

## Zusammenfassung vom 04.01.2011

**Supraleitung** *es existiert eine kritische Temperatur  $T_{\text{crit}}$  und ein kritisches Magnetfeld  $B_{\text{crit}}$*   
 (H. Kamerlingh Onnes 1911)

→ für  $T < T_{\text{crit}}$  und  $B < B_{\text{crit}}$ : Material ist **supraleitend**, d.h. ein **idealer Leiter** und ein **idealer Diamagnet**

**idealer Leiter** ein **Strom fließt völlig widerstandslos** im Supraleiter:  $R_{\text{sl}} = 0$

$$I_{\text{ind}} R = U_{\text{ind}} = \int_A (\vec{\nabla} \times \vec{E}) \cdot d\vec{A} = -\dot{\phi}_{\text{mag}} = -\dot{\vec{B}}_{\text{innen}} \cdot \vec{A} \quad \vec{B}_{\text{innen}} = \text{Magnetfeld im Material}$$

$$R_{\text{sl}} = 0 \rightarrow \dot{\vec{B}}_{\text{innen}} \cdot \vec{A} = 0 \rightarrow \vec{B}_{\text{innen}} \cdot \vec{A} = \text{const} \quad \vec{A} = \text{vom Strom umschlossene Fläche}$$

**Meissner-(Ochsenfeld-) Effekt**  $\vec{B}_{\text{innen}} \equiv 0$  ein Magnetfeld wird für  $T < T_{\text{crit}}$  und  $B < B_{\text{crit}}$  vollständig aus dem Supraleiter **herausgedrängt**

*Herausdrängen des Magnetfeldes geschieht über Abschirmströme an der Oberfläche des Supraleiters, die ein Gegenfeld aufbauen, sodass  $B_{\text{innen}} = 0$*

**idealer Diamagnet**  $\vec{B}_{\text{innen}} = 0 = \vec{B}_0 + \mu_0 \vec{M} \rightarrow \vec{M} = -\frac{1}{\mu_0} \vec{B}_0 = \frac{1}{\mu_0} \chi_{\text{sl}} \vec{B}_0 \rightarrow \chi_{\text{sl}} = -1$

**kritisches Magnetfeld  $B_{\text{crit}}$**  für  $B > B_{\text{crit}}$  wird die Supraleitung zerstört, da die Abschirmströme außen ein Magnetfeld aufbauen, was Energie kostet

**Wärmekapazität** *nimmt beim Übergang normalleitend → supraleitend **sprunghaft zu**, um dann mit fallender Temperatur **exponentiell abzunehmen** und unter diejenige des Normalzustandes zu fallen*

$$c_n = c_n^{\text{elek}} + c_n^{\text{gitter}} = \gamma T + \beta T^3 \quad \text{normalleitend}$$

$$c_{sl} = c_{sl}^{\text{elek}} + c_n^{\text{gitter}} = A e^{-\frac{\Delta}{k_B T}} + \beta T^3 \quad \text{supraleitend}$$

**Entropie** *im supraleitenden Zustand **niedriger** als im normalleitenden  
→ supraleitender Zustand besitzt **höhere Ordnung***

**Isotopen-Effekt**  *$T_{\text{crit}}$  hängt von der Isotopenmasse ab:  $M^\alpha T_{\text{crit}} = 0 \quad 0 \leq \alpha \leq 0.5$*

**thermoelektrisches Verhalten** *Supraleiter sind im Gegensatz zu Metallen sehr schlechte Wärmeleiter (bei Metallen gilt Wiedemann-Franz-Gesetz)*

**Energielücke** ***exponentieller** Anstieg der Wärmekapazität für  $T < T_{\text{crit}}$  deutet auf Energielücke  $E_{\text{gap}}$  hin*

$$c_{sl}^{\text{elek}} \propto e^{-\frac{\Delta}{k_B T}} \quad \rightarrow \quad 2\Delta = E_{\text{gap}}$$

*weiterer Hinweis aus Tunnelexperimenten: Strom-Spannungskurven zeigen im supraleitenden Zustand für  $T < T_{\text{crit}}$  ein Schwellenverhalten, d.h.  $I(U) \cong 0$  für  $U < U_{\text{Schwelle}}$*

$$\rightarrow \Delta = eU_{\text{Schwelle}}$$