

Elektrotechnik und Elektronik der Informationstechnologie1 (SYTE1)

Skriptum zur Vorlesung/Übung
der Schulstufe 1

HTBL Krems/Informationstechnologie
DI Dr. Sabine Strohmayer

Überblick SYTE1

- Einheiten/Größen
- Grundgesetze: Ohm'sches Gesetz
Kirchhoffsche Gesetze
- Gleichstromtechnik: Serienschaltung
Parallelschaltung
Überlagerung
Spannungsteiler
Stromteiler
- Gleichstrommesstechnik/Simulationen

SI-Einheiten

Jede physikalische Größe wird durch Zahlenwert und Einheit beschrieben:

$$\text{Größe} = \text{Zahlenwert} \cdot \text{Einheit} \quad , \quad \text{Einheit} = [\text{Größe}]$$

In der Technik werden heute fast ausschließlich die **SI-Einheiten** (**S**ystème **I**nternational) verwendet:

Größe	Einheit	Kurzzeichen
Länge	Meter	m
Masse	Kilogramm	kg
Zeit	Sekunde	s
elektrische Stromstärke	Ampere	A
Temperatur	Kelvin	K
Lichtstärke	Candela	cd
Stoffmenge	Mol	mol

SI-Einheiten

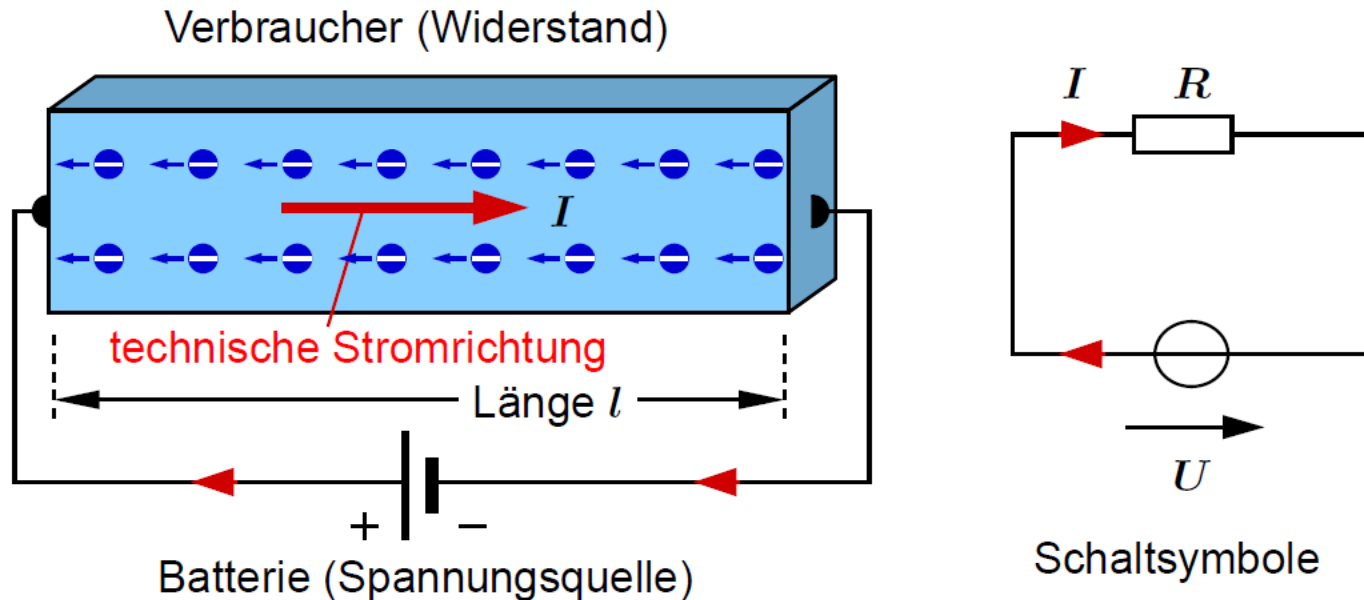
Neben den 7 Basiseinheiten gibt es **abgeleitete Einheiten**, die aus den physikalischen Grundgesetzen durch Basiseinheiten dargestellt werden können. Z.B. gilt für die Kraft:

$$[\text{Kraft}] = [\text{Masse}] \cdot [\text{Beschleunigung}] = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{Newton} = \text{N}$$

Um extreme Zahlenwerte zu vermeiden, verwendet man **Vorsätze** vor den Einheiten:

Name	Zeichen	Faktor	Name	Zeichen	Faktor
Dezi	d	10^{-1}	Deka	da	10
Zenti	c	10^{-2}	Hekto	h	10^2
Milli	m	10^{-3}	Kilo	k	10^3
Mikro	μ	10^{-6}	Mega	M	10^6
Nano	n	10^{-9}	Giga	G	10^9
Piko	p	10^{-12}	Tera	T	10^{12}

Elektrischer Stromkreis



Im stationären Zustand (konstanter Stromfluß) wird die von der Batterie gelieferte Energie im Verbraucher in Wärme umgesetzt. Gesucht ist der Zusammenhang zwischen der Leistung und den Größen U und I (Strom und Spannung). Was versteht man eigentlich unter der „Spannung“?

Zur Klärung dieser Fragen betrachten wir eine Ladungsmenge Q , die in der Zeitspanne t den Leiter mit der Länge l durchquert hat.

Spannung/Strom

- Spannung:
Ist die Ursache für die Bewegung der Ladungsträger im geschlossenen Stromkreislauf.
- Strom:
Ist die Bewegung der elektrischen Ladung.

Energie/Leistung

Energie $W = F \cdot l = Q \cdot \frac{F}{Q} \cdot l = Q \cdot E \cdot l \leftarrow \text{Spannung } U, [U] = \text{V}$
↙ elektrische Feldstärke $E, [E] = \text{V/m}$

Leistung $P = \frac{W}{t} = U \cdot \frac{Q}{t} \rightarrow P = U \cdot I, W = U \cdot I \cdot t$

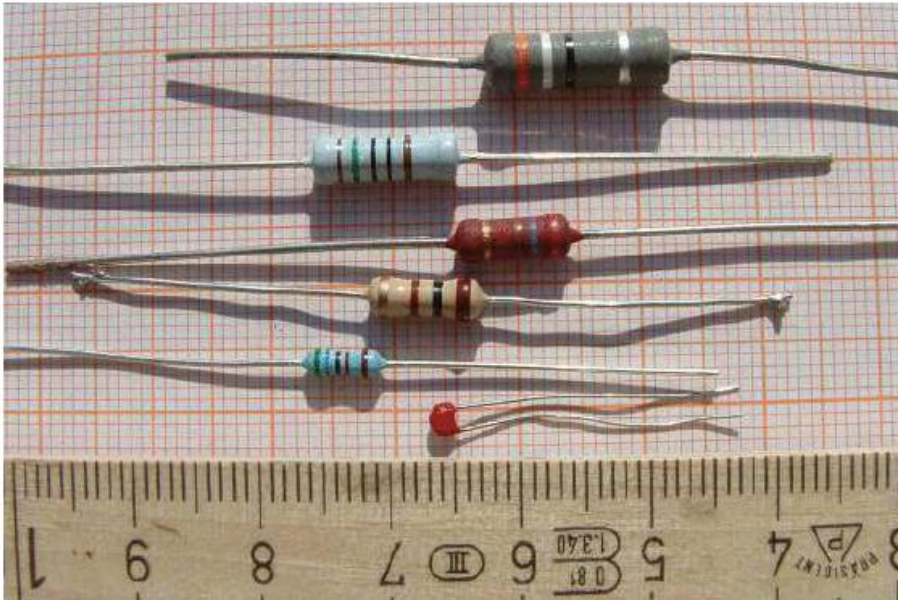
Stromstärke $I \nearrow [I] = A \quad [P] = W \quad [W] = Ws$



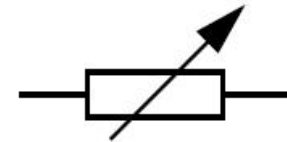
$P = U \cdot I$ ist die elektrische Energie, die pro Zeiteinheit von der Spannungsquelle an den Verbraucher abgegeben und dort in Wärme umgesetzt wird.

Elektrische Widerstände

Gebräuchliche Ausführungsformen elektrischer Widerstände:



Festwiderstände



einstellbarer Widerstand
Potentiometer

Ohm'sches Gesetz

Durch Messungen hat Ohm festgestellt, daß der durch einen Widerstand R fließende Strom I der angelegten Spannung U proportional ist:

$$U = R \cdot I \quad , \quad R = \text{Widerstand} \quad , \quad [R] = \frac{\text{V}}{\text{A}} = \Omega \text{ (Ohm)}$$

$$I = G \cdot U \quad , \quad G = \frac{1}{R} = \text{Leitwert} \quad , \quad [G] = \frac{\text{A}}{\text{V}} = \text{S (Siemens)}$$

Ü-Bsp:

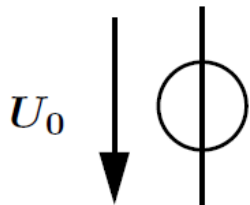
- Ohm'sches Gesetz
- Potenzrechnen

Spannungsquelle/Stromquelle

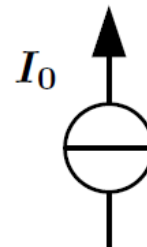


Eine **ideale Spannungsquelle** liefert bei jeder Belastung immer dieselbe Spannung $U_0 = \text{const.}$ und hat einen verschwindenden Innenwiderstand. Eine **ideale Stromquelle** liefert bei jeder Belastung immer denselben Strom $I_0 = \text{const.}$ und hat einen unendlich großen Innenwiderstand.

Schaltsymbole:



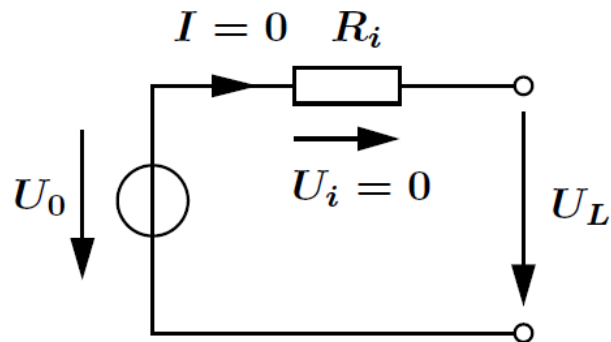
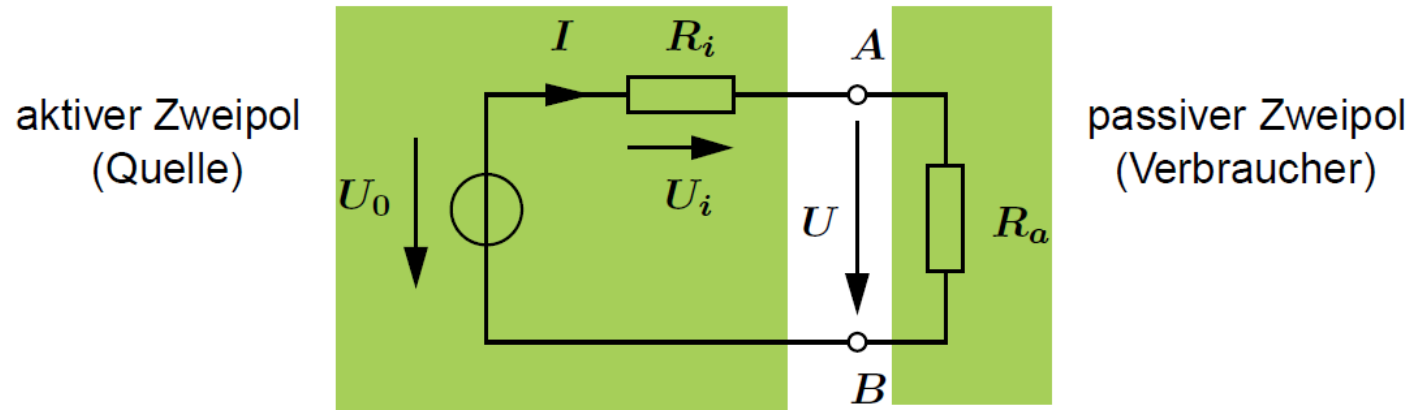
ideale Spannungsquelle



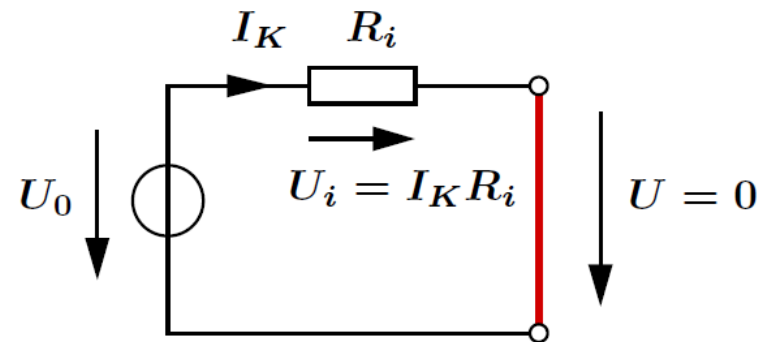
ideale Stromquelle

Eine ideale Spannungsquelle würde also beliebig hohe Ströme und eine ideale Stromquelle beliebig hohe Spannung liefern können, was bei realen
— Zweipolquellen natürlich nicht der Fall ist.

Reale Spannungsquelle



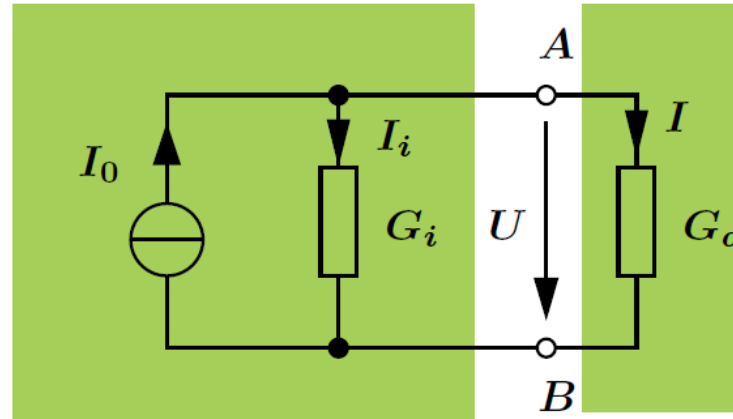
Leerlauf: $U_L = U_0$



Kurzschluß: $I_K = U_0 / R_i$

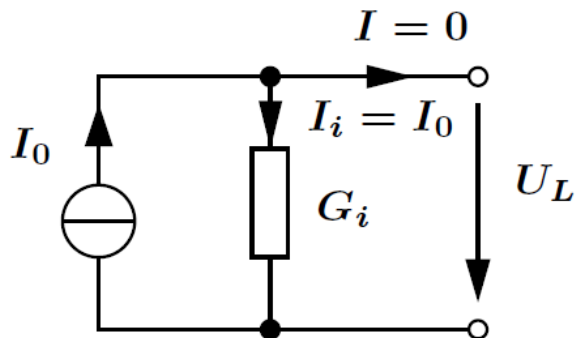
Reale Stromquelle

aktiver Zweipol
(Quelle)

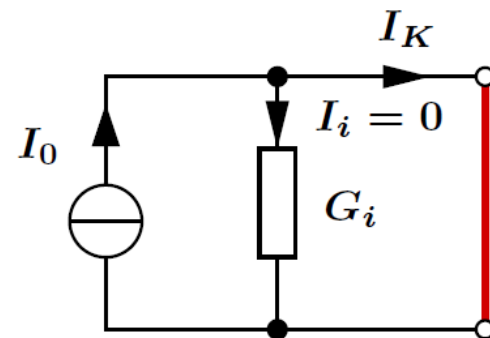


passiver Zweipol
(Verbraucher)

$$I = I_0 - U G_i$$



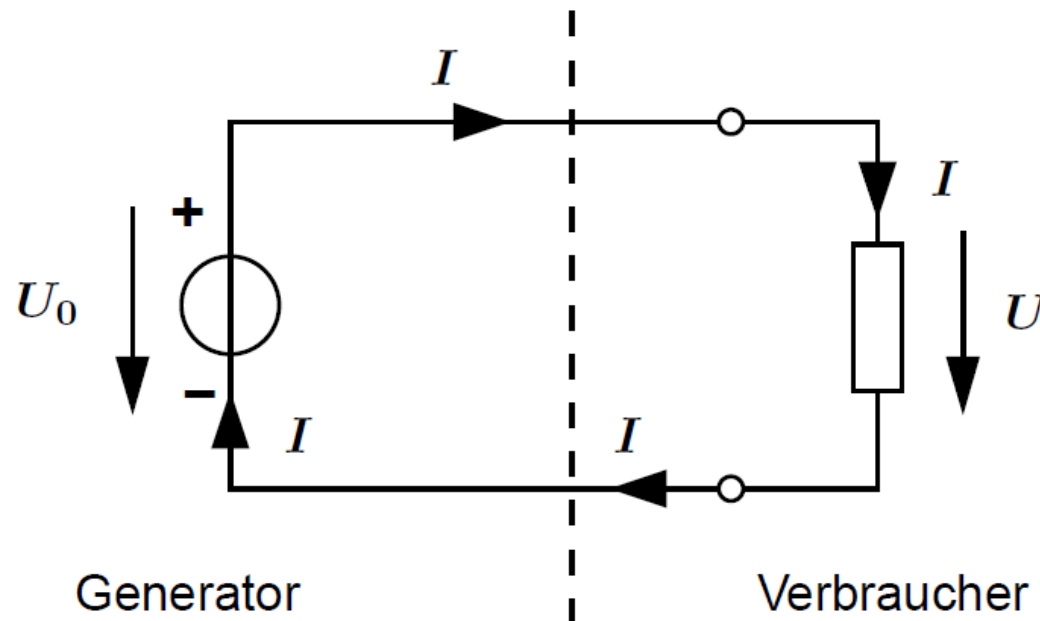
$$\text{Leerlauf: } U_L = I_0 / G_i$$



$$\text{Kurzschluß: } I_K = I_0$$

Richtungsregeln

Den in einem elektrischen Stromkreis auftretenden Strömen und Spannungen werden Richtungen in Form von Zählpfeilen zugeordnet.



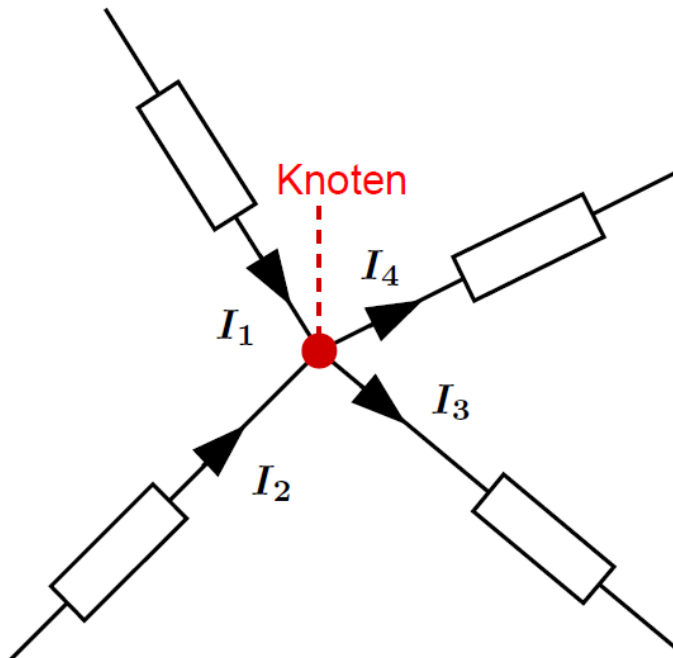
Die Zählpfeile von Strom und Spannung sind am Generator entgegengesetzt und am Verbraucher gleichgerichtet. Ansonsten kann die jeweilige Richtung beliebig angesetzt werden.

Kirchhoffsche Gesetze

1. Kirchhoffsches Gesetz (Knotenregel)



Die Summe aller Ströme in einem Knotenpunkt ist gleich Null. Dabei werden hineinfließende und abfließende Ströme mit unterschiedlichen Vorzeichen versehen.



$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

Allgemein:

$$\sum_{i=1}^N I_i = 0$$

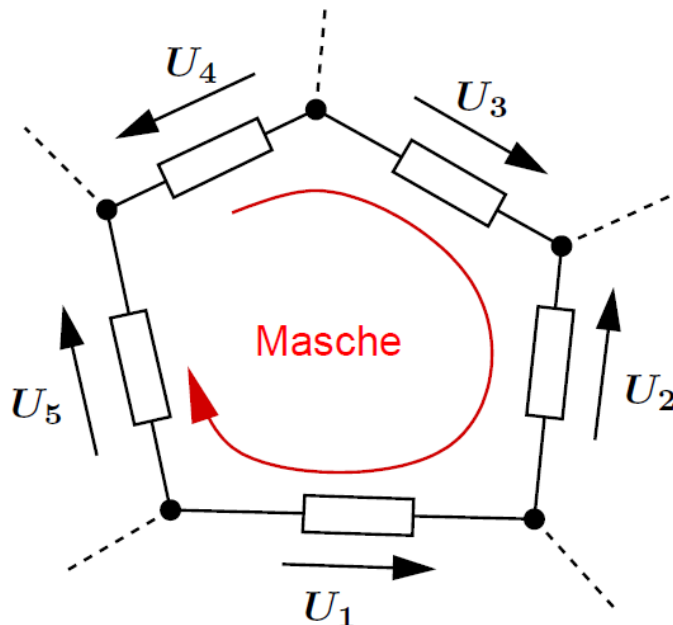
N = Anzahl der Leiter im Knotenpunkt

Kirchhoffsche Gesetze

2. Kirchhoffsches Gesetz (Maschenregel)



Die Summe aller Spannungen in einer geschlossenen Masche ist Null. Dabei werden Spannungen, deren Zählpfeil in Umlaufrichtung zeigt, positiv und die anderen Spannungen negativ gezählt.



$$-U_1 - U_2 + U_3 - U_4 + U_5 = 0$$

Allgemein:

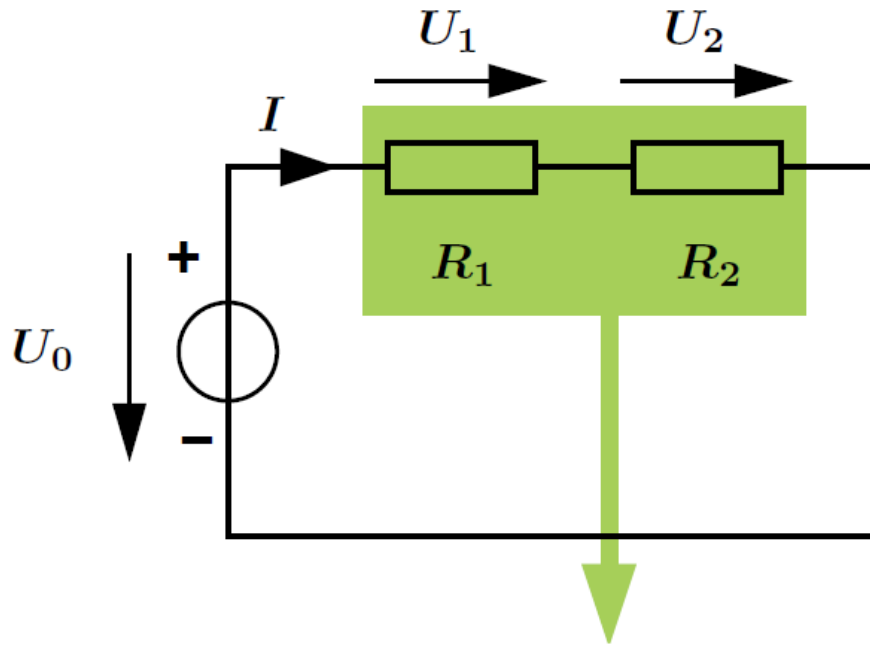
$$\sum_{i=1}^N U_i = 0$$

N = Anzahl der Zweige in einer Masche

Ü-Bsp:

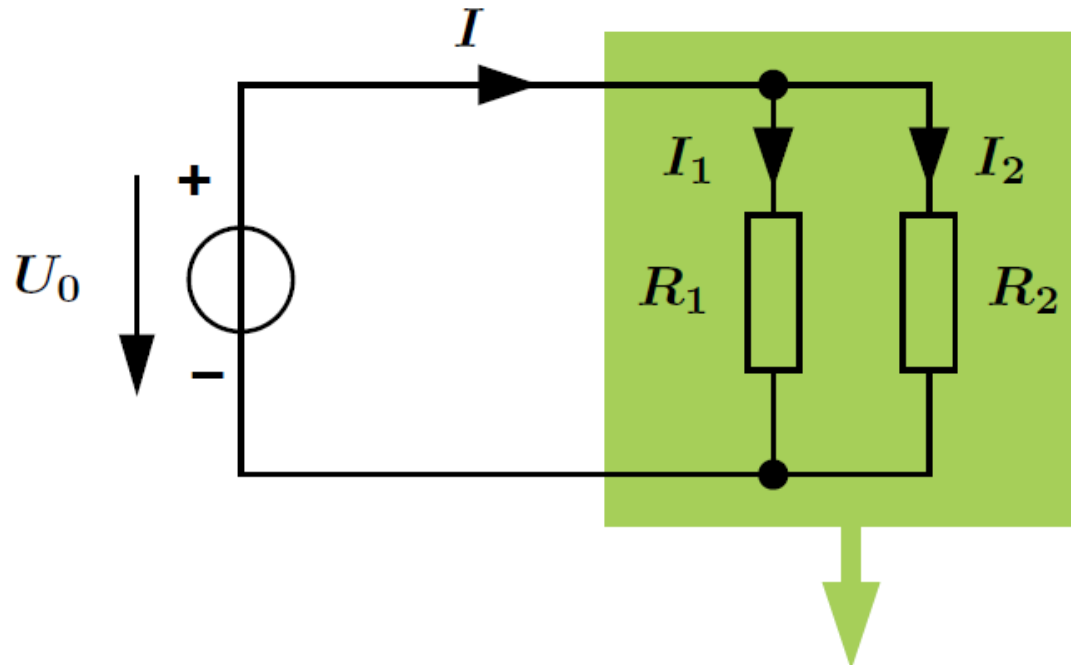
- Kirchhoffsche Gesetze, U und I berechnen

Serien-/Reihenschaltung



Gesamtwiderstand $R_{ges} = R_1 + R_2$

Parallelschaltung



$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \rightarrow \text{Gesamtwiderstand } R_{ges} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Ü-Bsp:

- Serienschaltung
- Parallelschaltung

Überlagerungsverfahren



Zur Berechnung von Netzwerken mit mehreren Strom- und Spannungsquellen kann das **Superpositionsprinzip von Helmholtz** verwendet werden.

Voraussetzung

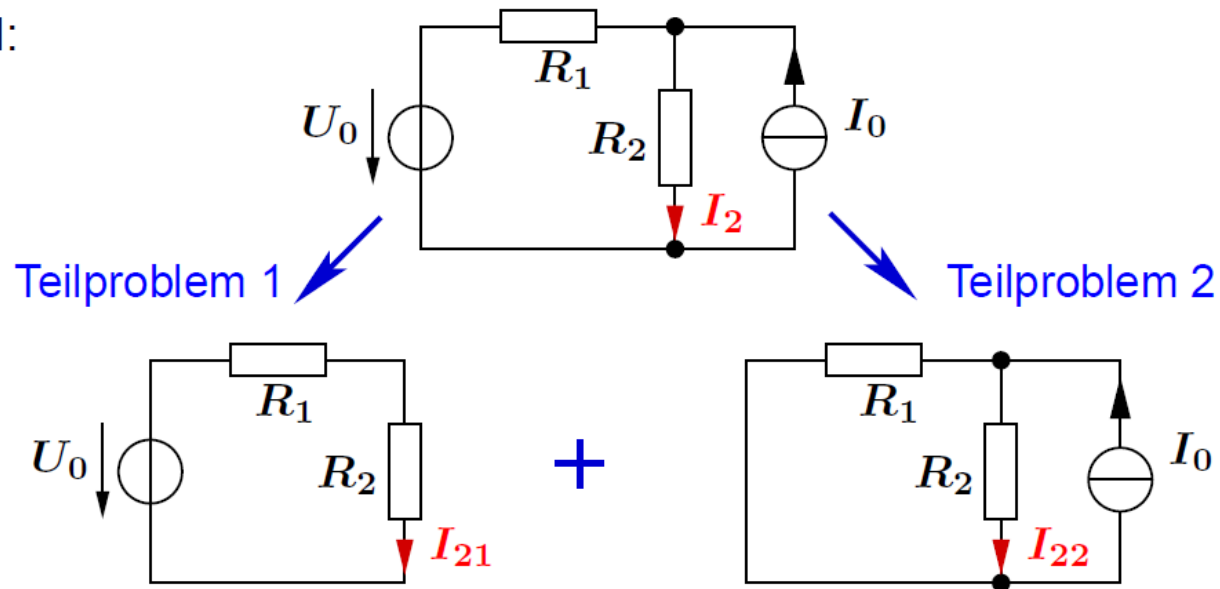
- lineare Netzwerkelemente (UI-Kennlinie ist eine Gerade)
- Quellen müssen unabhängig voneinander sein

Vorgehensweise

- es wird nur jeweils eine wirksame Quelle betrachtet. Alle unwirksamen idealen Stromquellen werden unterbrochen und alle unwirksamen idealen Spannungsquellen werden kurzgeschlossen.
- Wiederholung der Berechnung für jede vorhandene Quelle und Superposition.

Überlagerungsverfahren

Beispiel:



$$I_{21} = \frac{U_0}{R_1 + R_2}$$

$$I_{22} = I_0 \frac{G_2}{G_1 + G_2}$$

→ Superposition: $I_2 = I_{21} + I_{22}$

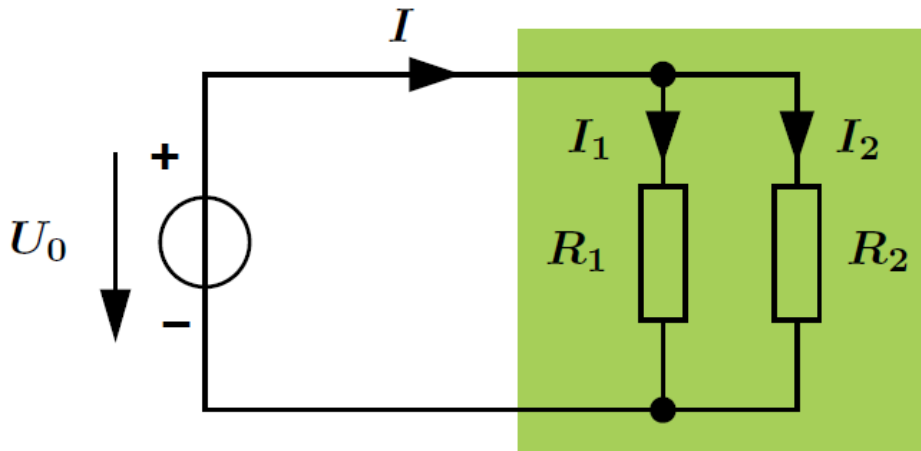
Ü-Bsp:

- Überlagerung

Stromteilerregel



Bei einer Parallelschaltung von Widerständen verhalten sich die Teilströme in den einzelnen Zweigen wie die Leitwerte der jeweiligen Zweige.



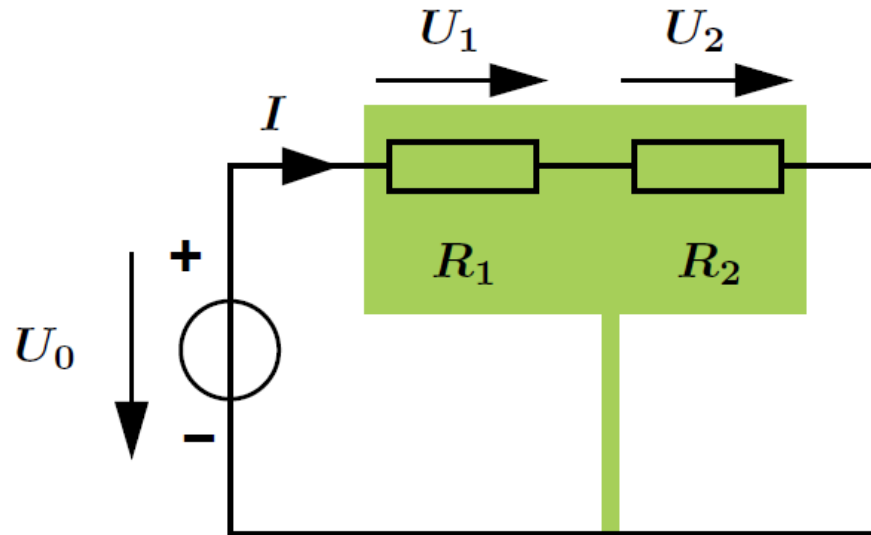
Stromteilerregel

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{G_1}{G_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

Spannungsteilerregel



Bei einer Reihenschaltung von Widerständen verhalten sich die Teilspannungen an den einzelnen Widerständen wie die jeweiligen Widerstände.



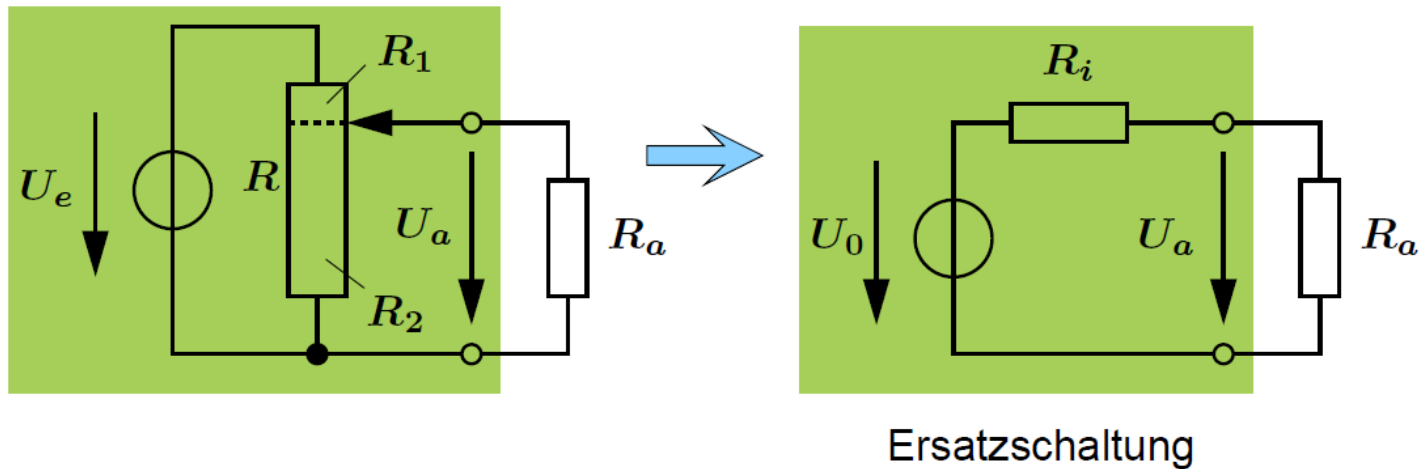
Spannungsteilerregel

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Ü-Bsp:

- Stromteiler
- Spannungsteiler

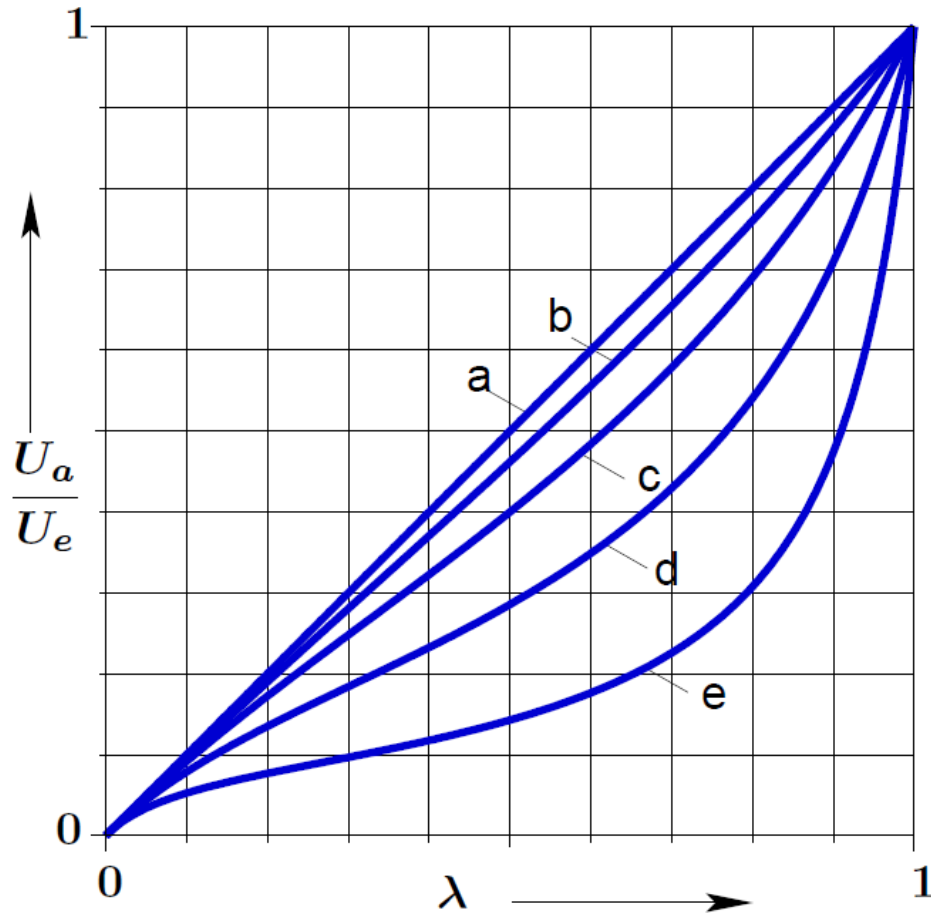
Potentiometer



$$R = R_1 + R_2 \quad , \quad R_2 = \lambda R \quad , \quad 0 \leq \lambda \leq 1$$

$$\frac{U_a}{U_e} = \frac{\lambda}{\lambda(1 - \lambda)R/R_a + 1}$$

Potentiometer



a: $R/R_a = 0$

b: $R/R_a = 0.33$

c: $R/R_a = 1.0$

d: $R/R_a = 3.0$

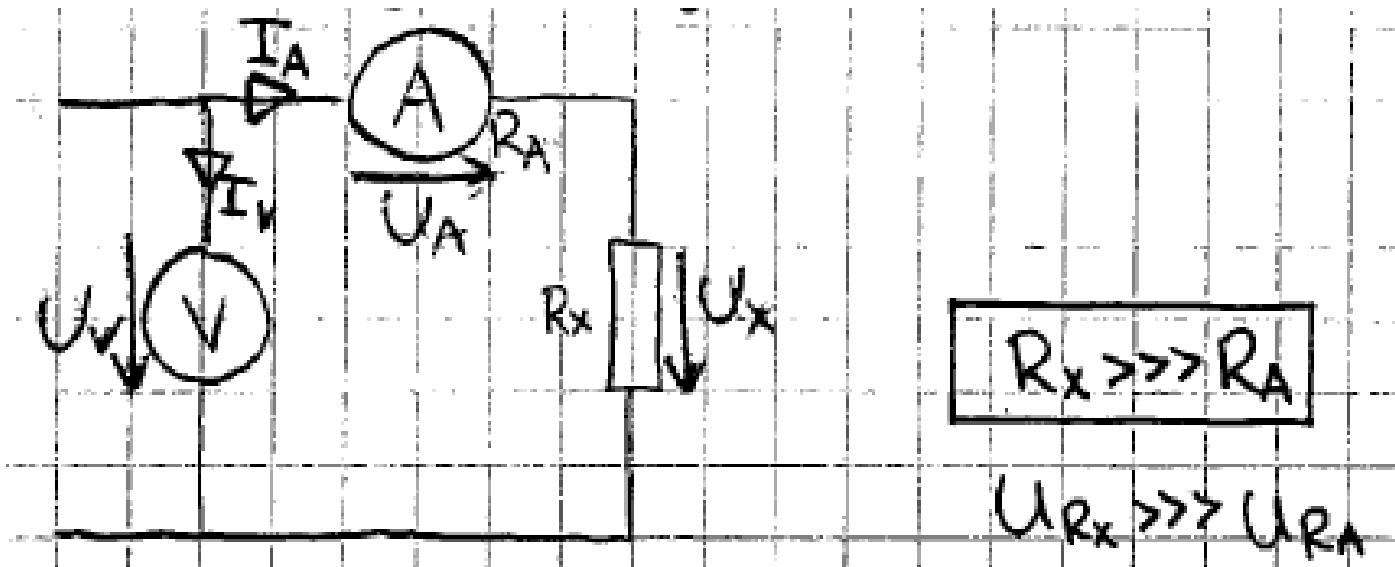
e: $R/R_a = 10.0$

Ü-Bsp:

- Poti

Gleichstrommesstechnik

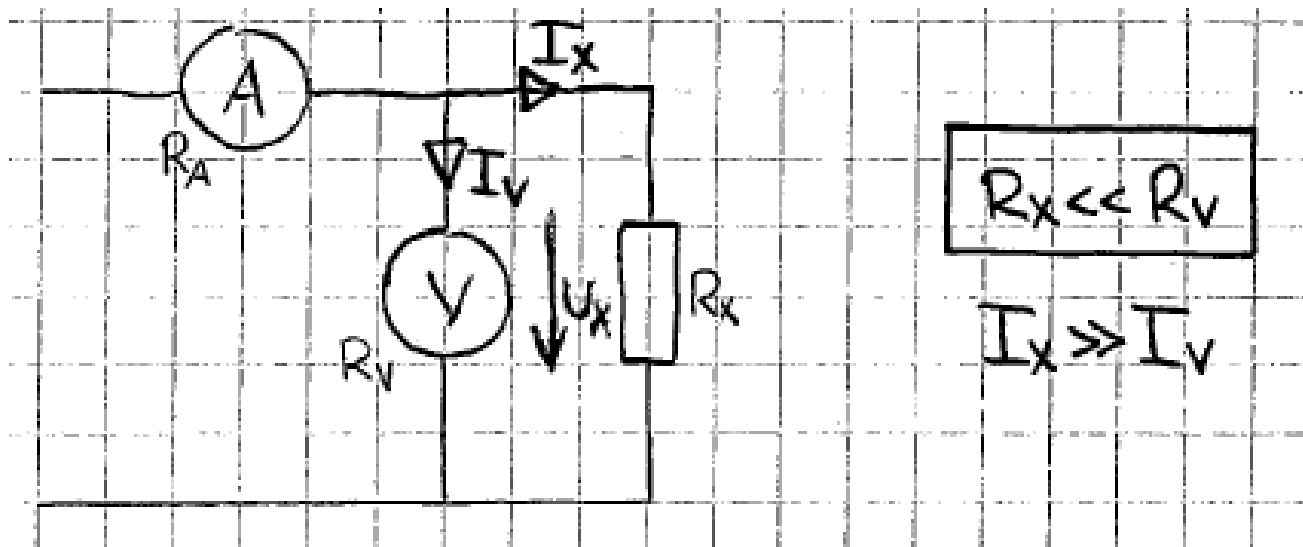
Stromrichtige Messung:



Der unbekannte Widerstand R_x muss wesentlich größer sein als der Innenwiderstand des Amperemeters.

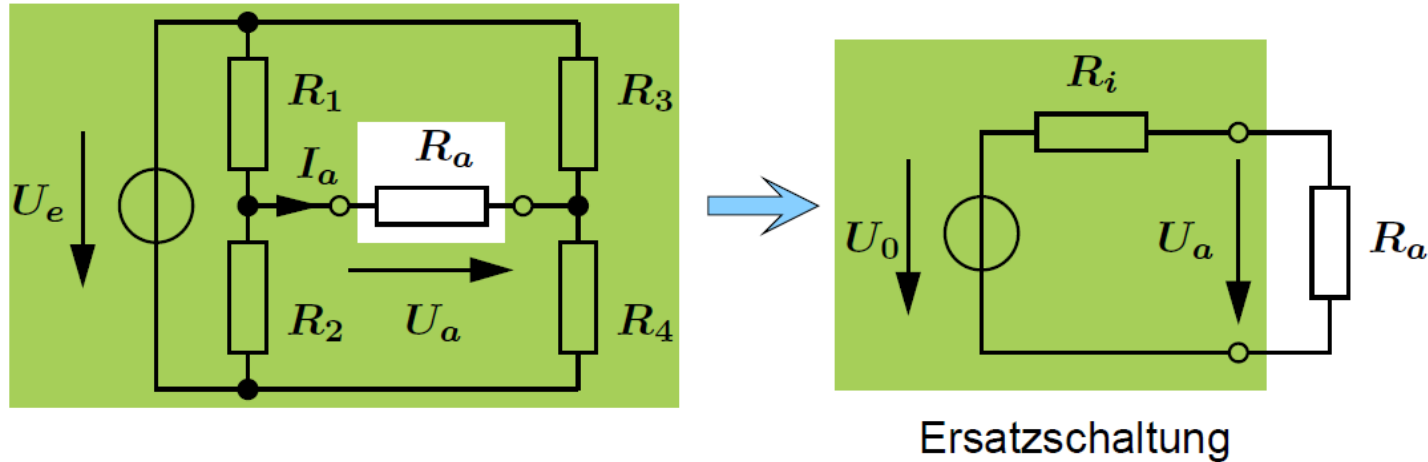
Gleichstrommesstechnik

Spannungsrichtige Messung:



Der unbekannte Widerstand R_x muss wesentlich kleiner sein als der Innenwiderstand des Voltmeters.

Wheatstone-Brücke

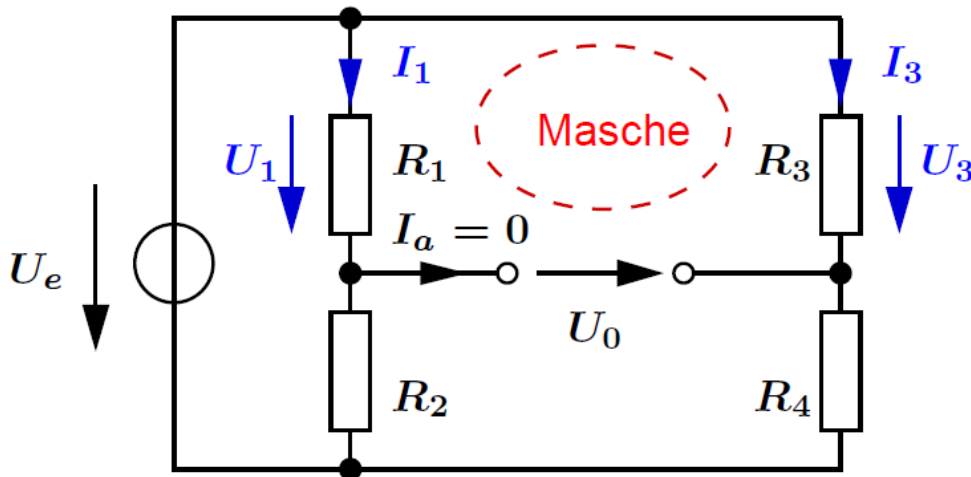


$$\text{Brückenabgleich: } \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \Rightarrow I_a = 0$$

Anwendung der Brückenschaltung zur **Messung von Widerständen**: z.B. sei R_1 variabel und R_4 soll gemessen werden. Man regelt R_1 solange, bis $I_a = 0$ (Brückenabgleich) und erhält dann den gesuchten Widerstand R_4 aus der Formel $R_4 = (R_2 R_3) / R_1$.

Wheatstone-Brücke

Leerlaufspannung und Innenwiderstand der Ersatzspannungsquelle



$$I_1 = \frac{U_e}{R_1 + R_2}$$

$$I_3 = \frac{U_e}{R_3 + R_4}$$

Masche: $I_1 R_1 + U_0 - I_3 R_3 = 0 \rightarrow U_0 = U_e \left(\frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)$

$U_e = 0 \rightarrow R_i = R_1 \parallel R_2 + R_3 \parallel R_4 \rightarrow R_i = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$

Schaltungssimulationen

NI Multisim

Übungs-CD zu Lehrbuch:

„Grundlagen der Elektrotechnik1“

Von Franz Deimel und Andreas Hasenzagl