

---

# Supraleitung

## Fortgeschrittenenpraktikum I/II

---

8. März 2018

### Abstract

In diesem Versuch werden die Eigenschaften eines Hochtemperatur-Supraleiters untersucht. In einem ersten Teil wird demonstriert, wie in einem Schweben-Experiment das Magnetfeld aus dem Innern des Supraleiters verdrängt wird beim Übergang zur Supraleitung. Im zweiten Teil werden die elektrischen Eigenschaften des Supraleiters als Funktion der Temperatur untersucht in einer Widerstandsmessung.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Motivation</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Ziel</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Material</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Versuchsablauf</b>	<b>3</b>
4.1	Durchführen des Schweben-Experiments . . . . .	3
4.2	Messung des elektrischen Widerstands als Funktion der Temperatur .	3
<b>5</b>	<b>Umgang mit flüssigem Stickstoff</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>Auswertung</b>	<b>5</b>
<b>7</b>	<b>Schreiber-Einstellungen und Tipps</b>	<b>5</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>5</b>



Abbildung 1: Schwebender Hochtemperatur-Supraleiter

## 1 Motivation

Der verlustfreie Transport von Strom in einem Leiter fasziniert die Wissenschaftler schon seit Beginn des Jahrhunderts. 1911 fand Kamerlingh Onnes bei der Untersuchung der Fragestellung, wie sich der elektrische Widerstand von elektrischen Leitern bei tiefen Temperaturen verhält, das Phänomen der Supraleitung an Quecksilber bei 4.2 Kelvin. Im Laufe der Zeit wurden weitere Verbindungen gefunden, die Supraleitung zeigten unterhalb von 23 K. 1986 stellten Bednorz und Müller vom IBM Forschungslaboratorium in Rüschlikon eine neue Keramik (La-Ba-Cu-O) vor, welche Supraleitung schon bei 35 K supraleitend war. Für diese Forschungsergebnisse erhielten sie 1987 den Nobelpreis für Physik. Bald wurden andere Keramiken gefunden, welche schon oberhalb der Siedetemperatur von flüssigem Stickstoff supraleitend sind. In diesem VP Versuch wird eine solche Keramik aus Y-Ba-Cu-O hergestellt und charakterisiert.

## 2 Ziel

Die Experimentatoren sollen nach diesem Experiment die zwei wichtigsten Nachweisverfahren für die Anwesenheit von Supraleitung verstanden und selbst durchgeführt haben.

## 3 Material

- Supraleiter-Pellets ( $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ )
- vier Nd-Fe-B Magnete und ein Styroporgefäß für flüssigen Stickstoff
- Dewargefäß für flüssigen Stickstoff
- Widerstands-Messapparatur
- x-y-Schreiber mit A3 Papier
- höhenverstellbarer Tisch

## 4 Versuchsablauf

### 4.1 Durchführen des Schweb-Experiments

Es gibt grundsätzlich zwei Möglichkeiten, einen Supraleiter zum Schweben zu bringen:

1. Man kühlt den Supraleiter unter  $T_c$  ab und bringt ihn dann in ein magnetisches Feld. Es werden Dauerströme induziert, die das Magnetfeld aus dem Innern des Supraleiters verdrängen und ihn so zum Schweben bringen. Dieser Effekt ist mit der Eigenschaft eines verschwindenden elektrischen Widerstandes identisch.

2. Man bringt den Supraleiter in ein magnetisches Feld und kühlt ihn unter  $T_c$  ab. Der Supraleiter erhebt sich von der Unterlage und beginnt zu schweben. Diesen Effekt nennt man den Meissner-Ochsenfeld-Effekt. Er hat nichts mit dem Verschwinden des elektrischen Widerstandes zu tun, sondern ist die zweite, von  $R=0$  unabhängige Eigenschaft, die einen Supraleiter kennzeichnet.

### 4.2 Messung des elektrischen Widerstands als Funktion der Temperatur

Nachdem an der supraleitenden Pille der Meissner-Ochsenfeld-Effekt überprüft worden ist, wird sie auf dem Probenhalter befestigt und mit vier Kupferdrähten kontaktiert (durch Anbringen von Leitsilber; gute Kontaktierung ergibt einen Widerstand von 5-50 Milliohm). Durch langsames Absenken von Probenhalter und Probe in den Stickstoffdewar wird die Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes mit dem x-y-Schreiber aufgezeichnet. Es soll beim Abkühlen und beim Aufwärmen eine Kurve aufgenommen werden.

**Frage:** Wodurch sind die Unterschiede zwischen Abkühl- und Aufwärmkurve bedingt? Die Temperatur wird mit einem Pt-100 Thermoelement erfasst. Zur Interpolation der Datenwerte bitte die Eich-tabelle verwenden.

## Eichtabelle

T [K]	Pt100 [ $\Omega$ ]	T [K]	Pt100
77.35	20.2549	205	72.977
80	21.3779	210	74.9762
85	23.5023	215	76.9717
90	25.6293	220	78.9636
95	27.7549	225	80.952
100	29.8759	230	82.9369
105	31.9912	235	84.9185
110	34.0999	240	86.8968
115	36.2013	245	88.8718
120	38.2953	250	90.8437
125	40.3818	255	92.8125
130	42.4611	260	94.7783
135	44.5334	265	96.7411
140	46.599	270	98.7009
145	48.6583	275	100.658
150	50.7117	280	102.611
155	52.7594	285	104.562
160	54.8017	290	106.51
165	56.8389	295	108.455
170	58.8713	300	110.397
175	60.8991	305	112.335
180	62.9224	310	114.271
185	64.9415	315	116.204
190	66.9563	320	118.134
195	68.9671	325	120.062
200	70.974		

## 5 Umgang mit flüssigem Stickstoff

Flüssiger Stickstoff ist sehr kalt:  $-196^{\circ}\text{C}$  oder 77 K. Der Kontakt mit flüssigem Stickstoff muss absolut vermieden werden, da dies bei unvorsichtigem Gebrauch innert kürzester Zeit zu Erfrierungen an lebendem Gewebe führt. Flüssiger Stickstoff nimmt sehr viel weniger Raum ein als gasförmiger Stickstoff. Daher darf man nie ein Gefäß, welches flüssigen Stickstoff enthält, dicht verschliessen. Sonst wird es zur Bombe!

## 6 Auswertung

Die Auswertung von  $T_c(R=0)$ ,  $T_c(\text{onset})$  und der Übergangsbreite  $\Delta T_c$  nach folgendem Schema:

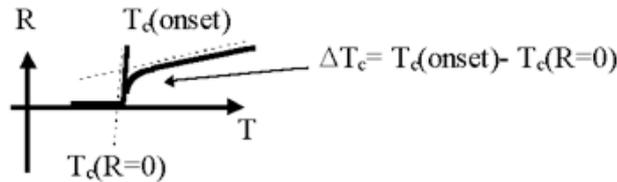


Abbildung 2: Widerstandskurve

## 7 Schreiber-Einstellungen und Tipps

- Chart: SPAN 1-2mV/cm, cal, ZERO: 0%, Length: -17.5 cm (Übersichtsmessung).
- Channel 1: SPAN: 0.05 - 0.08 V/cm, ZERO: 0%
- Bei Kontaktierung der Probe (Pellet) mit Leitsilber darauf achten, dass die Platindrähtchen schon von alleine mechanisch stabil auf dem Pellet aufliegen.
- Am besten wird die  $T_c$  Kurve, wenn die kontaktierte Probe zuerst völlig in den flüssigen Stickstoff eingetaucht wird. Danach einfach den flüssigen Stickstoff verdampfen lassen (Probe und Temperaturfühler sind dann möglichst gut im thermischen Gleichgewicht).
- Für genauere Bestimmung von  $T_c$  kleinere Bereiche in  $T$  wählen und ZERO ggf. verschieben (fakultativ).

**Assistent:** Dr. Hans Peter Lang, Raum 3.23, [Hans-Peter.Lang@unibas.ch](mailto:Hans-Peter.Lang@unibas.ch)

## Literatur

- [1] W. Buckel: Supraleitung. Physik Verlag. (PDF File, 3185 kB). Speziell Kapitel 1, einige Grundtatsachen, Kapitel 2, Der supraleitende Zustand, Abschnitt 2.1., Kapitel 5, Supraleiter im Magnetfeld, Einleitung + Abschnitt 5.1., Kapitel 6, Supraleiter 2.Art, Abschnitt 6.2., Kapitel 8, Die neuen Supraleiter, Abschnitte 8.7.4.
- [2] W.K. Wu et al., Superconductivity at 93 K in a New Mixed-Phase Y-Ba-Cu-O compound System at Ambient Pressure Phys. Rev. Lett. 58 (1987) 908.
- [3] R.J. Cava et al., Bulk superconductivity at 91 K in single-phase oxygen deficient Ba-Y-Cu-O, Phys. Rev. Lett 58 (1987) 1676.