

Supraleitung

1-Ein Supraleiter verliert sprunghaft seinen elektrischen Widerstand bei einer bestimmten kritischen Temperatur, der **Sprungtemperatur** T_c .

2-Typische Sprungtemperaturen liegen für elementare Supraleiter unter 10 K.

3-Bekannter **Hochtemperatur-supraleiter**: $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ (YBCO oder YBaCuO) mit $T_c = 92 \text{ K}$.

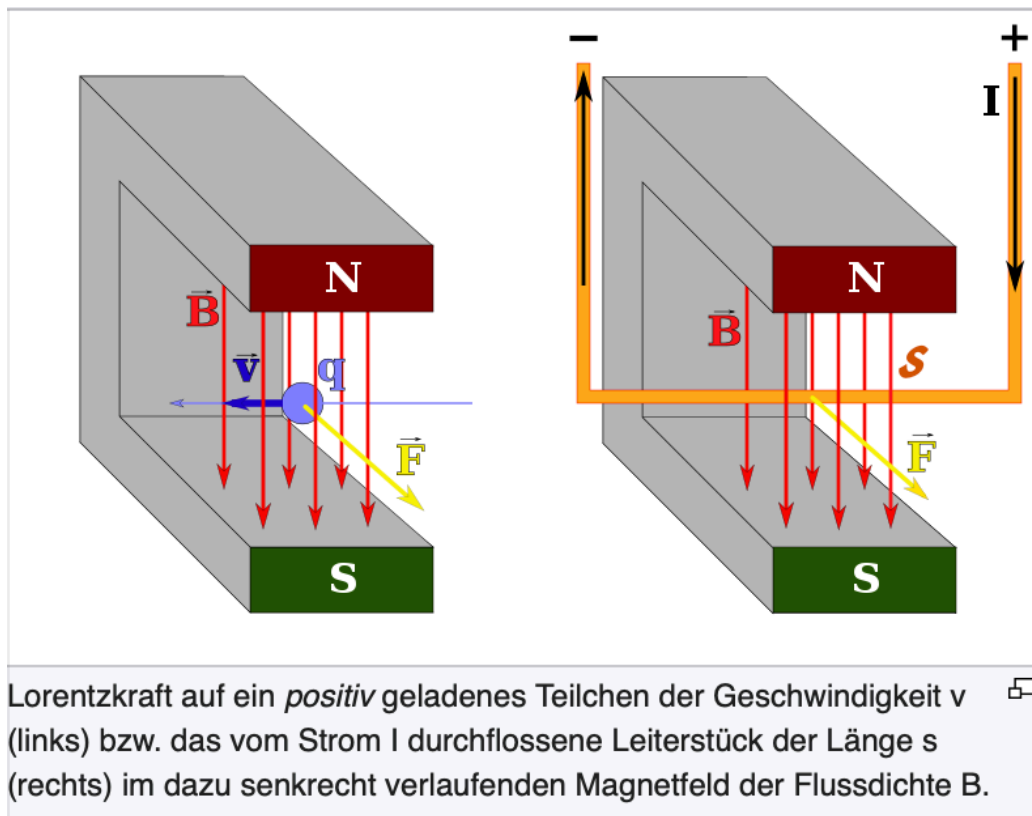
Interessante Beobachtungen:

- 28 Elemente werden unter Normaldruck supraleitend, weitere 13 unter hohem Druck. Kristallstruktur spielt keine Rolle.
- 'Gute Metalle' wie Cu und Ag sind keine Supraleiter.
- Ferromagnete sind (bis auf komplizierte Ausnahmen) nie supraleitend. • Magnetische Verunreinigungen zerstören die Supraleitung.

4-Supraleiter verdrängen Magnetfelder aus ihrem Innern: **Meißner-Effekt**. Innerhalb des Supraleiters ist $B = 0$. (Meißner-Effekt: Verdrängung des Magnetfeldes aus dem Supraleiter unterhalb der Sprungtemperatur.)

5-Dieses Ergebnis bedeutet, dass Supraleiter **ideale Diamagnete** sind.

6-(B-Feld) Sie ist die **Flächendichte** des **magnetischen Flusses**, der senkrecht durch ein bestimmtes Flächenelement hindurchtritt.



7- Magnet Klassen

Download

Paramagnetismus

- unaufgefüllte Elektronenschalen oder ungerade Anzahl von Elektronen
- Spinmomente der Elektronen nicht vollständig kompensiert
- Regellose Verteilung, geringe Wechselwirkung

Ausrichtung der Spinmomente durch äußeres Feld

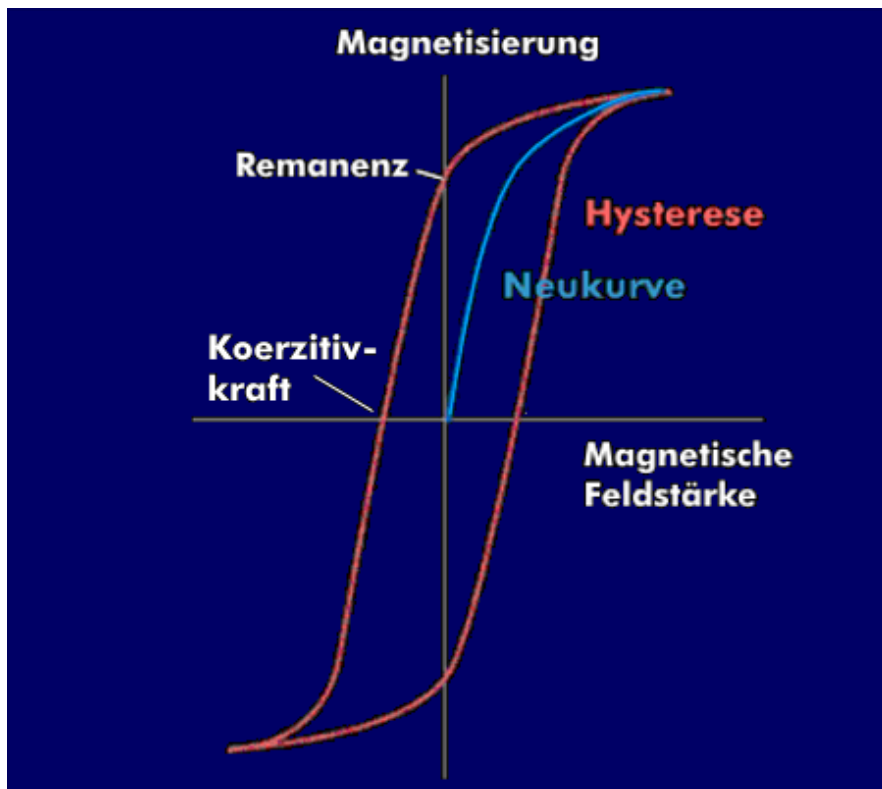
$$10^{-6} \leq \chi_m \leq 10^{-3}$$

$$\chi_m \sim 1/T$$

The diagram shows a red bar magnet (North pole) and a green bar magnet (South pole) with a small blue bar magnet (representing a paramagnetic material) placed between them. Blue lines represent the magnetic field lines B_0 passing through the material, illustrating the alignment of the material's magnetic moments with the external field.

Magnetisierte Materialien behalten nach Entfernen eines Magnetfeldes einen

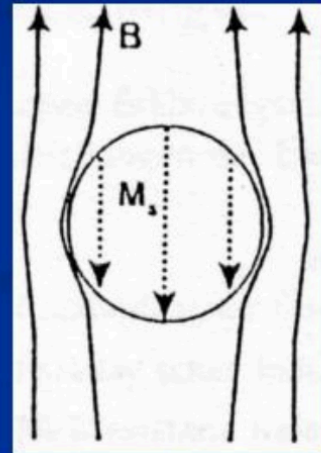
Restmagnetismus, die **Remanenz**. Diese ist durch die Ausrichtung der Molekularmagnete bedingt. Erst durch einen entgegengesetzten magnetischen Fluss wird dieser Restmagnetismus kompensiert. Die Kraft, die dafür aufgewendet werden muss, ist die Koerzitivkraft. Sie wird in **Ampere** pro Längeneinheit (A/m) angegeben und ist abhängig vom magnetisierten Material und dem Verharrungsvermögen der mehr oder weniger stark in ihrer Lage gebundenen Molekularmagnete. Man unterscheidet daher zwischen weichmagnetischen Materialien mit niedriger Koerzitivkraft und hartmagnetischen Materialien, die eine hohe Koerzitivkraft aufweisen.



Supraleiter

Downlo

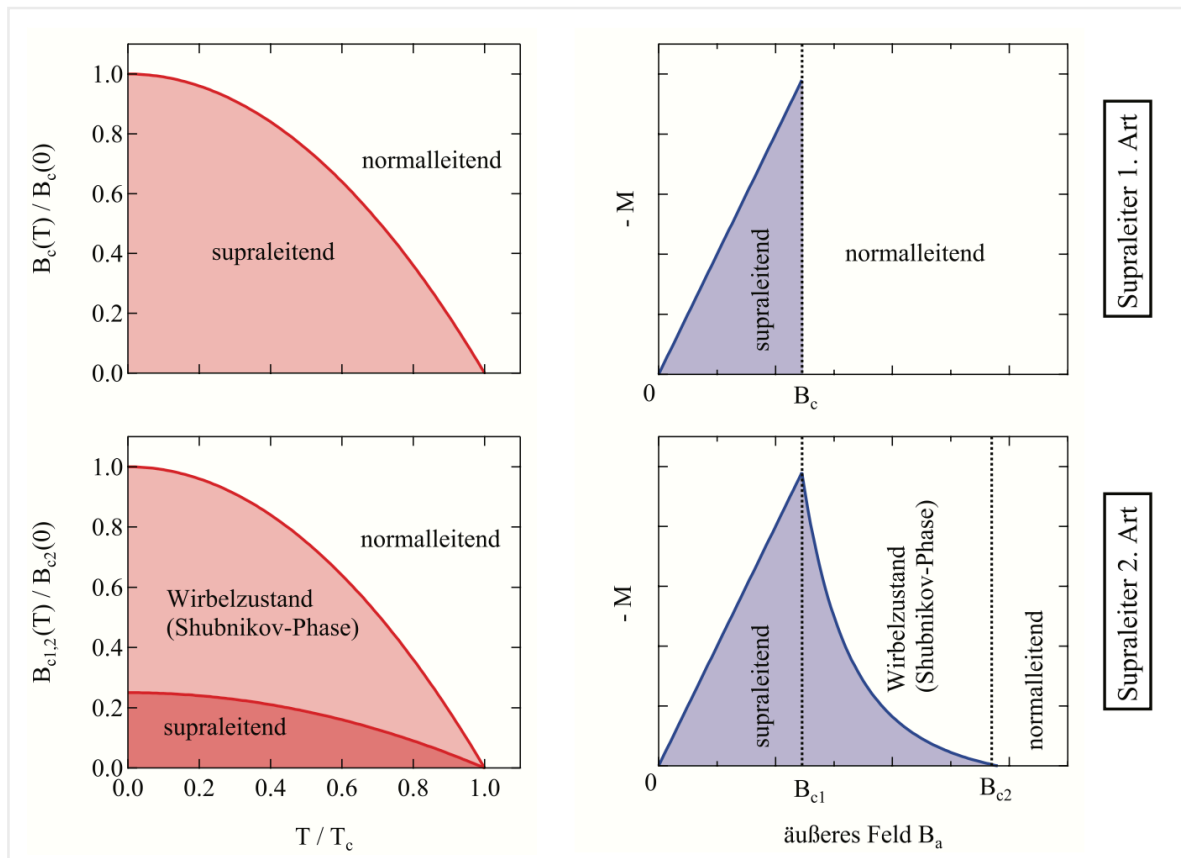
- Supraleiter sind ideale Diamagneten; $\chi_m = -1$
- Nicht abklingende Kreisströme in der Oberfläche des Leiters
- Im äußeren Magnetfeld ist ihr Inneres feldfrei
- Meißner-Ochsenfeld-Effekt



Supraleiter typ2 : Shubnikov-Phase in der das äußere Feld nach und nach in den Leiter einzutreten vermag.

7-Die Supraleitung bricht oberhalb des **kritischen Magnetfeldes** B_c zusammen.

Die Phase zwischen den kritischen Feldstärken eines Supraleiters 2. Art heißt **Shubnikov- Phase**.



8-Hier kann das Magnetfeld in Form von **Flussschf'auchen** in den Supraleiter eindringen. Jeder Flusslauch wird von einem Suprastrom-Wirbel umgeben, der ihn gegen den umgebenden Supraleiter abschirmt. Im Innern des Flusslauchs ist das Material selbst normalleitend.

9-Da ein elektrischer Strom ein Magnetfeld erzeugt, gibt es in Supraleitern auch einen **kritischen Strom**.

10-Ein Zinndraht mit 1 mm Durchmesser und einem kritischen Feld von 30 mT hat einen relativ kleinen kritischen Strom von $I_c = 150$ A. Nb hat ein kritisches Feld von 0,2 T und kann damit bei gleichem Radius etwa 1000 A tragen. Supraleiter 2. Art haben obere kritische Felder B_{c2} bis zu 40 T, und ko"nnen so typisch mehrere 10 kA tragen.

11-Bardeen-Cooper-Schrieffer-Theorie

Die Bardeen-Cooper-Schrieffer-Theorie (BCS-Theorie) ist die moderne Theorie der Su- praleitung.

Das zentrale Resultat der BCS-Theorie ist die Vorhersage einer Energielu"cke im

Supraleiter von einigen meV

12-Die Elektron-Phonon-Wechselwirkung U ist bei schlechten Leitern zudem besonders stark. Dies erklärt, dass gute Leiter wie Cu nicht supraleitend werden.

Was ist BCS-Theorie?

Die Grundlage der BCS-Theorie war die experimentelle Beobachtung, dass die Supraleitung vieler Metalle eine relativ starke Abhängigkeit der **Sprungtemperatur**

T_C von der Masse M des untersuchten Metallisotops .

Dies legte nahe, dass ein Mechanismus der Supraleitung die Wechselwirkung mit den masseabhängigen, **quantisierten Gitterschwingungen** (deren **Quanten Phononen** genannt werden) sein müsse.

Dies kann man sich folgendermaßen vorstellen: Ein erstes **Elektron** verändert das Gitter (respektive eine Gitterschwingung) durch Energieabgabe derart, dass ein zweites Elektron (z. B. durch Veränderung seiner Bahn oder Aufnahme eines Phonons) einen gleich großen Energiegewinn erzielt. Dies ist nur möglich, falls die Gitterbausteine und die Elektronen sich langsam genug (daher nur unterhalb einer kritischen **Stromdichte**) bewegen.