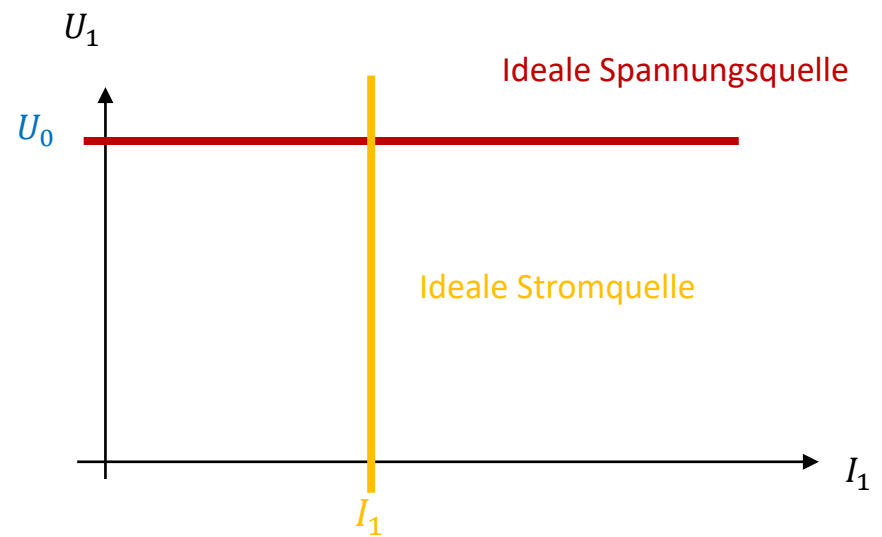
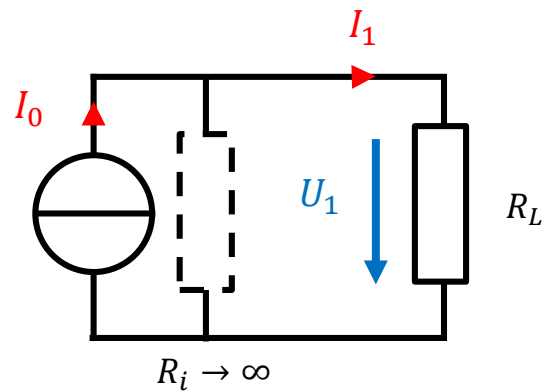
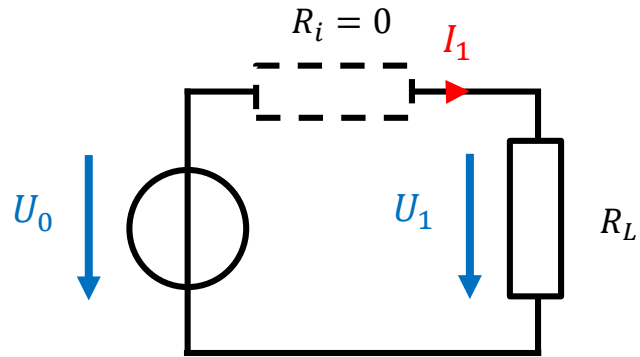


Elektrotechnik I

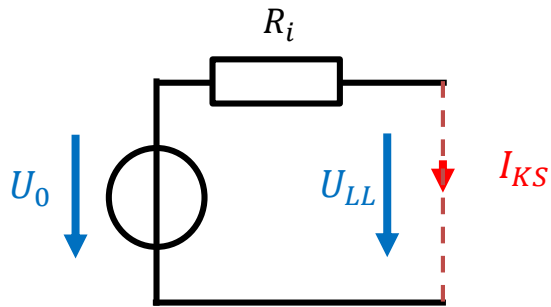
Übung 3 Leistungsanpassung, Stern-Dreieck-Umformung



Recap: Kennlinien von idealen Quellen



Recap: Reale Quelle



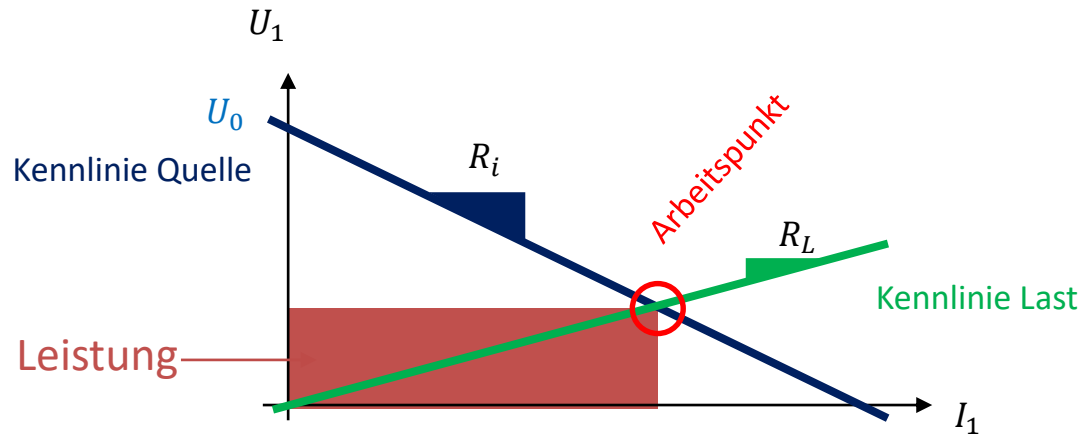
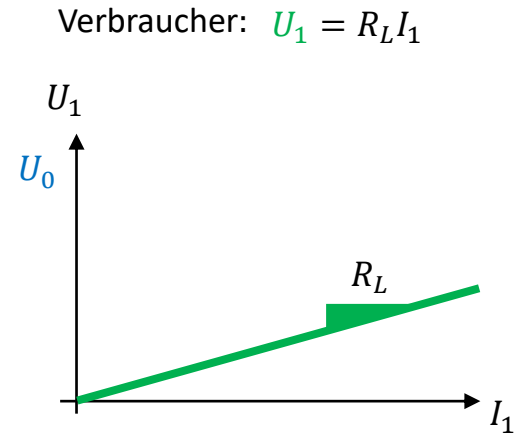
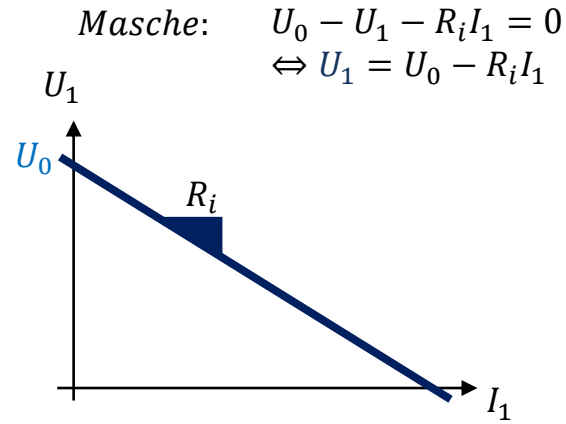
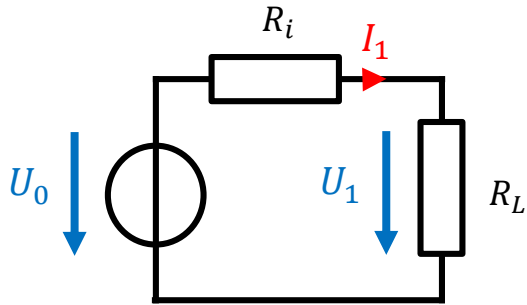
Reale Quelle lässt sich mit

- Leerlaufspannung
- Kurzschlussstrom
- Innenwiderstand

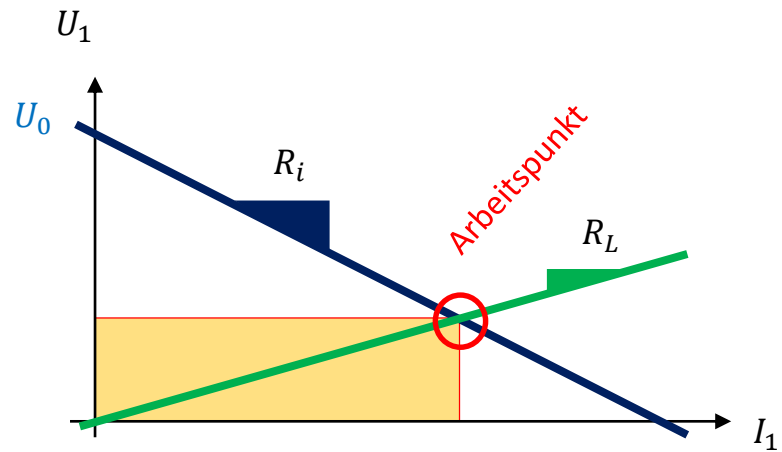
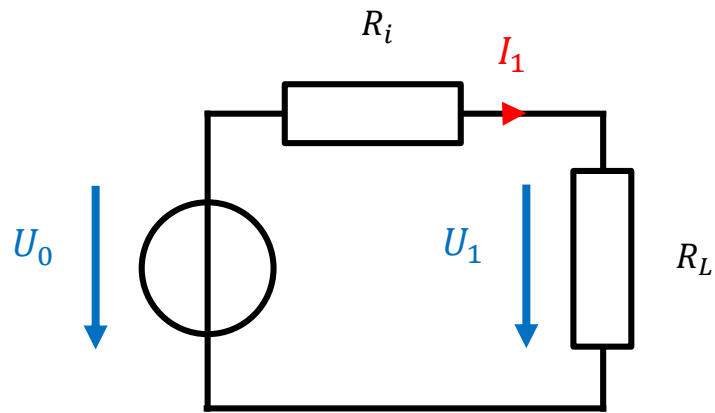
Beschreiben, wobei 2 Angaben genügen

$$U_{LL} = R_i \cdot I_{KS} \quad \longrightarrow \quad R_i = \frac{U_{LL}}{I_{KS}}$$

Kennlinien von Quellen und Verbrauchern



Leistung an realen Quellen

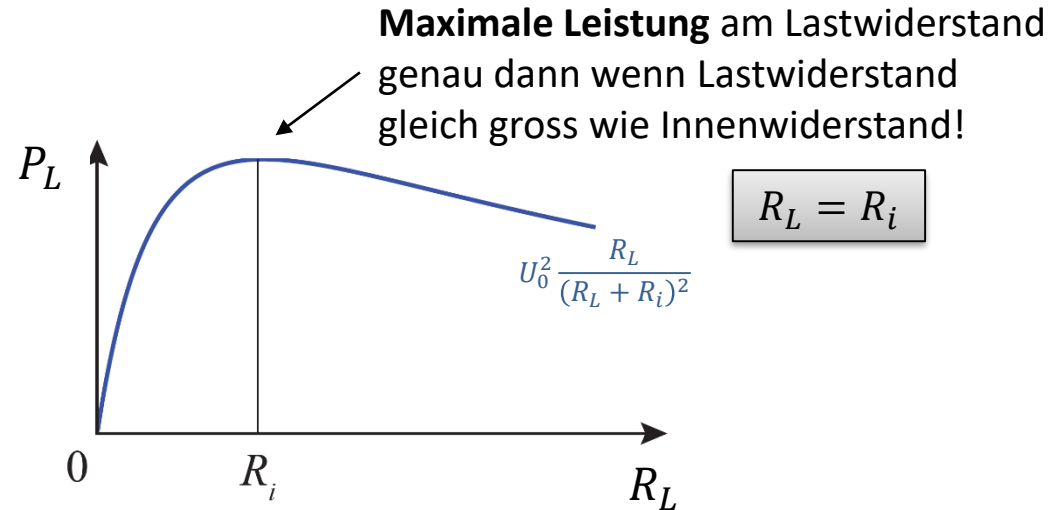
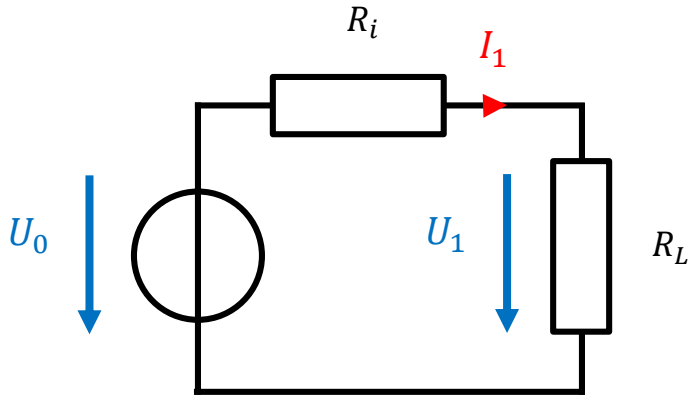


Spannungsteiler

Leistung an der Last:

$$P_L = U_1 I_1 = \frac{U_1^2}{R_L} = \frac{\left(U_0 \frac{R_L}{R_L + R_i} \right)^2}{R_L} = U_0^2 \frac{R_L}{(R_L + R_i)^2}$$

Leistung an realen Quellen



Leistung an der Last:

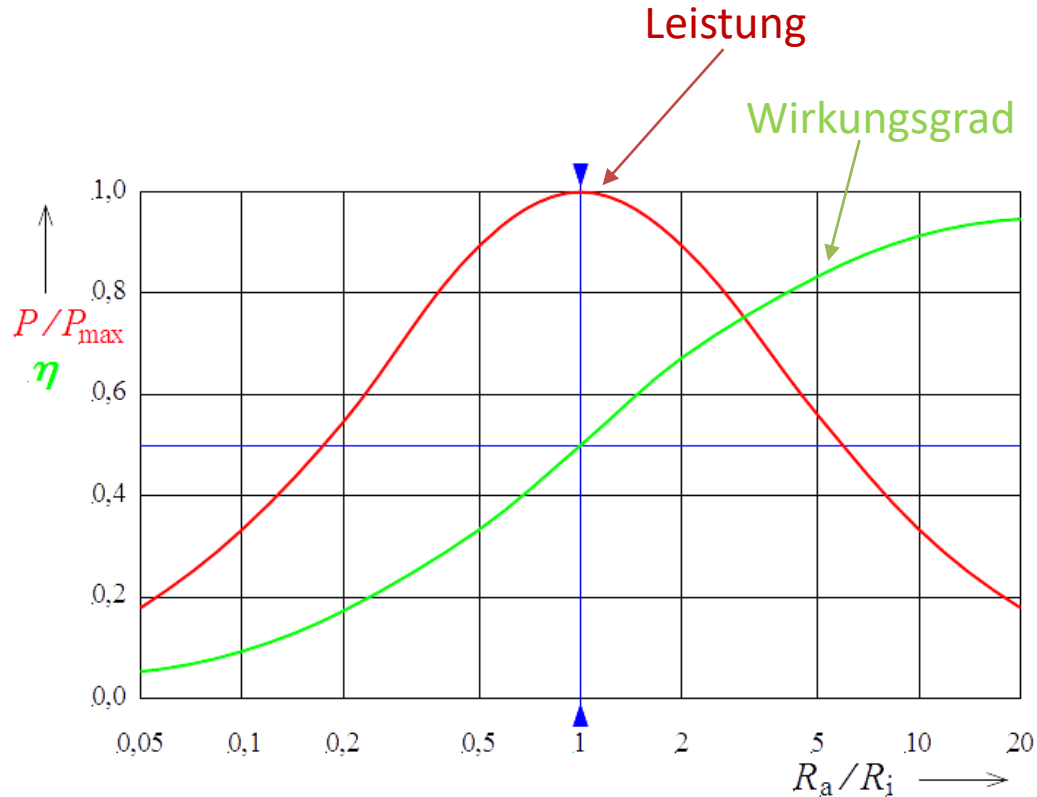
$$P_L = U_1 I_1 = \frac{U_1^2}{R_L} = \frac{\left(U_0 \frac{R_L}{R_L + R_i} \right)^2}{R_L} = U_0^2 \frac{R_L}{(R_L + R_i)^2}$$

→

$$P_{L\max} = \frac{U_0^2}{4R_i}$$

Leistung und Wirkungsgrad

Maximale Leistung bedeutet nicht maximaler Wirkungsgrad.
Leistung geht in der Quelle „verloren“





Autobatterie
12 V, 560 A
60 Ah

Innenwiderstand (ungefähr)

$$R_i \approx \frac{12 \text{ V}}{560 \text{ A}} = 21 \text{ m}\Omega$$

Wir wollen eine Lichterkette betreiben. Es sind viele Glühbirnen parallel geschaltet, sodass der Gesamtwiderstand etwa 20 mΩ beträgt.

→ Wir können die Batterie optimal nutzen, da $R_i \approx R_L$!!

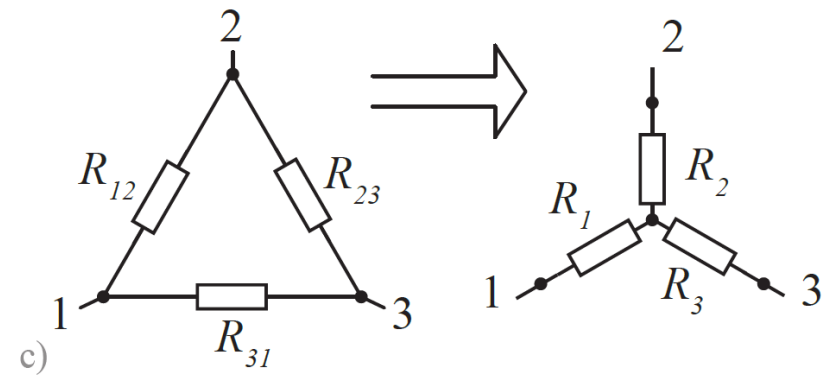
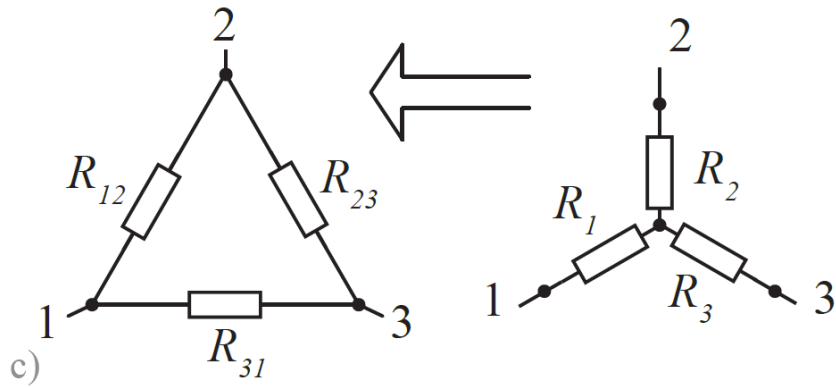
Problem: Bei Leistungsanpassung dissipiert der Innenwiderstand der Quelle genau gleich viel Energie wie die Last selbst!
Wirkungsgrad nur noch 50%, Quelle wird sehr heiss



- Die maximale Leistung wird genau dann abgegeben, wenn der Innenwiderstand gleich gross ist wie der Lastwiderstand, also

$$R_i = R_L$$

Stern-Dreieck Umwandlung



$$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3}$$

$$R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

$$R_{13} = R_1 + R_3 + \frac{R_1 R_3}{R_2}$$

$$R_1 = \frac{R_{12} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_2 = \frac{R_{12} R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_3 = \frac{R_{31} R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

Falls alle Widerstände den gleichen Wert haben (Symmetrische Schaltung):

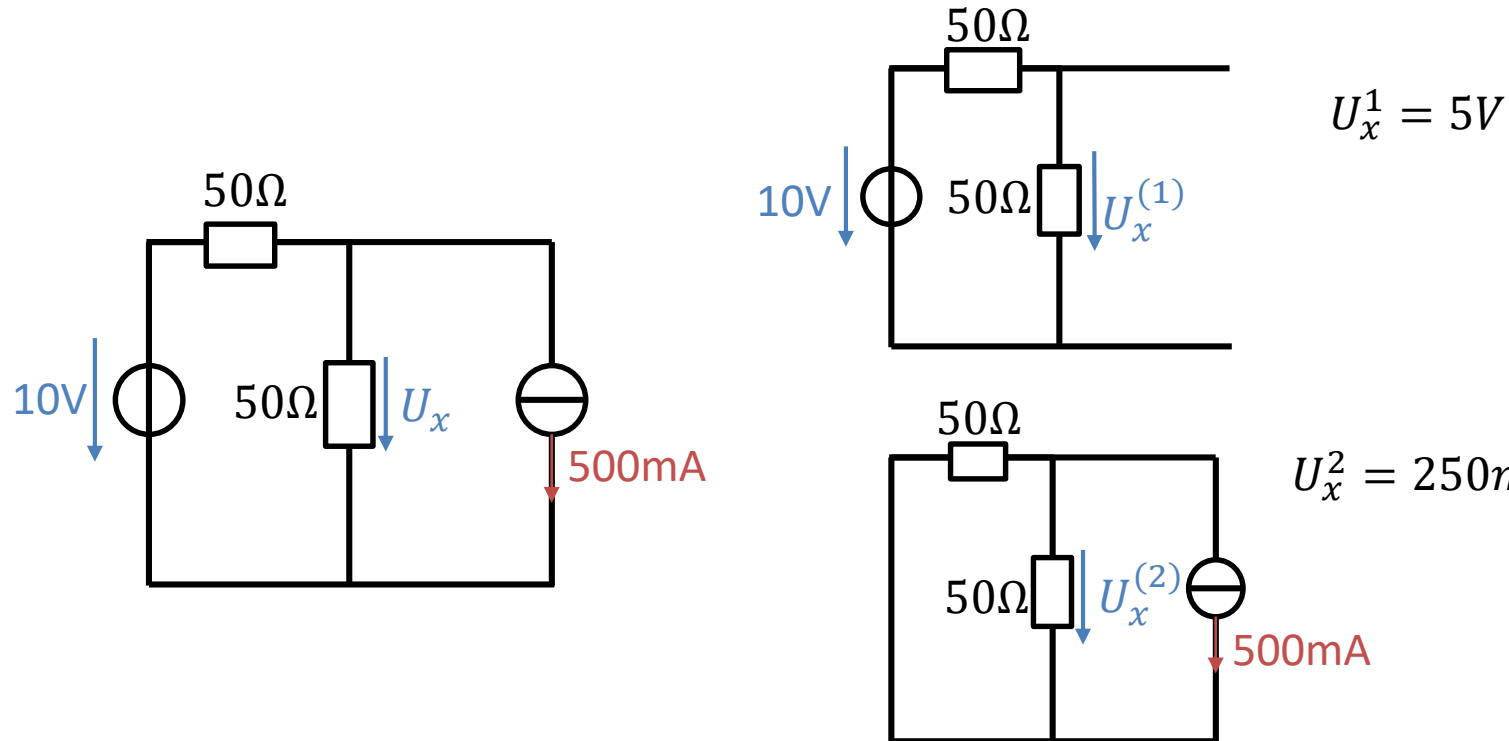
$$R_{xy} = 3R$$

$$R_x = \frac{R}{3}$$

Kann ein Netzwerk nicht mit den bekannten Formeln vereinfacht werden, hilft oft die Stern-Dreieck Umwandlung

Superposition

- **Alle Quellen ausser einer werden auf «0» gesetzt.**
 - Spannungsquellen werden **kurzgeschlossen**
 - Stromquellen werden als **Leerlauf** modelliert

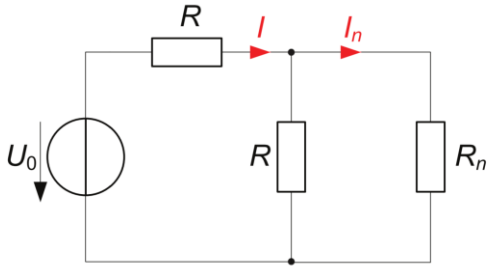


$$U_x = U_x^{(1)} + U_x^{(2)} = 5V - 12.5V = -7.5V$$

Beispielaufgabe 1

Sei P_n die Nutzleistung, also die am Widerstand R_n auftretende Leistung; und P_g die gesamte von der Quelle abgegebene Leistung. Dann ist der Wirkungsgrad η definiert als

$$\eta = \frac{P_n}{P_g}$$



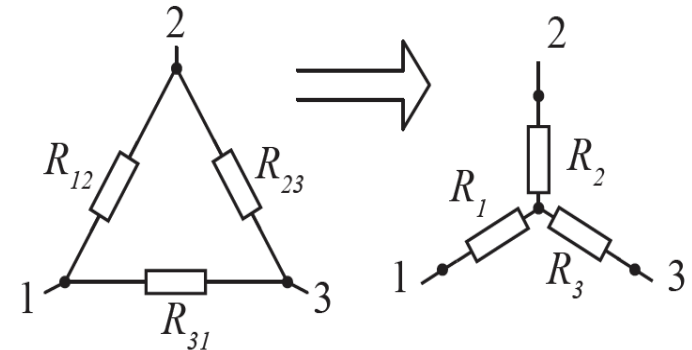
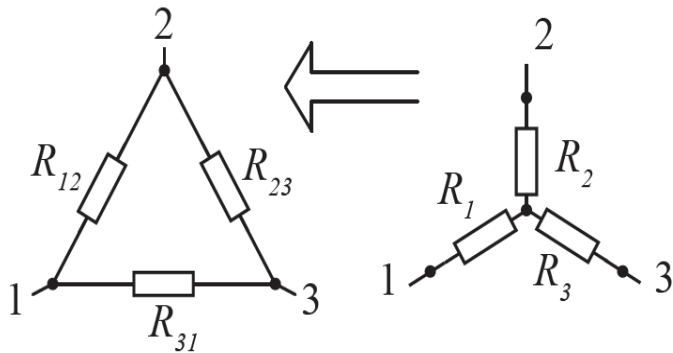
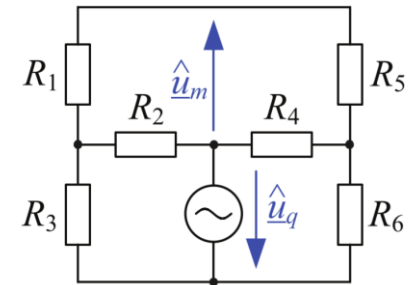
1. Berechnen Sie die Nutzleistung P_n der Schaltung
2. Bei welchem Wert R_{n1} des Widerstands R_n erreicht die Nutzleistung ihr Maximum $P_{n,\max}$? Wie gross ist dieses Maximum?

Beispielaufgabe 2

Gegeben seien die folgenden Widerstandswerte: $R_1 = 55 \Omega$, $R_2 = 40 \Omega$, $R_3 = 45 \Omega$, $R_4 = 50 \Omega$, $R_5 = 60 \Omega$, $R_6 = 50 \Omega$

Berechnen Sie mittels Stern-Dreieck-Umformung die Messspannung \hat{u}_m als algebraischen Ausdruck von \hat{u}_q und den Widerständen R_1 bis R_6 . Geben sie die resultierende Ersatzschaltung an.

Wie gross ist U_m , wenn $U_q = 48 \text{ V}$ beträgt.



$$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3}$$

$$R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

$$R_{13} = R_1 + R_3 + \frac{R_1 R_3}{R_2}$$

$$R_1 = \frac{R_{12} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_2 = \frac{R_{12} R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_3 = \frac{R_{31} R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

Übung 3

Leistungsanpassung, Stern-Dreieck-Umwandlung

Aufgabe 1 Online Multiple Choice Fragen

Beantworten Sie die Aufgaben Serie "Übung 03 - Multiple Choice Fragen". Diese finden Sie im ET1-Moodle.

Aufgabe 2 Leistungsanpassung

In der Vorlesung haben Sie gelernt, dass einem Verbraucherwiderstand die maximale Leistung zugeführt wird, wenn sein Widerstandswert gleich dem Innenwiderstand der Quelle ist.

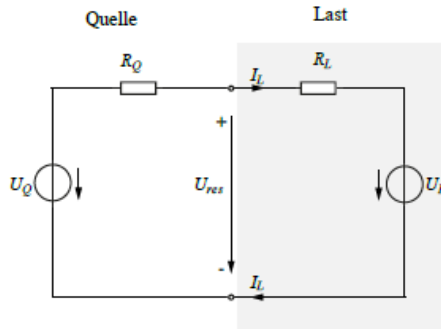


Abbildung 1: Leistungsanpassung am Beispiel eines Akkus (Aufgabe 2)

Die "Last" muss nicht zwingend ein Widerstand sein. Beim Aufladen eines Akkus beispielsweise besteht die Last aus der Serieschaltung einer Spannungsquelle und eines Widerstands, wie in Abbildung 1 dargestellt.

- Für welchen Wert von R_L wird die der Last zugeführte Leistung maximal? Welche Bedingung müssen die Quellen U_L und U_Q erfüllen, damit R_L positiv wird?
- Verifizieren Sie Ihre Lösung, indem Sie $U_L = 0 \text{ V}$ setzen. Daraus sollte die in der Vorlesung behandelte Bedingung $R_L = R_Q$ resultieren.

Aufgabe 3 Stern-Dreieck-Umwandlung

Die Schaltung nach Abbildung 2 enthält die Widerstände $R_1 = 55 \Omega$, $R_2 = 40 \Omega$, $R_3 = 45 \Omega$, $R_4 = 50 \Omega$ und $R_5 = 60 \Omega$.

- Bestimmen Sie den Gesamtwiderstand (Ersatzwiderstand) der Anordnung.
Hinweis: Dreieck-Stern-Umwandlung des linken Teils der Widerstandsanordnung.
- Welche Leistung wird von der Anordnung aufgenommen, wenn an den Klemmen eine reale Stromquelle mit Strom $I_q = 3 \text{ A}$ und einem Innenwiderstand von $R_i = 300 \Omega$ angeschlossen wird?
Hinweis: Stromteiler-Formel verwenden.
- Welche Klemmenspannung stellt sich an der realen Stromquelle ein?

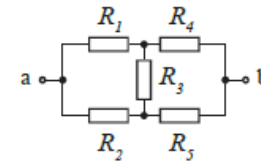


Abbildung 2: Widerstandsanordnung zur Bestimmung des Gesamtwiderstands (Aufgabe 3)