

# Meissner-Ochsenfeld-Effekt



Abb. 1: Ein Modellauto mit eingebautem Supraleiter bewegt sich reibungsfrei über eine Kreisbahn

## Geräteliste:

Supraleiter, ggf. Magnetbahn, flüssiger Stickstoff, Watte, aufgeschnittener Luftballon

## Versuchsbeschreibung:

Ein Modellauto mit Supraleitendem Quader wird mit flüssigem Stickstoff gekühlt, während es in einem kleinen Behälter einige *mm* über einer Magnetbahn oder auf einem starken Magneten liegt. Im gekühltem Zustand kann das Auto und der Behälter entfernt werden. Das Auto wird wieder auf die Bahn gesetzt, schwebt dort in der gleichen Höhe wie mit dem Behälter und kann sich nun auf der Bahn nur durch den Luftwiderstand gebremst hin und her bewegen.

Auf dem starken Magneten levitiert ein supraleitender Quader (Abb. 3) bis er seine Sprungtemperatur überschreitet.



Abb. 2: Aufbau zum Einfüllen des flüssigen Stickstoffs



Abb. 3: Supraleiter in aufgeschnittenem Ballon mit Watte als Speicher für flüssigen Stickstoff.

## Bemerkungen:

Der Effekt der Supraleitung ist begleitet von einer vollständigen Verdrängung des Magnetfeldes aus dem Material. Der Supraleiter wird so zu einem idealen Diamagneten, dies führt dazu dass er im Feld eines Magneten schwebt (Abb. 3).

Aus <https://de.wikipedia.org/wiki/Meißner-Ochsenfeld-Effekt>, abgerufen 31.01.2024:

Eine wesentlich vereinfachte Erklärung lautet:

Die Grenzfläche sei durch die Ebene  $x = 0$  approximiert. Links von der Grenzfläche, d.h. für  $x < 0$ , befindet sich normalleitendes Material und ein homogenes, vertikales Magnetfeld  $B_z$ . Rechts von der Grenzfläche, d.h. für  $x > 0$ , sei das Material supraleitend. Dann fließen entlang der Grenzfläche, in einer sehr dünnen **Oberflächenschicht** der Breite  $\lambda$ .

(„Eindringtiefe“), deren genaue Ausdehnung ebenfalls berechnet werden kann, von vorn nach hinten gerichtete Supraströme  $j_y$ . Diese erzeugen nach der „Rechte-Hand-Regel“ ein vertikal nach unten gerichtetes Magnetfeld, welches das vertikal nach oben gerichtete externe Magnetfeld  $B_z$  zwecks Minimierung der Feldenergie genau kompensiert.

Im Supraleiter ist also - abgesehen von der erwähnten Oberflächenschicht der Breite  $\lambda$  - überall  $B = 0$ .

### ***Unterschied zum idealen Leiter***

Senkt man ein Plättchen eines idealen Leiters (eines Materials ohne elektrischen Widerstand) auf einen Dauermagneten ab, so werden im Plättchen gemäß der Lenzschen Regel Ströme induziert, die dem Magnetfeld entgegenwirken und dadurch das Plättchen über dem Magneten schweben lassen. Da es keinen Widerstand gibt, werden die Ströme nicht abgeschwächt und das Plättchen schwebt dauerhaft. Bei einem Supraleiter verschwindet unterhalb der kritischen Temperatur sein elektrischer Widerstand und er wird zum idealen Leiter. Deshalb schwebt ein Supraleiter-Plättchen über einem Magneten, wenn es vorher unter seine kritische Temperatur abgekühlt worden ist.

Doch die Eigenschaften eines Supraleiters gehen über die eines idealen Leiters hinaus. Das kann gezeigt werden, indem man die Reihenfolge des Experiments umkehrt: Legt man das (warme) Supraleiter-Plättchen auf den Magneten und kühlt es erst anschließend ab, so beginnt es unterhalb der kritischen Temperatur zu schweben. Bei einem klassischen idealen Leiter würde nichts passieren, das heißt dieser sogenannte Meißner-Ochsenfeld-Effekt ist eine spezielle Eigenschaft von Supraleitern. Erklärt werden kann der Effekt dadurch, dass sich beim Phasenübergang in den supraleitenden Zustand Abschirmströme ausbilden, die das Magnetfeld aus dem Inneren des Supraleiters verdrängen.