



UNIVERSITÄT ROSTOCK

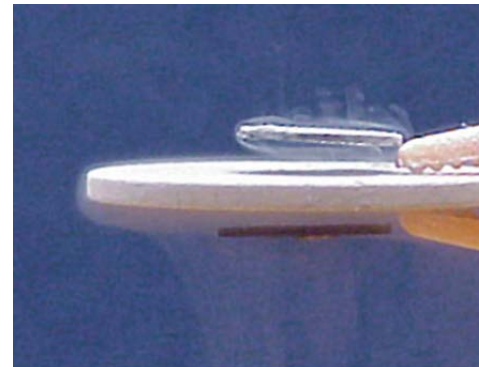
**Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät  
Institut für Chemie  
Abteilung Anorganische Festkörperchemie**

**Prof. Dr. Martin Köckerling**

**Vorlesung**

**Anorganische Chemie VI – Materialdesign**

**Heute: Supraleitung-II**





## Magnet über supraleitendem Material schwebend





Z. Phys. B – Condensed Matter 64, 189–193 (1986)

Condensed  
Matter  
Zeitschrift  
für Physik B  
© Springer-Verlag 1986

## Possible High $T_c$ Superconductivity in the Ba – La – Cu – O System

J.G. Bednorz and K.A. Müller

IBM Zürich Research Laboratory, Rüschlikon, Switzerland

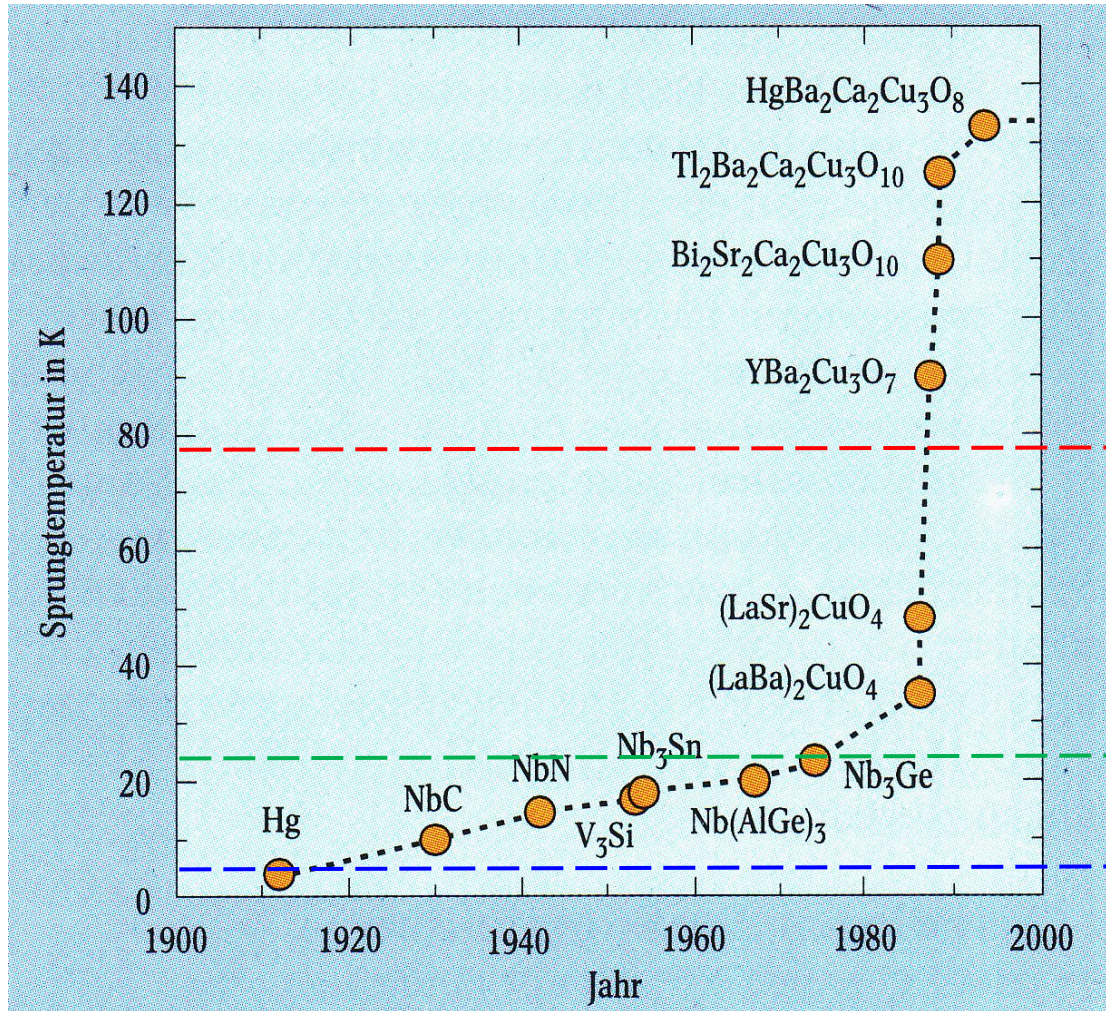
Received April 17, 1986

Metallic, oxygen-deficient compounds in the Ba – La – Cu – O system, with the composition  $\text{Ba}_x\text{La}_{5-x}\text{Cu}_5\text{O}_{5(3-y)}$  have been prepared in polycrystalline form. Samples with  $x=1$  and  $0.75$ ,  $y>0$ , annealed below  $900^\circ\text{C}$  under reducing conditions, consist of three phases, one of them a perovskite-like mixed-valent copper compound. Upon cooling, the samples show a linear decrease in resistivity, then an approximately logarithmic increase, interpreted as a beginning of localization. Finally an abrupt decrease by up to three orders of magnitude occurs, reminiscent of the onset of percolative superconductivity. The highest onset temperature is observed in the 30 K range. It is markedly reduced by high current densities. Thus, it results partially from the percolative nature, but possibly also from 2D superconducting fluctuations of double perovskite layers of one of the phases present.









"Hochtemperatur"-  
Supraleiter

flüss. Stickstoff

flüss. Wasserstoff

flüss. Helium

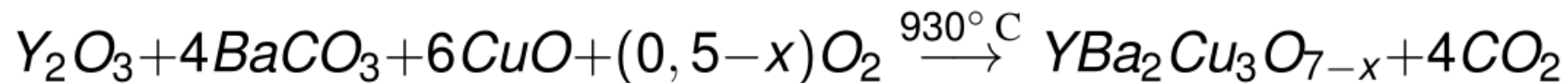
"klassische" SL



## Herstellung von $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ Supraleitern

Edukte: Yttriumoxid, Bariumcarbonat und Kupfer-(II)-oxid

Reaktionsgleichung:



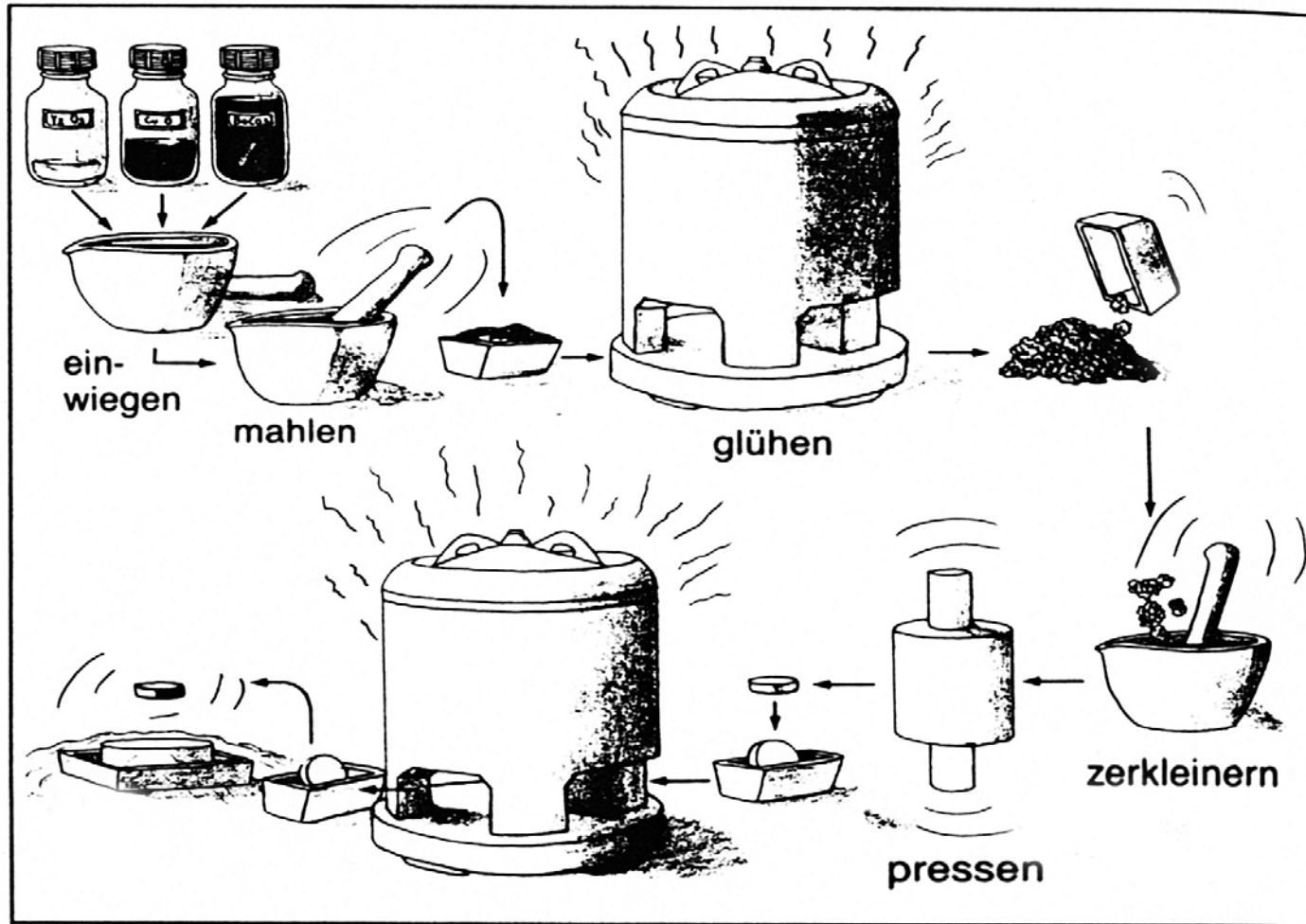
sog. (keramische) Sinterreaktion: Einfache Methode zur Herstellung polykristalliner Verbindungen unterhalb des Schmelzpunkts



## Wichtig

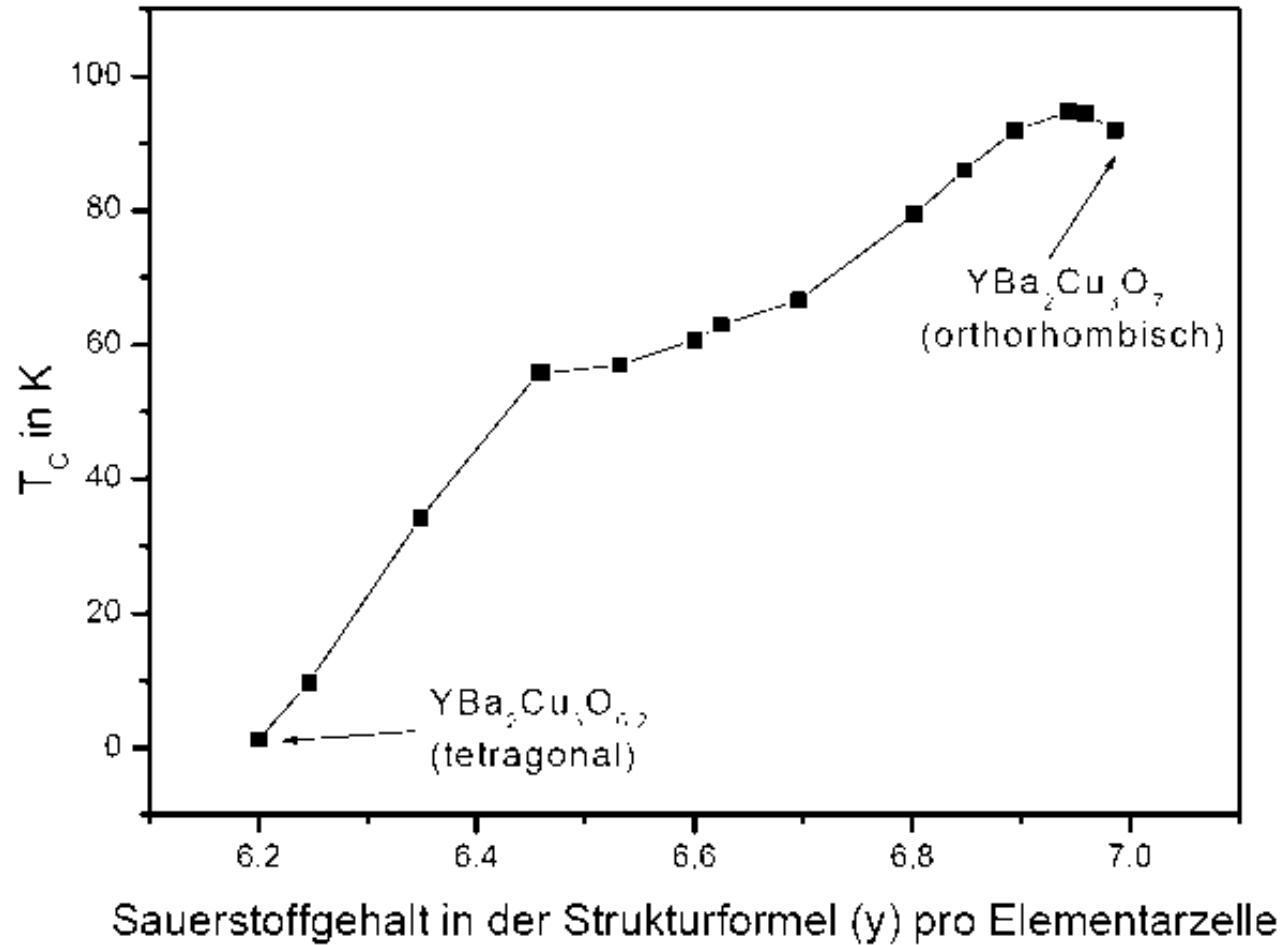
- Stöchiometrie muss exakt erfüllt sein (Ausgangsmengen)
- Edukte müssen sehr fein gepulvert und vermischt sein
- ausreichend lange Reaktionsdauer
- hohe Reaktionstemperatur





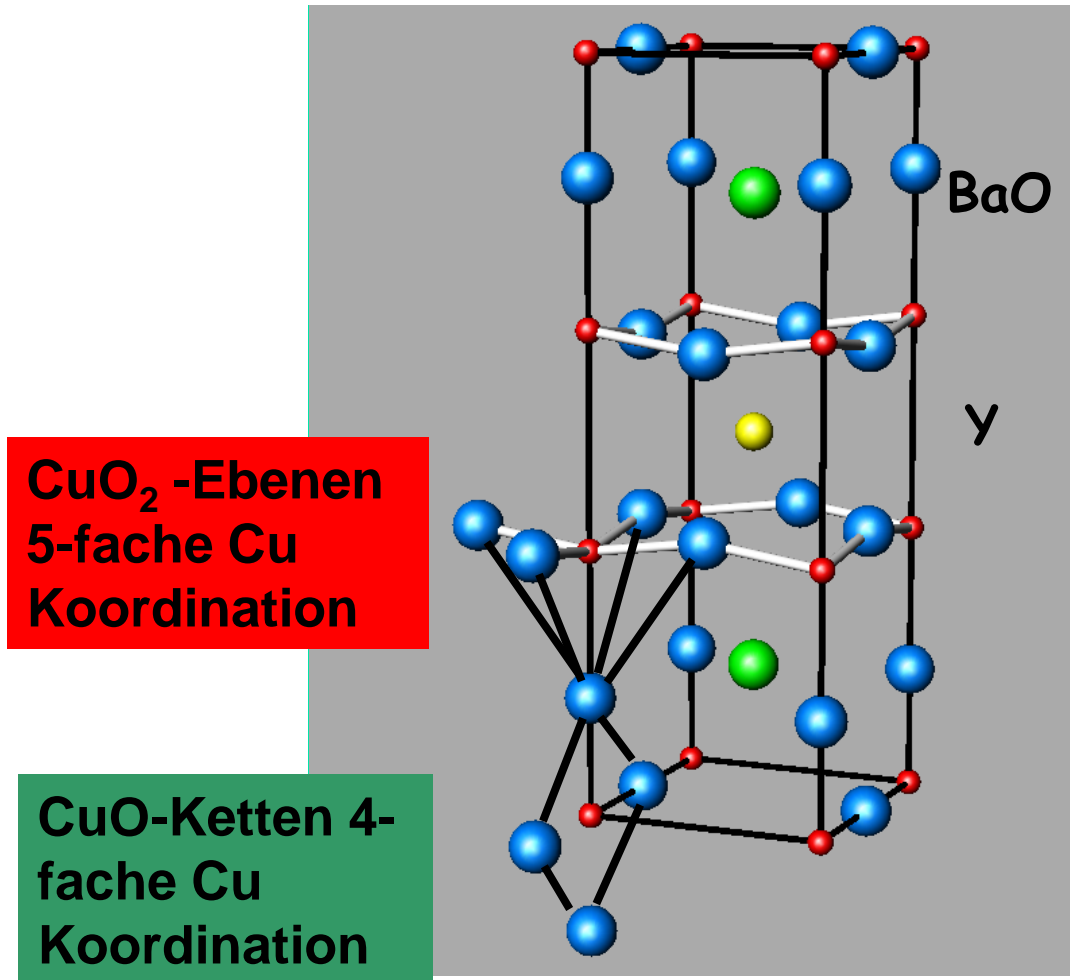


## Sprungtemperatur vs. O-Gehalt





# Hochtemperatur-Supraleiter. $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$



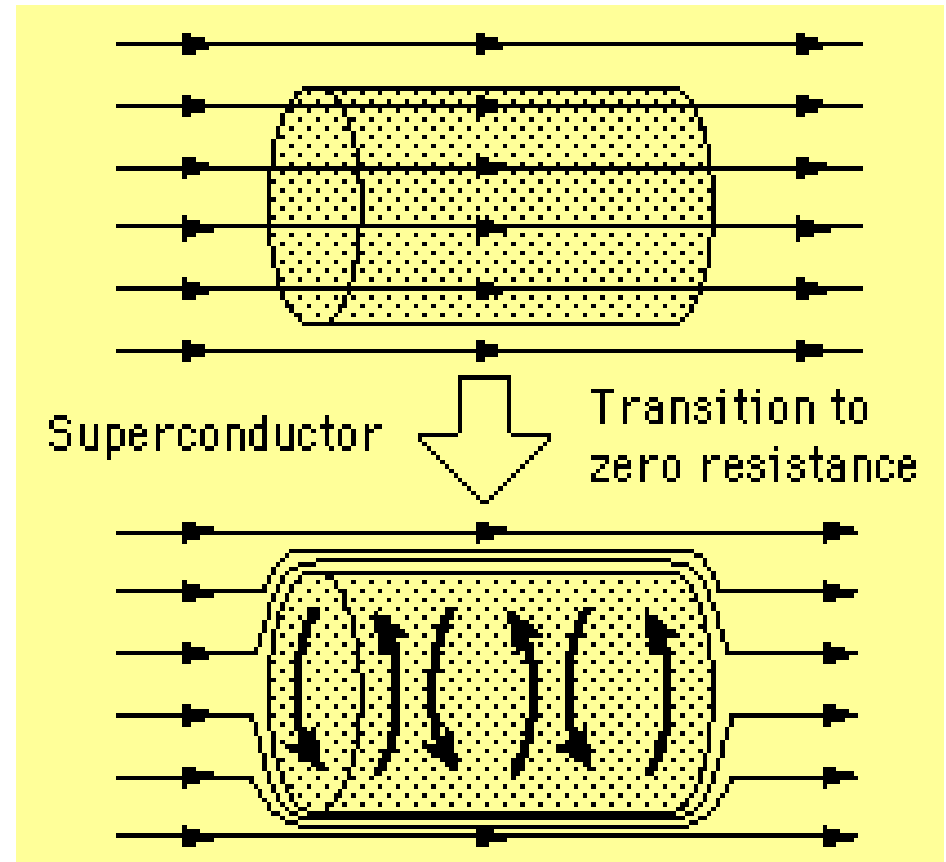


# Der Meissner-Ochsenfeld-Effekt

Ein Supraleiter ist ein perfekter Diamagnet d.h. verdrängt ein von außen angelegtes Magnetfeld vollständig aus seinem Inneren.

W. Meissner, R. Ochsenfeld (1933).

An der Oberfläche des Supraleiter entstehen bei  $T < T_c$  supraleitende Ströme, welche ein Magnetfeld erzeugen, das im Inneren des Supraleiters das äussere Magnetfeld exakt kompensiert.



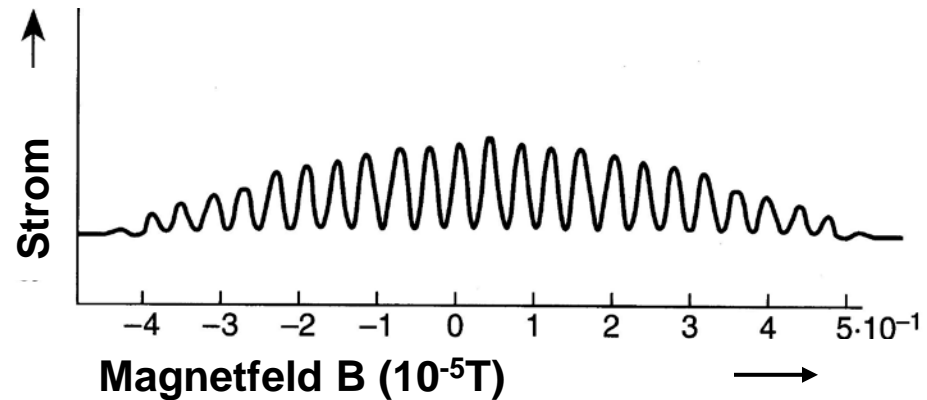
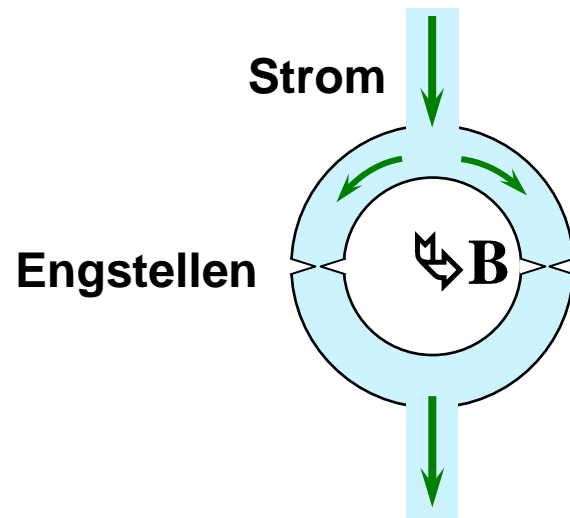






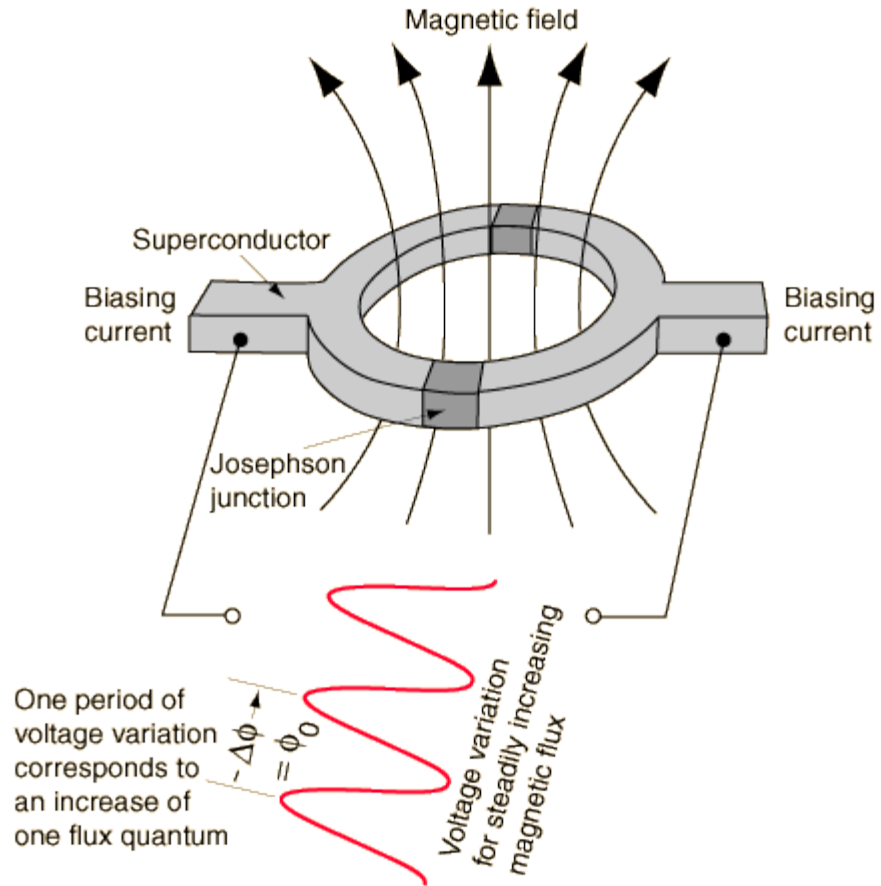
# Josephson-Effekt

- 2-Strahl-Interferenz mit Elektronenpaaren



- Superconducting QUantum Interference Device, SQUID

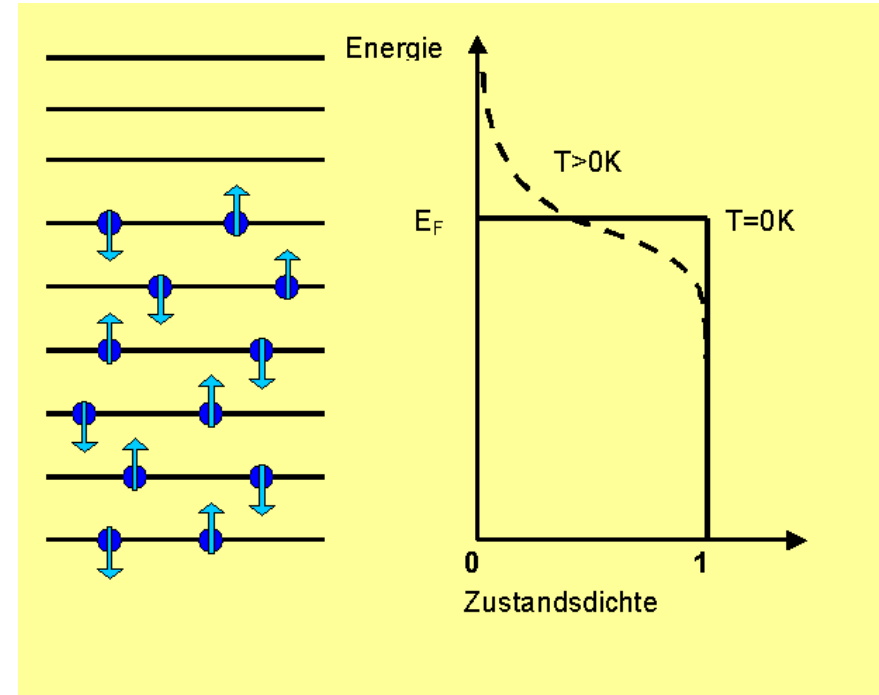
- empfindlichstes Messinstrument überhaupt





# Fermi und Bose-Statistik

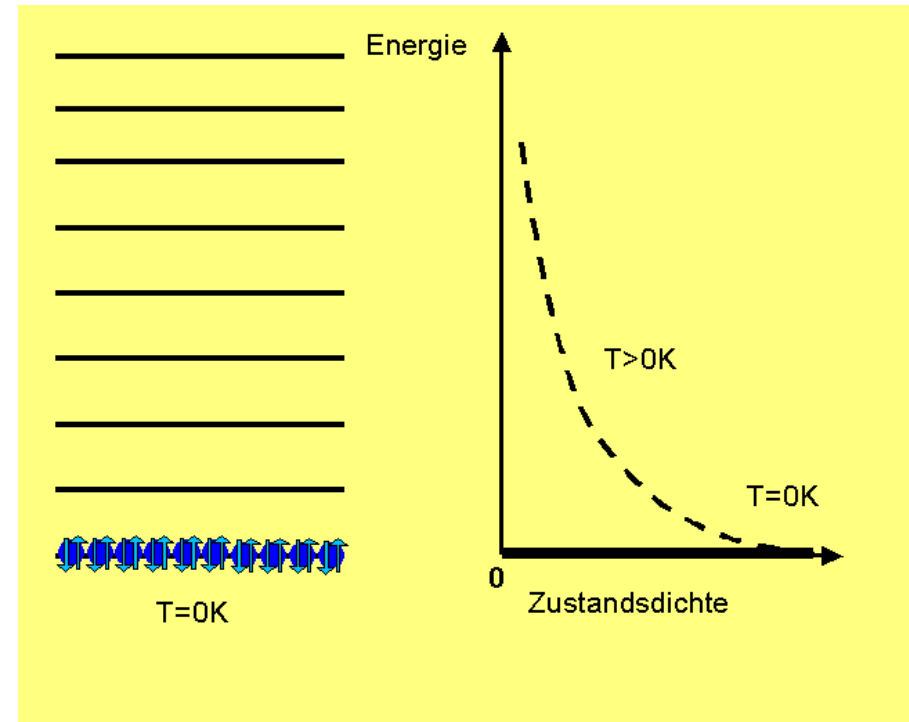
- **Fermionen** sind Teilchen mit halb-zahligem Spin (z.B. Elektronen, Protonen, Neutronen..)
- Für Fermionen gilt das Pauli-Verbot. Jeder Energiezustand wird nur mit zwei Teilchen mit entgegengesetzten Spin besetzt.





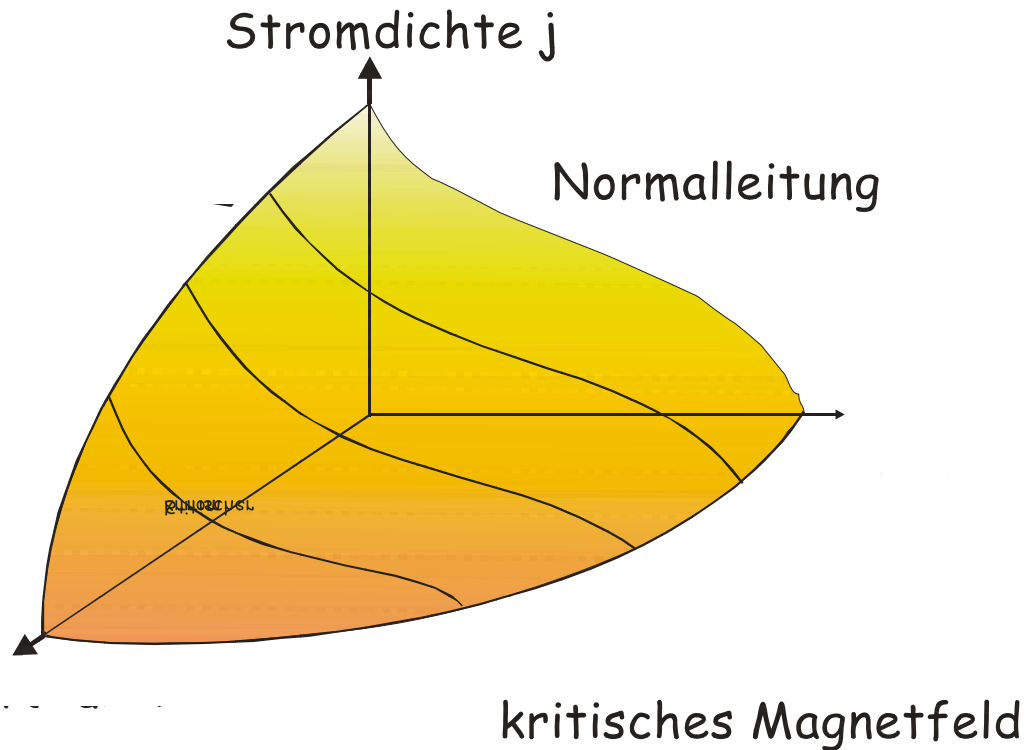
**Cooper-Paare bilden sich aus Elektronen mit entgegengesetzten Spins.**

- **Der Gesamtspin ist null. Cooper-Paare sind Bosonen. Das Pauli-Verbot gilt nicht.**
- **Alle Cooper-Paare dürfen den gleichen Quantenzustand mit gleicher Energie einnehmen!**





# Grenzen der Supraleitung



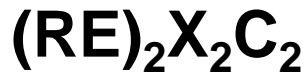
Supraleitung verschwindet ab einer bestimmten Magnetfeldstärke,  
Temperatur und Stromdichte



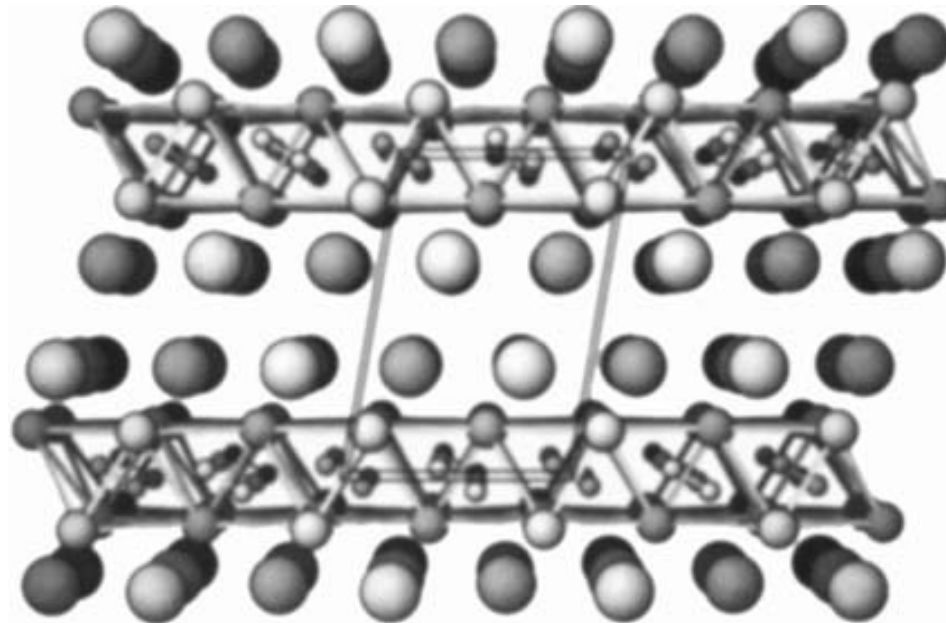


# Supraleitfähigkeit aus der Sicht der Chemie

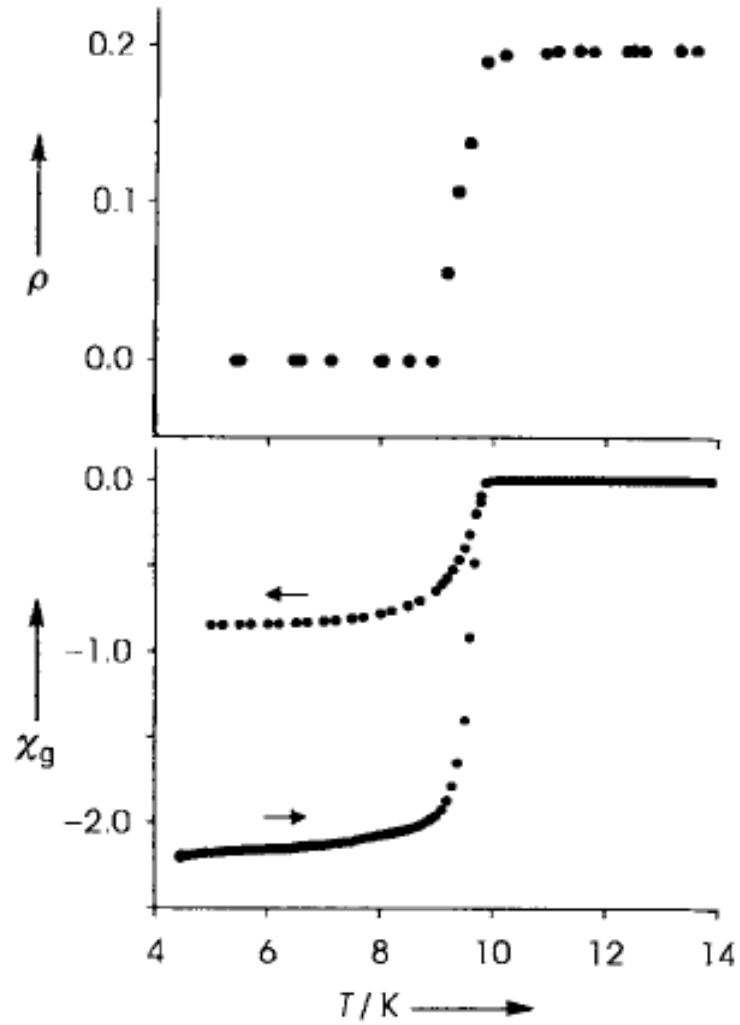
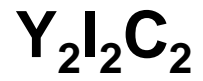
Arndt Simon, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 1997, 36, 1788-1806

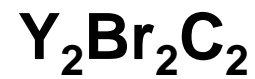
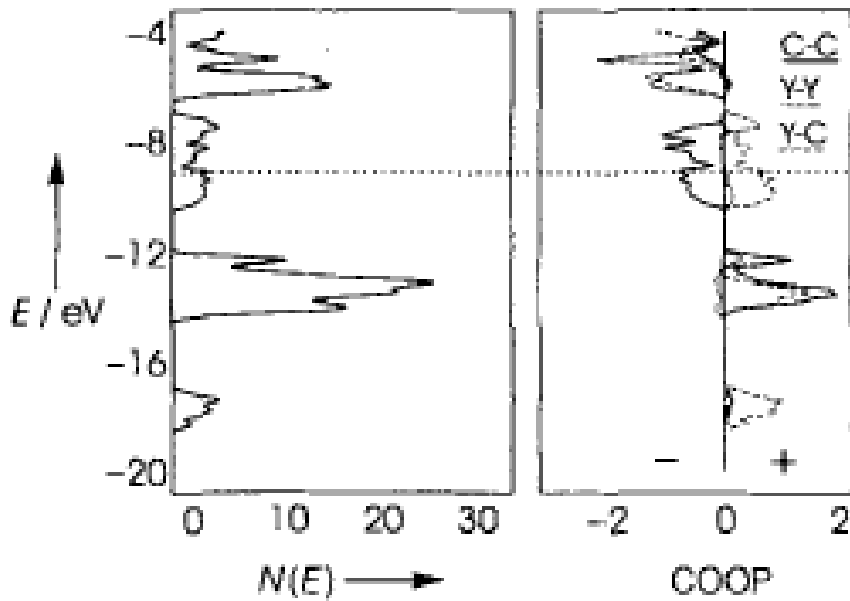
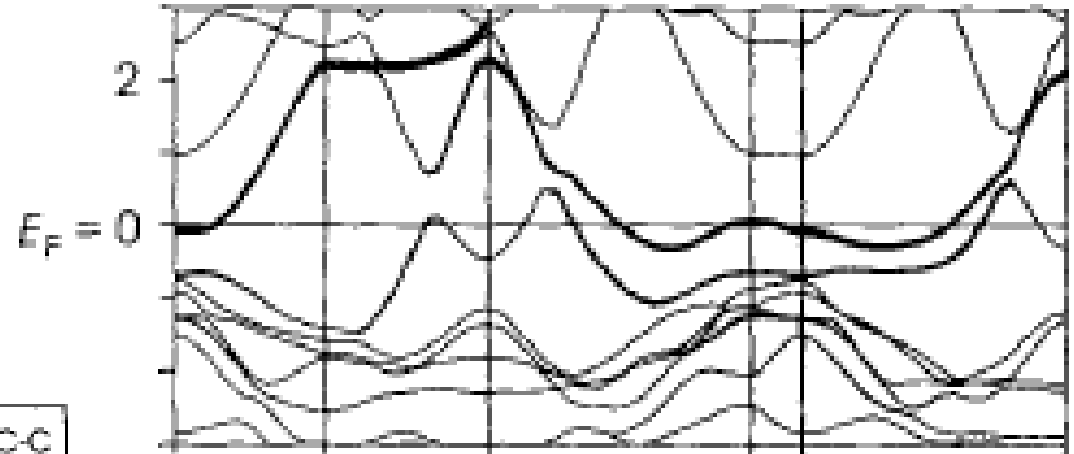


z.B.



- U. Schwanitz-Schüller, A. Simon, *Z. Naturforsch. E* 1985, 40, 710.
- A. Simon, H. Mattausch, G. J. Miller, W. Bauhofer, R. K. Kremer in *Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths, Vol. 15* (Eds.: K. A. Gschneidner, Jr., L. Eyring), Elsevier, Amsterdam, 1991, p. 191.





Itinerant electrons

flat band –steep band scenario



## Anwendungen von Supraleitern

- Energietransport
- Energiespeicherung (SMES = supermagnetic energy storage)
- Magnetschwebbahnen (MAGLEV = magnetic levitation train)
- Hochenergiephysik
- NMR (Kernspintomographie)
- SQUID (= superconducting quantum interference device)



## ■ **Telekommunikation**

- Verlustarme Leitungen
- Frequenzfilter höchster Güten
  - Werden bereits in den USA in Basisstationen mobiler Kommunikationsanlagen, Satelliten usw. eingesetzt

## ■ **Elektronik**

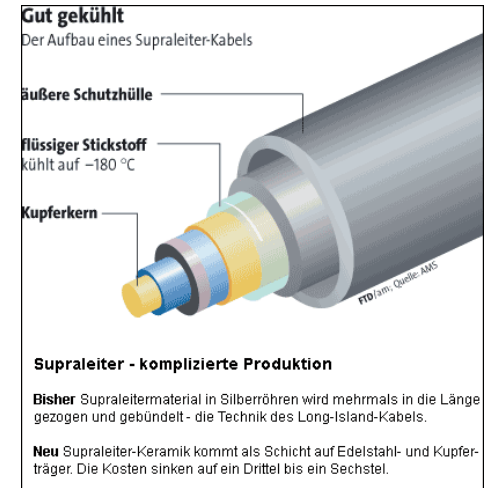
- Rauscharme Schaltkreise
- Miniaturisierte Bauelemente
- Taktfrequenzen in einigen 100 GHz realisierbar





## ■ Energietechnik

- **Kabel** (Pirelli GmbH, American Superconductors ...)
  - Absenkung der Übertragungsverluste
  - Bei gleichem Durchmesser lässt sich mehr als die 3fache elektrische Leistung übertragen.
  - 2007 supraleitendes Kabel vom Festland nach Long Island!
- **Generatoren, Motoren...** (von Siemens realisiert)
  - Verluste sinken drastisch; Reduzieren des Bauvolumens auf die Hälfte
  - Transformatoren mit supraleitenden Wicklungen bieten höhere Leistung bei geringerem Gewicht. Einsatz z.B. bei Bahnen, um das Gewicht der Lokomotiven zu verringern.





## ■ Medizintechnik

### ■ Kernspin-Tomografie

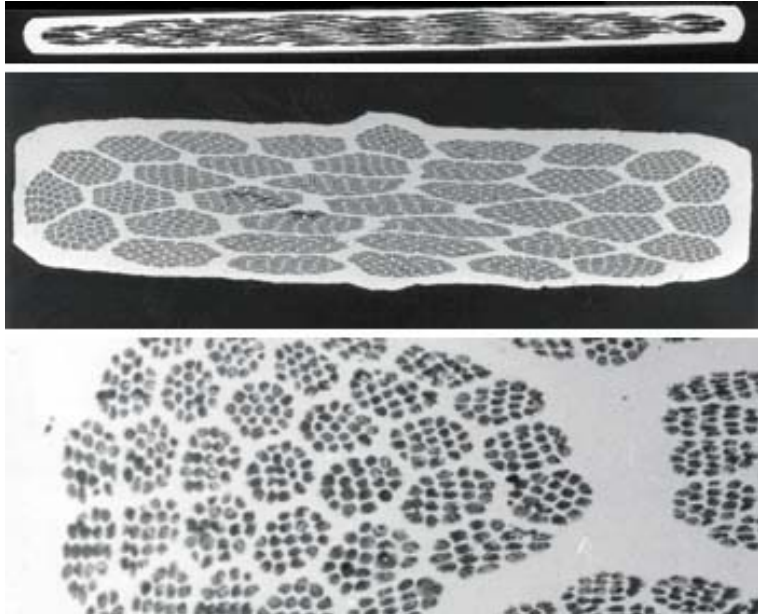
- Aus der technischen Diagnostik nicht mehr wegzudenken
- Supraleitende Magnete bilden dabei die grundlegende technische Voraussetzung.
- Kühlung mit flüssigem Helium (-269 °C)

### ■ Sensoren zur Erfassung geringster Magnetfelder

- Aktivitäten von Herz bzw. Gehirn
- Sensitivität:  $10^{-9}$  Tesla  
(vgl. Erdmagnetfeld  $10^{-4}$  Tesla)

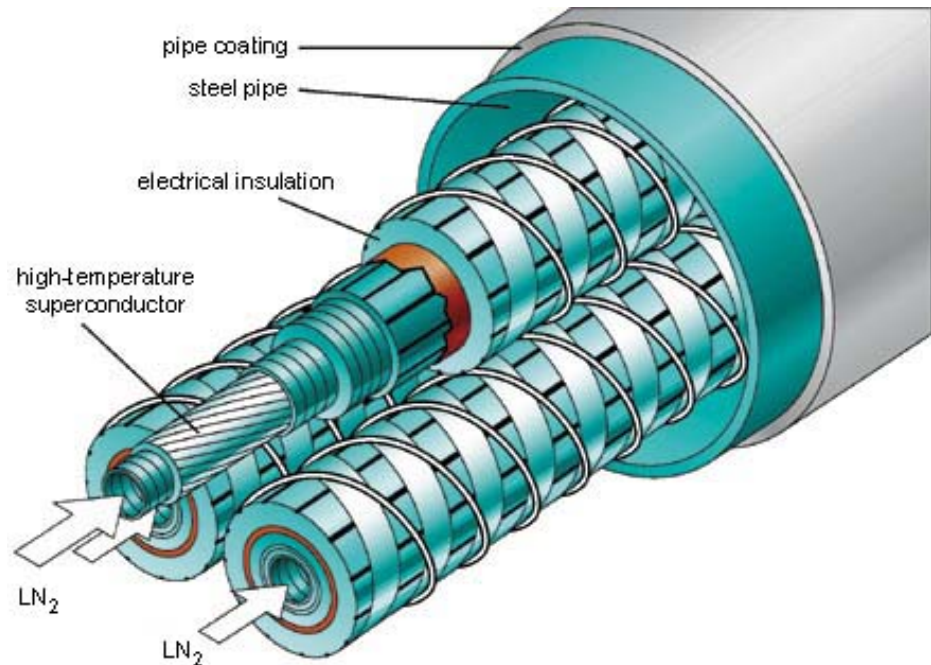


# Anwendungen. Drähte und Bänder



Querschnitte von HTSL  
Bänder

American Superconductor  
Corporation



HTSL Kabel