

Versuch 606

TU Dortmund, Fakultät Physik
Anfänger-Praktikum

Marc Posorske	Fabian Lehmann
marc.posorske@tu-dortmund.de	fabian.lehmann@tu-dortmund.de

08. November 2012

Inhaltsverzeichnis

1	Theorie	3
2	Durchführung	3
3	Auswertung	5
3.1	Güte des Selektiverstärkers	5
3.2	Probe 1	5
3.3	Probe 2	6
3.4	Probe 3	6
4	Diskussion	8

1 Theorie

Eine wichtige Größe des Magnetismus ist die Suszeptibilität χ , welche die Magnetisierbarkeit eines Stoffes in einem Magnetfeld angibt.

Im Gegensatz zu diamagnetischen Substanzen, deren induzierte magnetische Momente dem Magnetfeld entgegengerichtet sind, ist bei paramagnetischen Substanzen die Suszeptibilität positiv. Diese Eigenschaft hat den Ursprung in einem nicht verschwindenden Drehimpuls, welcher sich aus den Drehimpulsen der Elektronen, der Elektronenhülle und des Kerns zusammensetzt. Dieser sorgt dafür, dass sich die magnetischen Momente relativ zum angelegten magnetischen Feld ausrichten. Da diese Orientierung durch Bewegung der atomaren Objekte gestört wird, besteht eine Temperaturabhängigkeit der Suszeptibilität. Im Allgemeinen ist diese nicht trivial von der Temperatur und der magnetischen Feldstärke abhängig. Eine konkrete Gleichung für die Berechnung der Suszeptibilität lässt sich aus der Gleichung für die Magnetisierung unter Zuhilfenahme der Quantenphysik mit Benutzung des Landé-Faktors, des Zeeman-Effektes und der Brillouifunktion herleiten. Bei Hochtemperatur lässt sich χ passend zum Curieschen Gesetz wie folgt nähern.

$$\chi = \frac{\mu_0 \mu_B^2 g_J^2 N J(J+1)}{3kT} \quad (1)$$

$$\chi = \frac{1}{T} \quad (2)$$

Starken Paramagnetismus weisen Ionen Seltener Erden auf, diese besitzen innere 4f Elektronen, also eine Elektronenhülle mit großen Drehimpulsen. Der Gesamtdrehimpuls \vec{J} ist dabei durch die Hundschen Regeln mit dem Pauli-Prinzip [1] festgelegt:

1. Gesamtspin $\vec{S} = \sum \vec{s}_i$
2. maximaler Drehimpuls $\vec{L} = \sum \vec{l}_i$
3. Gesamtdrehimpuls
 - Schale weniger als halbvoll $\vec{J} = \vec{L} - \vec{S}$
 - Schale mehr als halbvoll $\vec{J} = \vec{L} + \vec{S}$

2 Durchführung

Suszeptibilität lässt sich nicht direkt messen, beeinflusst allerdings die Induktivität einer Spule nach Gl.3.

$$L_m = \mu_0 \frac{n^2 F}{l} + \chi \mu_0 \frac{n^2 Q}{l} \quad (3)$$

F : Spulenquerschnitt, Q : Probenquerschnitt

Ein Selektivverstärker filtert Frequenzen, so das Störspannungen zu einem großen Teil ausgeblendet werden können. Eine wichtige Eigenschaft dieses Bauteils ist dabei die Güte Q , welche beschreibt, wann das Verhältnis von U_A zu U_E auf $1/\sqrt{2}$ abgesunken ist.

$$Q = \frac{\nu_0}{\nu_+ - \nu_-} \quad (4)$$

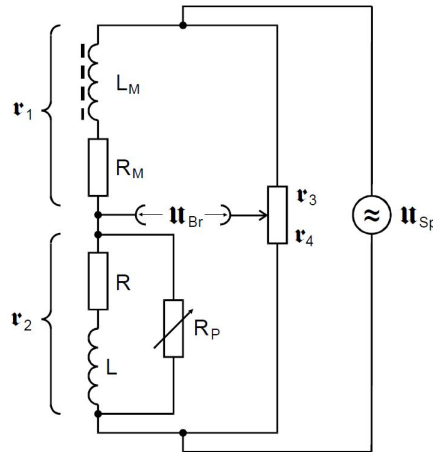


Abbildung 1: Brückenschaltung mit Spulen^[1]

Um Widerstände zu messen wird häufig eine Brückenschaltung (Abb.1) verwendet. Diese beruht auf dem Prinzip Widerstandsverhältnisse zueinander zu messen. Die vier Widerstände, welche in zwei Reihenschaltungen parallel geschaltet sind werden auf Null abgeglichen bevor der unbekannte Widerstand hinzu kommt. Wird als unbekannter Widerstand die bekannte Spule mit Materie gefüllt, so lassen sich folgende Gleichungen herleiten.

$$\chi(U_{Br}) = \frac{U_{Br}}{U_{Sp}} \frac{4l}{\omega \mu_0 n^2 Q} \sqrt{R^2 + \omega^2 \left(\mu_0 \frac{n^2}{l} F \right)^2} \quad (5)$$

$$f r \omega^2 L^2 \gg R^2 :$$

$$\chi(U_{Br}) = 4 \frac{F U_{Br}}{Q U_{Sp}} \quad (6)$$

$$\chi(\Delta R) = 2 \frac{\Delta R F}{R_3 Q} \quad (7)$$

Die Messapparatur wurde wie in Abbildung 2 aufgebaut. Zu Beginn wurde der Selektivverstärker ausgekoppelt betrachtet um Werte für die Gütekurve aufzuzeichnen. Dabei wurde unter Frequenzvariation bei fester Eingangsspannung die Ausgangsspannung abgelesen. Um die Verstärkung zu verifizieren wurde dann bei Durchlassfrequenz die selektivverstärkereigene zehnfach Verstärkung getestet, sowie die externe zehnfach Verstärkung überprüft.

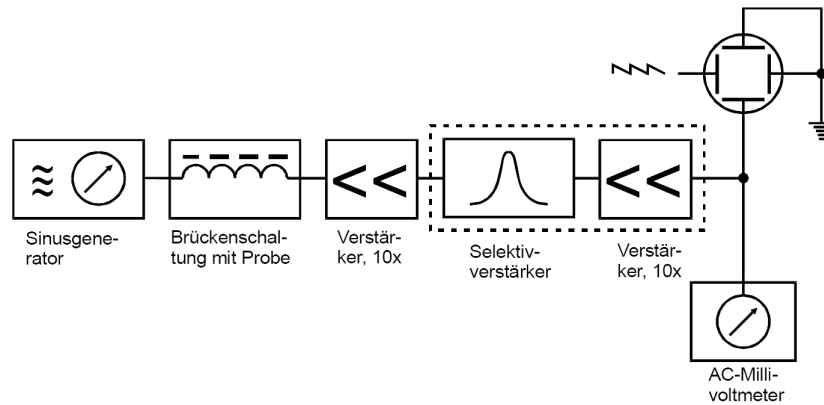


Abbildung 2: Aufbau der Messanordnung^[1]

Darauf folgend wurden die Elemente wieder eingekoppelt (Abb.2) und es wurde mit einem anderen Sinusgenerator die Proben von Nd_2O_3 , Gd_2O_3 und Dy_2O_3 untersucht. Dabei wurde die Brückenschaltung jeweils zuerst auf Null abgeglichen, dann die Probe eingeführt und abermals auf Null abgeglichen.

3 Auswertung

3.1 Güte des Selektivverstärkers

Aus dem Graph 3 lassen sich die Werte $\nu_- = 34,8$ und $\nu_+ = 35,3$ ablesen. Aus der Formel ergibt sich eine Güte von $q=70$.

3.2 Probe 1

Bei der ersten Probe handelt es sich um Nd_2O_3 mit folgenden Werten:

$$J = \frac{9}{2} \quad g_J = \frac{8}{11} \quad \rho = 7,24 \frac{g}{cm^3} \quad N = 1,296 * 10^{26} m^{-3}$$

Daraus ergibt sich nach Formel $\chi = 1,511 * 10^{-5}$ Aus der Tabelle 3.2 ergeben sich die gemittelten Werte

$$R_3 = 2564,25 m\Omega \quad U_{Br} = 3,25 mV \quad \Delta R = 121,25 m\Omega$$

Nach Formel lässt sich über die Brückenspannung $\chi = 1,699 * 10^{-3}$ berechnen. Aus der Widerstandsmessung ergibt sich nach Formel $\chi = 1,022$

Frequenz [kHz]	Ausgangsspannung U_{aus} [mV]
30	31
31	38
32	52
33	78
34	155
34,2	185
34,4	237
34,6	315
34,8	480
35	755
35,2	685
35,4	430
35,6	300
35,8	220
36	180
37	88
38	58,5
39	44
40	35,5

Tabelle 3.1: Güte des Selektivfilters

3.3 Probe 2

Bei der zweiten Probe handelt es sich um Gd_2O_3 mit folgenden Werten:

$$J = \frac{7}{2} \quad g_J = 2 \quad \rho = 7,40 \frac{g}{cm^3} \quad N = 1,229 * 10^{26} m^{-3}$$

Daraus ergibt sich nach Formel $\chi = 6,897 * 10^{-5}$ Aus der Tabelle 3.3 ergeben sich die gemittelten Werte

$$R_3 = 2553,75 m\Omega \quad U_{Br} = 17,25 mV \quad \Delta R = 770 m\Omega$$

Nach Formel lässt sich über die Brückenspannung $\chi = 5,891 * 10^{-3}$ berechnen.
Aus der Widerstandsmessung ergibt sich nach Formel $\chi = 4,254$

3.4 Probe 3

Bei der dritten Probe handelt es sich um Dy_2O_3 mit folgenden Werten:

$$J = \frac{15}{2} \quad g_J = \frac{4}{3} \quad \rho = 7,80 \frac{g}{cm^3} \quad N = 1,259 * 10^{26} m^{-3}$$

Daraus ergibt sich nach Formel $\chi = 1,271 * 10^{-4}$ Aus der Tabelle 3.4 ergeben sich die

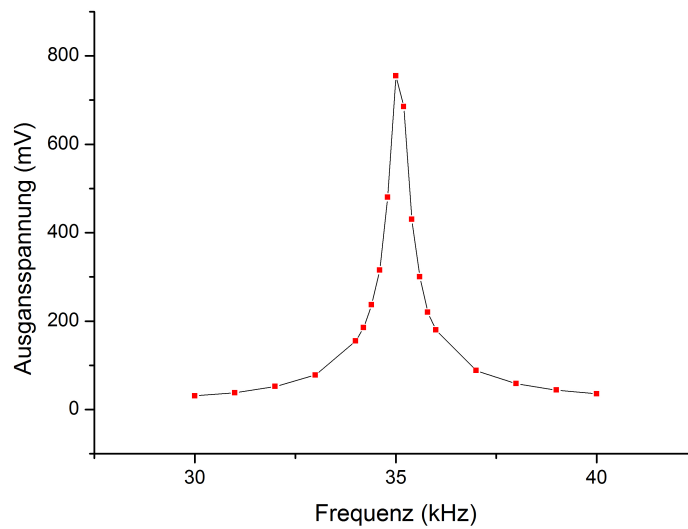


Abbildung 3: Güte des Selektivverstärkers

Brückenspannung U_B [mV]	ΔR [m Ω]
2,2	90
1,7	50
1,75	85
1,75	50

Tabelle 3.2: $C_6O_{12}Pr_2$

gemittelten Werte

$$R_3 = 2553,75m\Omega \quad U_{Br} = 36,125mV \quad \Delta R = 1646,25m\Omega$$

Nach Formel lässt sich über die Brückenspannung $\chi = 11,029 * 10^{-3}$ berechnen.
 Aus der Widerstandsmessung ergibt sich nach Formel $\chi = 8,132$

Brückenspannung U_B [mV]	ΔR [m Ω]
3,5	140
2,8	90
3	100
3,7	155

Tabelle 3.3: Nd_2O_3

Brückenspannung U_B [mV]	ΔR [m Ω]
17	780
16,5	775
17,5	720
18	805

Tabelle 3.4: Gd_2O_3

4 Diskussion

Literatur

[1] *Versuch Nr.606 – Messung der Suszeptibilität paramagnetischer Substanzen.*