

# Supraleiter

Seit ihrer Entdeckung gehört die Supraleitung zu den faszinierendsten physikalischen Phänomenen. Die Vorstellung eines auf absehbare Zeit nicht abklingenden Stromes ohne Verwendung einer äußeren Stromquelle ist in unserem von Reibung und Energieverlusten dominierten Alltag äußerst faszinierend.

Die Supraleitung ist ein noch sehr aktuelles Forschungsgebiet mit vielen unbeantworteten Fragen, obwohl ihre Wurzeln bis ins Jahr 1911 reichen, dem Jahr der Entdeckung verschwindenden Widerstandes bei Quecksilber unterhalb einer Temperatur von 4 Kelvin.

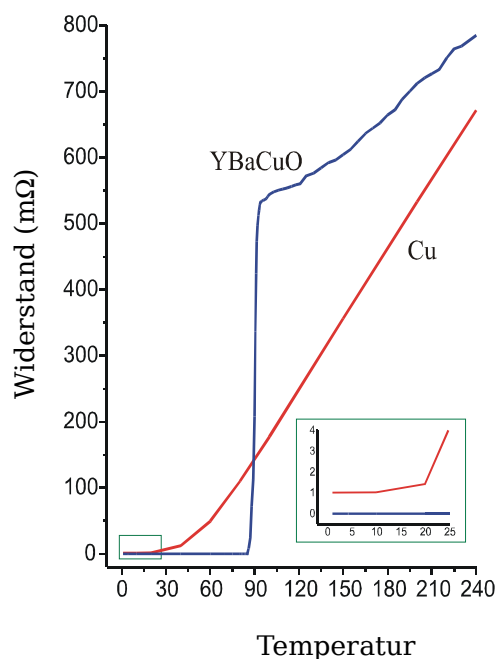
Der folgende Versuch stellt einen qualitativen Zugang zur Welt der Supraleiter dar.

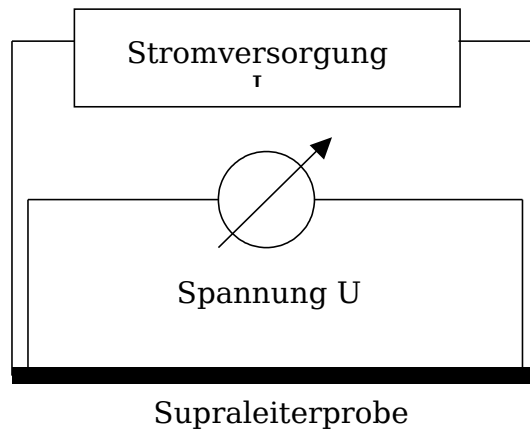
Wir werden die Leitfähigkeit eines Supraleiters bei Raumtemperatur und in flüssigem Stickstoff, der eine Temperatur von 77 K (oder  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) gewährleistet, untersuchen und dieses Verhalten mit dem von Cu vergleichen.

Die Abhängigkeit des Widerstandes beider im Versuch benutzter Materialien von der Temperatur ist im Diagramm rechts dargestellt.

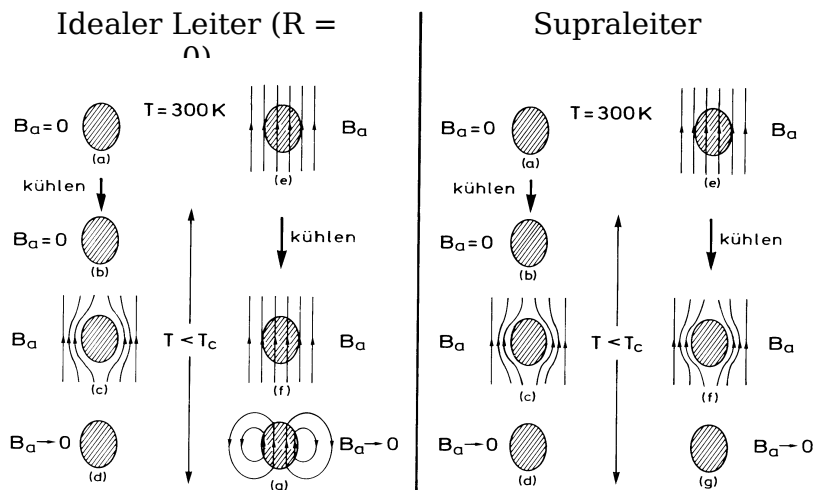
Zur Messung von Strom und Spannung (über diese Größen wird der Widerstand bestimmt) benutzen wir eine Vierpunktschaltung. Es wird ein bestimmter Strom durch das der Probe gemessen. Würden sich die Anschlüsse zur Spannungsmessung an den Zuleitungen befinden, würde deren Widerstand mitgemessen, was nicht erwünscht ist. Das wird bei unserer Schaltung vermieden:

Probenmaterial geschickt und die Spannung mit zwei eigenen Kontakten an





Supraleitende Materialien besitzen jedoch noch weitere Eigenschaften, die direkt mit dem supraleitenden Zustand zusammenhängen. Man hat es also nicht nur mit einem idealen Leiter zu tun, der ausschließlich durch einen verschwindenden elektrischen Widerstand ausgezeichnet ist: Supraleiter zeigen nämlich den recht beeindruckenden „Meißner-Ochsenfeld-Effekt“, der hier auch vorgeführt werden soll. Durch ihn wird ein gewöhnlicher Magnet frei schweben, was man damit erklärt, dass das Innere eines Supraleiters stets frei von magnetischen (und auch elektrischen) Feldern ist, wie in der Grafik unten gezeigt. Einmal wird das Versuchsobjekt abgekühlt und dann ein äußeres Feld angelegt, das andere Mal zuerst ein Feld angelegt und anschließend abgekühlt.



Wichtig zu erwähnen ist, dass verschiedene Arten von Supraleitern existieren: man unterscheidet nach Typ I und Typ II. Der im Versuch verwendete ist ein Typ-II-Supraleiter, die allgemein durch eine recht „hohe“ Temperaturgrenze, bis zu der sich der supraleitende Zustand hält, gekennzeichnet sind. Ab einer bestimmten Temperatur unter dieser Grenze ist aber nicht mehr das ganze Innere feldfrei, es bilden sich vielmehr supraleitende Kanäle im Material, die von normalleitenden Bereichen umgeben sind. In feldfreien (supraleitenden) Gebieten der

Probe sorgt stets eine innere Magnetisierung  $M$  für die Kompensation eines äußeren Feldes, in Typ-II-Supraleitern sind nur diese Kanäle magnetisiert und somit feldfrei, falls dieser Zustand gerade vorliegt. Ab einem zu starken äußeren Magnetfeld oder einer zu hohen Temperatur geht das Material aber immer in den normalleitenden Zustand zurück.

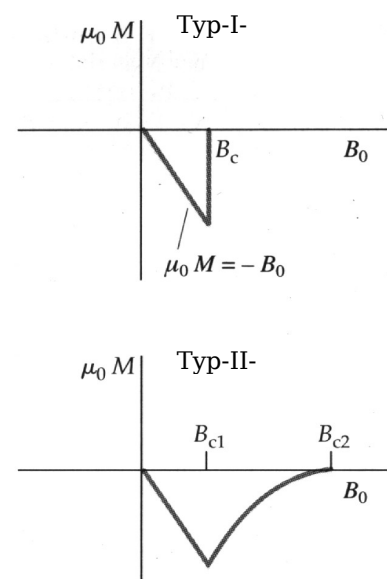
Vergleich Supraleiter 1. und 2. Art:

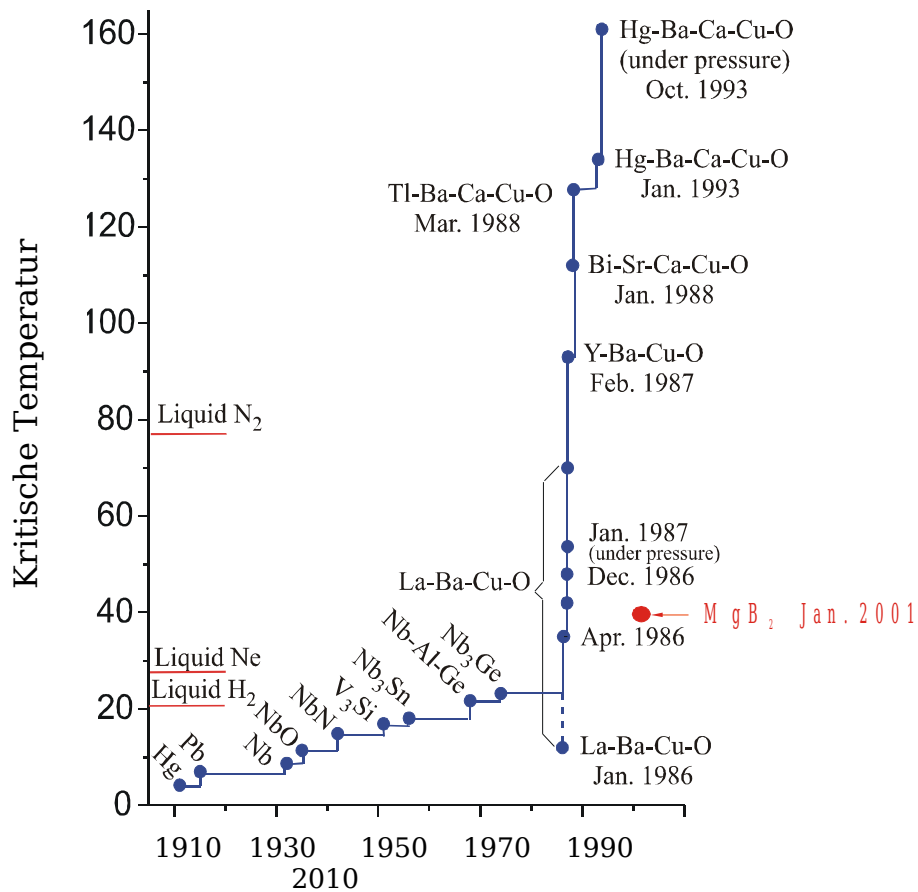
Das Produkt  $\mu_0 M$  als Funktion des äußeren Magnetfeldes  $B_0$  für die beiden Supraleitertypen ( $M$  ist die Magnetisierung). Oberes Bild: In einem Typ-I-Supraleiter ist das Magnetfeld null, wenn das angelegte Feld unter einem bestimmten kritischen Wert bleibt. Der Grund ist, dass das Feld, das durch induzierte Ströme auf der Oberfläche des Supraleiters entsteht, gleich groß wie das äußere Feld aber ihm entgegengesetzt ist. Oberhalb des kritischen äußeren Feldes liegt ein Normalleiter vor.

Bei einem Typ-II-Supraleiter (unteres Bild) wird das Magnetfeld unterhalb des kritischen Magnetfeldes  $B_{c1}$  vollständig aus dem Supraleiter gedrängt. Oberhalb von  $B_{c1}$  dringt das Feld in den Supraleiter ein, aber die Supraleitung bleibt erhalten. Erst wenn das größere kritische Feld  $B_{c2}$  erreicht wird, verliert das Material seine supraleitende Eigenschaft und wird zu einem normalen Leiter.

Technische Anwendung finden ausschließlich Supraleiter zweiter Art, da die Temperaturbereiche sehr viel zugänglicher sind und ein äußeres Feld sehr groß werden darf bevor der normalleitende Zustand vorherrscht.

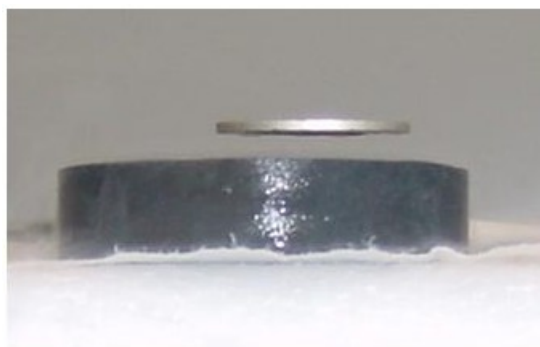
Vor allem um 1990 wurden viele neue Materialien entdeckt die diese Anforderungen erfüllen und die höchste bekannte kritische Temperatur schnellte in die Höhe. Man darf auf die weitere Entwicklung gespannt sein und von einem Supraleiter bei Raumtemperatur träumen, der unsere Welt in großem Ausmaß verändern würde.



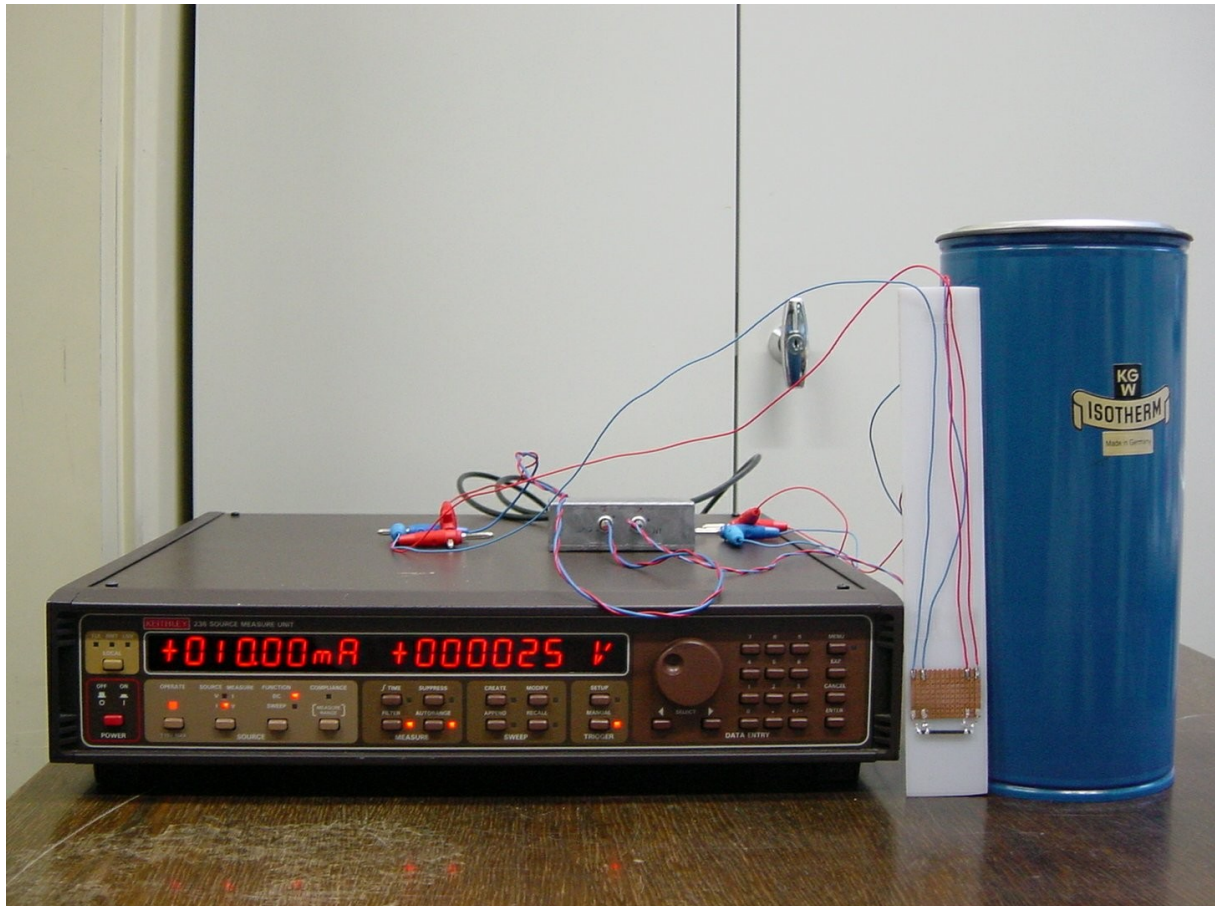


Versuchsthemen:

- Widerstandsmessung eines Typ-II-SL (YBaCuO) und von Kupferdraht bei Raumtemperatur/in flüssigem N<sub>2</sub>
- Demonstration „Meißner-Effekt“: Levitation eines gewöhnlichen Magneten über einem Supraleiter



Hier der Versuchsaufbau für die Widerstandsbestimmungen. Rechts ist ein blaues Thermosgefäß zu sehen in dem der flüssige Stickstoff aufbewahrt wird, links davon der Probenhalter des Supraleiters, welcher am unteren Ende als dunkler waagerechter Strich zu erkennen ist, links



schließlich unser Meßgerät mit Strom- und Spannungsanzeige.

#### Weitere Quellen zum Thema:

- <http://www.uni-saarland.de/fak7/hartmann/lehre/lehre.html>
- <http://www.wissenschaft-online.de>
- <http://www.bild-der-wissenschaft.de/bdw/bdwlive//show.php3>