

Fortgeschrittenenpraktikum MV1.1: SL
Supraleitung – kritische Temperatur und kritisches Magnetfeld

Literatur:

Siehe *Supraleitung_Stichworte-Literatur.pdf*

Versuchsaufbau:

Ziel des Versuches ist die Bestimmung der kritischen Temperatur T_{krit} und des kritischen Magnetfeldes H_{krit} einer Zinnprobe in einem Helium-Badkryostaten mit Magnetfeldspule.

Die Probe besteht aus einem Zinndraht der auf einem im Verhältnis zum Durchmesser langen Hohlzylinder aufgewickelt ist. Der Probenstrom soll bei etwa 100 mA liegen und während den Messungen konstant bleiben.

Zur Temperaturmessung wird ein Kohlewiderstand eingesetzt. Dieser befindet sich in unmittelbarer Nähe der Zinnprobe und muss zunächst mithilfe des Helium-Dampfdruckes kalibriert werden. Dazu wird der Spannungsabfall am Kohlewiderstand als Funktion des Druckes gemessen. Der Fehler der Druckmessung kann mit 3% angesetzt werden.

Mittels stromdurchflossener Kupferspule kann am Probenort ein Magnetfeld erzeugt werden. Die Feldstärke kann aus dem Spulenstrom und der Spulengeometrie berechnet werden. Hinweis: Der Spulenstrom sollte 600 mA nicht überschreiten. Der Probenraum mit Zinnprobe befindet sich im Zentrum dieser Spule. Es kann angenommen werden, dass der Zinndraht zum größten Teil parallel zum Magnetfeld verläuft.

Mittels Digitalmultimeter werden die Spannungen am Kohlewiderstand, an der Zinnprobe und am Shunt der Magnetspule gemessen und mittels PC-Software aufgezeichnet. Weiterhin wird eine zum Druck proportionale Spannung gemessen.

Vorbereitung:

Geben Sie in Ihrer Ausarbeitung die für die verwendete Kupferspule gültige Spulenfunktion $H(I)$ nach Gleichung VIII.3.1 in Betz explizit an. Hinweis: Die Abmessungen der Spule liegen am Versuchsaufbau vor. Überprüfen Sie die Gültigkeit der Gleichung numerisch (Mathematica nb)! Betrachten Sie die Spule dazu als eine Aneinanderreihung räumlich versetzter Kreisströme. Geben Sie den Feldverlauf entlang der Spulenachse an. Vergleichen Sie beide Verfahren und führen Sie eine Fehlerrechnung durch. Welches Verfahren ist zu bevorzugen? Diskutieren Sie die spezielle Form und Anordnung der Probe im Magnetfeld.

Aufgaben:

Bestimmen Sie kritische Temperatur T_{krit} und kritisches Magnetfeld H_{krit} einer Zinnprobe. Vor Beginn der Messungen muss man sich über die Bedeutung der Ventile am Kryostaten im Klaren sein!

1. *Kalibrieren des Kohlewiderstandes im zugänglichen T-Bereich.*

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Nadelventil schließen, Kugelhahn zur Rückleitung schließen
2. Abpumpen (1-2 mbar/s bei hohen Drücken)
3. Bei niedrigen Drücken Bypass-Ventil an der Pumpe öffnen und das Dosierventil schließen

Erläutern Sie wie Sie die Kalibrierung durchführen und begründen Sie Ihr Vorgehen. Verwenden Sie beispielsweise die ^4He - Dampfdrucktabelle oder die ITS-90 und nehmen Sie eine exponentielle Änderung des Kohlewiderstandswertes an. Der Kohlewiderstand kann nicht beim Aufwärmen des He kalibriert werden! Warum? Geben Sie die Kalibrierungsfunktion $T(U_{\text{Kohle}})$ explizit in Ihrem Protokoll an und bewerten Sie das Verfahren!

2. *Bestimmung des kritischen Magnetfeldes.*

Starten Sie mit den Messungen bei der Basistemperatur und variieren Sie das Magnetfeld. Der Übergang vom normal- zum supraleitenden Zustand wird mittels des Spannungsabfalls an der Zinnprobe identifiziert. Nehmen Sie mehrere Messwerte für das kritische Magnetfeld auf. Schließen Sie dann das Bypass-Ventil und lassen Sie die Probe langsam aufwärmen. Bei etwa 40 Torr sollten Sie das Dosierventil öffnen und das System bei etwa 60 Torr stabilisieren. Öffnen Sie dazu das Nadelventil um 1 Umdrehung. Im weiteren Verlauf messen Sie für eine etwa konstante Temperatur (gedrosseltes Abpumpen). Führen Sie möglichst viele Messungen bis zu sehr kleinen H_{krit} -Werten durch. Stellen Sie dabei die Sweeprate sowie den Feldbereich sinnvoll ein! Bestimmen Sie $H_{\text{krit}}(0)$ sowie T_{krit} aus der graphischen Darstellung $H_{\text{krit}}(T)$.

3. *Direkte Bestimmung der kritischen Temperatur.*

Bestimmen Sie die kritische Temperatur indem Sie die Proben temperatur mehrfach um die kritische Temperatur erniedrigen bzw. erhöhen. Stellen Sie $U_{\text{Zinn}}(T)$ graphisch dar! Vergleichen Sie mit dem Literaturwert.

4. *Vergleich.*

Vergleichen Sie die mit den unterschiedlichen Verfahren ermittelten kritischen Temperaturen und bewerten Sie die Ergebnisse.