somit gilt für den Innenwiderstand:

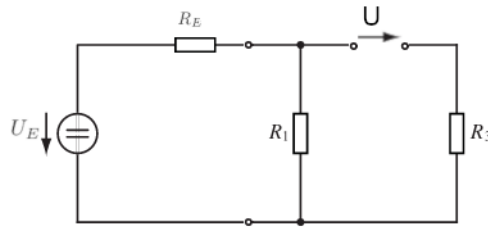
$$R_i = (R_E || R_1) + R_3$$

Um maximale Leistung an  $R_2$  abzugeben, muss folgendes gelten:

$$R_2 = R_i = (R_E || R_1) + R_3 \Rightarrow R_3 = R_2 - (R_E || R_1)$$

$$R_3 = 11.5\Omega - (5\Omega || 20\Omega) = 7.5\Omega$$

d) Um den Spannungsabfall über  $R_2$  zu berechnen, berechnen wir die Leerlaufspannung an den Klemmen:



Da durch den Widerstand  $R_3$  kein Strom fließt, gilt für die Spannung  $U$ :

$$U = U_{R_1} - U_{R_3} = U_{R_1} - 0A \cdot R_3 = U_{R_1}$$

Die Spannung über  $R_1$  können wir mithilfe des Spannungsteilers berechnen:

$$U_{R_1} = U_E \cdot \frac{R_1}{R_E + R_1} = 15V \cdot \frac{20\Omega}{25\Omega} = 12V$$

Aus der Vorlesung ist bekannt, dass bei maximaler Leistungabgabe, die Spannung über dem Lastwiderstand gerade die Hälfte der Leerlaufspannung beträgt. Somit gilt für die Spannung über  $R_2$ :

$$U_2 = \frac{U}{2} = 6V$$

$$P_2 = \frac{U_2^2}{R_2} = \frac{36V^2}{11.5\Omega} = 3.13W$$