

Elektrisches, stationäres Strömungsfeld

www.n.ethz.ch/~zrene/nus1/nus1.html

3.1 Strom

$$I = \frac{dQ}{dt} = \iint_A \vec{J} \cdot d\vec{A}, \quad [I] = A, \quad J = \frac{dI}{dA}, \quad [J] = \frac{A}{m^2}$$

Stat. Strömungsfeld, wenn I konst.: $\oint_A \vec{J} \cdot d\vec{A} = 0$

- **Spezifische Leitfähigkeit:**

Driftgeschw. $\vec{v}_{Drift} = -\mu_e \vec{E}$ wobei $\mu_e = \text{"Beweglichkeit"}$

$$\vec{J} = \vec{v}_{Drift} \rho = \vec{v} n q = \underbrace{-\rho \mu_e \vec{E}}_{\kappa}, \quad \kappa = \text{spez. Leitf.}, \quad [\kappa] = \frac{A}{Vm} = \frac{1}{\Omega m}$$

- **Spezifischer Widerstand:** $\rho_R = \frac{1}{\kappa}, [\rho_R] = \Omega m = \frac{Vm}{A}$

- **Temperaturabhängigkeit:**

$$\rho_R(T) = \rho_{R,20^\circ C} (1 + \alpha(T - 20^\circ C))$$

- **Ohmsches Gesetz:** $U = R \cdot I$, $[R] = \frac{V}{A} = \Omega$

$$\vec{J} = \kappa \vec{E}, \quad R = \frac{U}{I} = \frac{l}{\kappa A} = \frac{\rho_R l}{A} = \frac{\int_S \vec{E} \cdot d\vec{s}}{\kappa \iint_A \vec{E} \cdot d\vec{A}}$$

- **Leitwert:** $G = \frac{1}{R}$ $[G] = S$ (Siemens)

3.2 Sprungstellen bei Materialübergängen

- **Normalkomponenten:** $J_{n1} = J_{n2}$, $\kappa_1 E_{n1} = \kappa_2 E_{n2}$

Die Normalkomponente der Stromdichte ist stetig.

- **Tangentialkomp.:** $E_{t1} = E_{t2}$, $\frac{J_{t1}}{J_{t2}} = \frac{\kappa_1}{\kappa_2}$

Die Tangentialkomponente des E-Feldes ist stetig.

3.3 Energie und Leistung (1-102)

$$W_e = \int_0^t P(\tau) d\tau \text{ und } P(t) = \frac{dW_e}{dt}$$

$$P = UI = I^2 R = U^2 / R$$

$$\text{Verlustleistungsdichte: } p_V = \frac{dP}{dV} = \vec{E} \cdot \vec{J}$$

$$P = \iiint_V p_V dV = \iiint_V \vec{E} \cdot \vec{J} dV$$