

1) Spannungsquelle:

a) $U_q = 24V, R_i = 50\Omega, R_a = 30k\Omega$ **Ges: I, U_{Ri} , U_k , R_{ges}**

$$I = U_q / R_{ges} = U_q / (R_i + R_a) = 24V / 30,05k\Omega = 0,799mA$$

$$U_{Ri} = R_i * I = 50\Omega * 0,799mA = 39,9mV$$

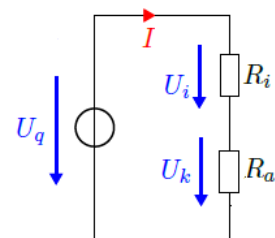
$$U_k = U_q - I * R_i = 24V - 0,799mA * 50\Omega = 23,96V$$

$$R_{ges} = R_i + R_a = 30k\Omega + 50\Omega = 30,05k\Omega$$

b) $U_q = 24V, R_a = 15\Omega, I = 250mA$ **Ges: R_i**

$$I = U_q / (R_i + R_a) \Rightarrow R_i = U_q / I - R_a = 24V / 0,25A - 15 = 81\Omega$$

Richtig, aber nicht nachvollziehbarer Wert. Bei keiner praktischen Anwendung ist der Innenwiderstand eine Quelle größer, als die Belastungswiderstände, sondern immer bedeutend kleiner.



c) Spannungsquelle mit U_q und R_i . Bei R_{a1} ist $I_1 = 4A$ und $U_{k1} = 12V$. Bei R_{a2} ist $I_2 = 6,4A$ und $U_{k2} = 6V$.

Ges: U_q, R_i, R_{a1} und R_{a2} .

$$U_{k1} = U_q - R_i * I_1 \Rightarrow U_q = U_{k1} + R_i * I_1 \quad \text{Zwei Gleichungen mit 2 Variablen, Lösung möglich.}$$

$$U_{k2} = U_q - R_i * I_2 \Rightarrow U_q = U_{k2} + R_i * I_2 \quad \text{Gewählt: } U_q \text{ gleichsetzen.}$$

$$U_{k1} - R_i * I_1 = U_{k2} - R_i * I_2$$

$$U_{k1} - U_{k2} = R_i * I_2 - R_i * I_1 = R_i * (I_2 - I_1) \quad \text{Eine Gleichung mit einer Variablen, Lösung möglich.}$$

$$R_i = (U_{k1} - U_{k2}) / (I_2 - I_1) = (12V - 6V) / (6,4A - 4A) = 6V / 2,4A = \mathbf{2,5\Omega}$$

Nun kann U_q berechnet werden

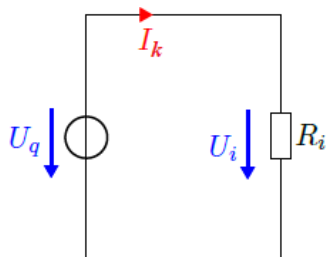
$$U_q = U_{k1} + R_i * I_1 = 12V + 2,5\Omega * 4A = \mathbf{22V} \quad \text{Kontrolle: } U_q = U_{k2} + R_i * I_2 = 6V + 2,5\Omega * 6,4A = \mathbf{22V}$$

Nun können die Belastungswiderstände R_{a1} und R_{a2} berechnet werden.

$$R_{a1} = U_{k1} / I_1 = 12V / 4A = \mathbf{3\Omega}$$

$$R_{a2} = U_{k2} / I_2 = 6V / 6,4A = \mathbf{0,938\Omega}$$

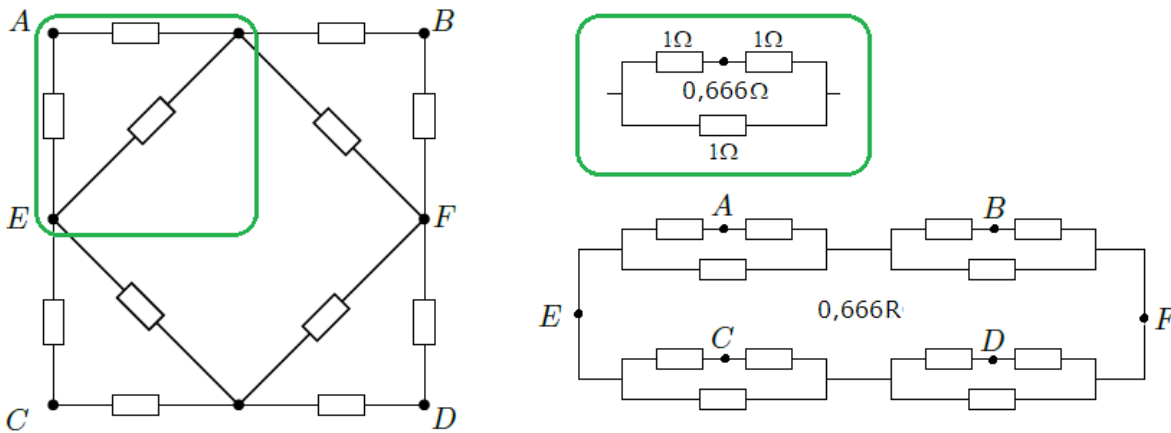
d) Kurzschluss



$$\text{Kurzschlussstrom: } I_k = U_q / R_i = 24V / 2,5\Omega = \mathbf{9,6A}$$

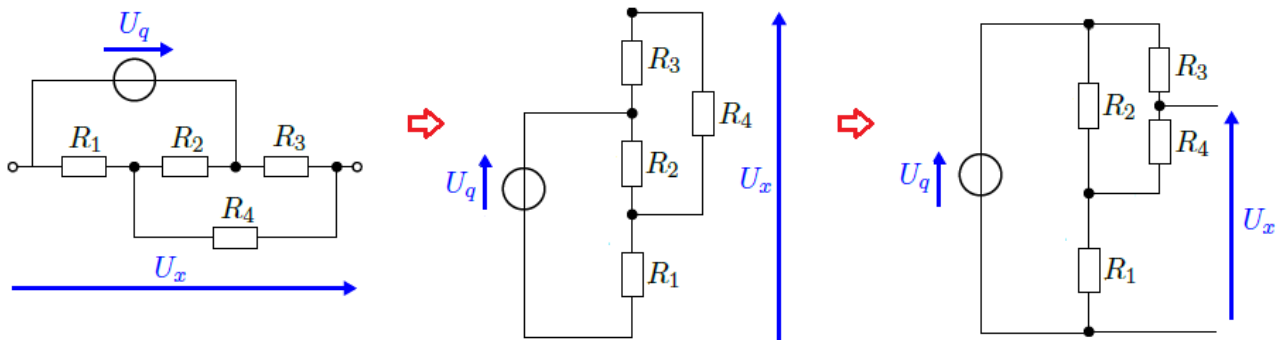
Vorsicht, Stromquelle könnte zerstört werden!

2) Gesamtwiderstand?



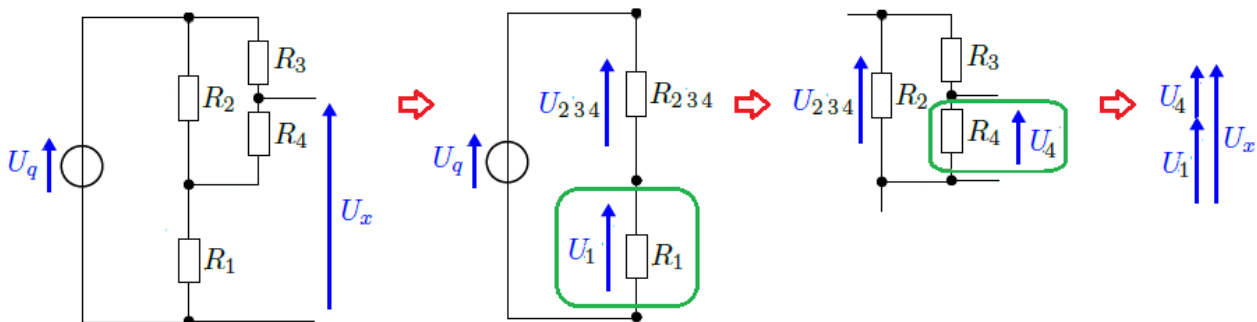
3) Funktion von R_1, R_2, R_3, R_4, U_q $U_x = U_q \cdot \dots\dots\dots$

1) Entwirren der Schaltung, um besseres Verständnis zu bekommen

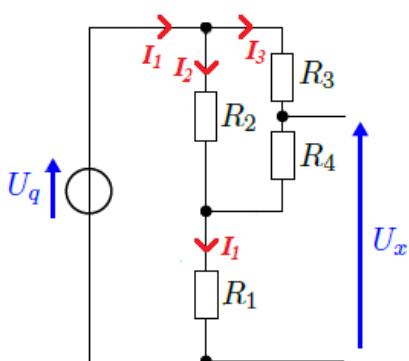


2)

Berechnung mittels Spannungsteiler und Widerstandsverhältnissen



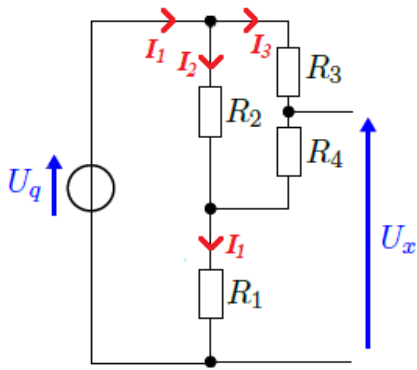
3) Berechnung mittels Stroms und Spannungen



$$3.3 \text{ ser } 4.7 = 8$$

$$8 \text{ par } 2.2 = 1.7254$$

$$1.7254 \text{ ser } 1 = 2.7254$$



Beispiel mit konkreten Werten und gemessenen Spannungen und Widerständen

$R_1 = 1k\Omega$ gem. $998\ \Omega$ gemessene Spannungen: $U_q = 10,0V$
 $R_2 = 2k\Omega$ gem. $2204\ \Omega$ $U_{R1} = 3,64V$
 $R_3 = 3k\Omega$ gem. $3306\ \Omega$ $U_{R4} = 3,72V$
 $R_4 = 4k\Omega$ gem. $4703\ \Omega$ $U_x = 7,36V$

$$R_{234} = R_2 // (R_3 + R_4) = 2k\Omega // 8k\Omega = 1,73k$$

$$R_{ges} = R_1 + R_{234} = 1k\Omega + 1,73k\Omega = 2,73k$$

$$I_1 = U_q / R_{ges} = 10V / 2,73k = 3,66mA$$

$$U_{R1} = R_1 * I_1 = 1k\Omega * 3,66mA = 3,66V \quad \text{gemessen: } 3,64V$$

$$U_{234} = U_q - U_{R1} = 10V - 3,66V = 6,34V$$

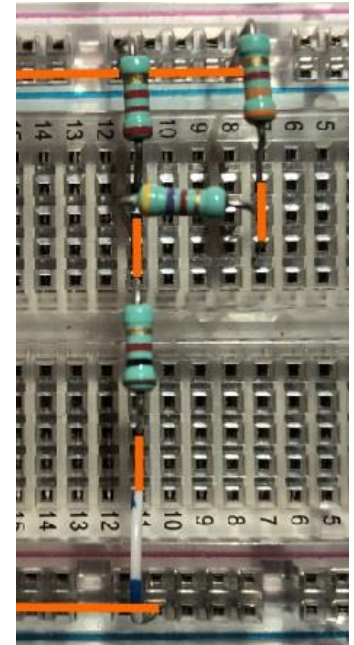
rechtes Bild

$$I_3 = U_{234} / (R_3 + R_4) = 6,34V / 8k\Omega = 0,79mA$$

praktischer Versuch

$$U_{R4} = I_3 * R_4 = 0,79mA * 4k\Omega = 3,71V \quad \text{gemessen: } 3,72V$$

$$U_x = U_{R1} + U_{R4} = 3,66V + 3,71V = 7,37V \quad \text{gemessen } 7,36V$$



Allgemeiner Ansatz der Formeln:

$$U_{\text{teil}} = R_{\text{teil}} \frac{U_{\text{ges}}}{R_{\text{ges}}} \quad U_{R1} = R_1 \frac{U_q}{R_1 + \frac{R_2 \cdot (R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4}} \quad U_{234} = U_q - U_{R1} = U_q - R_1 \frac{U_q}{R_1 + \frac{R_2 \cdot (R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4}}$$

$$U_{\text{teil}} = R_{\text{teil}} \frac{U_{\text{ges}}}{R_{\text{ges}}} \quad U_{R4} = R_4 \frac{U_{234}}{R_3 + R_4} = \frac{U_q - R_1 \frac{U_q}{R_1 + \frac{R_2 \cdot (R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4}}}{R_3 + R_4}$$

$$U_x = U_{R1} + U_{R4} = R_1 \frac{U_q}{R_1 + \frac{R_2 \cdot (R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4}} + R_4 \frac{U_{234}}{R_3 + R_4} = R_1 \frac{U_q}{R_1 + \frac{R_2 \cdot (R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4}} + R_4 \frac{U_q - R_1 \frac{U_q}{R_1 + \frac{R_2 \cdot (R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4}}}{R_3 + R_4}$$

$$U_x = R_1 \frac{U_q}{R_1 + \frac{R_2 \cdot (R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4}} + R_4 \frac{U_q - R_1 \frac{U_q}{R_1 + \frac{R_2 \cdot (R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4}}}{R_3 + R_4}$$

Die Umwandlung in die gewünschte Form $U_x = U_q * \dots$ ist sehr aufwendig und wird geübten „Algebraisten“ überlassen.

Bemerkung: U_{234} hat nichts mit dem [Uranisotop](#) und auch nichts mit den [U-Boot](#) der deutschen Marine zu tun, aber vielleicht werden **strahlende** Ergebnisse gefunden, wenn beim Auflösen in die **Tiefen** der Algebra eingetaucht wird.

In die Formel wurden die Werte vom praktischen Versuch eingesetzt werden, die Einheiten wurden ausnahmsweise nicht angegeben.

$$U_x = R_1 \frac{U_q}{R_1 + \frac{R_2 \cdot (R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4}} + R_4 \frac{U_q - R_1 \frac{U_q}{R_1 + \frac{R_2 \cdot (R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4}}}{R_3 + R_4}$$

$$U_x = 1 \frac{10}{1 + \frac{2,2 \cdot 8}{10,2}} + 4,7 \frac{10 - 1 \frac{10}{1 + \frac{2,2 \cdot 8}{10,2}}}{8}$$

7,37 3,66 2,73 10,2 6,34 3,66 2,73 10 3,66 3,71

Damit ist der Beweis erbracht, dass die Formel richtig ist, $U_x = 3,66 + 3,71 = 7,37V$.

Das vorliegende Dokument kann auch online über Skype mit dem Verfasser besprochen werden, um eventuelle Fragen zu klären. Kontaktaufnahme: kontakt@nw-service.at

Norbert Willmann <https://nw-service.at>