

Josephson-Effekte in Supraleitern

(Versuch #16, vom 14.11.03)

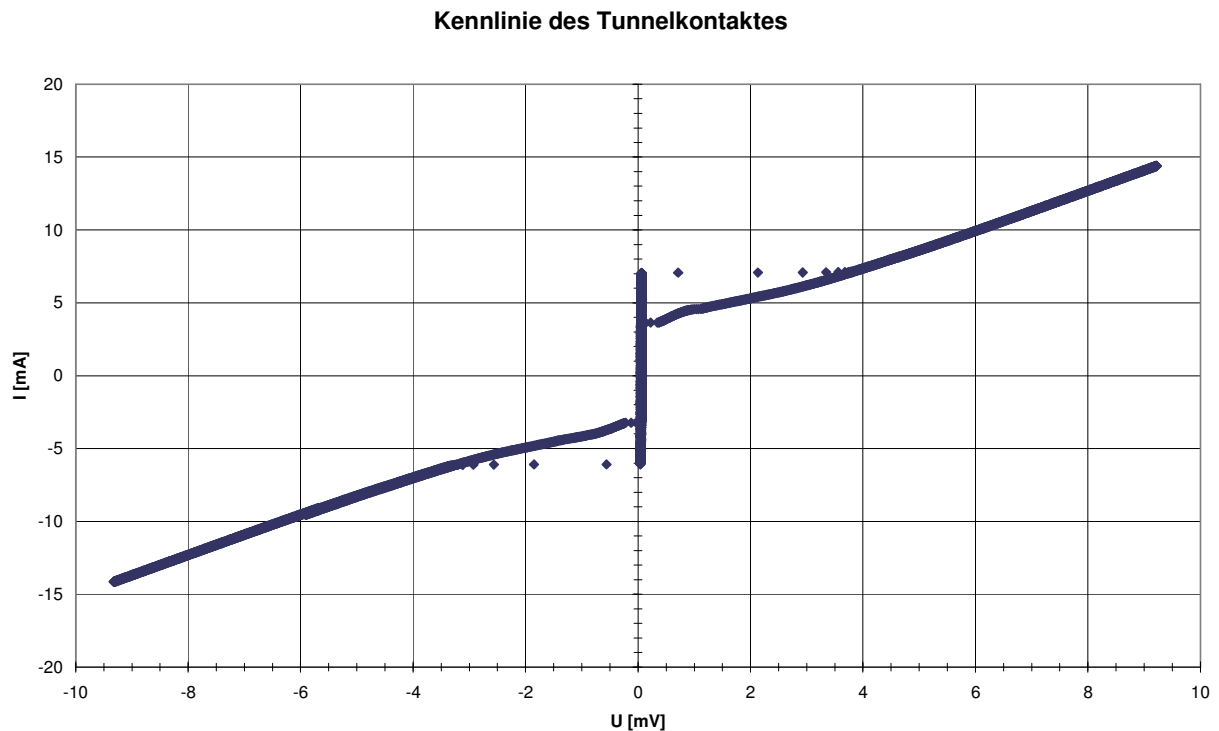
Gruppe 87, WS 03/04
Fabian Hildebrandt
Sebastian Rammensee
Claudius Knaak

Auswertung des Versuchs

1. Diskutieren Sie die verschiedenen gemessenen Kennlinien und bestimmen Sie aus der Steigung der Kennlinie bei hohen Spannungen den normalleitenden Widerstand R_n .

Anders als in der Versuchsanleitung angegeben verwendeten wir eine Niob-Titan-Spitze, weshalb sich die Größenordnungen in unseren Diagrammen von denen in Abbildung 1.7 unterscheiden. Die Charakteristik der Kennlinien wurde davon jedoch nicht beeinflusst.

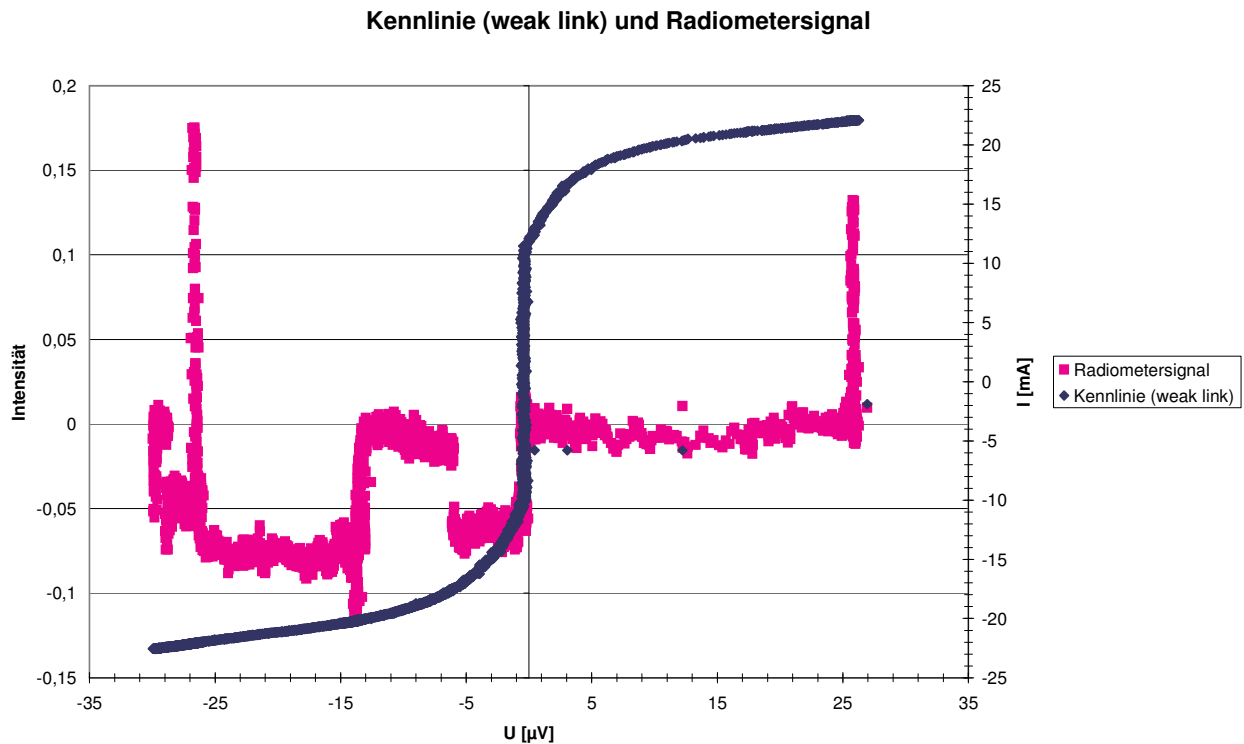
- a) U-I-Kennlinie des Tunnelkontaktes



Man sieht deutlich die Hysterese des Tunnelkontaktes. Die Josephson-Strahlung läßt sich bei diesen Spannungen nicht erkennen, da sie unterhalb der gemessenen Spannungen liegt. (Wir verwendeten eine Tuningspannung von 4,97V, weshalb die entsprechende Josephson-Strahlung bei einer Spannung von $26,07\mu\text{V}$ zu erwarten wäre.)

Aus der Steigung bei großem U erhalten wir für den normalleitenden Widerstand: $R_n = 1,39\Omega$

b) U-I-Kennlinie des Weak Links und Radiometersignal



Bei dieser Kennlinie ist keine Hysterese ersichtlich, es handelt sich hierbei also um einen weak link. Den supraleitenden Zustand erkennt man daran, dass bis zu einer kritischen Stromstärke von $I_c \approx 1 \text{ mA}$ keine Spannung abfällt. Geht man zu höheren Strömen über, so wird der Kontakt normalleitend.

Da wir es hier mit einem weak link zu tun haben gilt:

$$\langle U(t) \rangle = \pm R_n \sqrt{I_{tot}^2 - I_c^2}$$

Somit erhalten wir: $R_n = 1,36 \text{ m}\Omega$

Unsere Tuningspannung betrug $4,997 \text{ V}$. Setzt man dies in Gleichung 3.1 ein (mit $f_{LO} = 11,47 \text{ GHz}$ bei LNB-Power: 18 V), ergibt sich die Detektionsfrequenz: $f_D = 12,61 \text{ GHz}$. Nach Gleichung 1.12 sollte das Emissionsmaximum bei $U = 26 \mu\text{V}$ liegen, was mit $U_+ = 25,9 \mu\text{V}$ und $U_- = -26,7 \mu\text{V}$ gut bestätigt wird.

2. Schätzen Sie für die hysteretischen Kennlinien mittels Gleichung 1.16 den McCumber-Parameter β_c ab. Aus der Umkehrung der Definition von β_c können sie dann die Eigenkapazität des Josephsonkontaktes berechnen.

Aus der Kennlinie für den Tunnelkontakt erhalten wir: $I_c = 7,05 \text{ mA}$ und $I_R = 3,13 \text{ mA}$. Nach Gleichung 1.16 gilt:

$$\beta_c = \left(\frac{I_c}{I_R} \cdot \frac{4}{\pi} \right)^2$$

$$\Rightarrow \beta_c = 8,2$$

Damit und aus Gleichung 1.15 läßt sich die Eigenkapazität des Josephsonkontaktes wie folgt berechnen:

$$C = \frac{\Phi_0 \cdot \beta_c}{2\pi R_n^2 I_c} = \frac{h}{2e} \cdot \frac{1}{2\pi R_n^2 I_c} \cdot \beta_c \approx 0,20 \text{pF}$$

(mit $R_n = 1,39\Omega$)

3. Bestimmen Sie für die „weak link“-Kennlinien den kritischen Strom I_c und den differentiellen Widerstand dU/dI im Emissionsmaximum. Welche Auswirkung hat der differentielle Widerstand auf die Linienbreite der Emission?

Aus der weak link-Kennlinie erhalten wir (siehe auch Aufg. 1): $I_c \approx 1 \text{mA}$

Im Emissionsmaximum bei $U = 25,9 \mu\text{V}$ beträgt der differentielle Wirkungsquerschnitt ca. $7,5 \text{m}\Omega$. Je größer der differentielle Widerstand ist, desto größer ist auch die Linienbreite der Emission.

4. Bestimmen Sie aus der Josephson-Frequenz-Spannungsrelation (1.12) und der Lage des Emissionsmaximums den Wert des Flußquants . Wie groß ist die Abweichung vom Literaturwert?

Man erhält aus Gleichung 1.12:

$$\frac{U}{f} = \frac{h}{2e} = \Phi_0$$

Setzt man die in Aufgabe 1 ermittelten Werte ein, so ergibt sich:

$$\frac{25,9 \mu\text{V}}{12,61 \cdot 10^3 \text{MHz}} = 2,054 \cdot 10^{-3} \frac{\mu\text{V}}{\text{MHz}} = \Phi_0$$

Vergleicht man dies mit dem korrekten Wert von $2,07 \cdot 10^{-3} \frac{\mu\text{V}}{\text{MHz}}$, so stellt man eine Abweichung von nur 0,8% fest.