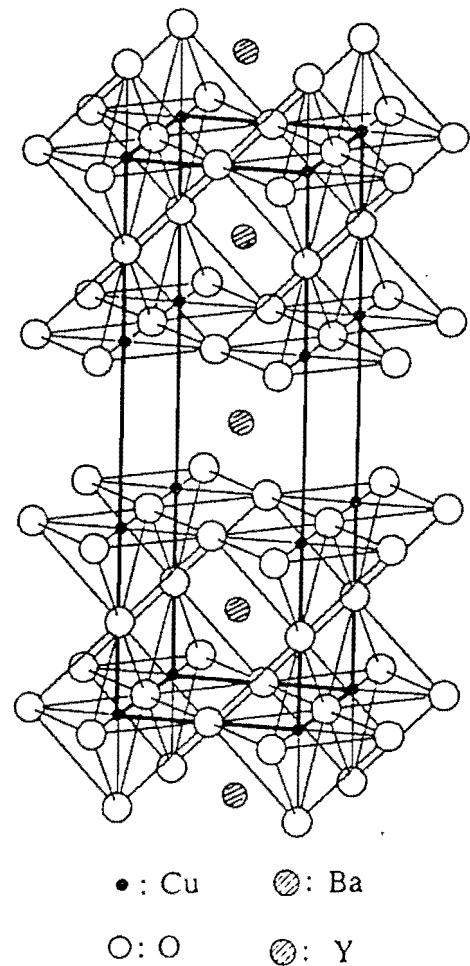


W. Schindler, J. Ströbel, C. Süß, G. Saemann-Ischenko und
W. Schneider

Vorführung von Supraleitung an der oxidischen Keramik $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$
bei der Temperatur des flüssigen Stickstoffes (77K).

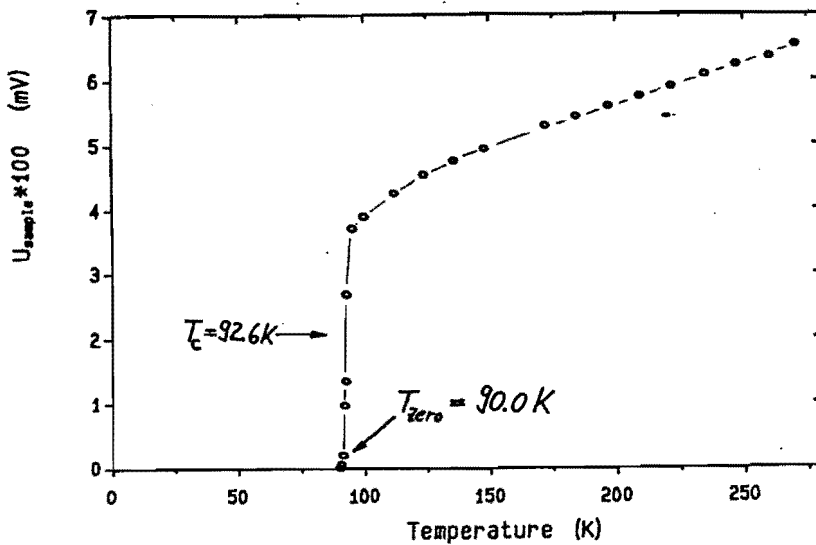
Der physikalische Effekt der Supraleitung ist seit dem Jahr 1911 bekannt, als Kammerling Onnes entdeckte, daß im Quecksilber unterhalb von 7.2K der elektrische Widerstand sprunghaft verschwindet. Bis zum Jahr 1986 fand man in vielen weiteren Elementen und Verbindungen diesen Effekt. Die bis dahin höchsten Sprungtemperaturen wurden von einer Klasse von Supraleitern erreicht, den A15-Verbindungen, von denen Nb_3Ge die Spitzenstellung hielt mit einer Übergangstemperatur von über 23K.

Anfang des Jahres 1986 entdeckten dann J.G. Bednorz und K.A. Müller (IBM Forschungslaboratorien, Rüschlikon, Schweiz) Supraleitung in der oxidischen Verbindung $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$ bei 35K /1/. Hierfür erhielten sie den Physik-Nobelpreis des Jahres 1987. Durch Ersetzung des La-Atoms durch Y fanden Chu et.al. /2/ eine Mischphase, die bereits bei über 90K – also oberhalb der Temperatur des flüssigen Stickstoffes – supraleitend wird. Aus dieser Mischphase konnten Cava et.al. /3/ den eigentlichen Supraleiter isolieren und fanden die stöchiometrische Formel $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$.



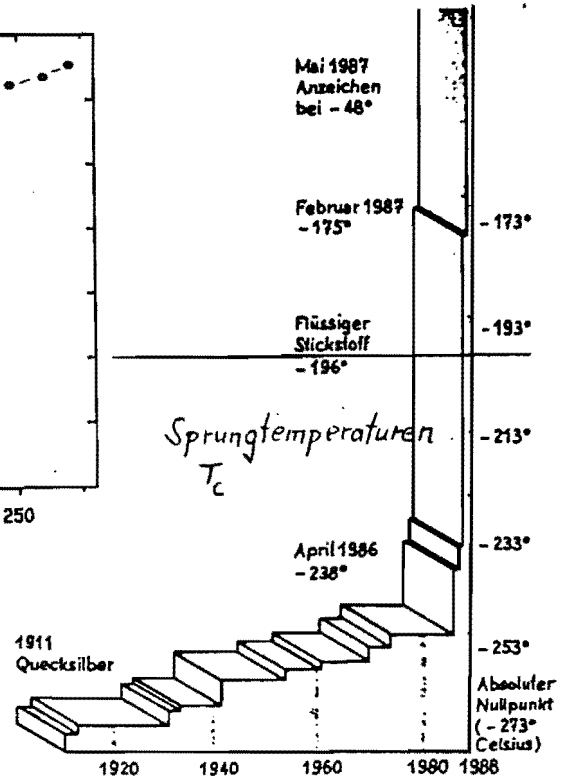
Kristallstruktur

Für technische Anwendungen ist diese Entwicklung von größter Be-



oben: Temperaturabhängiger Widerstand (resistive Messung)

rechts: Zeitl. Entwicklung von T_c



deutung, denn es eröffnet sich jetzt die Möglichkeit die Anwendungsbereiche der Supraleitung in der Technik auszuweiten, da als Kühlmittel nur noch preiswerter flüssiger Stickstoff (77K) benötigt wird und nicht wie bisher teures und nicht unbegrenzt verfügbares Helium (4.2K).

Mögliche Anwendungen reichen von jetzt bereits - mit Helium-Kühltechnik realisierten - supraleitenden Magneten für Teilchenbeschleuniger und Fusionsreaktoren, aber auch kleinen Labormagneten, sowie Magneten für Kernspintomographen in der Medizintechnik oder höchstempfindliche Magnetfeldsensoren (sog. SQUID's: Superconducting Quantum Interference DeVICES) bis hin zu neuen Bereichen wie Magnetschwebbahnen oder Computern mit supraleitenden Schaltelementen, die bis zu 1000x leistungsfähiger sein können als herkömmliche Supercomputer auf Halbleiterbasis.

Doch zunächst eine kleine Einführung in die physikalischen Grundlagen der Supraleitung:

Die wichtigsten Merkmale der Supraleitung sind

- verschwindender elektrischer Widerstand
- idealer Diamagnetismus
- Sprung in der spezifischen Wärme
- Auftreten einer Energielücke im Elektronensystem

Der Effekt der Supraleitung ist ein quantenmechanisches Phänomen des Elektronensystems im Festkörper, das sich anschaulich durch anziehende Kräfte zwischen zwei Elektronen im Festkörper beschreiben läßt. Das erste Elektron polarisiert durch seine negative elektrische Ladung das Gitter; das zweite Elektron erfährt aufgrund dieser Polarisation eine anziehende Kraft. Somit wechselwirken die beiden Elektronen miteinander nicht nur durch ihre abstoßende Coulombkraft, sondern durch eine zusätzlich wirkende Anziehung. Diese beiden Elektronen bezeichnet man als Cooper-Paar, das sich durch den Kristall fortbewegt. Oberhalb der Sprungtemperatur brechen diese Cooper-Paare auf und der Festkörper wird normaleitend. Durch die Ausbildung solcher Elektronenpaare kommt der Festkörper in einen energetisch günstigeren (niedrigeren) Zustand als bei Normalleitung. Die Folge dessen ist, daß es einer Anregungsenergie bedarf, um die supraleitenden Elektronenpaare aufzubrechen. Diese Anregungsenergie bezeichnet man als Energielücke, die bei allen Supraleitern im Bereich von einigen meV liegt.

Doch nun zurück zu den neuartigen Supraleitern: Ihre Herstellung erfolgt durch Reaktion einer stöchiometrischen Mischung aus Y_2O_3 , $BaCO_3$ und CuO bei $950^\circ C$ und anschließendes 12-stündiges Sintern bei der gleichen Temperatur mit darauffolgender langsamer Abkühlung. Mit so hergestellten Proben ist es zum erstenmal möglich, den idealen Diamagnetismus eines Supraleiters (vollständige Verdrängung eines Magnetfeldes aus seinem Innern) in einem einfachen Laborexperiment vorzuführen: Die einzigen Hilfsmittel sind ein stark inhomogenes Magnetfeld (Topfmagnet eines Lautsprechers) und flüssiger Stickstoff, um die Probe zu kühlen.

- /1/ J.G. Bednorz und K.A. Müller,
Zeitschrift für Physik B64, 189 (1987)
- /2/ M.K. Wu, J.R. Ashburn, C.J. Torng, P.H. Hor, R.L. Meng,
L. Gao, Z.J. Huang, Y.Q. Wang und C.W. Chu,
Physical Review Letters 58, 908 (1987)
- /3/ R.J. Cava, R.B. vanDover, B. Batlogg und E.A. Rietman,
Physical Review Letters 58, 408 (1987)