

Versuch 28 - Elektronenspinresonanz

**TU Dortmund, Fakultät Physik
Fortgeschrittenen-Praktikum**

Jan Adam

jan.adam@tu-dortmund.de

Dimitrios Skodras

dimitrios.skodras@tu-dortmund.de

30. April 2014

Inhaltsverzeichnis

1	Theorie	1
2	Durchführung	1
3	Auswertung	1
3.1	Kalibrierung der Messachsen	1
3.2	Magnetische Flussdichte der Erde	5
3.3	gyromagnetisches Verhältnis des Elektrons	6
4	Diskussion	6
4.1	Erdmagnetfeld	6
4.2	Landéfaktor	7
	Literatur	7

1 Theorie

2 Durchführung

3 Auswertung

3.1 Kalibrierung der Messachsen

Zur Bestimmung der für die Auswertung relevanten Resonanzstellen, ist es erforderlich, die im Anhang aufgeführten Messkurven entlang der X-Achse nach den gemessenen Spannungen $U_{\text{Rampe}} = U_{\text{R}}$ zu kalibrieren.

$$U_{\text{R}} = m \cdot x + U_0 \quad (1)$$

Hierzu dienen die Werte aus den Tabellen 1 bis 4. Rot geschriebene Zahlen zeichnen hier die Resonanzstelle

x in cm	y in cm	U_{R} in V	U_{B} in mV	x in cm	y in cm	U_{R} in V	U_{B} in mV
0,0	0,0	10,0	181,0	0,0	0,0	5,0	173,0
4,0	0,0	14,1	181,0	4,0	0,0	9,8	173,0
7,0	0,3	17,2	183,5	7,0	0,2	13,5	174,0
8,0	0,5	18,2	185,2	9,0	0,5	15,9	175,5
9,0	0,6	19,2	186,0	10,0	0,6	17,1	176,0
10,0	0,6	20,2	186,0	11,0	0,5	18,3	175,5
11,0	0,5	21,3	185,2	12,0	0,4	19,5	175,0
12,0	0,4	22,3	184,3	13,0	0,2	20,8	174,0
14,0	0,1	24,3	181,8	16,0	0,0	24,4	173,0
17,0	0,0	27,4	181,0	19,8	0,0	29,0	173,0
21,5	-0,1	32,0	180,2				

Tabelle 1: Messkurven bei $\nu_e = 14,798$ kHz; links B_{parallel} und rechts B_{parallel}

x in cm	y in cm	U_R in V	U_B in mV	x in cm	y in cm	U_R in V	U_B in mV
0,0	0,0	15,0	182,8	0,0	0	14,0	156,0
2,0	0,2	16,8	183,9	3,0	0	17,5	156,0
4,0	0,3	18,7	184,5	6,0	0,3	20,9	158,1
6,0	0,9	20,5	187,8	7,0	0,5	22,1	159,6
8,0	2,3	22,4	195,5	8,0	0,7	23,2	161,0
9,0	3,1	23,3	199,9	9,0	0,6	24,4	160,3
10,0	3,9	24,2	204,4	10,0	0,6	25,5	160,3
10,5	4,6	24,7	208,2	12,0	0,2	27,8	157,4
11,0	4,9	25,1	209,9	16,5	0,1	33,0	156,7
11,5	5,1	25,6	211,0				
12,0	5,1	26,1	211,0				
12,5	4,9	26,5	209,9				
13,0	4,6	27,0	208,2				
13,5	4,3	27,4	206,6				
14,0	3,9	27,9	204,4				
15,0	3,0	28,8	199,4				
16,0	2,6	29,7	197,2				
17,0	2,1	30,7	194,4				
19,0	1,4	32,5	190,6				

Tabelle 2: Messkurven bei $\nu_e = 19,448$ kHz; links B_{parallel} und rechts B_{parallel}

x in cm	y in cm	U_R in V	U_B in mV	x in cm	y in cm	U_R in V	U_B in mV
0,0	0,0	23,0	177,0	0,0	0,7	17,0	211,0
2,0	0,1	25,1	177,8	1,0	0,0	18,3	205,0
4,0	0,7	27,1	182,4	2,0	0,0	19,6	205,0
5,0	0,9	28,1	184,0	3,0	0,3	20,9	207,6
6,0	1,4	29,2	187,9	4,0	0,9	22,2	212,7
6,5	1,6	29,7	189,4	5,0	1,6	23,5	218,7
7,0	1,7	30,2	190,2	6,0	2,8	24,9	229,0
7,5	1,8	30,7	191,0	7,0	4,5	26,2	243,6
8,0	1,8	31,2	191,0	7,5	5,4	26,8	251,3
9,0	1,4	32,3	187,9	8,0	6,3	27,5	259,0
10,0	1,0	33,3	184,8	8,5	6,9	28,1	264,1
11,0	0,8	34,3	183,2	9,0	7,0	28,8	265,0
13,0	0,3	36,4	179,3	9,5	6,9	29,4	264,1
15,0	0,1	38,4	177,8	10,0	6,5	30,1	260,7
17,5	-0,1	41,0	176,2	10,5	5,6	30,8	253,0
				11,0	4,6	31,4	244,4
				11,5	3,8	32,1	237,6
				13,0	2,5	34,0	226,4
				14,0	1,4	35,3	217,0
				14,5	1,1	36,0	214,4
				16,8	1,1	39,0	214,4

Tabelle 3: Messkurven bei $\nu_e = 23,888$ kHz; links B_{parallel} und rechts B_{parallel}

x in cm	y in cm	U_R in V	U_B in mV	x in cm	y in cm	U_R in V	U_B in mV
0,0	0,0	24,0	222,0	0,0	0,1	26,0	181,7
2,0	0,1	26,1	222,7	1,0	0,0	27,1	181,0
4,0	0,2	28,3	223,4	1,5	0,1	27,6	181,7
6,0	0,5	30,4	225,4	2,0	0,3	28,2	183,1
7,0	0,7	31,5	226,8	4,0	0,6	30,3	185,1
8,0	1,1	32,6	229,5	5,0	0,5	31,4	184,4
8,5	1,5	33,1	232,2	6,0	0,8	32,5	186,5
9,0	2,2	33,6	237,0	7,0	1,2	33,5	189,3
10,0	2,8	34,7	241,1	8,0	1,5	34,6	191,3
10,5	3,3	35,3	244,5	8,5	1,6	35,2	192,0
11,0	3,6	35,8	246,6	9,0	1,6	35,7	192,0
12,0	4,0	36,9	249,3	9,5	1,5	36,2	191,3
12,5	4,1	37,4	250,0	11,5	0,8	38,4	186,5
13,0	4,0	37,9	249,3	12,5	0,8	39,5	186,5
14,0	3,5	39,0	245,9	15,0	0,4	42,2	183,8
15,0	2,8	40,1	241,1	17,0	0,3	44,3	183,1
15,5	2,1	40,6	236,3	19,5	0,2	47,0	182,4
16,0	1,7	41,1	233,6				
17,0	1,3	42,2	230,9				
19,0	0,7	44,4	226,8				
19,6	0,6	45,0	226,1				

Tabelle 4: Messkurven bei $\nu_e = 29,448$ kHz; links B_{parallel} und rechts B_{parallel}

Hieraus ergeben sich nun die jeweiligen Kalibrierungsfaktoren in Tabelle 5. Mit einem Widerstand von $50\ \Omega$ lassen sich die Rampengeneratorspannungen in Ströme I umrechnen.

ν_e in MHz	m in V/cm	U_{res} in V	I_{res} in mA
14,798	1,02	19,72	394,4
	1,21	17,12	342,4
19,448	0,92	25,82	516,4
	1,15	23,21	464,2
23,888	1,03	30,97	619,4
	1,31	28,79	575,7
29,448	1,07	37,39	747,8
	1,08	35,42	708,5

Tabelle 5: Zusammengefasste Werte

3.2 Magnetische Flussdichte der Erde

Mit den Ergebnissen aus Abschnitt 3.1 lässt sich nun das Erdmagnetfeld bestimmen. Hierzu werden die Ströme I_{res} aus Tabelle 5 nach der Gleichung für die Helmholtzspulen (??) in magnetische Flussdichten umgerechnet, wobei der Radius $r = 0,1$ m und die Windungszahl $N = 156$ ist. Da für gleiche Frequenzen ν_e die Resonanzstellen verschieden sind, bewirkt das Erdmagnetfeld einen Einfluss in die jeweilige Richtung, je nachdem, ob die Spule parallel oder antiparallel dazu ausgerichtet ist. Diesen Einfluss kann man ermitteln, indem die zueinander gehörenden Flussdichten voneinander abgezogen und das Ergebnis halbiert wird

$$B_{\text{Erde}} = \frac{1}{2}(B_{\text{par}} - B_{\text{antipar}}). \quad (2)$$

In Tabelle 6 sind die jeweiligen Magnetfelder und das errechnete Erdmagnetfeld aufgeführt,

B_{par} in μT	B_{antipar} in μT	B_{Erde} in μT
553,3	480,3	36,5
724,4	651,2	36,6
868,9	807,6	30,7
1049,0	993,8	27,6

Tabelle 6: magnetische Flussdichte der Erde

was zu einem Erdmagnetfeld führt von

$$B_{\text{Erde}} = 32,8 \pm 1,9 \mu\text{T}. \quad (3)$$

3.3 gyromagnetisches Verhältnis des Elektrons

Mit den vom Erdmagnetfeld bereinigten Spulenfeldern lässt sich nun schließlich das gyromagnetische Verhältnis des Elektrons nach (??) berechnen. Hierzu wird eine Fitgerade

$$B = \frac{h}{\mu_B \cdot g} \nu = m_{\text{gyro}} \cdot \nu \quad (4)$$

mit GNUplot durch die Wertepaare $\{\nu_{e,i}, B_{\text{res},i}\}$ gelegt, was in Abbildung 1 zu sehen ist

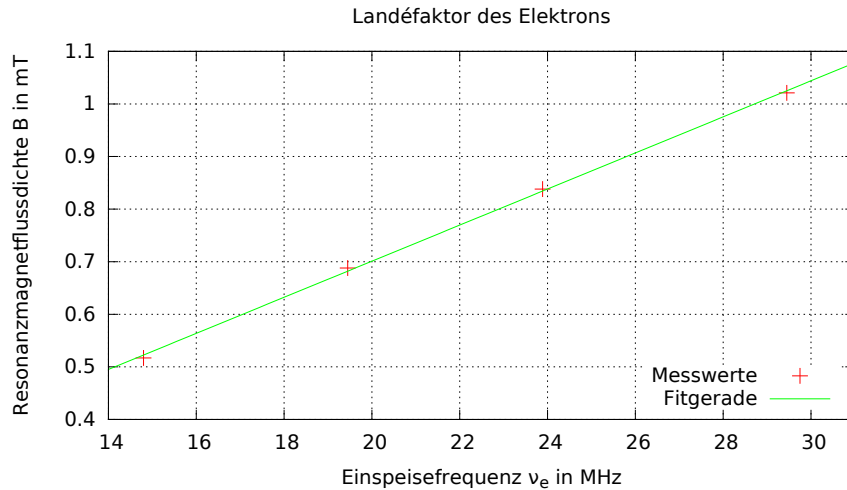


Abbildung 1: Gyromagnetisches Verhältnis oder Landéfaktor des Elektrons

und zu einem Steigungsparameter

$$m_{\text{gyro}} = 0,0343 \pm 0,0006 \text{ Ts} \quad (5)$$

führt und damit schließlich den Landéfaktor berechnen lässt.

$$g = \frac{h}{\mu_B \cdot m_{\text{gyro}}} = 2,082 \pm 0,037 \quad (6)$$

4 Diskussion

4.1 Erdmagnetfeld

Der berechnete Wert für das Erdmagnetfeld steht in folgendem Verhältnis zum Literaturwert [Chemie.de]

$$\frac{B_{\text{Mess}}}{B_{\text{Lit}}} = 68,3\% \quad (7)$$

Die etwas hohe Abweichung spricht für eine unpräzise Ausrichtung der Helmholtzspule, was auf die sehr empfindliche Bussole zurückführbar ist, die auf diverse andere elektrische Geräte reagiert.

4.2 Landéfaktor

Das gyromagnetische Verhältnis wurde durch einen Fit ermittelt und hat eine Übereinstimmung zum Literaturwert [Universal Lexikon] von

$$\frac{g_{\text{Mess}}}{g_{\text{Lit}}} = 103,4\%. \quad (8)$$

Unabhängig von den Abweichungen vom Erdmagnetfeld ist eine sehr gute Bestimmung des Landéfaktors gelungen.

Literatur

- | | |
|---------------------|--|
| [Chemie.de] | Form und Stärke des Erdmagnetfelds
chemie.de/lexikon/Erdmagnetfeld |
| [Universal Lexikon] | Landé-Faktor
universal_lexikon.deacademic.com/144745/ |