

Normal und supraleitende Stromdurchführungen

Jörg-Karl Bösner

8.6.2004

Gliederung

- Thermische Probleme beim Übergang in den supraleitenden Bereich
- Wärmeleitung in Normalleitern
- Wärmeleitung in Supraleitern
- Stromdurchführungen
- Einsparvermögen

Probleme

- Eintrag von Wärme durch
 - Thermoleitfähigkeit des Stromleiters
 - Joule'sche Wärme falls nicht SL



Wärmeleitung im Normalleiter

- Wärmetransport durch Phononen und freie Ladungsträger:

$$\kappa = \kappa_e + \kappa_p$$

- Für die Wärmeleitwiderstand ergibt sich:

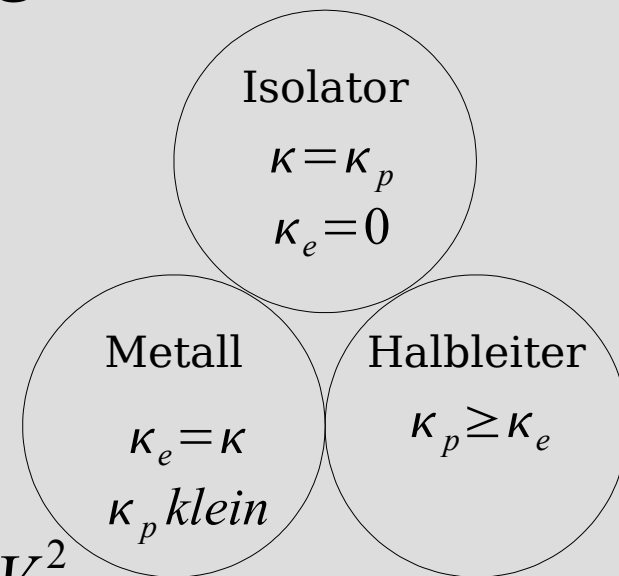
$$W_e \equiv 1/\kappa_e = W_{e-p} + W_{e-d} + W_{e-e}$$

$$W_p \equiv 1/\kappa_p = W_{p-e} + W_{p-d} + W_{p-p}$$

- Für Metalle ergibt sich:

$$\kappa_e = \frac{1}{aT^2 + b/T}$$

$$\kappa_e = L_0 T / \rho \quad \forall \quad L_0 = \frac{\pi^2}{3} \left(\frac{k_B}{e} \right)^2 = 2,44 \cdot 10^{-8} \frac{V^2}{K^2}$$

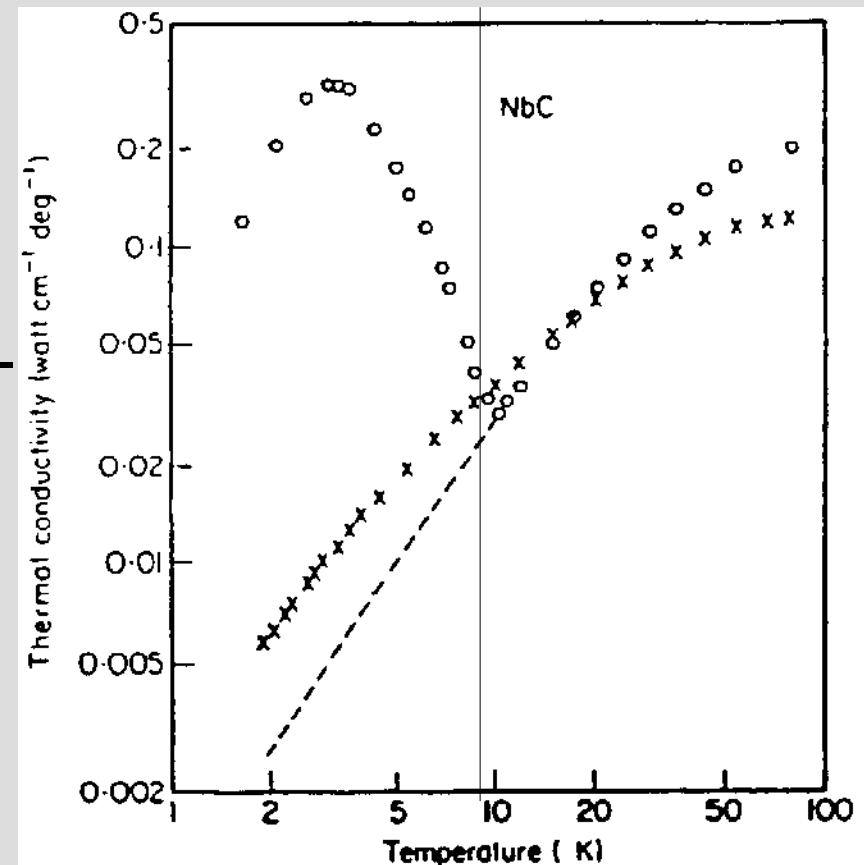


Wärmeleitfähigkeit im Vergleich

Material	$\kappa(300\text{K})$
Diamant	2200
Silber	420
Kupfer	390
Gold	320
Aluminium	240
Messing	120
MgO	50
Niob	51
Blei	35
Konstantan	23
Rostfreier Stahl	14
YBa ₂ Cu ₃ O ₇	~10
PMMA	0,2
Styropor	0,04

Besonderheiten der Supraleiter

- Cooper-Paare transportieren keine Entropie.
– $\kappa_e \rightarrow \kappa_e e^{K(T-T_c)}$
- Cooper-Paare streuen keine Phononen.
– Anstieg von κ_p .
- Längere Lebenszeit von Quasiteilchen
→ Anstieg der Wärmeleitfähigkeit im „kritischen“ Bereich.

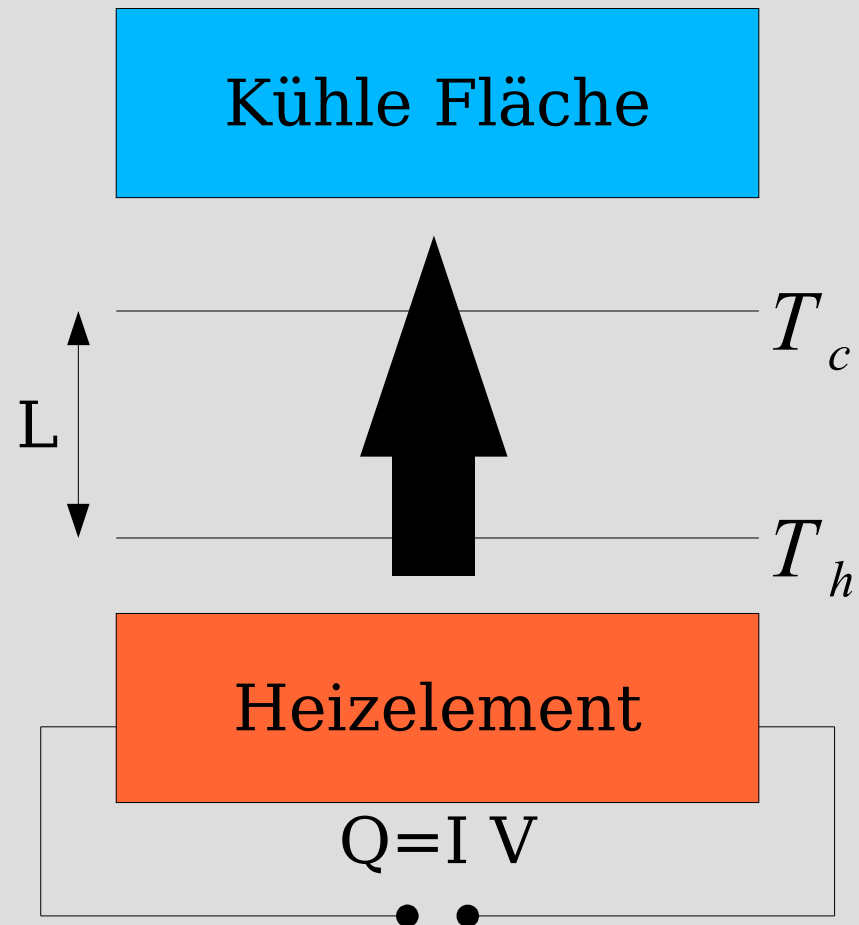


Thermische Leitfähigkeit in SL

- Die thermische Leitfähigkeit eines SL ist

$$U = -\kappa \nabla T.$$

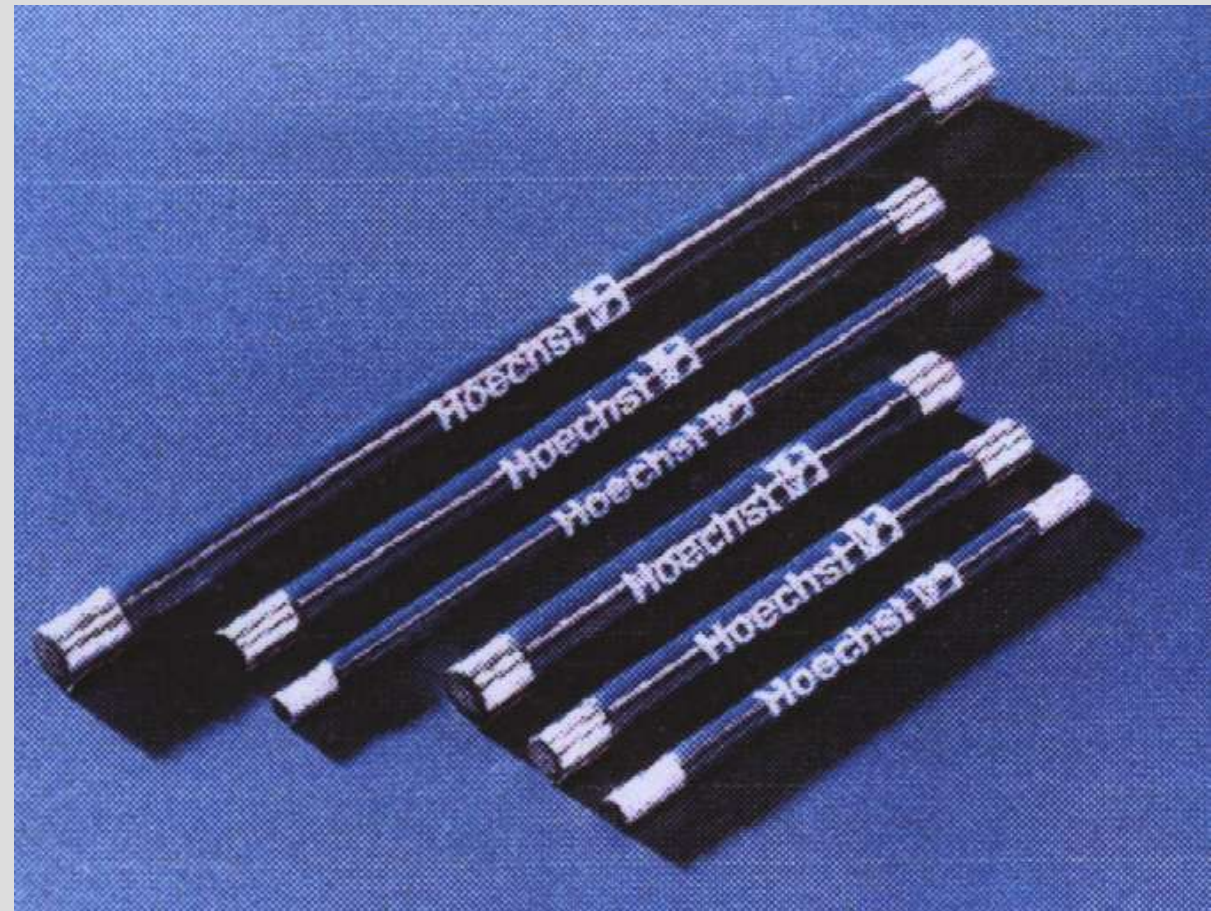
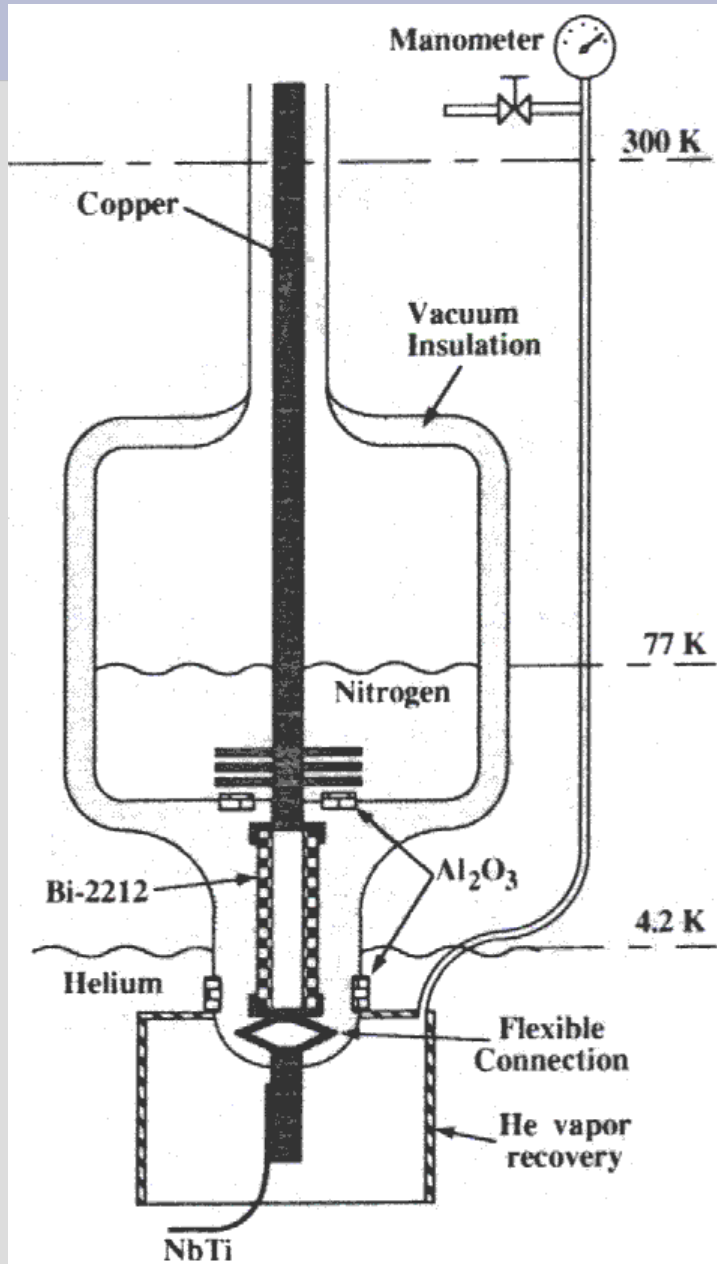
- $$\kappa = \frac{QL}{A \Delta T}$$



Ankopplung von HTSL an NL

- Ankopplung an Kupfer ist Routine
 - Übergangswiderstand $<10^{10} \Omega\text{m}^2$
- z.T. Auch Verwendung von Manganin
 - Geringe thermische Leitfähigkeit
 - Wiedemann Franz Gesetz

Technische Realisierung



partiell supraleitende Stromdurchführungen

- Silberverstärkung
- Hohe mechanische Stabilität
- Silber wirkt als Parallelwiderstand
- Probleme
 - Mikrorisse
 - Stromdurchführungen kürzer als bei SL

Einsparvermögen

- Durch Supraleitung LHe Verlust um Faktor zwei kleiner.
- Durch Verlängerung des HTSL Einsparungen um Faktor vier möglich.

Literaturangabe

- High Temperature superconducting current leads for cryogenic apparatus, *J.R.Hull, Cryogenics Vol. 29, 1989*
- Heat transfer through a high temperature superconducting current lead at cryogenic temperatures, *D.P. Sekulic, Int. J Heat and Mass Transfer, Vol. 40, No. 16, 1997*
- Handbook of Superconductivity, *edited by Charles P. Pool, Academic Press, 2000*
- Supraleitung, *Werner Buckel, Wiley, 2004*