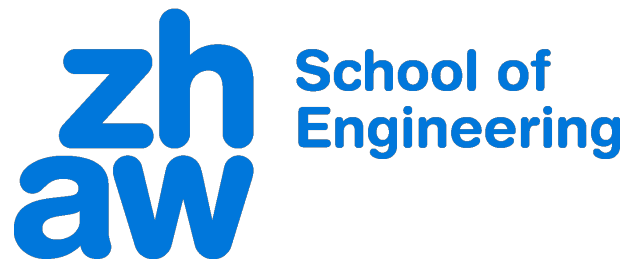


ZHAW Zurich University of Applied Sciences
Winterthur



Zusammenfassung EL1

Studienwochen 1-9

Written by: Severin Sprenger
October 13, 2025
Zf. EL1 SW 1-9

Contents

1	Grundbegriffe der Elektrotechnik	2
1.1	Ladung	2
1.2	Strom	2
1.3	Teilchendichte	2
1.4	Stromdichte	2
1.5	Spannung und Arbeit	2
1.6	Widerstand	2
1.6.1	Leitwert	3
1.6.2	Spezifischer Widerstand	3
1.6.3	Spezifischer Leitwert	3
1.7	Energie (Gleichstrom)	3
1.8	Leistung (Gleichstrom)	3
2	Zählfeilsysteme	3
3	Einfache el. Bauelemente	4
3.1	PN-Diode (Nicht linear)	4
3.2	Ideale Spannungs- / Stromquelle	4
3.3	Reale Spannungs- / Stromquelle	4
3.4	Arbeitspunkt	5
4	Einfache Gleichstrom-Netzwerke	5
4.1	Kontensatz	5
4.2	Maschensatz	5
4.3	Serie- / Parallelschaltung	5
4.4	Stein-Dreieck-Transformation	6
4.4.1	Stern $\rightarrow$ Dreieck	6
4.4.2	Dreieck $\rightarrow$ Stern	6
4.5	Wirkungsgrad	6
5	Messung el. Grössen	6
5.1	Spannungsmessung	6
5.2	Strommessung	7
5.3	Spannungsrichtige Messung	7
5.4	Stromrichtige Messung	7
6	Konstanten	7

1 Grundbegriffe der Elektrotechnik

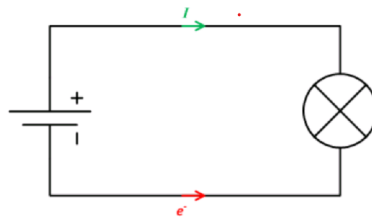
1.1 Ladung

$$[Q] = [q] = \text{As} = \text{C}$$

$$N_e = \frac{Q}{e}$$

1.2 Strom

Strom ist eine gerichtete Grösse.



$$[I] = \text{A}$$

$$I(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = \dot{Q}(t)$$

1.3 Teilchendichte

Die Teilchendichte ist tabellarisch zu bestimmen.

$$[n] = \frac{1}{\text{m}^3}$$

1.4 Stromdichte

$$j = n \cdot e \cdot v_D = \frac{I}{A}$$

$$[j] = \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$$

1.5 Spannung und Arbeit

$$[E] = \text{J}; [W] = \text{J}; [U] = \text{V}$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ VAs} = 1 \text{ Nm} = 1 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2} = 1 \text{ kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$W = q \cdot U$$

1.6 Widerstand

$$[R] = \frac{\text{V}}{\text{A}} = \Omega$$

$$R = \frac{U}{I}$$

$$R(T) = R_{20} \cdot (1 + \alpha_{20} \cdot (T - 293 \text{ K}))$$

1.6.1 Leitwert

$$[G] = \frac{A}{V} = S (= \mathcal{U})$$

$$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{U}$$

1.6.2 Spezifischer Widerstand

$$[\rho] = \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

$$\rho(T) = \rho_{20} \cdot (1 + \alpha_{20} \cdot (T - 293 \text{ K}))$$

$$\rho(T) = \rho_{20} \cdot (1 + \alpha_{20} \cdot (T - 293 \text{ K}) + \beta_{20} \cdot (T - 293 \text{ K})^2)$$

1.6.3 Spezifischer Leitwert

$$[\sigma] = \frac{1}{\Omega \text{m}} = \frac{\text{S}}{\text{m}}$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

1.7 Energie (Gleichstrom)

$$[W] = VC = VA_s = W_s = J$$

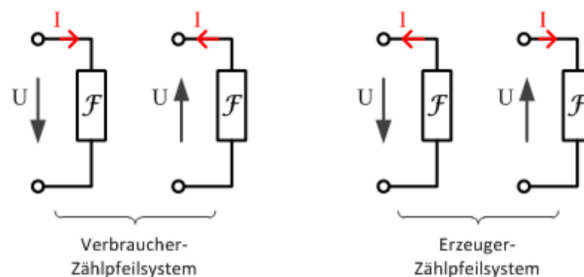
$$W = U \cdot Q$$

1.8 Leistung (Gleichstrom)

$$[P] = W$$

$$P = \frac{dW}{dt} = \dot{W} = U \cdot I$$

2 Zählpeilsysteme

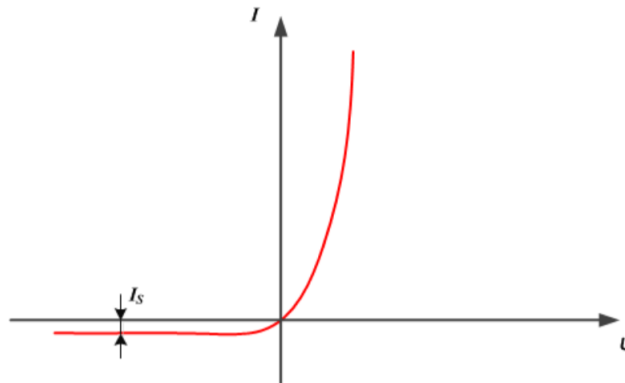


Wenn die Leistung eines Zweipols im Verbraucherzählpeilsystem negativ ist, handelt es sich um einen aktiven Zweipol (Kann, muss aber nicht, Leistung abgeben).

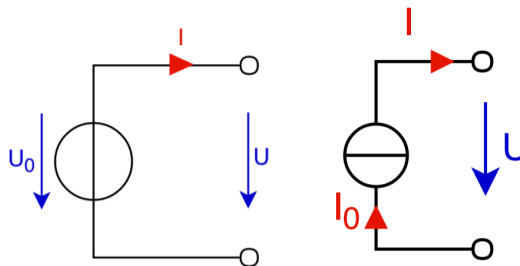
3 Einfache el. Bauelemente

3.1 PN-Diode (Nicht linear)

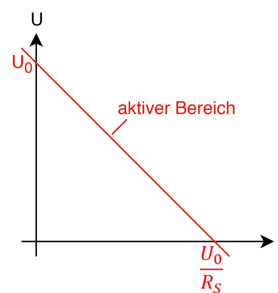
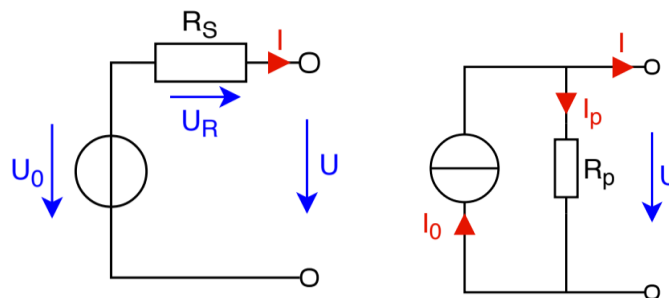
$$I(U) = I_S \cdot \left(\exp\left(\frac{e \cdot U}{k_B \cdot T}\right) - 1 \right) = I_S \cdot \left(\exp\left(\frac{U}{U_T}\right) - 1 \right)$$



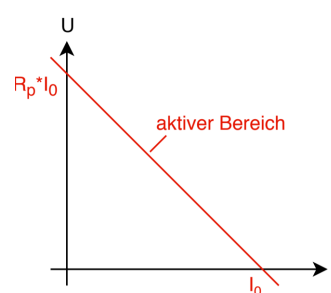
3.2 Ideale Spannungs- / Stromquelle



3.3 Reale Spannungs- / Stromquelle



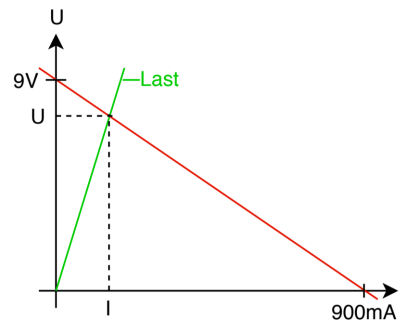
$$U = U_0 - R_S \cdot I$$



$$I = I_0 - \frac{U}{R_P}$$

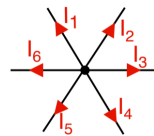
3.4 Arbeitspunkt

Am Arbeitspunkt ist ersichtlich welche Spannung und Strom sich in einem System einstellt.



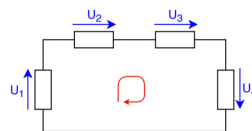
4 Einfache Gleichstrom-Netzwerke

4.1 Kontensatz



$$\sum_{k=0}^N I_k = 0$$

4.2 Maschensatz



$$\sum_{k=0}^N U_k = 0$$

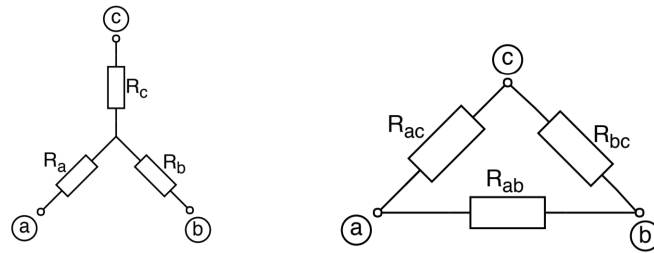
4.3 Serie- / Parallelschaltung

$$R_S = \sum_{k=0}^N R_k$$

$$\frac{1}{R_P} = \sum_{k=0}^N \frac{1}{R_k}$$

$$R_1 || R_2 = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

4.4 Stein-Dreieck-Transformation



4.4.1 Stern → Dreieck

$$\tilde{R} = R_a \cdot R_b + R_a \cdot R_c + R_b \cdot R_c$$

$$R_{ab} = \frac{\tilde{R}}{R_c} \quad R_{ac} = \frac{\tilde{R}}{R_b} \quad R_{bc} = \frac{\tilde{R}}{R_a}$$

4.4.2 Dreieck → Stern

$$\hat{R} = R_{ab} + R_{ac} + R_{bc}$$

$$R_a = \frac{R_{ab} \cdot R_{ac}}{\hat{R}} \quad R_b = \frac{R_{ab} \cdot R_{bc}}{\hat{R}} \quad R_c = \frac{R_{ac} \cdot R_{bc}}{\hat{R}}$$

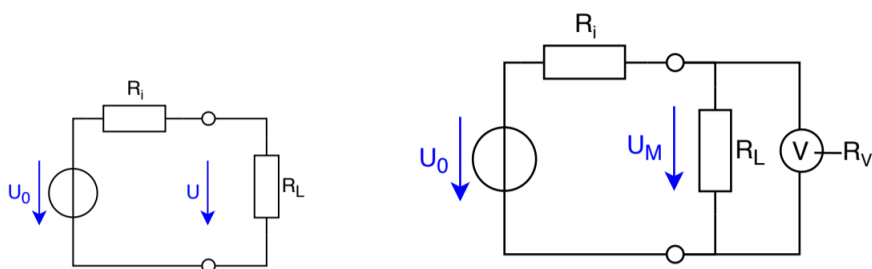
4.5 Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{P_L}{P_{tot}}$$

5 Messung el. Größen

- ΔX : Absoluter Fehler
- δX : Relativer Fehler

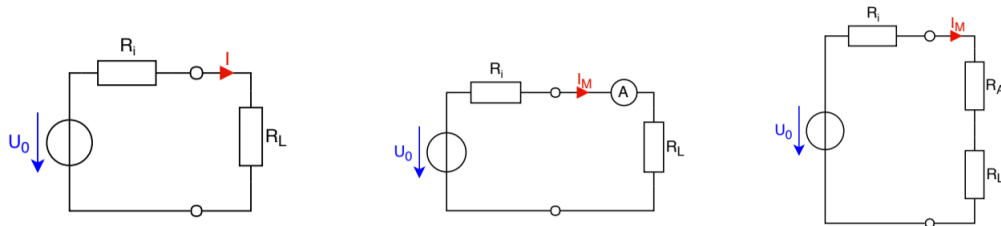
5.1 Spannungsmessung



$$\Delta U = -\frac{R_L || R_i}{R_V + (R_L || R_i)} \frac{R_L}{R_i + R_L} U_0$$

$$\delta U = \frac{\Delta U}{U} = -\frac{R_L || R_i}{R_V + (R_L || R_i)}$$

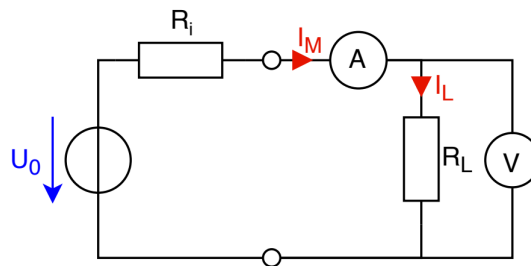
5.2 Strommessung



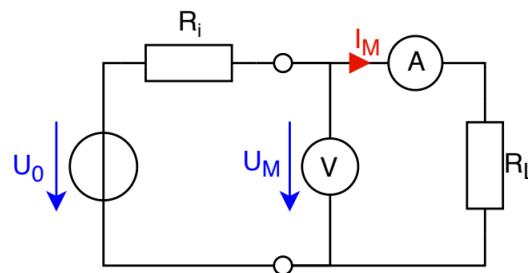
$$\Delta I = -\frac{R_A}{(R_i + R_L + R_A)(R_i + R_L)} U_0$$

$$\delta I = -\frac{R_A}{R_i + R_L + R_A}$$

5.3 Spannungsrichtige Messung



5.4 Stromrichtige Messung



6 Konstanten

$$e = 1.6 * 10^{-19} \text{ As}$$

$$k_B = 1.38 * 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$$