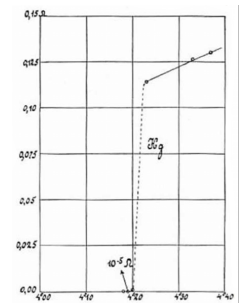
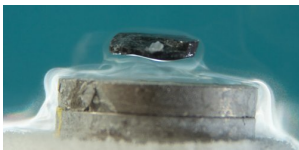


Supraleitung

Entdeckung der Supraleitung

1908 verflüssigte Heike Kamerlingh Onnes¹ als Erster das Edelgas Helium und nutzte dieses als Kühlmittel um Experimente bei tiefen Temperaturen um 4 K (-269 °C) zu realisieren. Seine berühmten Widerstandsexperimente am Metall Quecksilber zeigten bei Temperaturen unterhalb von 4.2 K einen bis dahin unbekanntem Effekt, den er *Supraleitung* nannte. Unterhalb der sogenannten Sprungtemperatur leitet Quecksilber elektrischen Strom perfekt, also ohne elektrischen Widerstand und somit verlustfrei. Dieser physikalische Effekt wurde schon bald darauf auch in anderen Materialien gefunden, teilweise bei tieferen, aber auch bei höheren Temperaturen.

Zusätzlich zum Verschwinden des elektrischen Widerstandes unterhalb einer kritischen Temperatur T_c (Sprungtemperatur) verdrängen Supraleiter externe Magnetfelder aus ihrem Inneren. Dieser Verdrängungseffekt wird nach dessen Entdeckern 1933 als Meissner-Ochsenfeld-Effekt bezeichnet. Als Folge der Magnetfeldverdrängung schwebt ein Supraleiter in einem inhomogenen Magnetfeld.

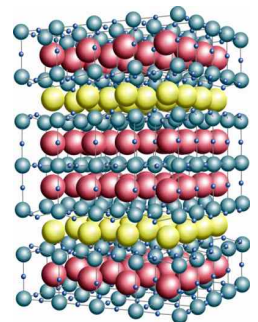


Die Suche nach Materialien mit hohen Sprungtemperaturen

Trotz der intensiven Forschung mit allen möglichen Metallkombinationen wurden bis in die 1980er Jahre keine Materialien gefunden, welche eine Sprungtemperatur über 30 K zeigen. Dies schränkte die Nutzung dieser Supraleiter auf wenige Anwendungen ein, da die Kühlung sehr teures flüssiges Helium erfordert.



Dies änderte sich schlagartig als 1986 Johannes Georg Bednorz und Karl Alexander Müller² am IBM Forschungslaboratorium in Rüschlikon (Schweiz) eine neue Klasse von Supraleitern entdeckten, welche teilweise deutlich höhere Sprungtemperaturen aufweisen. Diese sogenannten Hochtemperatursupraleiter bestehen aus keramischen Metalloxiden, wobei die



¹ Supraleitung von Quecksilber: H.Kamerlingh Onnes: *The resistance of pure mercury at helium temperatures*; Commun. Leiden **120b** (1911)

² J.G. Bednorz and K.A. Müller: *Possible high T_c superconductivity in the Ba-La-Cu-O system*. Z. für Phys. B, Condensed Matter **64** (1986), 189-193 (<http://www.springerlink.com/content/m2016112g263011h/>)

momentan höchste gemessene Sprungtemperatur bei 133 K (-140 °C) unter Normaldruck liegt. Der Rekordhalter ist die Substanz $\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{8+d}$, welche 1993 an der ETH von Andreas Schilling et al.³ entdeckt wurde.

Ein immenser Fortschritt, der durch die Hochtemperatursupraleiter entstand, ist die Möglichkeit auf das aufwändige und kostenintensive Kühlen mittels flüssigen Heliums zu verzichten. Stattdessen wird hierfür der leichter zu gewinnende und billigere flüssige Stickstoff mit einer Siedetemperatur von 77 K (-196 °C) zum Kühlen verwendet.



Anwendung der Supraleitung

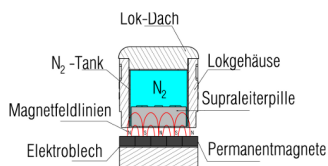


Nichtsdestotrotz werden heutzutage neben Hochtemperatursupraleitern auch vermehrt Supraleiter mit tiefen Sprungtemperaturen verwendet, da diese oftmals die besseren metallischen Eigenschaften besitzen. Metallische Supraleiter besitzen den grossen Vorteil, dass daraus Drähte geformt werden können, die unter anderem zur Konstruktion von Spulen für die Erzeugung hoher Magnetfelder verwendet werden. Ein gutes Beispiel hierfür sind Magnete, welche in der Medizin bei der Magnetresonanztomographie (MRI) Verwendung finden. Aus

Supraleitern können auch sehr sensitive Magnetfeldsensoren, sogenannte SQUIDs gefertigt werden. In der Medizin werden SQUIDs verwendet, um die sehr kleinen Magnetfelder zu detektieren, welche durch Ionenströme im menschlichen Körper verursacht werden.

Demonstration des Schweben-Effekts der Supraleitung

Mit unserem Zug, der mit $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ -Supraleiterpillen bestückt ist, möchten wir den Schweben-Effekt von Supraleitern im Magnetfeld illustrieren. Aufgrund des Meissner-Ochsenfeld-Effektes schweben die innerhalb des Zuges angebrachten Supraleiter im Magnetfeld, welches durch die Magnetschiene erzeugt wird. Durch ein gezieltes Abkühlen der $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ -Pillen im Magnet-



feld werden neben der Feldverdrängung auch einige der Magnetfelder in der Pille selbst eingefroren. Dies bewirkt eine verstärkte Haftung der Pillen und somit des Zuges auf der Schiene, welche eine Entgleisung des Zuges auch bei einer rasanter Kurvenfahrt verhindert.

Kontakt: <http://www.physik.uzh.ch/groups/schilling/supra.html>

³ A. Schilling, M. Cantoni, J.D. Guo & H.R. Ott: *Superconductivity above 130 K in the Hg–Ba–Ca–Cu–O system*. Nature **363** (1993), 56 (<http://www.nature.com/nature/journal/v363/n6424/abs/363056a0.html>)