

Stromdichte in d. Leiter:

$$\vec{j} = \sigma_e \cdot \vec{E} ;$$

$$\sigma_e = \frac{n e^2 \tau}{m_e} \quad \text{El. Leitwert}$$

Mit $I = j \cdot A$

$$= \sigma_e \cdot E \cdot A$$
$$= \frac{\sigma \cdot A}{d} \cdot U$$
$$= \frac{1}{R} \cdot U$$

R El. Widerstand; $[R] = 1 \Omega$

Auch $\rho = R \cdot \frac{A}{d}$ Spezifischer Widerst.

$$[\rho] = 1 \Omega \text{ m}$$

Be: $\rho_{Ag} = \rho = 0,016 \cdot 10^{-6} \Omega \text{ m}$

$\rho_{Cu} = 0,017$

$\rho_{Fe} = 0,1$

$\rho_C = 14$

$\rho_{Ge} = 0,6$

$\rho_{Si} = 2000$

$\rho_{Glas} = 7 \cdot 10^{17}$

} Leiter

} Halbleiter

} Glas

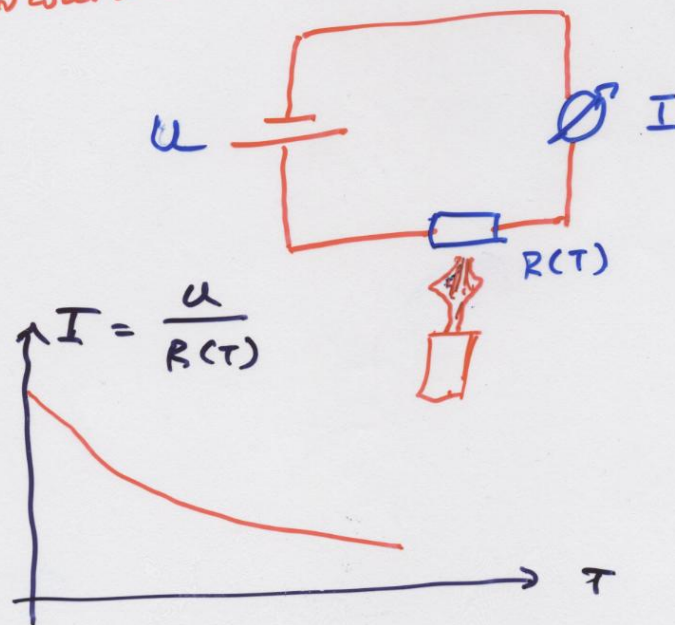
3.3.2 Temperaturabhängigkeit von Widerständen

Temperatur: therm. Bewegung von Atomen

Erwarte: Λ nimmt ab
 $\rightarrow \rho$ nimmt zu mit T

Metalle: $\rho \approx \rho_0 \cdot (1 + \alpha T)$; T in $^{\circ}\text{C}$
 $\uparrow$
Temperaturkoeffizient

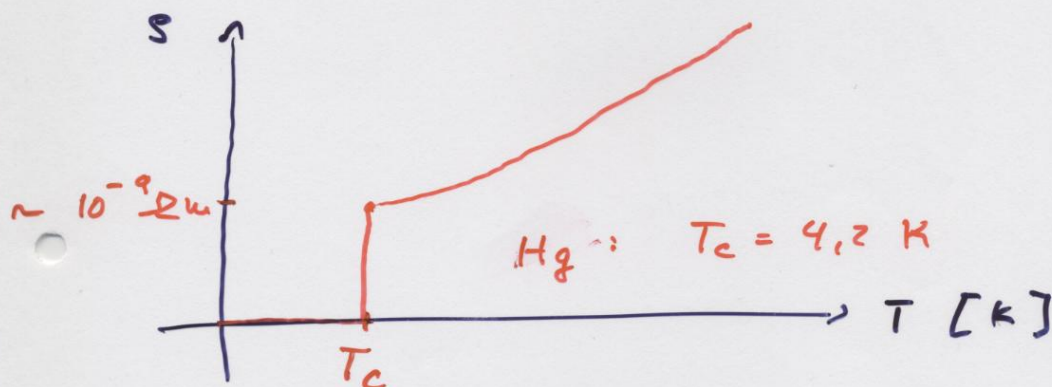
Erwarte:



B₉: Silber: $\alpha = 4 \cdot 10^{-3} / \text{K}$
 Cu: "
 W: "
 konstanten: $< 10^{-4} / \text{K}$
 (Ni Cu Zn)

Sonderfälle: 1) Supraleitung

1911: Kammerlingh Onnes (Leiden) NP



Erklärung: Bardenheer, Cooper, Schrieffer (BCS)

Elektrostat. Felder im Gitter $\Rightarrow$

2 Elektronen ein Paar

(Cooper Paar). Alle Cooper-Paare bilden

Gesamtsystem; Energieänderung durch Temperatur nicht möglich $\rightarrow$ kein el. Widerstand

Bs:

Element	T_c [K]
Nb	9,4
Pb	7,2
Tu	4,5
Hg	4,2
In	0,14
LaBaCuO	85
TiCaBCuO	125

Kuprate

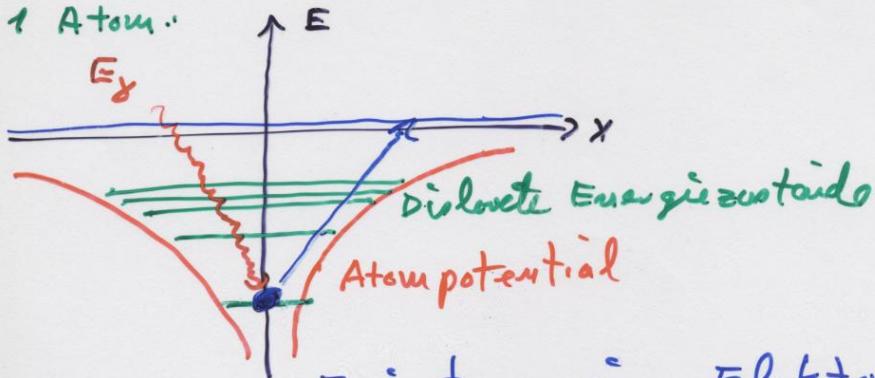
Müller, Bednorz
(IBM Schweiz) 1987 NP

Hoch-Temperatur SL
noch nicht verstanden!

2) Halbleiter

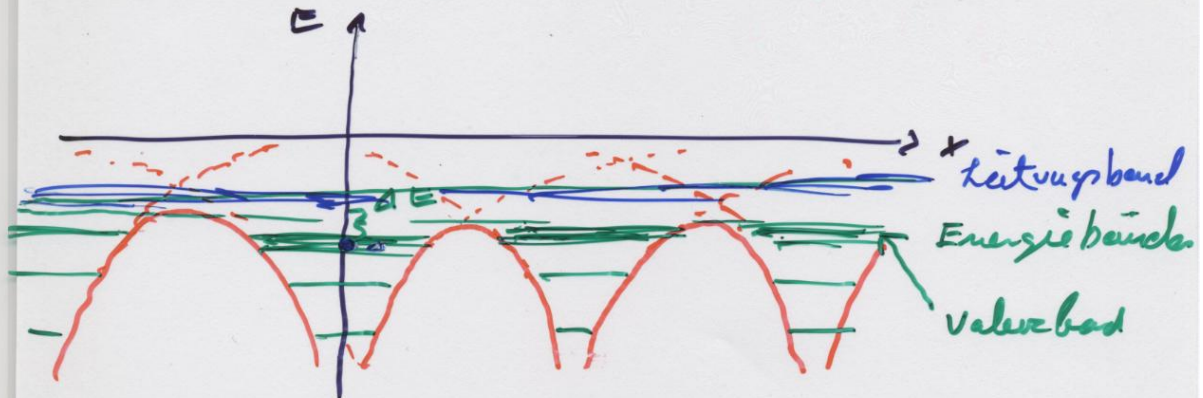
Zun Funktion:

a) 1 Atom:



Freisetzung eines Elektrons $\rightarrow$
Beschleunigung im el. Feld

b) Viel Atome:



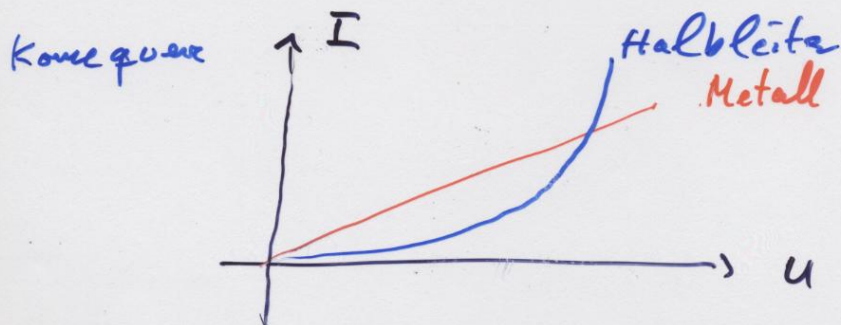
ΔE :	Isolator	$\geq 6 \text{ eV}$
	Halbleiter	$\sim 1 - 3 \text{ eV}$
	Metall	0

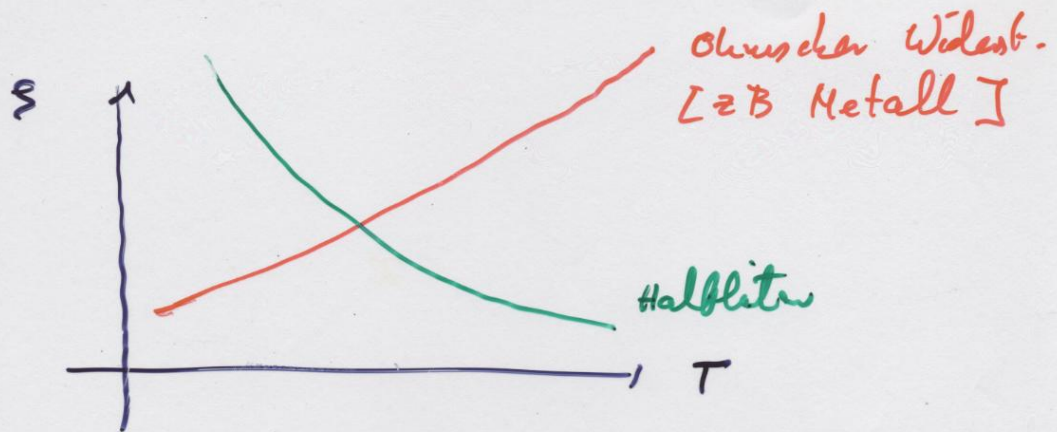
Freie Bewegung im Leitungsband

Beziehung im Leitungsband:

$$n(T) \approx n_0 e^{-\Delta E / k \cdot T}$$

Je mehr Elektronen im Leitungsband,
desto besser el. Leitung
Beeinflusst durch T , ΔE





3.2.3 Stromleistung und Energie

- Leistung: Arbeit / Zeit

$$P = \frac{dW}{dt}$$

Mit $W = q U$:

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

$$[P] = 1 \text{ VA} = 1 \text{ Watt} \\ \equiv 1 \text{ W}$$

- Energie:

$$W = \int_{t_1}^{t_2} P dt$$

Für konstanten Strom: $W = U \cdot I \cdot \Delta t$

$$[W] = 1 \text{ VAs} = 1 \text{ Ws}$$

Verbrauch von El. Energie:

$$P = U \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}$$

$$W = I^2 \cdot R \cdot \Delta t = \frac{U^2}{R} \Delta t$$

Bs: 1 100 W Lampe eine Nacht an:

$$W = 100 \text{ W} \cdot 8 \cdot 3600 \text{ s}$$

$$\approx 7 \text{ kWh} \quad \hat{=} \quad 25^\circ \text{C}$$

3. 2. 4 Anwendungen = Schaltungen, Netzwerke

A) Symbole für Leitungselemente

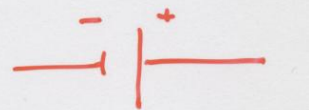

El. Leiter
($R = 0$)

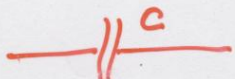

El. Widerstand

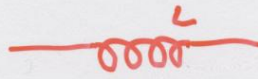

Lampe


Schalter

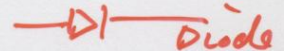

Erde


Spannungsquelle

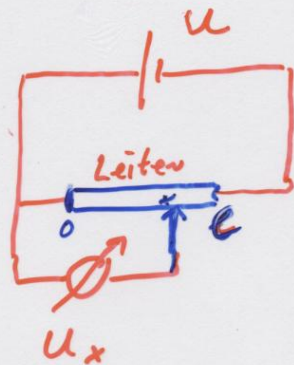

Kondensator


Spule


Meßinstrument


Diode

B) Potentiometerschaltung

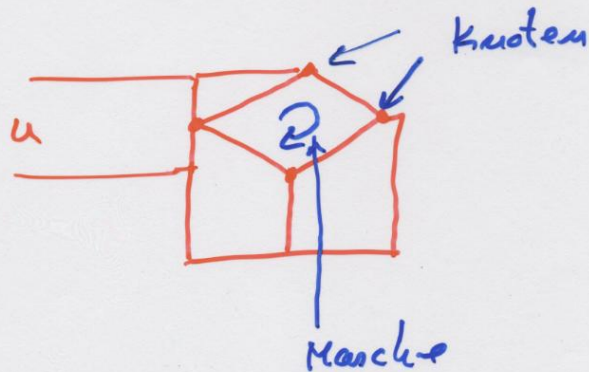


$$U_x = \frac{x}{l} \cdot U$$

Potentiometer

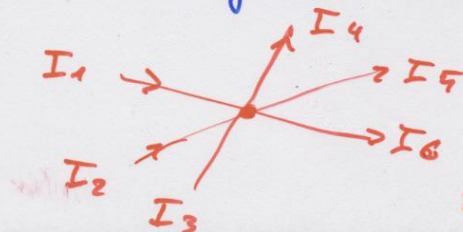
c) Kirchhoffsche Gesetze

Mehrere Leiter verbunden $\Rightarrow$ Netzwerk



1: An jedem Knoten muss $\sum I_i = 0$

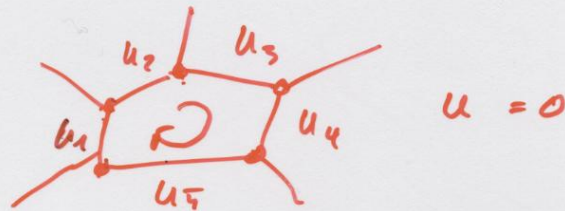
(Kontinuitätsgleichung)



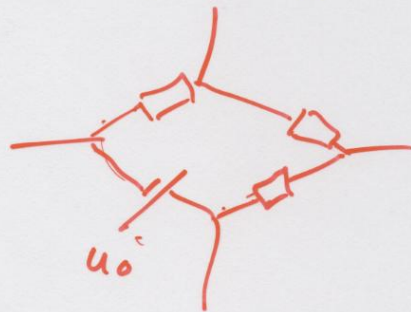
$$\sum I_k = 0$$

$$\Rightarrow I_3 = -(I_1 + I_2 + I_4 + I_5 + I_6)$$

2: In einer Masche ohne Spannungsquelle gilt $\sum u_i = 0$

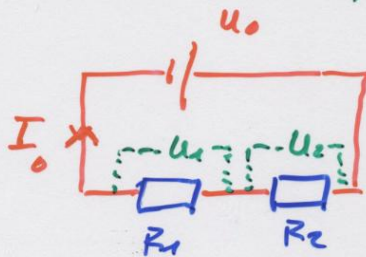


Mit Spannungsquelle: $\sum u_i = +U_0$



Anwendung:

i) Serienschaltung von Widerständen

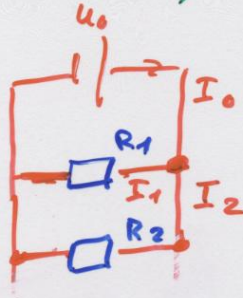


$$K2: U_1 + U_2 = U_0$$

$$R_1 I_0 + R_2 \cdot I_0 = U_0$$

$$U_0 = (R_1 + R_2) I_0$$

ii) Parallelschaltung von Widerständen



$$K1 : I_0 = I_1 + I_2$$

$$K2 : U_0 = R_1 \cdot I_1$$

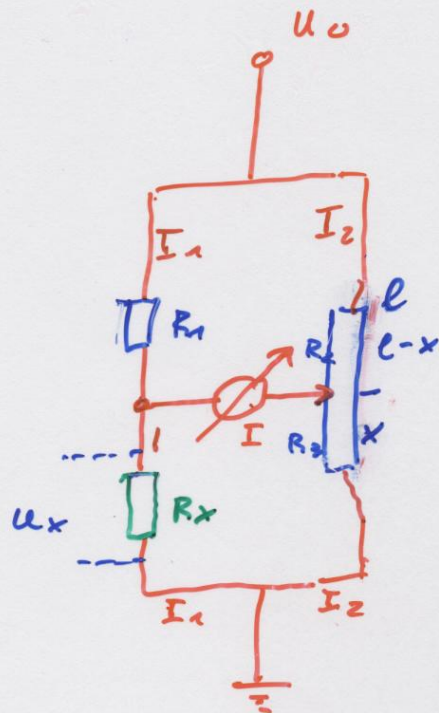
$$U_0 = R_2 \cdot I_2$$

$$\Rightarrow U_0 = \left(\frac{U_0}{R_1} + \frac{U_0}{R_2} \right) \cdot R_x$$

$$\Rightarrow \frac{1}{R_x} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\text{Allg.: } \frac{1}{R_x} = \sum_i \frac{1}{R_i}$$

iii) Wheatstone'sche Brückenschaltung



R_{pot}

Wenn $I = 0$:

$$U_x = I_1 \cdot R_x \\ = I_2 \cdot R_3$$

$$U_0 = I_1 (R_x + R_1) \\ = I_2 (R_2 + R_3)$$

$$\Rightarrow \frac{R_x}{R_3} = \frac{R_1 + R_1}{R_2 + R_3} \Rightarrow$$

$$R_x = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2}$$

$$\text{Für } R_3 = \frac{x}{l} \cdot R_{pot}$$

$$R_2 = \frac{l-x}{l} R_{pot}$$

$$\left. \begin{array}{l} R_3 = \frac{x}{l} \cdot R_{pot} \\ R_2 = \frac{l-x}{l} R_{pot} \end{array} \right\} R_x = \frac{x}{l-x}$$