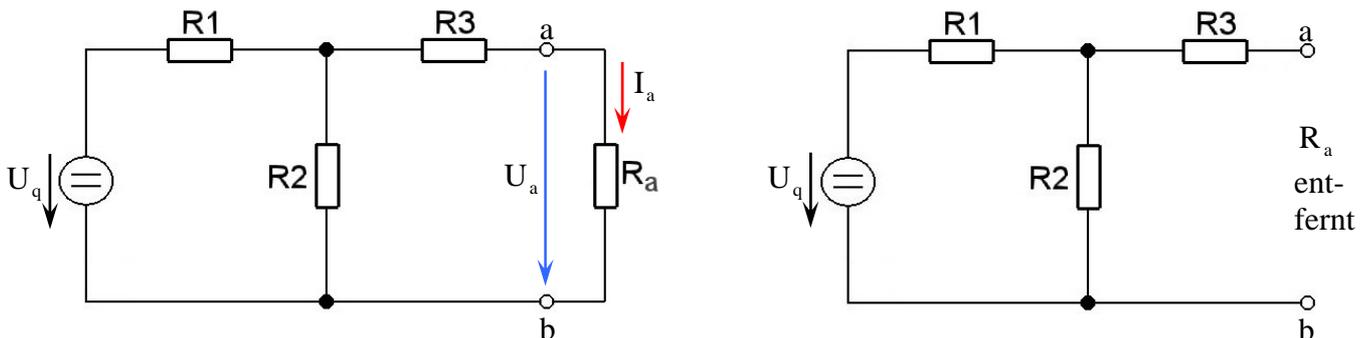


Die Berechnung der Größen einer Ersatzspannungsquelle wird in folgenden Schritten durchgeführt:

### Berechnung des Ersatzinnenwiderstands $R_{ie}$

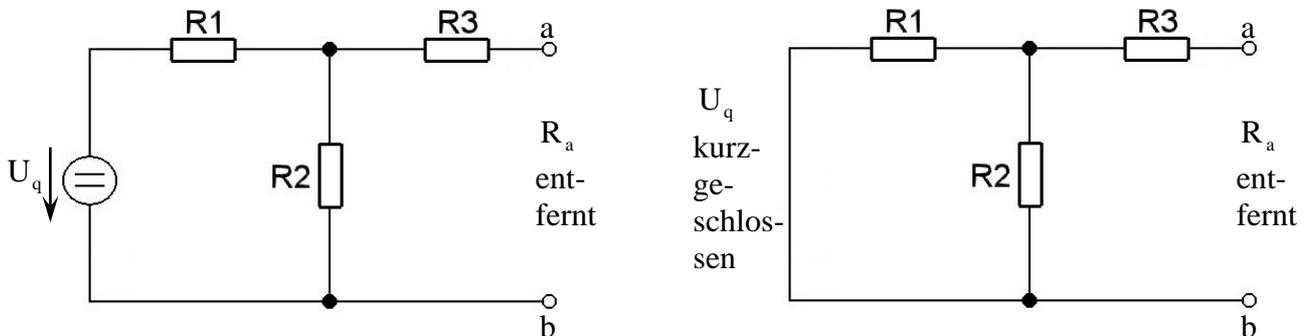
#### 1. Herausnehmen des Lastwiderstands $R_a$

Der Lastwiderstand wird einfach aus der Schaltung entfernt, so dass zwischen den Klemmen a und b kein Strom fließt – also offene Klemmen.



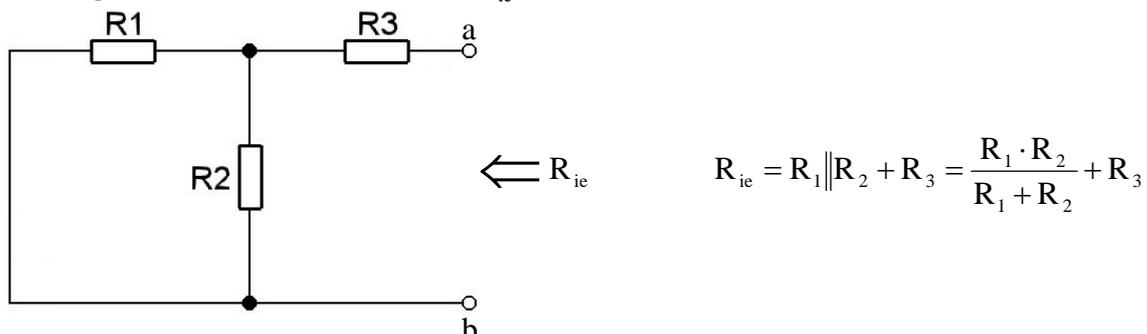
#### 2. Vorhandene Spannungsquellen sowie Stromquellen entfernen

Damit in der weiteren Betrachtung nur die Widerstände in der Schaltung vorkommen, werden **Spannungsquellen kurzgeschlossen**, **Stromquellen werden aufgetrennt**



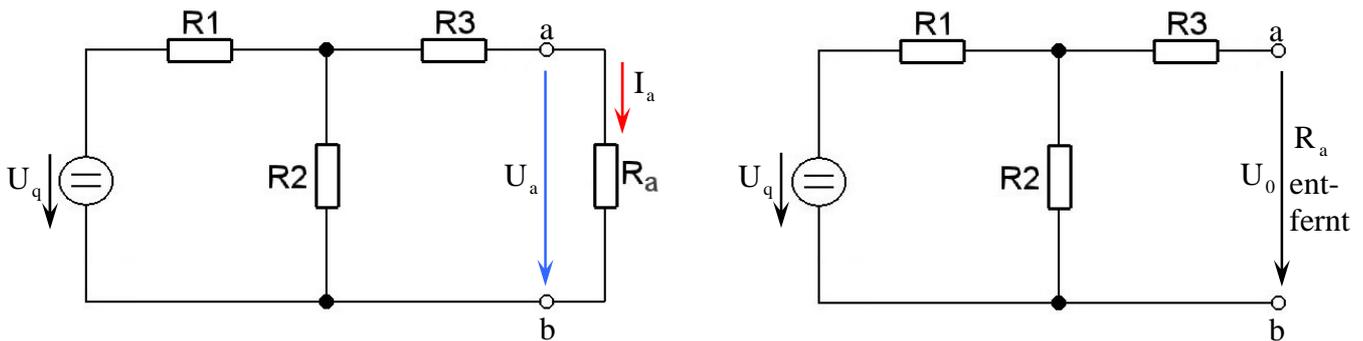
#### 3. Ersatzinnenwiderstand berechnen

Anhand dieser vorhandenen Schaltung kann nun der Ersatzinnenwiderstand zwischen den Klemmen a und b berechnet werden. Dabei sieht man von der Ausgangsseite in die Schaltung hinein. Für diese Schaltung lautet somit die Formel für  $R_{ie}$ :

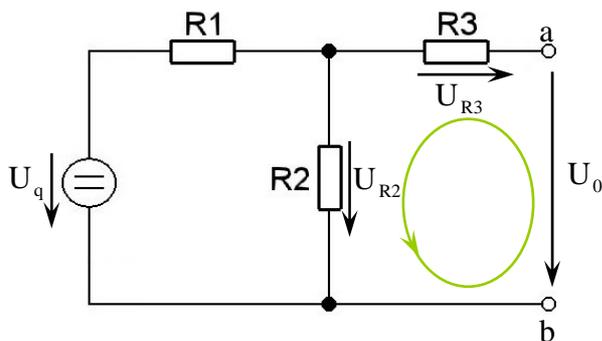


**Berechnen der Leerlaufspannung  $U_0$  ( $U_0 = U_{qe}$ )**4. Herausnehmen des Lastwiderstands  $R_a$ 

Der Lastwiderstand wird einfach aus der Schaltung entfernt, so dass zwischen den Klemmen a und b kein Strom fließt – also offene Klemmen. Jetzt heißt die Spannung zwischen den Klemmen nicht mehr  $U_a$  sondern  $U_0$ !

5. Definieren der Leerlaufspannung  $U_0$ 

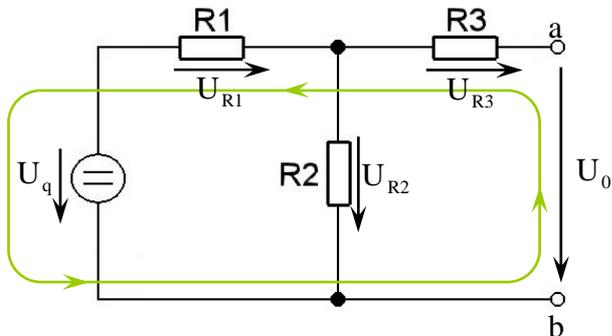
Jetzt bestimmt man das Bauteil, an dem die Spannung  $U_0$  abfällt. Dabei kann es mehrere Lösungen geben, die alle über eine Masche gelöst werden.

1. Fall: Die Masche rechts innen über  $U_0$ ,  $R_3$  und  $R_2$ :

Der Strom fließt aus dem Pluspol der Quelle heraus (siehe Blätter Grundstoff). Das bedeutet, die Spannungen fallen in die gleiche Richtung ab, in die der Strom fließt (für  $R_1$  von links nach rechts, für  $R_2$  von oben nach unten). Der Strom durch  $R_3$  ist gleich Null, denn der Strom kann nicht über die Klemme a zur Klemme b fließen, diese sind ja offen!

$$\text{Die Masche lautet somit: } -U_0 - \underbrace{U_{R_3}}_{=0V} + U_{R_2} = 0 \Leftrightarrow U_0 = U_{R_2}$$

2. Fall: Die Masche links außen über  $U_0$ ,  $R_3$ ,  $R_1$  und  $U_q$ :



Die Spannungspfeile zeigen in die gleiche Richtung, in die der Strom aus der Quelle fließt. Durch die offenen Klemmen fließt kein Strom über  $R_3$ . Die Masche lautet somit:

$$-U_0 - \underbrace{U_{R3}}_{=0V} - U_{R1} + U_q = 0 \Leftrightarrow U_0 = \underbrace{U_q - U_{R1}}_{=U_{R2}}$$

Über die Masche links innen kann man zeigen, dass gilt:  $U_q - U_{R1} = U_{R2}$

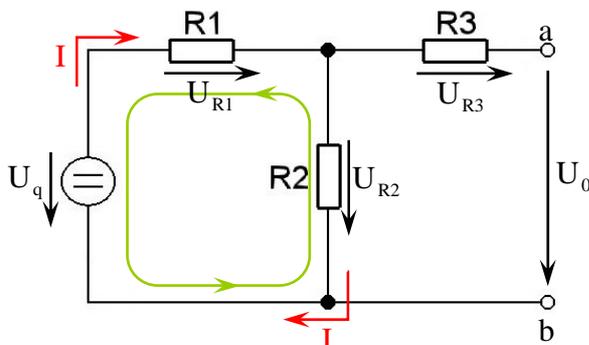
## 6. Bestimmen von $U_0$

Ist die Leerlaufspannung  $U_0$  einem Bauteil zugeordnet – also bestimmt worden, an welchem Bauteil jetzt  $U_0$  abfällt – so muss die Spannung an diesem Bauteil berechnet werden. Dabei kann man in einfachen Fällen, so wie hier, die Spannungsteilerregel anwenden (alle in Betracht kommenden Widerstände liegen in Reihe, sie werden alle vom gleichen Strom [dem aus der Quelle] durchflossen). Oder man bestimmt den Strom, der durch das Bauteil fließt, an dem die Leerlaufspannung  $U_0$  anliegt und rechnet dann über das ohmsche Gesetz die Spannung aus.

Mittels Spannungsteilerregel: Die gesuchte Spannung fällt am Widerstand  $R_2$  ab. Berechnet wird die

$$\text{Spannung an } R_2: \frac{U_{R2}}{R_2} = \frac{U_0}{R_2} = \frac{U_q}{R_1 + R_2} \Leftrightarrow U_0 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_q$$

Mittels Stromberechnung: Berechnet wird der Strom, der durch den Widerstand  $R_2$  fließt, an dem die gesuchte Spannung abfällt. Dadurch, dass der Strom durch  $R_3$  gleich Null ist, teilt sich der Strom aus der Quelle nicht auf, sondern fließt durch  $R_1$  und  $R_2$ . Mit Hilfe einer Masche links innen wird der Strom anschließend berechnet:



$$\begin{aligned} +U_q - U_{R2} - U_{R1} &= 0 \\ \Leftrightarrow U_q &= U_{R1} + U_{R2} = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 \\ \Leftrightarrow U_q &= I \cdot (R_1 + R_2) \end{aligned}$$

$$\Leftrightarrow I = \frac{U_q}{R_1 + R_2}$$

Für die Spannung an  $R_2$  ergibt sich also nach Einsetzen des Stroms  $I$  in das ohmsche Gesetz:

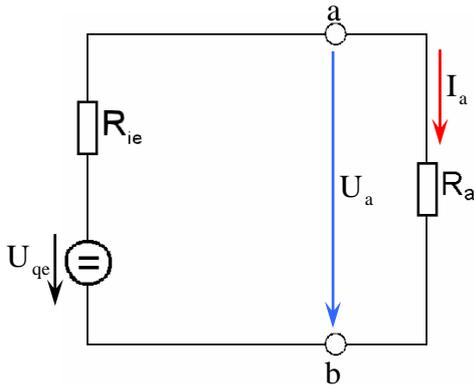
$$U_{R2} = U_0 = I \cdot R_2 = \frac{U_q}{\underbrace{R_1 + R_2}_I} \cdot R_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_q$$

7. Bestimmen von  $I_a$  und  $U_a$ 

Sind die beiden Größen  $R_{ie}$  und  $U_{qe}$  bestimmt, so setzt man sie in die Ersatzspannungsquelle ein und berechnet damit die gesuchten Größen  $I_a$  und  $U_a$ . Die beiden Formeln für  $I_a$  und  $U_a$  ändern

sich, selbst bei einem Vorzeichenwechsel von  $U_{qe}$ , nicht.

Sollte die Spannung  $U_{qe}$  einmal kleiner Null sein, so bedeutet dies nur, dass der Strom in die andere Richtung fließt (also nicht aus dem Pluspol der Quelle heraus).



Es gilt: 
$$I_a = \frac{U_{qe}}{R_{ie} + R_a} \quad \text{und} \quad U_a = I_a \cdot R_a = \frac{R_a}{R_{ie} + R_a} \cdot U_{qe}$$