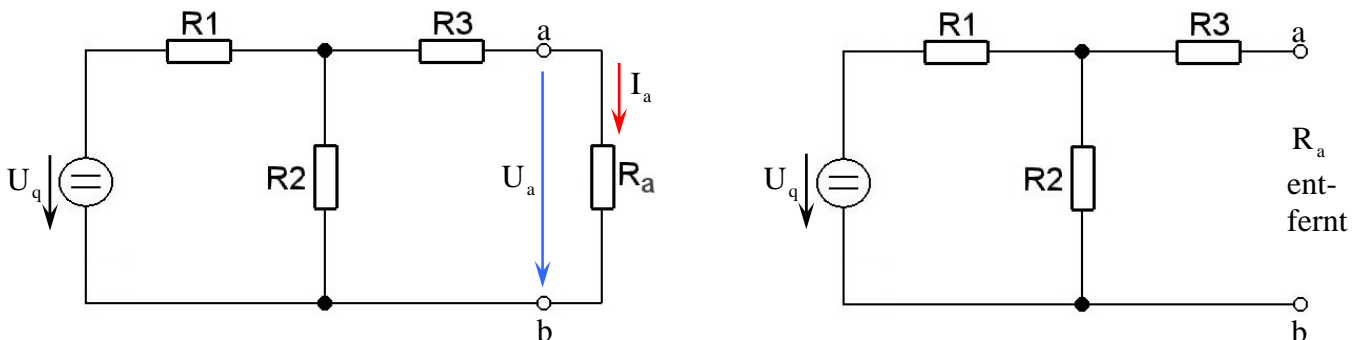


Die Berechnung der Größen einer Ersatzspannungsquelle wird in folgenden Schritten durchgeführt:

Berechnung des Ersatzinnenwiderstands R_{ie}

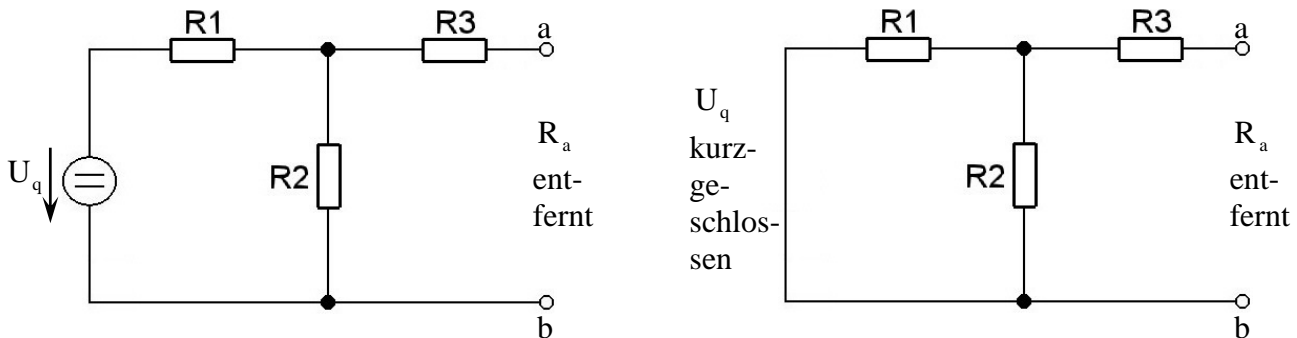
1. Herausnehmen des Lastwiderstands R_a

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



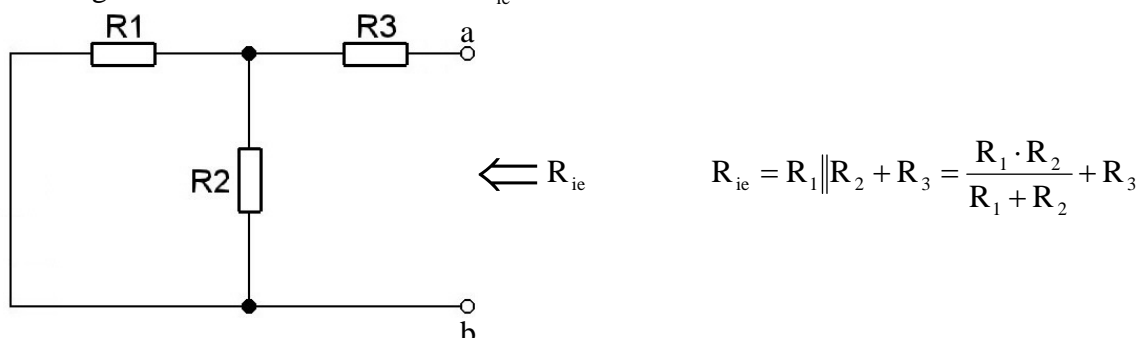
2. Vorhandene Spannungsquellen sowie Stromquellen entfernen

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



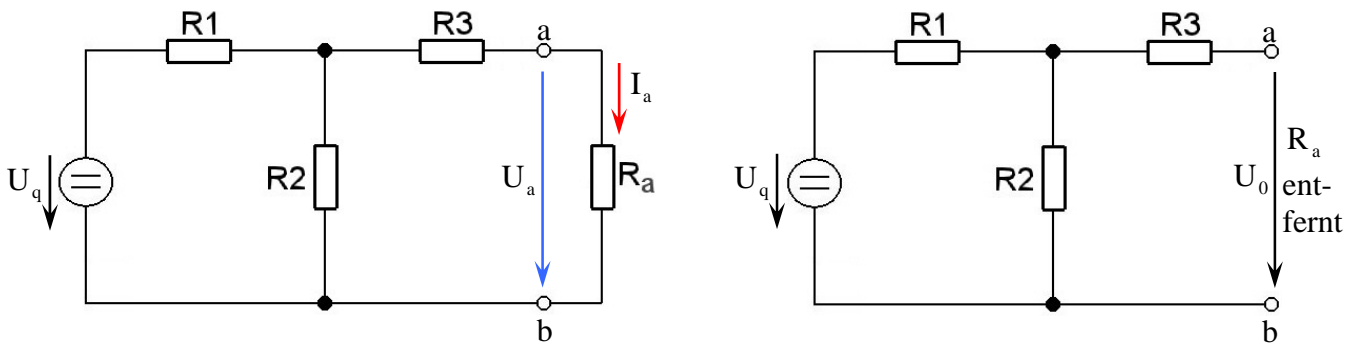
3. Ersatzinnenwiderstand berechnen

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} :

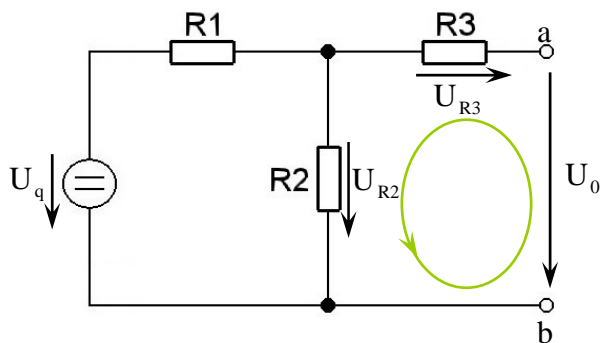


Berechnen der Leerlaufspannung U_0 ($U_0 = U_{qe}$)4. Herausnehmen des Lastwiderstands R_a

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

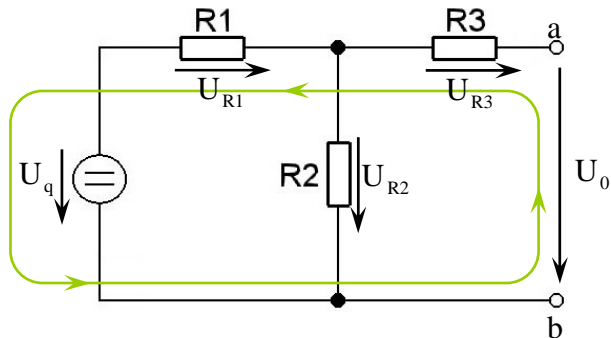
Jetzt bestimmt man das Bauteil, an dem die Spannung U_0 abfällt. Dabei kann es mehrere Lösungen geben, die alle über eine Masche gelöst werden.

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: $U_q - U_{R1} = U_{R2}$

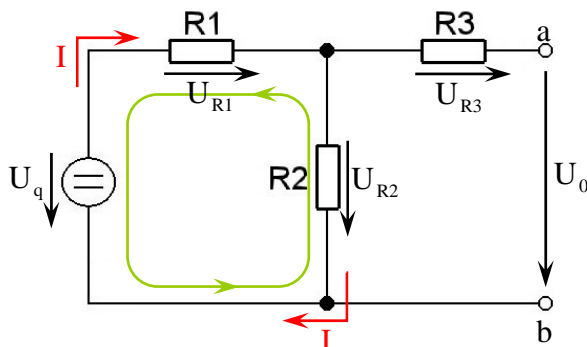
6. Bestimmen von U_0

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:

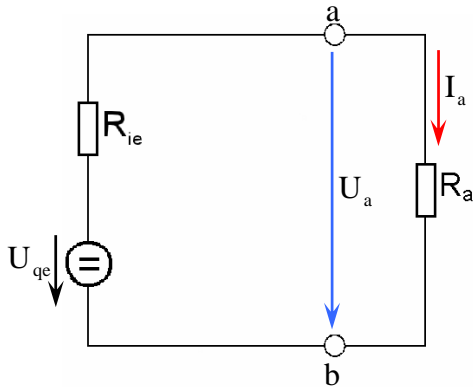
$$U_{R2} = U_0 = I \cdot R_2 = \frac{U_q}{\underbrace{R_1 + R_2}_I} \cdot R_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_q$$

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