



Einfache elektrische Netzwerke (2/2)

Manfred Albach, «Elektrotechnik», Kapitel 3

227-0001-00L «Netzwerke und Schaltungen 1»

Informationen und Ankündigungen

- Übungsstunden am Donnerstag sind als Arbeits- und Übungsumgebung in **kleineren** Gruppen gedacht
 - Bitte gehen Sie ausschliesslich in die Übungsgruppe, für die Sie eingeschrieben sind.
 - Wir werden Legikontrolle durchführen, da dies nicht gut eingehalten wird.
 - Study-Center ist ebenfalls ideal für individuelle Unterstützung
- Nächste Woche findet Vorführung der elektrostatischen Generatoren statt
 - Bitte melden Sie sich noch bei Pit welche Gruppe definitiv vorführen möchte.
 - Präsentation und Vorführung
 - 5 min max!!
 - Erklärung des Funktionsprinzips (mit Theorie aus Vorlesung)

Woche 6



- Reale Spannungs- und Stromquellen
- Ersatzspannungs- und –stromquellen
- Leistungsanpassung
- Stern-Dreieck-Umwandlung
- Überlagerungsverfahren
- Analyse Umfangreicher Netzwerke (Vollständiger Baum, Auftrennen der Maschen
- (*Ausblick auf NuS-2*) Maschenstrom- und Knotenpotentialverfahren

Lernziele - Einfache elektrische Netzwerke (2/2)

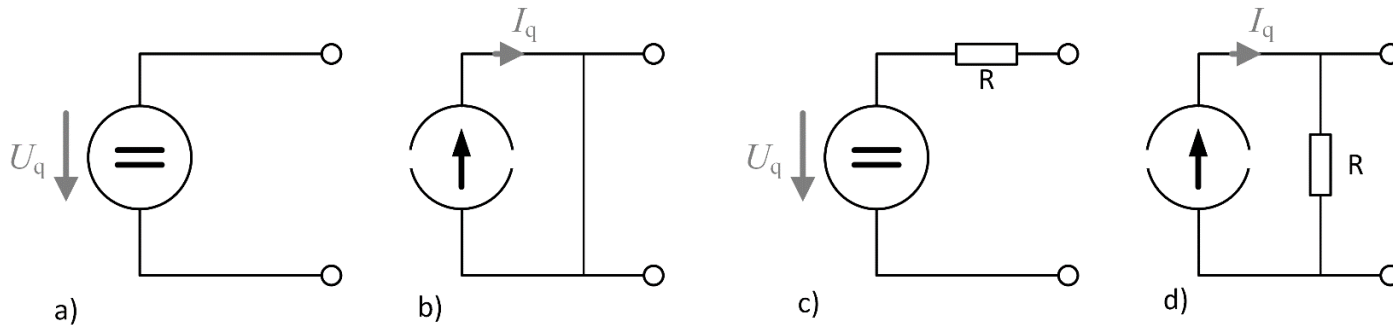
Nach dieser Woche (Lesen im Buch, Vorlesungsstunde, Übungsstunde sowie dem eigenständigen Lösen von Übungsaufgaben) werden Sie in der Lage sein:

- Spannungs- und Stromquellen ineinander umzurechnen,
- die Verbraucherleistung bei vorgegebener Quelle zu maximieren,
- Wirkungsgradberechnungen durchzuführen sowie
- umfangreiche Gleichstromnetzwerke mit unterschiedlichen Methoden zu analysieren.



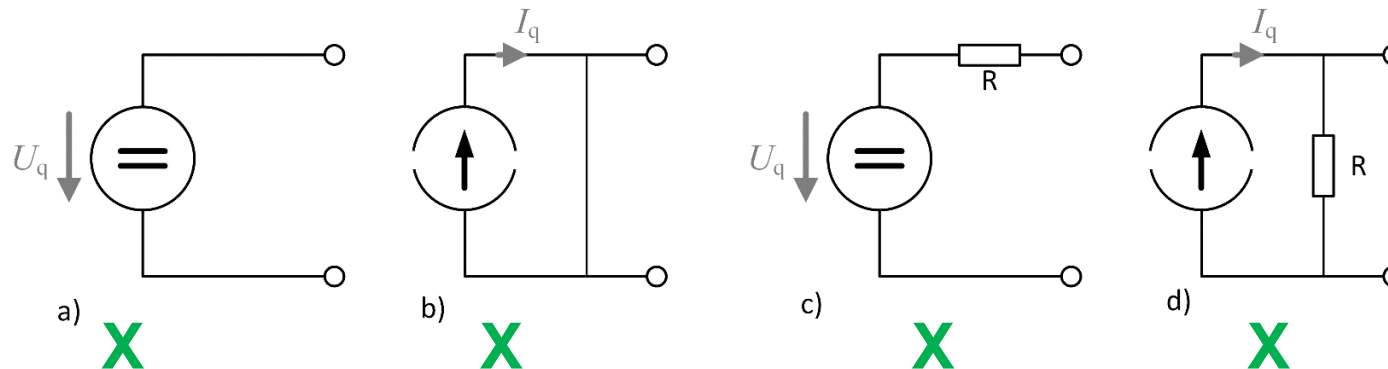
1 - Strom- und Spannungsquellen

Welche der Schaltungen a) - d) führen **nicht** zu einem Widerspruch? (Mehrfachnennung möglich).



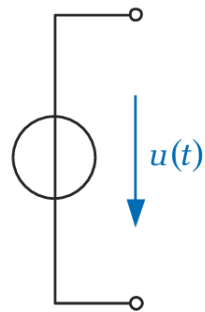
1 - Strom- und Spannungsquellen

Welche der Schaltungen a) - d) führen **nicht** zu einem Widerspruch? (Mehrfachnennung möglich).



Überblick – Strom- und Spannungsquellen

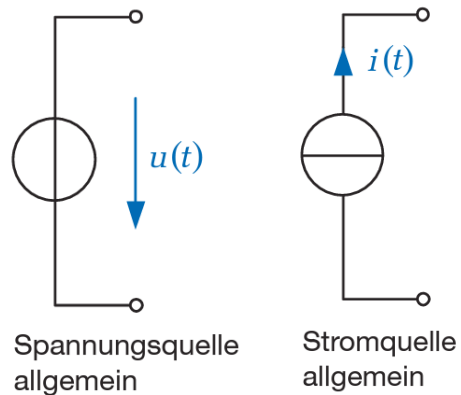
	ideale	Reale
Spannungsquelle	<ul style="list-style-type: none">• Ausgangsspannung unabhängig vom angeschlossenen Netzwerk• Ausgangsstrom hängt vom angeschlossenen Netzwerk ab	
Stromquelle		



Spannungsquelle
allgemein

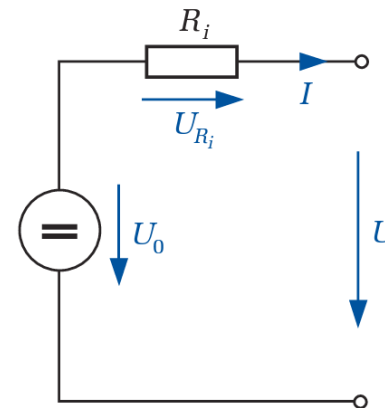
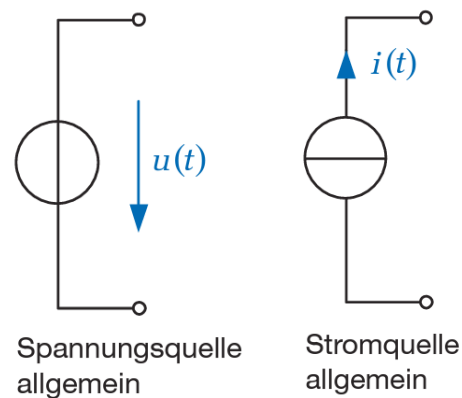
Überblick

	ideale	Reale
Spannungsquelle	<ul style="list-style-type: none"> Ausgangsspannung unabhängig vom angeschlossenen Netzwerk Ausgangsstrom hängt vom angeschlossenen Netzwerk ab 	
Stromquelle	<ul style="list-style-type: none"> Ausgangsstrom unabhängig vom angeschlossenen Netzwerk Ausgangsspannung hängt vom angeschlossenen Netzwerk ab 	



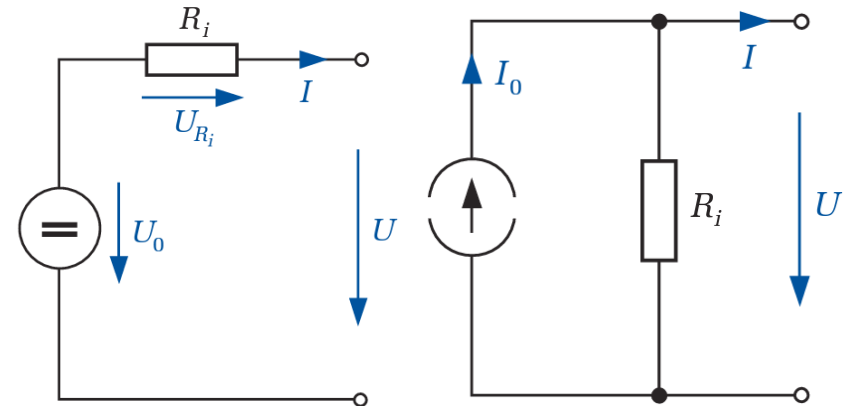
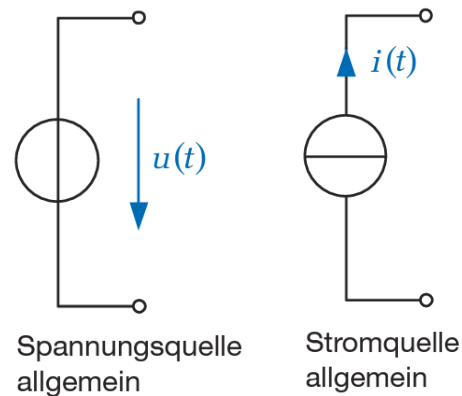
Überblick

	ideale	Reale
Spannungsquelle	<ul style="list-style-type: none"> Ausgangsspannung unabhängig vom angeschlossenen Netzwerk Ausgangsstrom hängt vom angeschlossenen Netzwerk ab 	<ul style="list-style-type: none"> Innenwiderstand R_i in Reihe zu idealer Quellenspannung U_0 Leerlaufspannung U_L (= Quellenspannung) Kurzschlussstrom $I_K = U_0/R_i$
Stromquelle	<ul style="list-style-type: none"> Ausgangsstrom unabhängig vom angeschlossenen Netzwerk Ausgangsspannung hängt vom angeschlossenen Netzwerk ab 	



Überblick

	ideale	Reale
Spannungsquelle	<ul style="list-style-type: none"> Ausgangsspannung unabhängig vom angeschlossenen Netzwerk Ausgangsstrom hängt vom angeschlossenen Netzwerk ab 	<ul style="list-style-type: none"> Innenwiderstand R_i in Reihe zu idealer Quellenspannung U_0 Leerlaufspannung U_L (= Quellenspannung) Kurzschlussstrom $I_K = U_0/R_i$
Stromquelle	<ul style="list-style-type: none"> Ausgangsstrom unabhängig vom angeschlossenen Netzwerk Ausgangsspannung hängt vom angeschlossenen Netzwerk ab 	<ul style="list-style-type: none"> Innenwiderstand R_i parallel zu idealem Quellenstrom I_0 Kurzschlussstrom I_K (= Quellenstrom I_0) Leerlaufspannung $U_0 = I_0 \cdot R_i$



Bezüglich Klemmenverhalten: Spannungs- und Stromquelle können ineinander umgerechnet werden.

- äquivalent, wenn gleiche Leerlaufspannung und gleicher Kurzschlussstrom
- gegeben, wenn $U_0 = I_0 \cdot R_i$

ABER: internes Quellenverhalten komplett anders!

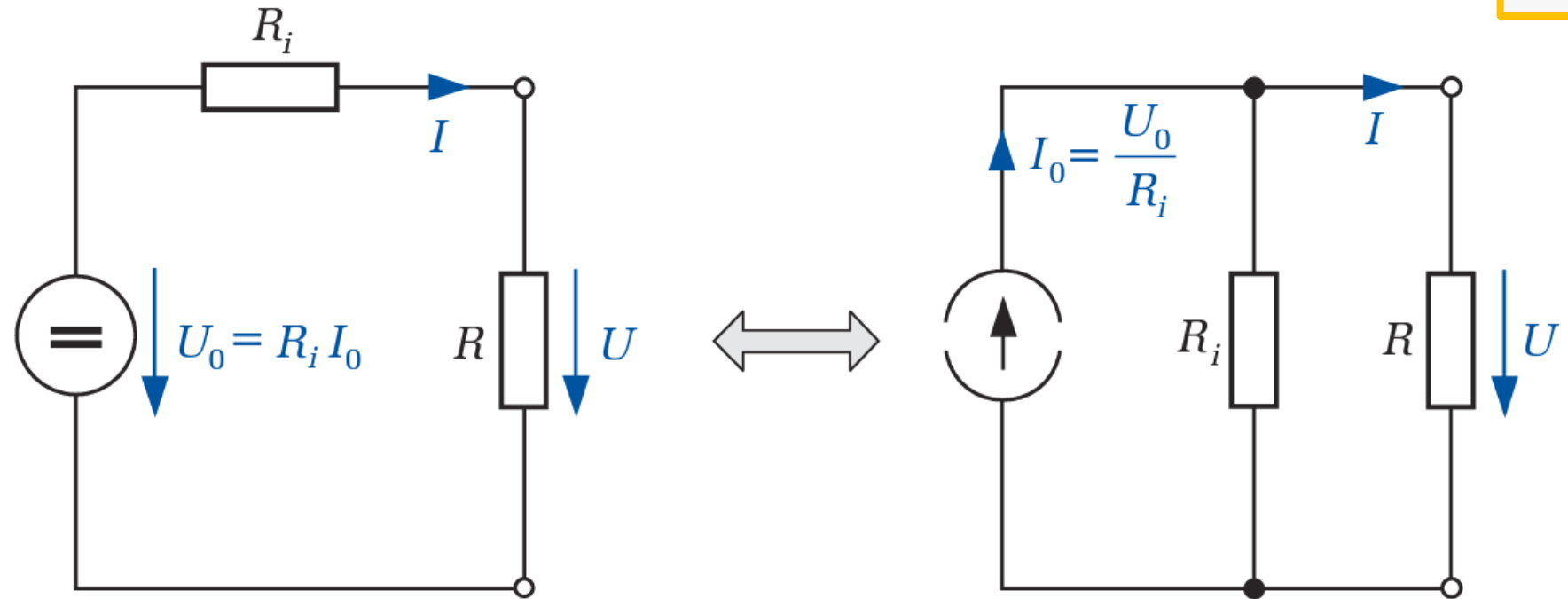


Abbildung 3.29: Äquivalente Quellen



Quelle 1
(Netzteil)

Quelle 2
(Akku)

Last
(Bildschirm,
Prozessor, ...)

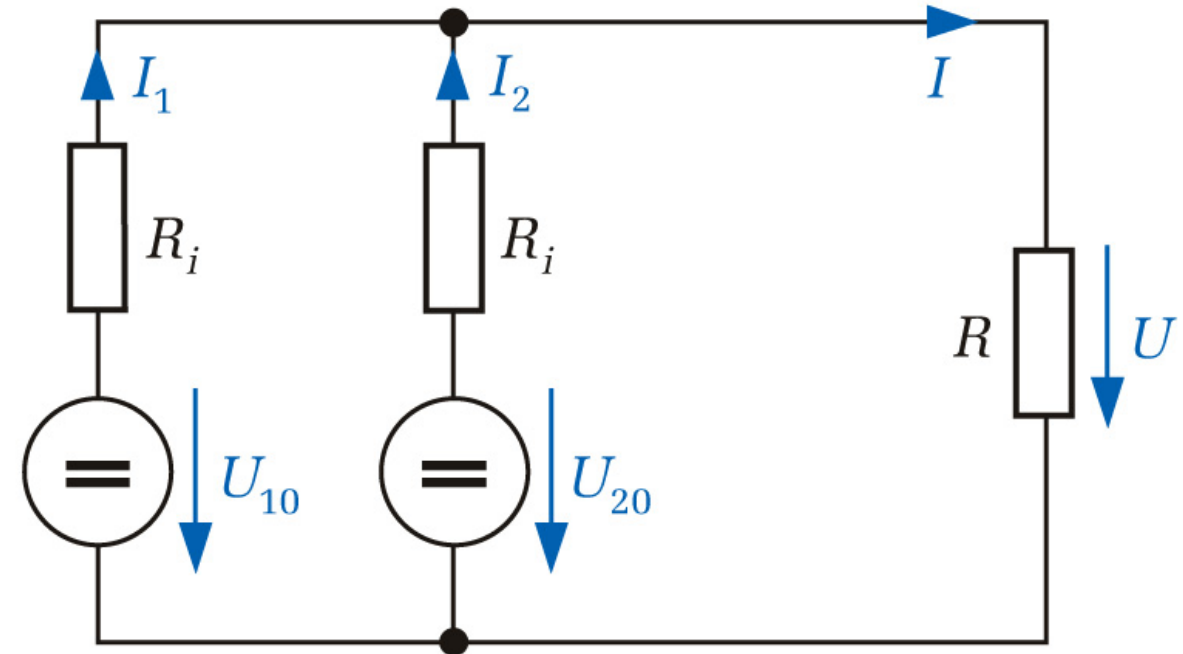


Abbildung 3.30: Parallel geschaltete Spannungsquellen

Rechenbeispiel

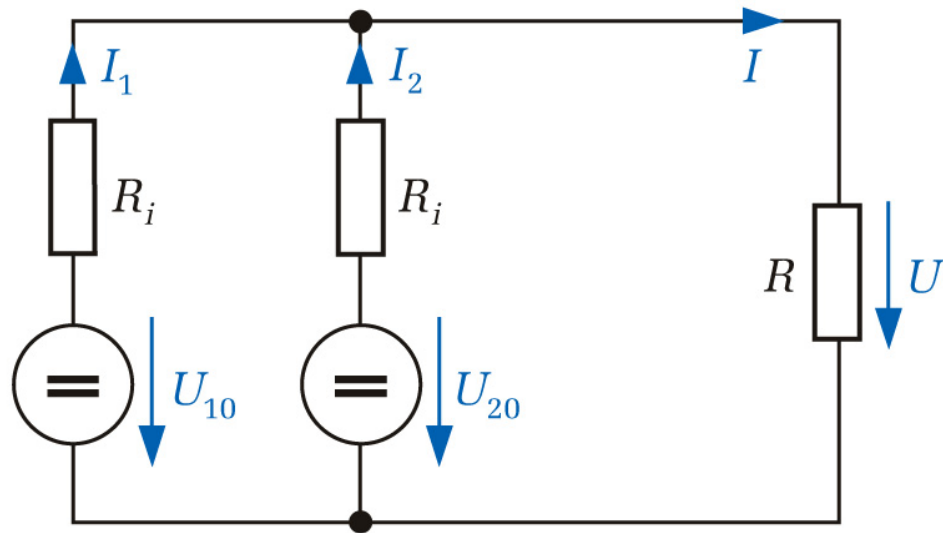


Abbildung 3.30: Parallel geschaltete Spannungsquellen

Ladebetrieb: S1 geschlossen, S2 geöffnet, das Netzgerät lädt den Akku.

Akku: S1 ist geöffnet, S2 geschlossen, der Akku speist den Verbraucher.

Pufferbetrieb: beide Schalter S1 und S2 sind geschlossen, das Netzgerät speist den Verbraucher und lädt den Akku.

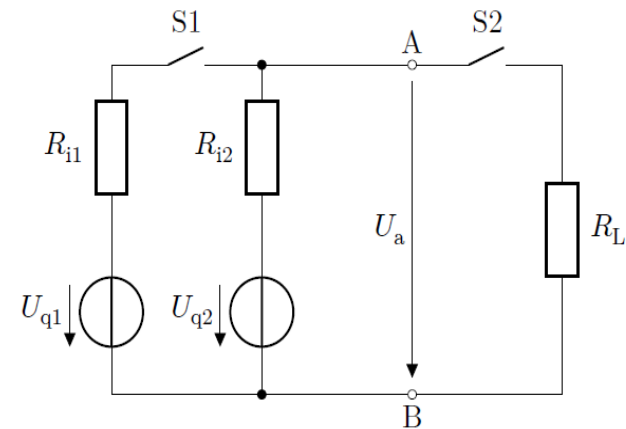


Abbildung 4: Netzwerk aus zwei Spannungsquellen

Aufgabe 4
Prüfung Januar 2020

Rechenbeispiel

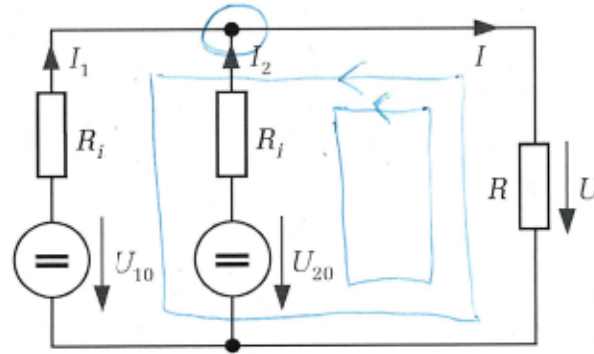


Abbildung 3.30: Parallel geschaltete Spannungsquellen

a) Knoten: $I_1 + I_2 = I$

b) Maschen: $U_{10} - RI - R_i I_1 = 0$

c) $U_{20} - RI - R_i I_2 = 0$

BSP: $U_{10} = 12.8 \text{ V}$

$U_{20} = 11.8 \text{ V}$

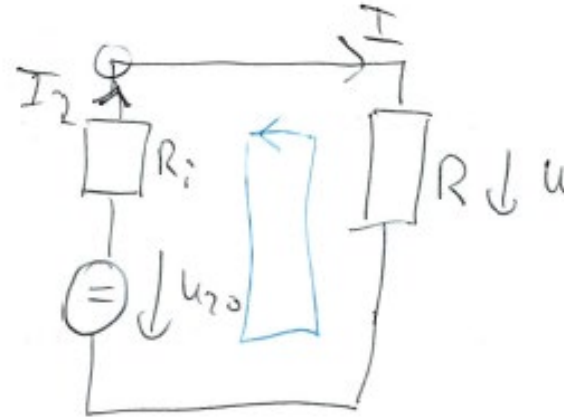
$R_i = 1 \Omega$

$R = 20 \Omega$

$\Rightarrow I_1 = 0.8 \text{ A}$

$I_2 = -0.2 \text{ A}$

Akkubetrieb



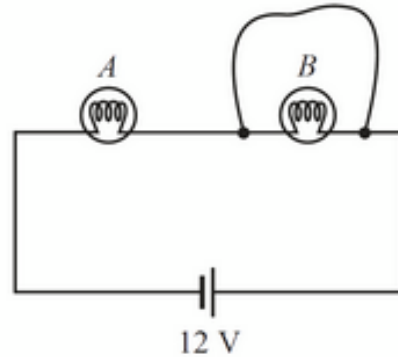
Knotenregel: $I_2 = I$

Maschenregel: $U_{20} - I \cdot R - R_i I_2 = 0$

$$U_{20} = I (R_i + R)$$

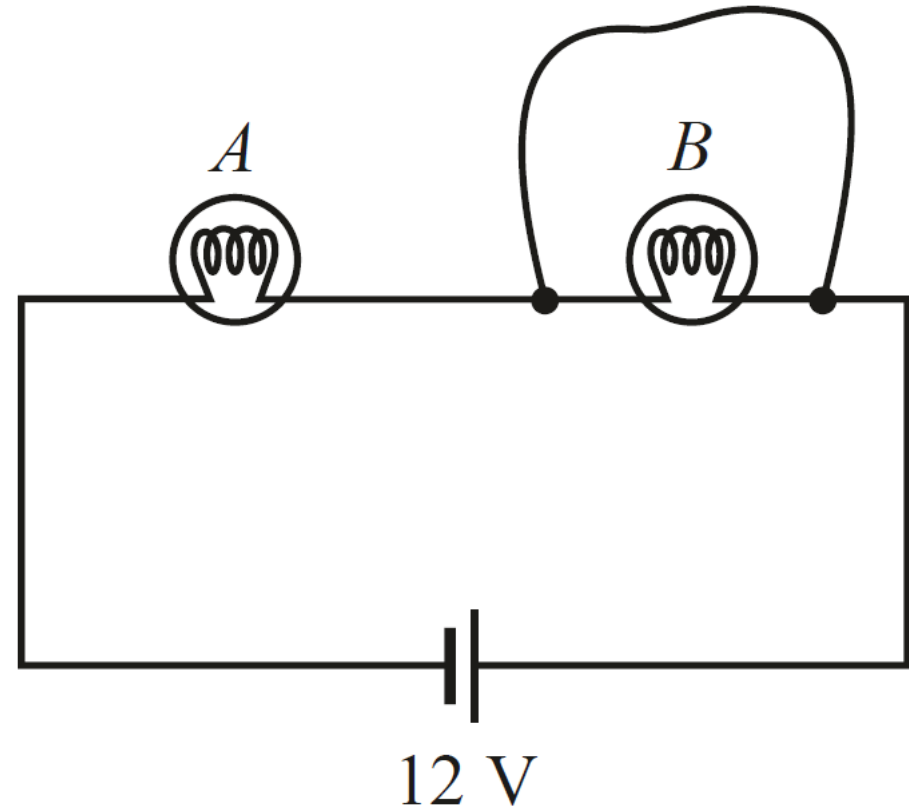
$$I = \frac{U_{20}}{R_i + R}$$

$$I = \frac{11.8 \text{ V}}{1 \Omega + 20 \Omega} = \frac{11.8 \text{ V}}{21 \Omega} \approx \underline{\underline{0.56 \text{ A}}}$$

2 - Leistung in Schaltung mit Glühlampen
(3)

Zwei Glühlampen A und B werden in Reihe an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen. Anschließend wird ein Draht über Glühlampe B hinweg verbunden. Nach Anlegen der Drahtverbindung ...

- ☐ nimmt die Helligkeit der Glühlampe A zu.
- ☐ ändert sich Helligkeit der Glühlampe A nicht.
- ☐ nimmt die Helligkeit der Glühlampe A ab.
- ☐ geht die Glühlampe A aus.



Experiment

Ohne Kurzschluss von Glühbirne B

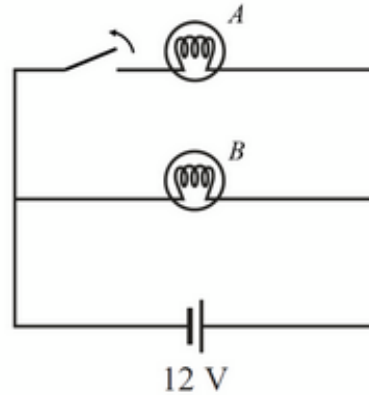


Mit Kurzschluss von Glühbirne B



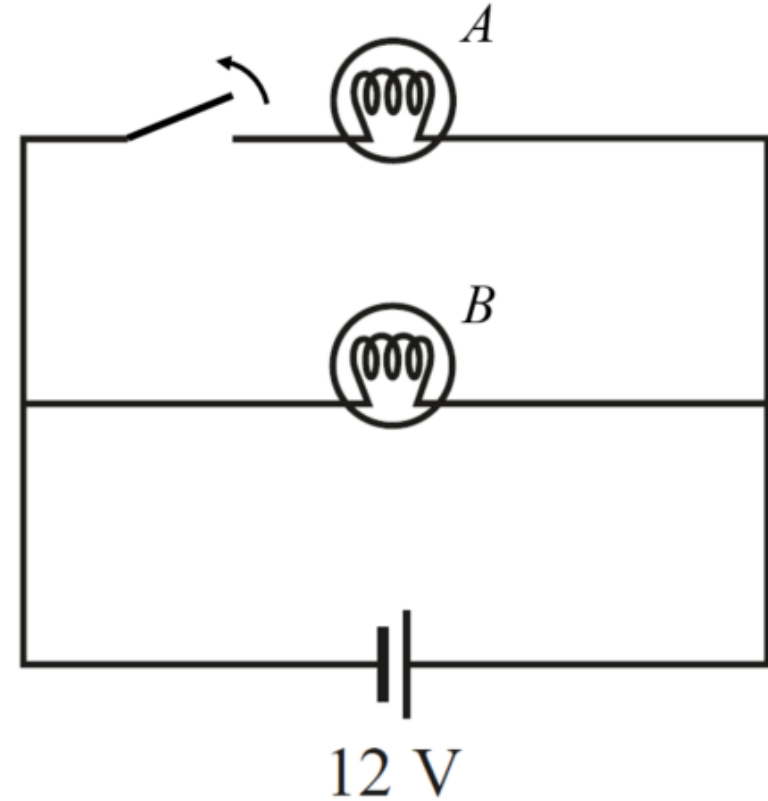
Richtige Antwort: a)

3 - Leistung in Schaltung mit Glühlampen (4)



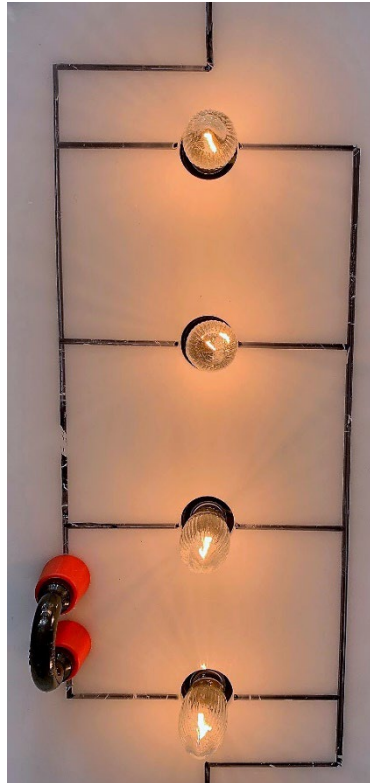
Zwei Glühlampen A und B werden parallel an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen. Anschließend wird Glühlampe A mit einem Schalter von der Spannungsquelle getrennt. Nach öffnen des Schalters ...

- ☐ nimmt die Helligkeit der Glühlampe B zu.
- ☐ ändert sich Helligkeit der Glühlampe B nicht.
- ☐ nimmt die Helligkeit der Glühlampe B ab.
- ☐ geht die Glühlampe B aus.

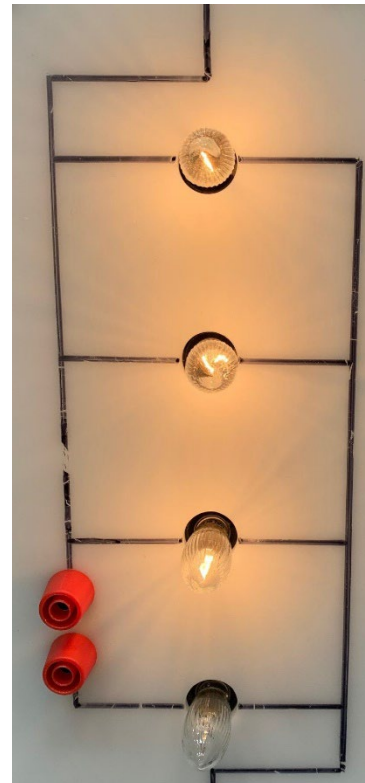


Experiment

Geschlossener Schalter



Offener Schalter



Richtige Antwort: b)

Konzept - Maximalwertberechnung

Für den zu maximierenden Wert (Zielfunktion) muss es in Bezug auf die Variable (mindestens) zwei konkurrenzierende Prozesse geben:

- a) mit Vergrößerung der Variablen wird der erste Prozess grösser, der zweite kleiner.
- b) mit Verkleinerung der Variablen wird der erste Prozess kleiner, der zweite grösser.

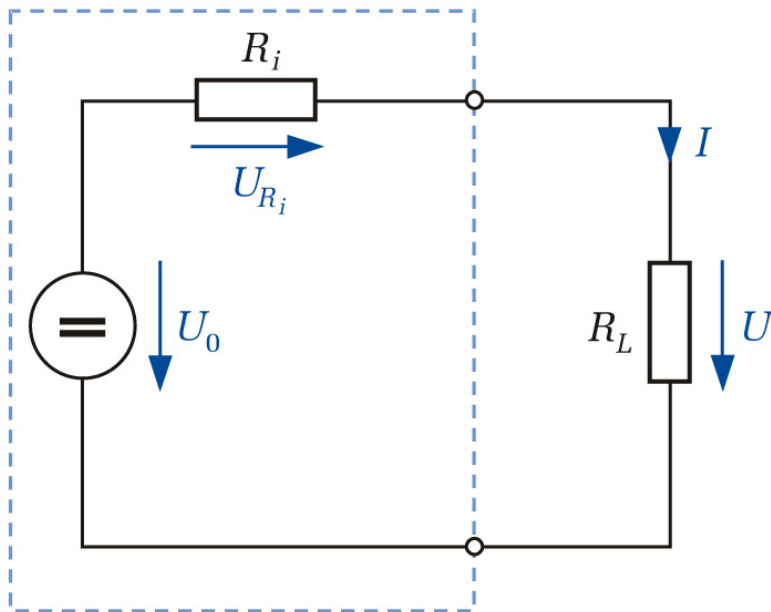
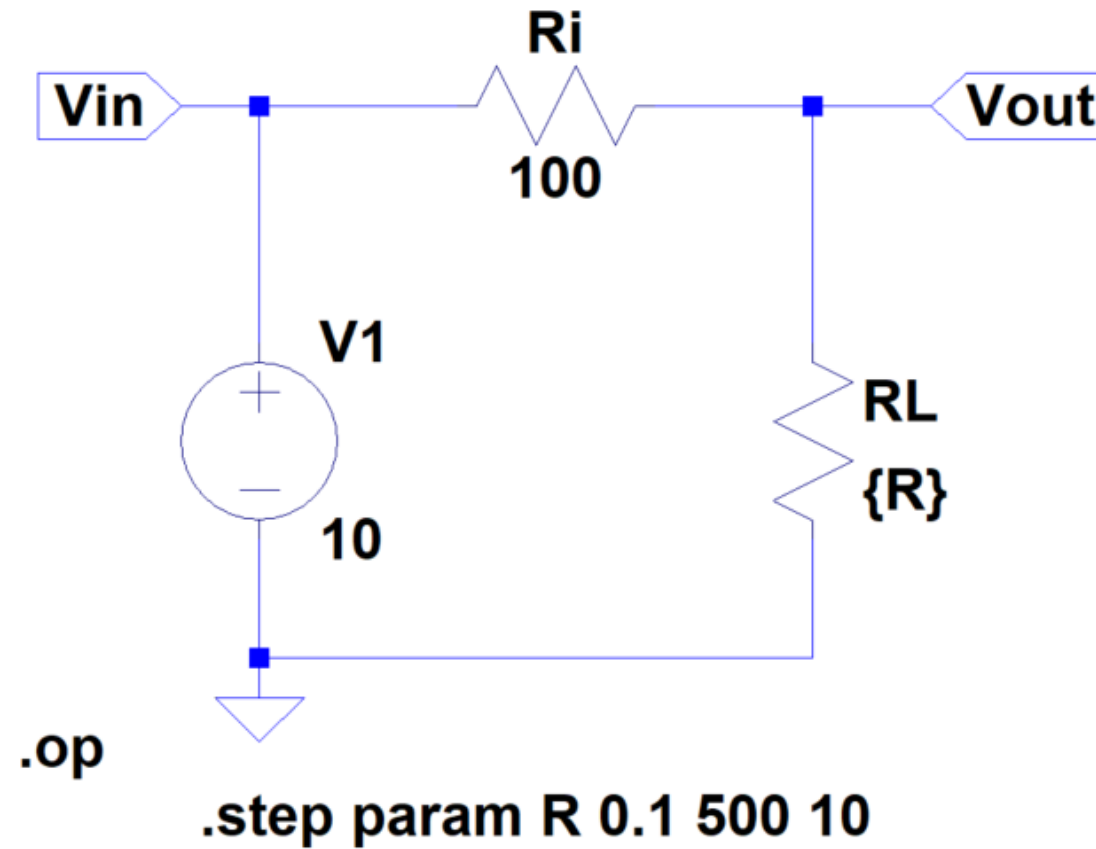


Abbildung 3.31: Berechnung der maximalen Ausgangsleistung

Wie gross ist die maximal von der Quelle an den Klemmen zur Verfügung gestellte Leistung?

Zielfunktion: Leistung $P = UI$.



Leistungsanpassung und Wirkungsgrad

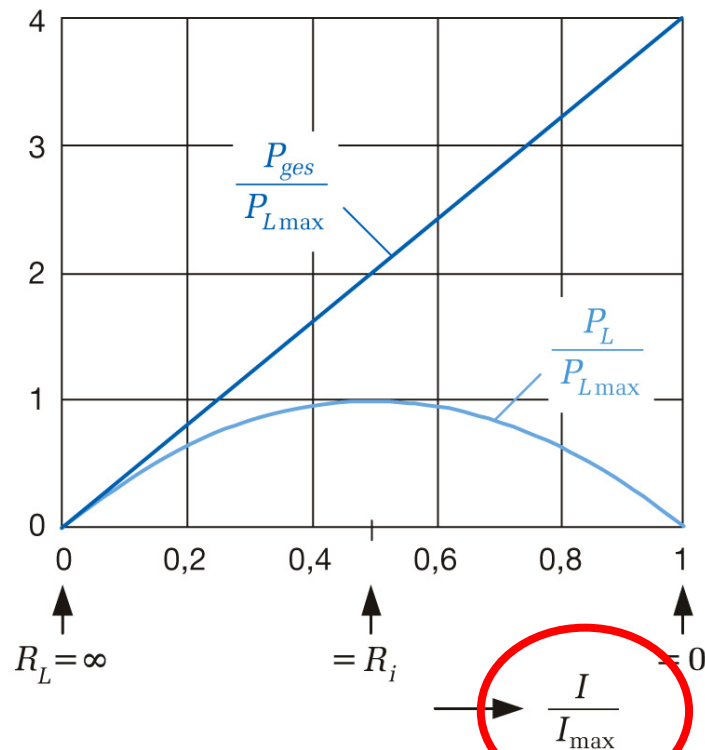


Abbildung 3.33: Von der Quelle abgegebene und vom Verbraucher aufgenommene Leistung

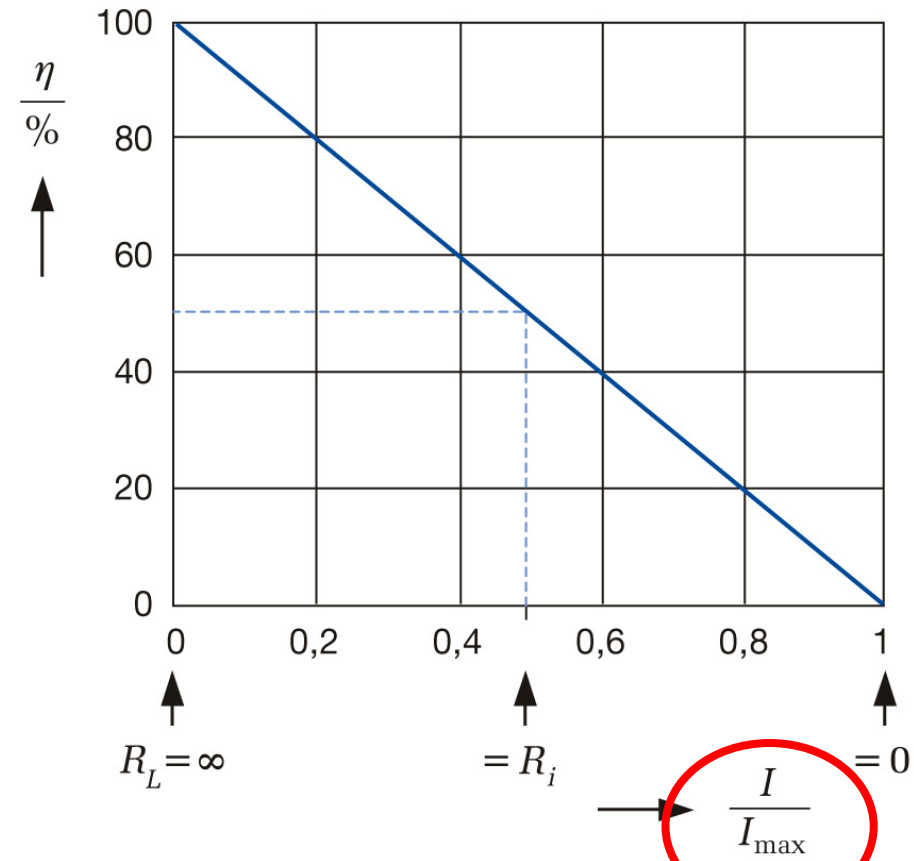


Abbildung 3.34: Wirkungsgrad

Effiziente elektrische Energieübertragung

Nutzleistung der Verbraucher ist gegeben.

Verlustleistung an «Spannungsquelle» minimieren.
(also an Innenwiderstand Generator und Übertragungsleitung)

$P_{\text{Verlust}} = R_i I^2 \rightarrow \text{Strom möglichst klein} \rightarrow \text{Spannung möglichst hoch.}$



Struktur «Netzwerkanalyse»

(behalten Sie den Überblick trotz der vielen Details!)

Netzwerk: elektrische Schaltung mit mindestens einer Stromverzeigung

- Gleichstrom und –spannung,
- Elemente mit linearem Zusammenhang zwischen Strom und Spannung

Netzwerke mit nicht-linearen Elementen werden
numerisch in der Regel iterativ gelöst

Verfahren zur

- Berechnung Netzwerke mit **einer** Quelle.
 - Berechnung Netzwerke mit **mehreren** Quellen:
 - Überlagerungsprinzip
 - «automatisierte» Berechnung «komplizierterer» Netzwerke:
 - Aufstellen und Lösen der Knoten- und Maschengleichungen
 - Knotenpotentialverfahren
 - Maschenstromverfahren
- Reduktion des Rechenaufwandes
(Grundlage von Computerprogrammen zur Netzwerkanalyse)

Berechnung Netzwerke mit einer Quelle

1. Zusammenfassen aller Widerstände mit Regeln der
 - a. Reihenschaltung
 - b. Parallelschaltung
 - c. Stern-Dreiecks-Umwandlung

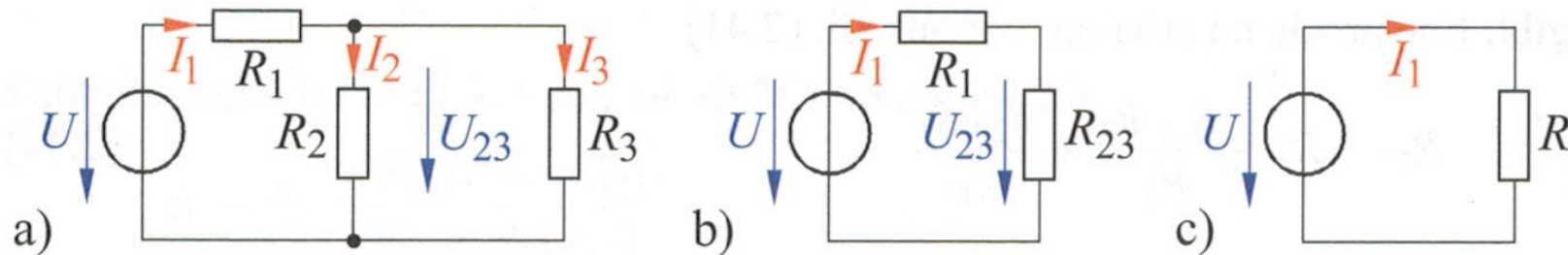


Bild 2.18 Beispiel eines einfachen Netzwerkes. a) Tatsächliche Schaltung, b) und c) elektrisch gleichwertige Ersatzschaltungen

Berechnung Netzwerke mit einer Quelle

1. Zusammenfassen aller Widerstände
2. Berechnung I_1 mit Ohm'schen Gesetz
3. Berechnung der anderen Grössen durch schrittweise Rückführung
 - U_{23}
 - I_2 und I_3

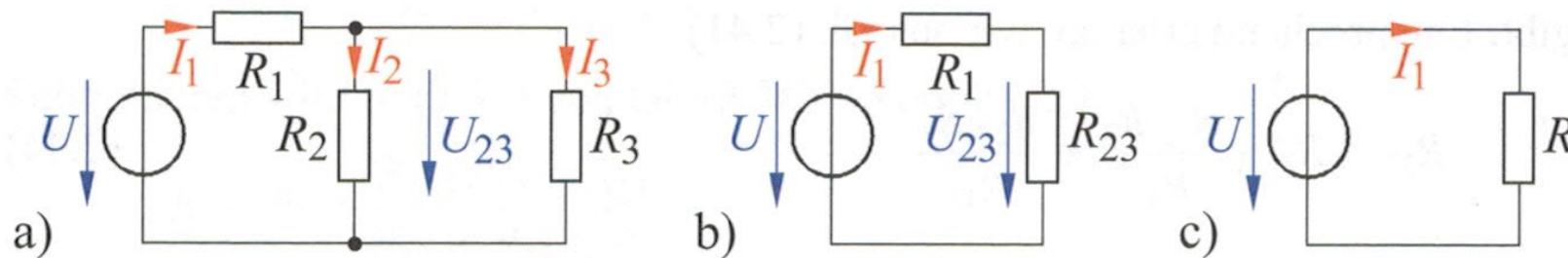
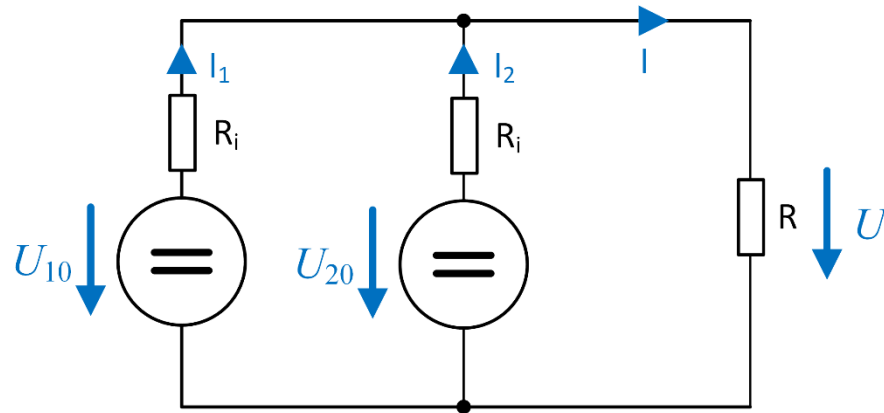


Bild 2.18 Beispiel eines einfachen Netzwerkes. a) Tatsächliche Schaltung, b) und c) elektrisch gleichwertige Ersatzschaltungen

Berechnung Netzwerke mit mehreren Quellen

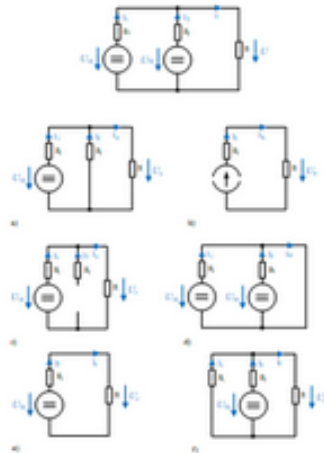
I. Überlagerungsprinzip

Lesekontrollfrage 1



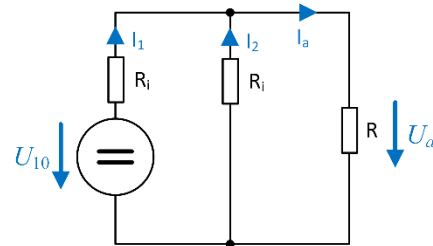
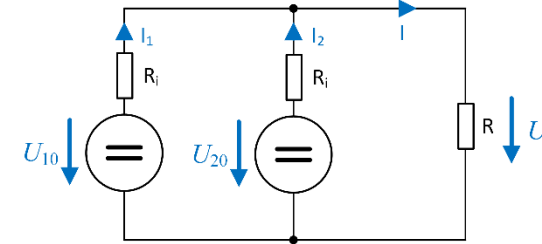
3 - Überlagerungsprinzip

Welche der folgenden Netzwerke werden als Teillösung im Sinne des Überlagerungsprinzips benötigt um den Strom durch den Widerstand R im oben gezeigten Netzwerk zu berechnen? (Mehrfachnennung möglich).

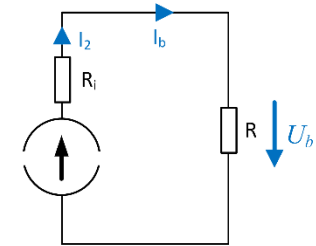

☐ a)

☐ b)

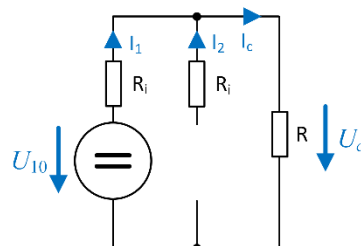
☐ c)

☐ d)


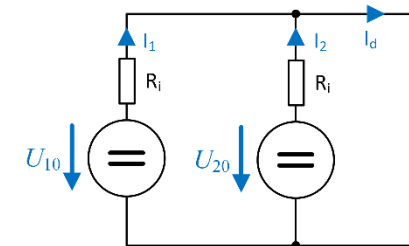
a)



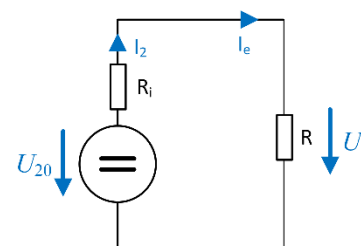
b)



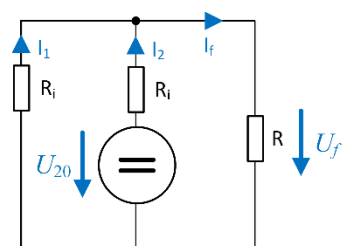
c)



d)



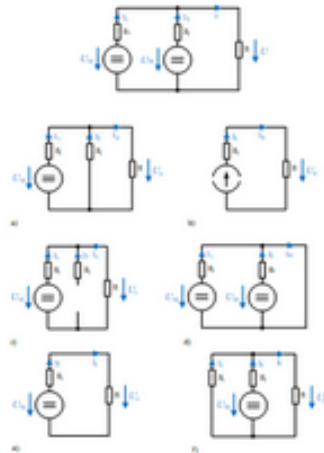
e)



f)

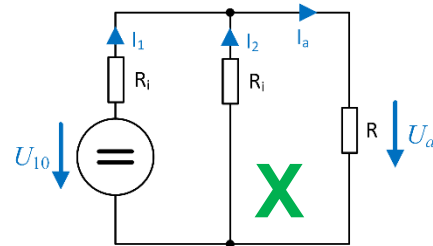
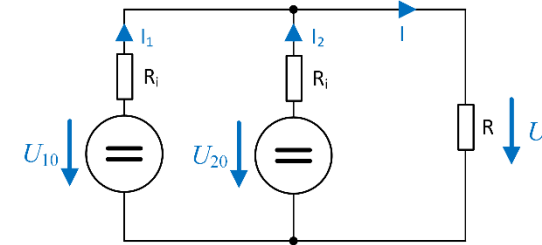
3 - Überlagerungsprinzip

Welche der folgenden Netzwerke werden als Teillösung im Sinne des Überlagerungsprinzips benötigt um den Strom durch den Widerstand R im oben gezeigten Netzwerk zu berechnen? (Mehrfachnennung möglich).

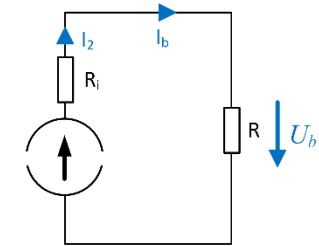

☐ a)

☐ b)

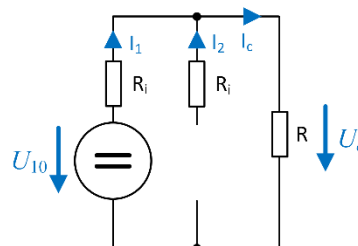
☐ c)

☐ d)


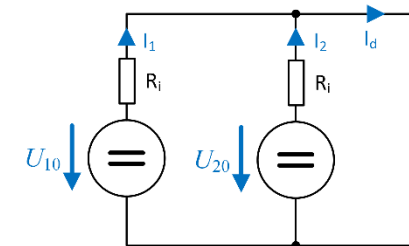
a)



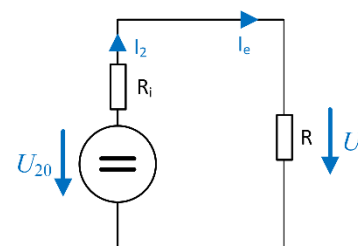
b)



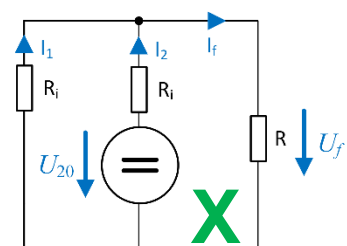
c)



d)



e)



f)

Überlagerungsprinzip

Teillösungen

- Effekt aller Strom- und Spannungsquellen einzeln betrachten.
- Andere Quellen müssen dabei «Null gesetzt werden»
 - Andere Stromquellen dürfen keinen weiteren Beitrag liefern → Leerlauf im Zweig
 - Andere Spannungsquellen dürfen keinen weiteren Beitrag liefern → Kurzschluss

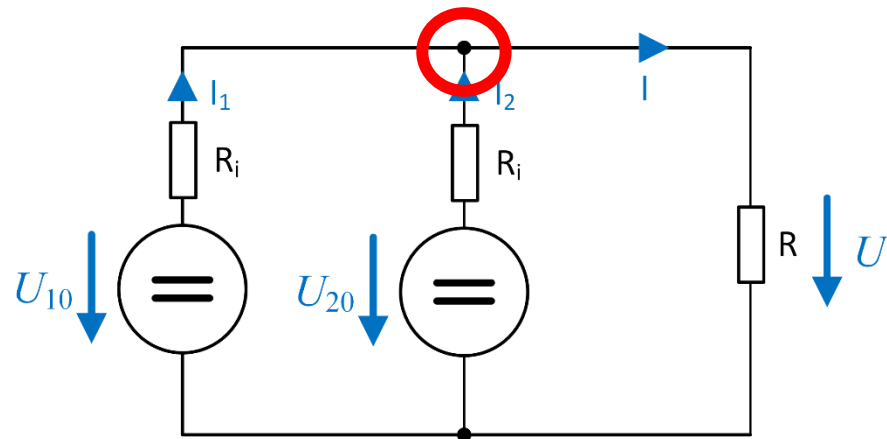


Gilt nur für Netzwerkelemente mit linearem Zusammenhang zwischen Strom und Spannung.

Wegen quadratischem Zusammenhang zwischen Strom und Leistung dürfen nicht die Teilleistungen über Widerstand addiert werden.

Berechnung «komplizierterer» Netzwerke

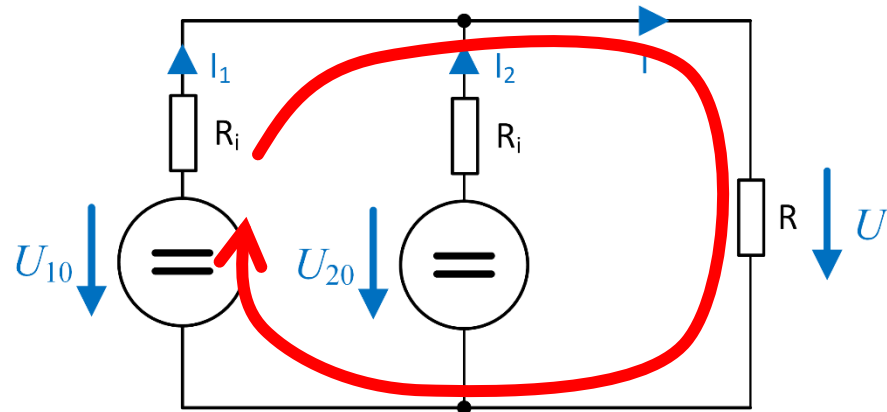
II. Aufstellen der Maschen- und Knotengleichungen



$$I = I_1 + I_2$$

Berechnung «komplizierterer» Netzwerke

II. Aufstellen der Maschen- und Knotengleichungen

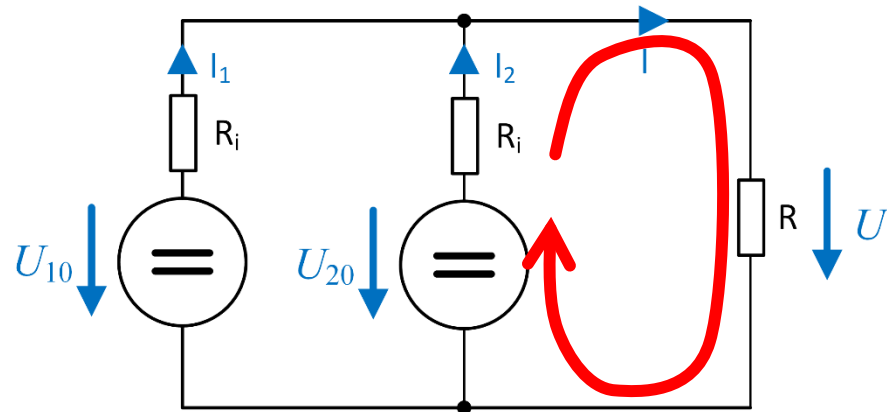


$$I = I_1 + I_2$$

$$R_i I_1 + R I - U_{10} = 0$$

Berechnung «komplizierterer» Netzwerke

II. Aufstellen der Maschen- und Knotengleichungen



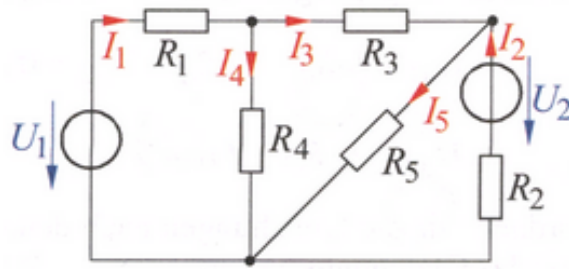
$$I = I_1 + I_2$$

$$R_i I_1 + RI - U_{10} = 0$$

$$R_i I_2 + RI - U_{20} = 0$$

5 - Netzwerkgleichungen

Mit welcher der folgenden Matrixgleichungen lässt sich das gezeichnete Netzwerk korrekt lösen? Wählen Sie eine oder mehrere Antworten.


☐

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 1 \\ R_1 & 0 & 0 & R_4 & 0 \\ 0 & R_2 & 0 & 0 & R_5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ U_1 \\ U_2 \end{bmatrix}$$

☐

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & -1 \\ R_1 & 0 & 0 & R_4 & 0 \\ 0 & 0 & R_3 & -R_4 & R_5 \\ 0 & R_2 & 0 & 0 & R_5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ U_1 \\ 0 \\ U_2 \end{bmatrix}$$

☐

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & -1 \\ R_1 & 0 & 0 & R_4 & 0 \\ 0 & 0 & R_3 & -R_4 & R_5 \\ R_1 & 0 & R_3 & 0 & R_5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ U_1 \\ 0 \\ U_1 \end{bmatrix}$$

☐

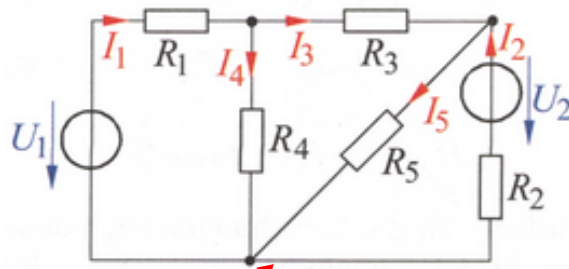
$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 1 \\ R_1 & 0 & 0 & R_4 & 0 \\ 0 & 0 & R_3 & -R_4 & R_5 \\ 0 & R_2 & 0 & 0 & R_5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ U_1 \\ 0 \\ U_2 \end{bmatrix}$$

☐

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & -1 \\ R_1 & 0 & 0 & R_4 & 0 \\ R_1 & 0 & R_3 & 0 & R_5 \\ 0 & R_2 & 0 & 0 & R_5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ U_1 \\ U_1 \\ U_2 \end{bmatrix}$$

5 - Netzwerkgleichungen

Mit welcher der folgenden Matrizengleichungen lässt sich das gezeichnete Netzwerk korrekt lösen? Wählen Sie eine oder mehrere Antworten.



Drei Knotengleichungen

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 1 \\ R_1 & 0 & 0 & R_4 & 0 \\ 0 & R_2 & 0 & 0 & R_5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ U_1 \\ U_2 \end{bmatrix}$$



$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & -1 \\ R_1 & 0 & 0 & R_4 & 0 \\ 0 & 0 & R_3 & -R_4 & R_5 \\ 0 & R_2 & 0 & 0 & R_5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ U_1 \\ 0 \\ U_2 \end{bmatrix}$$

Zwei redundante Maschengleichungen
(R_2 und U_2 nicht enthalten)



$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & -1 \\ R_1 & 0 & 0 & R_4 & 0 \\ 0 & 0 & R_3 & -R_4 & R_5 \\ R_1 & 0 & R_3 & 0 & R_5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ U_1 \\ 0 \\ U_1 \end{bmatrix}$$



$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 1 \\ R_1 & 0 & 0 & R_4 & 0 \\ 0 & 0 & R_3 & -R_4 & R_5 \\ 0 & R_2 & 0 & 0 & R_5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ U_1 \\ 0 \\ U_2 \end{bmatrix}$$

Unterer Knoten: $-I_1$ fehlt



$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & -1 \\ R_1 & 0 & 0 & R_4 & 0 \\ R_1 & 0 & R_3 & 0 & R_5 \\ 0 & R_2 & 0 & 0 & R_5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ U_1 \\ U_1 \\ U_2 \end{bmatrix}$$

Analyse umfangreicher Netzwerke

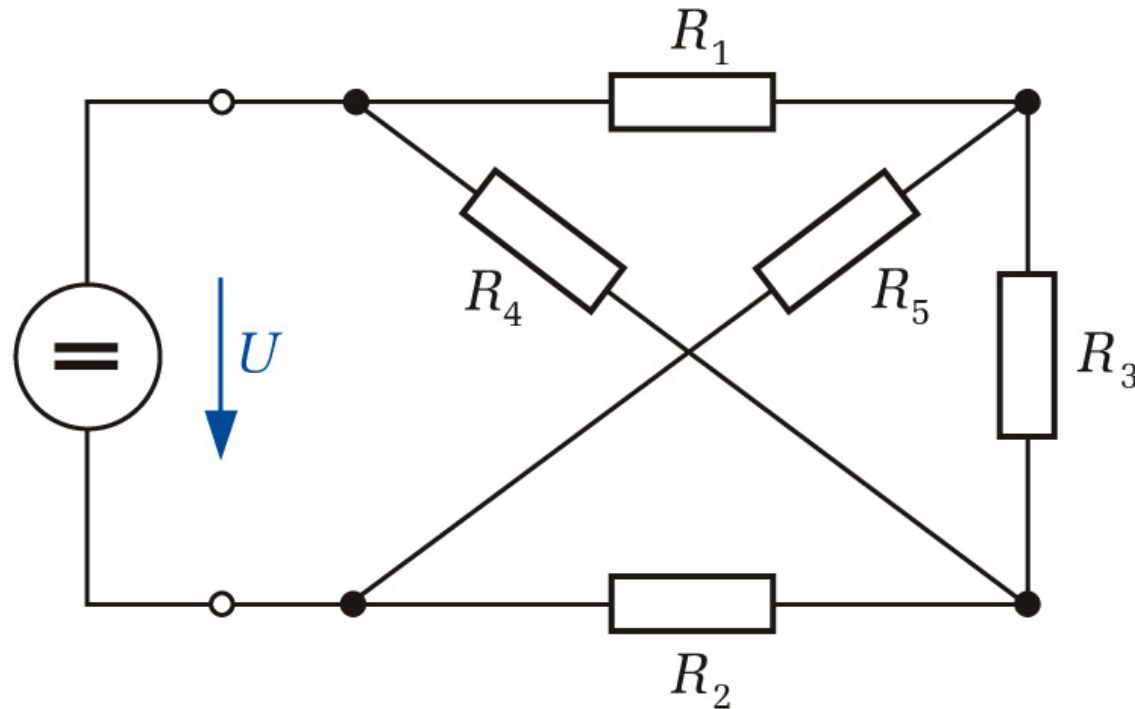


Abbildung 3.6: Einfaches Netzwerk

Definition «Zweig»:

Beliebig zusammengesetzter Zweipol, der zwischen zwei Knoten eines Netzwerks liegt.

Beispiel hat 6 Zweige

Analyse umfangreicher Netzwerke

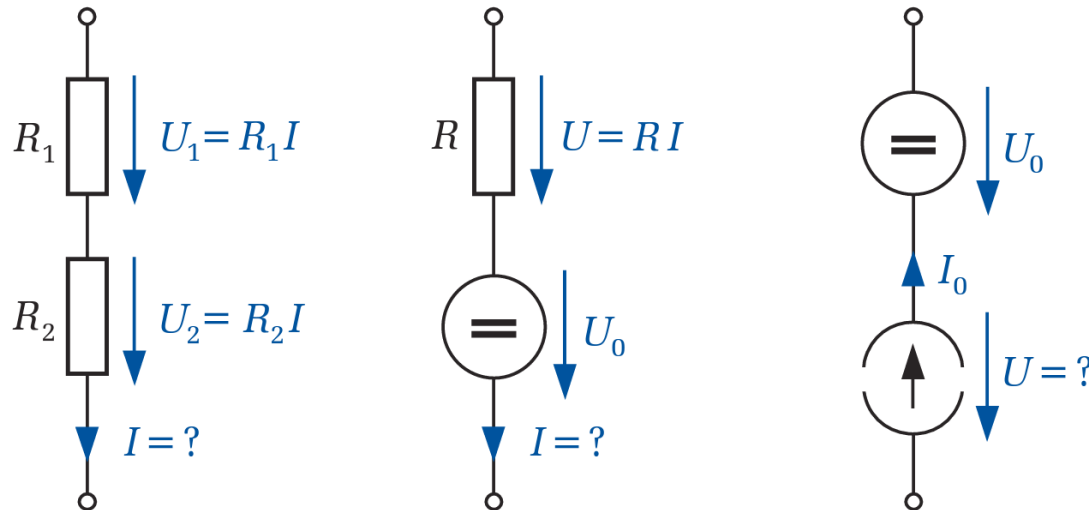


Abbildung 3.43: Zweipolnetzwerke

Die Anzahl unbekannter Ströme und Spannungen kann in jedem Zweig auf eine Unbekannte reduziert werden.

→ z Zweige → z Unbekannte!

- Aufstellen der Knoten- und Maschengleichungen

Analyse umfangreicher Netzwerke

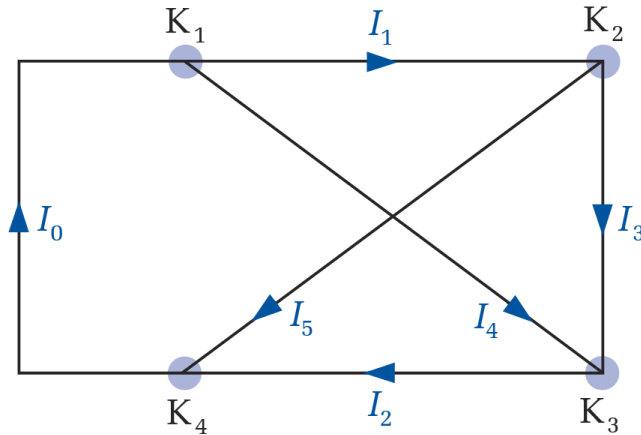


Abbildung 3.44: Netzwerkgraph

1. Schritt: Darstellung des Netzwerkgraphen (ohne Komponenten)

2. Schritt: Festlegung der Zählrichtungen

3. Schritt: Aufstellung der $(k-1)$ Knotengleichungen

$$K_1 : \quad I_0 - I_1 \quad \quad - I_4 \quad = 0$$

$$K_2 : \quad \quad I_1 \quad - I_3 \quad - I_5 = 0$$

$$K_3 : \quad \quad - I_2 + I_3 + I_4 \quad = 0$$

4. Schritt: Aufstellung der Maschengleichungen (es braucht noch $m=z-(k-1)$ Maschengleichungen)

Aufstellen der Maschengleichung

1. Variante: Vollständiger Baum

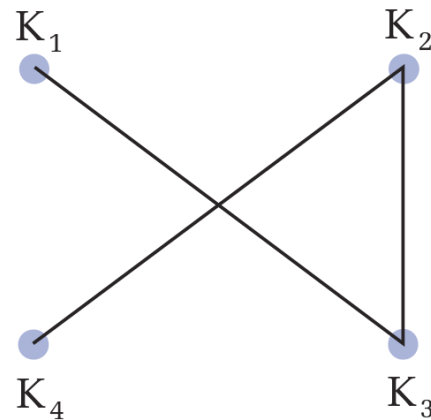
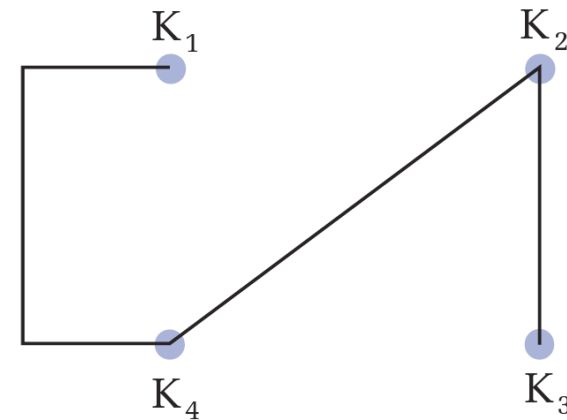


Abbildung 3.45: Vollständiger Baum



(2 Beispiele)

Analyse umfangreicher Netzwerke

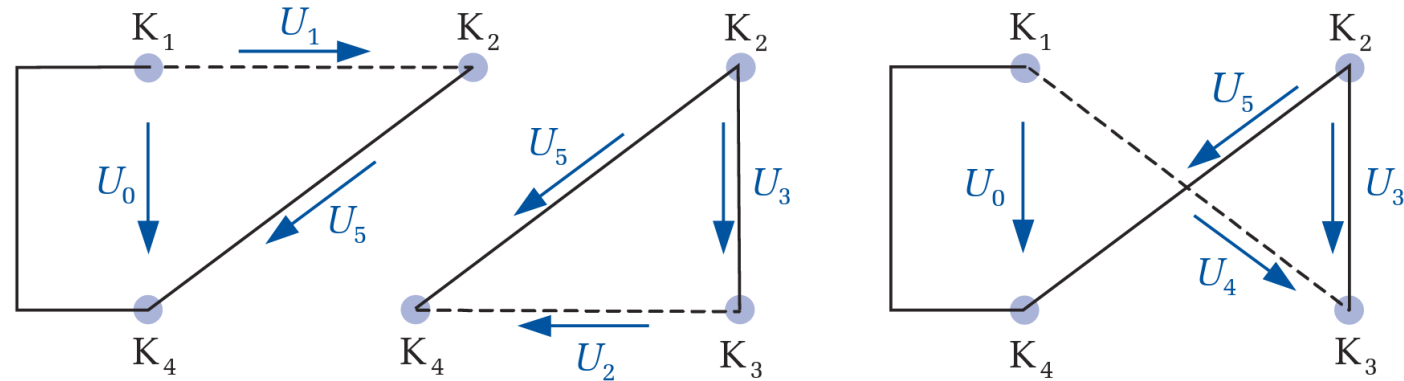
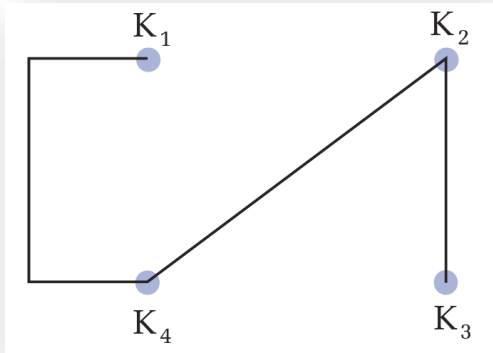


Abbildung 3.46: Aufstellung der Maschengleichungen beim vollständigen Baum

4. Schritt: Aufstellung der Maschengleichungen (1. Methode, vollständiger Baum)

$$\begin{array}{lll}
 M_1 : & U_1 & + U_5 = U_0 \\
 M_2 : & U_2 + U_3 & - U_5 = 0 \\
 M_3 : & -U_3 + U_4 + U_5 & = U_0
 \end{array}
 \quad \longrightarrow \quad
 \begin{array}{lll}
 M_1 : & R_1 I_1 & + R_5 I_5 = U_0 \\
 M_2 : & R_2 I_2 + R_3 I_3 & - R_5 I_5 = 0 \\
 M_3 : & -R_3 I_3 + R_4 I_4 + R_5 I_5 & = U_0
 \end{array}$$

Aufstellen der Maschengleichung

2. Variante: Auftrennung der Maschen

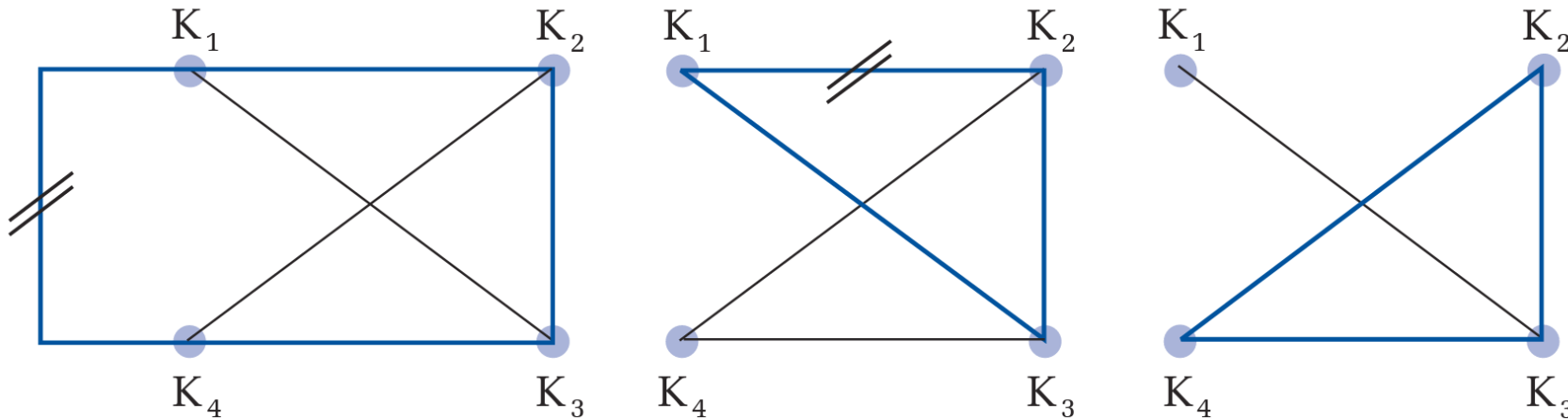


Abbildung 3.47: Auftrennung der Maschen

4. Schritt: Aufstellung der Maschengleichungen (2. Methode, Auftrennung der Maschen)



Ausblick

In der Praxis:

- benötigt man nicht immer alle Ströme und Spannungen
- Gleichungen mit dem Computer aufstellen
- möglichst kleine Matrixgleichungen lösen

→ Anzahl Knoten- und Maschengleichungen = Anzahl Zweige

Rechenaufwand: $\sim \mathcal{O}(n^3)$

→ «formalisiertes» Aufstellen der Gleichungen
und Reduktion der Anzahl Gleichungen

- Knotenpotentialverfahren
(wird in erweiterter Form in Spice genutzt)
- Maschenstromverfahren

Ausführlich in NuS-2
(Wechselstrom, alle Komponenten, ...)



Zum Ausprobieren (asc-file auf moodle)

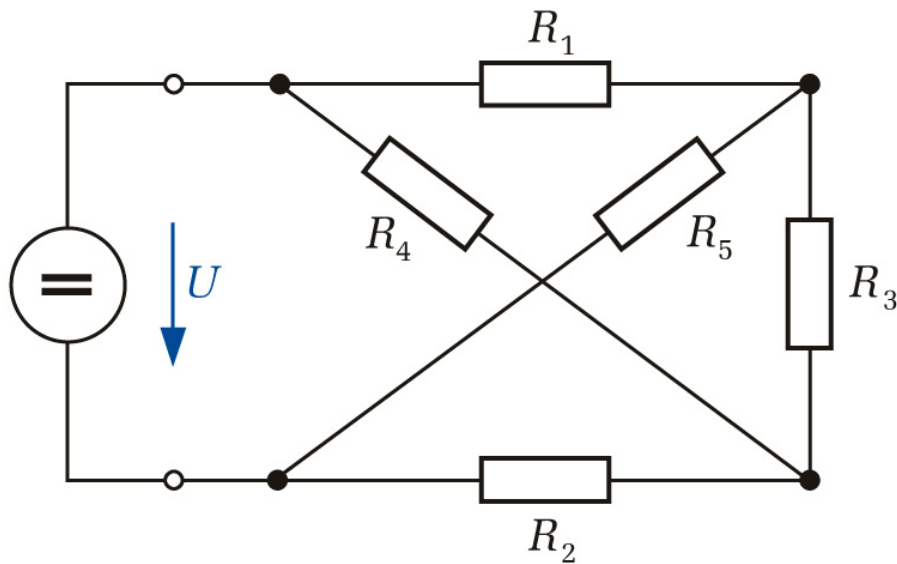
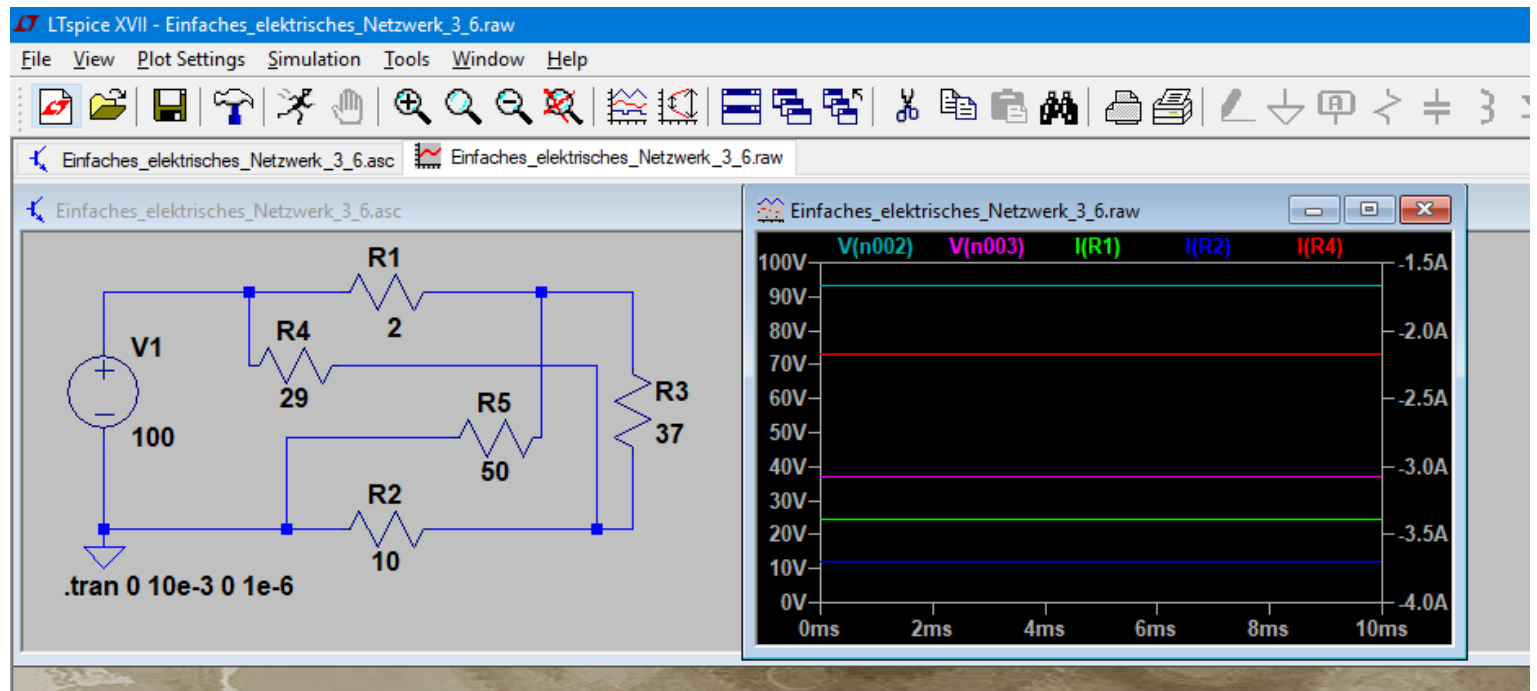


Abbildung 3.6: Einfaches Netzwerk



Ausblick Woche 7: «Zwischenwoche»

- kein neuer Fachinhalt
- Vorlesung (mit Vorführung elektrostatischer Generatoren) und Übung finden statt
- Zum Wiederholen des Stoffes und der Übungen Kap 1-3 nutzen.
- Lesekontrollfragen = Feedbackfragen (Bonuspunkte)

