



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL

FORTGESCHRITTENEN PRAKTIKUM

RF-SQUID

Radio Frequency Superconducting Quantum Interference Device

Verfasser:

Henrik JÜRGENS

Frederik STROTHMANN

Tutor:

Stephan MINGELS

Abstract:

Kurze Umschreibung

Bereich	max. %	+ / 0 / -	erreicht %
Einleitung & Theorie	15		
Durchführung	70		
Auswertung			
phys. Diskussion			
Zusammenfassung			
Formales	15		
Note			

22. Februar 2016

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Theorie	2
2.1	Supraleitung	2
2.1.1	Meißner-Ochsenfeld-Effekt	2
2.1.2	BCS-Theorie	2
2.2	Versuchsaufbau	3
2.3	Versuchsdurchführung	3
2.4	Verwendete Formeln	3
3	Versuchsdurchführung und Auswertung	3
3.1	Inbetriebnahme	3
3.2	Empfindlichkeit des SQUID	4
3.3	Kalibrierung	4
3.4	Aufzug	4
3.5	Diskussion	4
4	Fazit	4

1 Einleitung

In diesem Versuch werden Magnetfelder mit Hilfe eines rf-SQUIDS untersucht. Dabei sollen die Funktionsweise des rf-SQUID, sowie die Grundlagen der Supraleitung und der elektromagnetischen Abschirmung erarbeitet werden.

2 Theorie

In diesem Abschnitt werden die theoretischen Grundlagen des Versuchs dargestellt.

2.1 Supraleitung

Der Effekt der Supraleitung tritt bei vielen Metallen und Legierungen auf, welche bei sehr niedrigen Temperaturen (T_c) ihren elektrischen Widerstand verlieren. 1911 wurde er von *Heike Kammerlingh Onnes* in Leiden entdeckt. Im Versuch wird $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ verwendet. Bei diesem Material handelt es sich um einen Hochtemperatursupraleiter, welcher unterhalb von 77 K supraleitend wird.

2.1.1 Meißner-Ochsenfeld-Effekt

Der Meißner-Ochsenfeld-Effekt wurde 1933 entdeckt und beschreibt das magnetische Verhalten eines Supraleiters in einem äußeren magnetischen Feld. Das äußere Magnetfeld wird aus dem Supraleiter 'herausgedrängt' (siehe Abb. ??).

Innerhalb des Supraleiters gilt $B = 0$ und $\dot{B} = 0$. Dadurch verhält sich der Supraleiter wie ein perfekter Diamagnet. Es hat sich herausgestellt, dass man Supraleiter in zwei verschiedene Arten unterteilen kann (siehe Abb. ??). Supraleiter erster Art verhalten sich wie oben beschrieben und die Magnetisierung fällt direkt auf 0 ab. Bei Supraleitern zweiter Art fällt die Magnetisierung nicht direkt ab sondern hat einen exponentiellen Abfall.

2.1.2 BCS-Theorie

Eine quantenmechanische Theorie der Supraleitung wurde 1957 von Bardeen, Cooper und Schrieffer aufgestellt, diese wird die BCS-Theorie genannt.

2.2 Versuchsaufbau

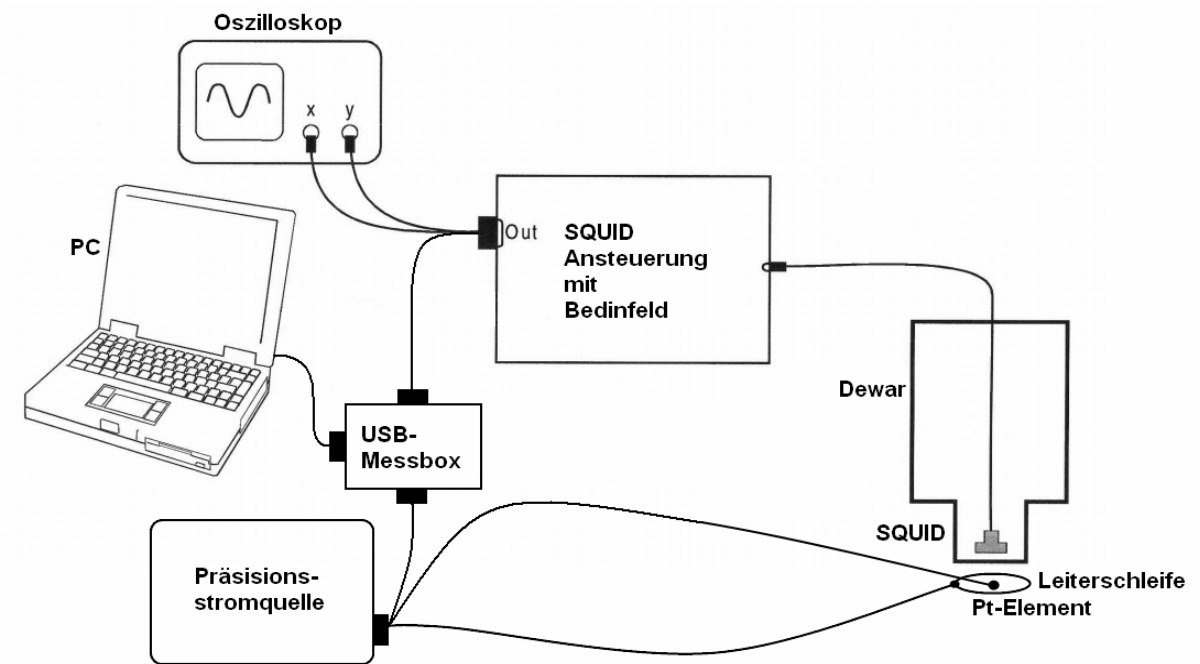


Abbildung 1: Aufbau des Experiments [?]

2.3 Versuchsdurchführung

2.4 Verwendete Formeln

3 Versuchsdurchführung und Auswertung

Der Versuch besteht aus fünf Teile, welche im folgendem beschrieben und ausgewertet werden.

3.1 Inbetriebnahme

Vor dem einstellen des SQUID muss das Dewar-Gefäß in ein Bad von flüssigem Stickstoff getaucht werden, damit der Sensor nicht durch Feuchtigkeit zerstört wird und die Supraleitung nicht unterbrochen wird. Das Bad von flüssigem Stickstoff muss eventuell während dem Versuch nachgefüllt werden. Der Abkühlprozess dauert ca. 20 min, danach können Messungen gestartet werden. Zu erst soll die Amplitude I_{rf} (VCA, voltage controlled attenuator) und die Auslesefrequenz (VCO voltage controlled oscillator) des rf-Signals so ein maximales Signal-zu-Rausch-Verhältnis von $U(\Phi)$ erreicht wird. Für die Einstellungen wird der Testmodus, mit eingeschaltetem Generator verwendet. Zu erst wird für VCA ein Werte von 900 eingestellt. Dann wird der VCO Wert zwischen 0 und 4095 so variiert, das möglichst deutlich ein Dreiecksignal zu sehen ist. Der VCA Wert wird nun nochmal variiert um das Signal weiter zu optimieren.

Für die Einstellung des Arbeitspunkts wird das Offsets kalibriert. Das SQUID wird im Messmodus betrieben um die zeitliche Magnetfeldänderung auf dem Oszilloskop zu beobachten.

Es wird ein Kompensations-Widerstand von $20\text{k}\Omega$ gewählt. Falls das Offset richtig eingestellt ist sollten keine Peaks auf dem Oszilloskop zu sehen sein. Falls Peaks nach oben zu sehen sind, ist das Offset zu hoch eingestellt. Bei Peaks, die nach unten zeigen, ist das Offset zu niedrig eingestellt.

3.2 Empfindlichkeit des SQUID

Zur Untersuchung der Empfindlichkeit wird das SQUID im Messmodus betrieben. Um einen ersten Eindruck der Empfindlichkeit zu bekommen wurde

Für eine quantitative Bestimmung der Empfindlichkeit des SQUIDs wurde mit einer Spule Magnetfelder bekannter Stärke erzeugt. Um bei der Messung eine möglichst hohe Empfindlichkeit zu haben wird ein Widerstand von $20\text{k}\Omega$ verwendet.

3.3 Kalibrierung

Für die weiteren Messungen muss der Sensor zuerst kalibriert werden, um aus dem Signal die Stärke des Magnetfeldes bestimmen zu können. Es soll auch die Empfindlichkeit des SQUID in Abhängigkeit des Rückkopplungswiderstandes gemessen werden. Zuerst wird für einen festen Widerstand das Magnetfeld in Abhängigkeit der Ströme in der Leiterschleife untersucht. Es werden Ströme zwischen 0 mA und 90 mA verwendet.

Aus den Höhen der Plateaus und den jeweiligen Strömen kann eine lineare Regression durchgeführt werden, um den Zusammenhang zwischen dem Strom in der Leiterschleife und der Spannung her zu stellen.

Die Messung wird für die anderen Widerstände wiederholt (siehe Abb. ??)

3.4 Aufzug

In diesem Versuchsteil soll das Magnetfeld der Aufzüge untersucht werden. Dabei wird der Aufzug als Dipol angenommen, da das Gegengewicht eine natürliche Magnetisierung besitzt. Durch die Messung soll die z-Komponente des Dipols bestimmt werden.

3.5 Diskussion

4 Fazit