

V27

Der Zeeman-Effekt

Jana Hohmann

jana.hohmann@web.de

Elena Darscht

elena.darscht@yahoo.de

Durchführung: 15.01.20

Abgabe: 16.02.20

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1 Ziel	3
2 Theorie	3
3 Durchführung	3
4 Vorbereitende Aufgaben	3
4.1 Termschemata der Spektrallinien	3
4.2 Dispersionsgebiet und spektrale Auflösung des Messapparatur	3
4.3 Optimale Einstellung der Magnetfeldstärke	4
5 Auswertung	4
5.1 Bestimmung des Magnetfeldes	4
5.2 Bestimmung der Wellenlängenverschiebung	5
5.2.1 Rote Spektrallinie	5
5.2.2 Blaue Spektrallinie	9
6 Diskussion	12
7 Literatur	12

1 Ziel

2 Theorie

3 Durchführung

4 Vorbereitende Aufgaben

4.1 Termschemata der Spektrallinien

Die rote Spektrallinie entspricht dem Übergang $^1P_1 \leftrightarrow ^1D_2$, die Blaue Spektrallinie $^3S_1 \leftrightarrow ^3P_1$. Die zugehörige Quantenzahlen und die mit Formel ?? berechneten Landé-Faktoren sind in Tabelle 1 zu sehen.

Tabelle 1: Quantenzahlen und Landé-Faktoren der verschiedenen Zustände.

Zustand	L	S	J	g_j
1P_1	1	0		
1D_2	2	0		
3S_1	0	1		
3P_1	1	1		

4.2 Dispersionsgebiet und spektrale Auflösung des Messapparatur

Mit Formel ?? und ?? wird das Dispersionsgebiet λ_D und das Auflösungsvermögen A für die rote und die blaue Spektrallinie berechnet, was in Tabelle 2 eingetragen ist. Die dafür benötigten Werte

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{rot}} &= 643,8 \text{ nm}, \\ \lambda_{\text{blau}} &= 480 \text{ nm}, \\ d &= 4 \text{ mm}, \\ L &= 120 \text{ mm}, \\ n_{\text{rot}} &= 1,4567, \\ n_{\text{blau}} &= 1,4635\end{aligned}$$

werden der Versuchsanleitung [1] entnommen.

Tabelle 2: Dispersionsgebiet und Auflösungsvermögen der Lummer-Gehrcke-Platte.

Spektrallinie	λ_D/pm	A
rot	48,9	209 129
blau	27,0	285 458

4.3 Optimale Einstellung der Magnetfeldstärke

5 Auswertung

5.1 Bestimmung des Magnetfeldes

Zur Bestimmung der Magnetfeldstärke wird bei verschiedenen Stromstärken I die magnetische Feldstärke B mit einer Hall-Sonde gemessen. Die damei ermittelten Werte sind in Tabelle 4 eingetragen.

Tabelle 3: Magnetfeldstärke in Abhängigkeit von der Stromstärke.

I/A	B/T	I/A	B/T
1,0	0,138	4,0	0,621
1,4	0,205	4,2	0,663
1,8	0,278	4,4	0,688
2,0	0,308	4,8	0,815
2,2	0,335	5,0	0,862
2,4	0,362	5,2	0,885
2,8	0,421	5,4	0,970
3,2	0,484	5,6	1,064
3,6	0,544	5,8	1,108
3,8	0,585	6,0	1,155

Hierzu wird eine lineare Regression

$$B = a \cdot I + b \quad (1)$$

durchgeführt. Diese ist in Abbildung 1 dargestellt.

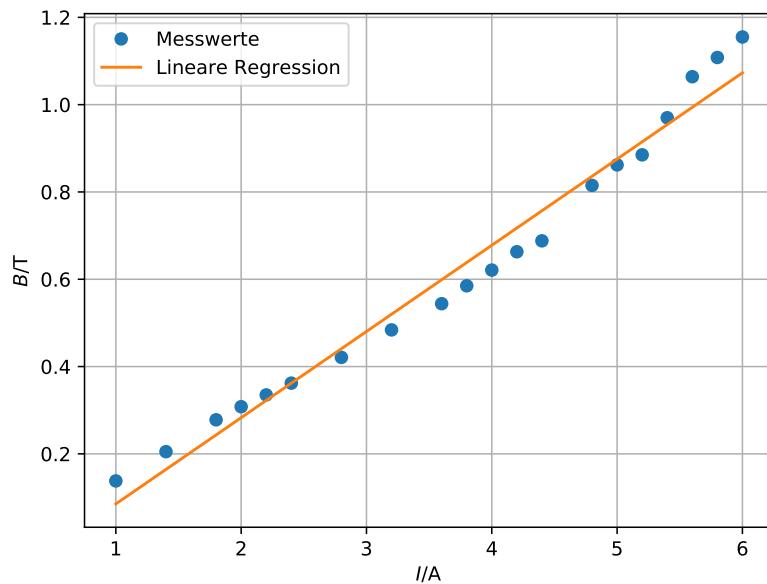


Abbildung 1: Magnetfeldstärke in Abhängigkeit von der Stromstärke mit linearer Regression.

Es ergeben sich die Werte

$$a = (0,198 \pm 0,007) \frac{\text{T}}{\text{A}}$$

$$b = (-0,112 \pm 0,029) \text{ T}.$$

5.2 Bestimmung der Wellenlängenverschiebung

5.2.1 Rote Spektrallinie

Zunächst wird das Interferenzmuster für rotes Licht untersucht. Hierbei wird ein Strom von $I = 4,0 \text{ A}$ eingestellt, was nach Formel 1 einem Magnetfeld von

$$B_{\text{rot}} = (0,678 \pm 0,040) \text{ T}$$

entspricht. In Abbildung 2 ist das Interferenzbild ohne Magnetfeld zu sehen. Dieses wurde nachträglich aufgehellt, um die Abstände zwischen den Maxima besser sehen zu können.

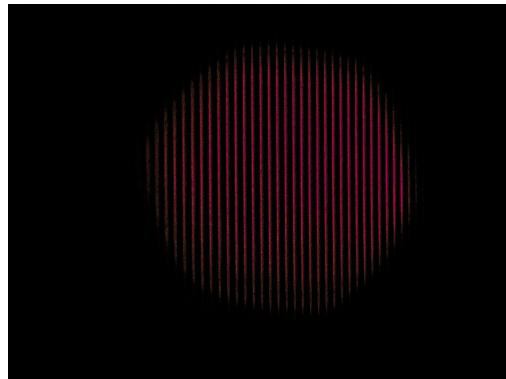


Abbildung 2: Interferenzmuster der roten Spektrallinie ohne Magnetfeld (nachbearbeitet).

Nachfolgend sind die Interferenzmuster bei einem Polarisationsfilter, der nur linear polarisiertes Licht durchlässt (3), und einem für zirkular polarisiertes Licht (4) bei eingeschaltetem Magnetfeld dargestellt. Auch diese Bilder wurden nachträglich bearbeitet.

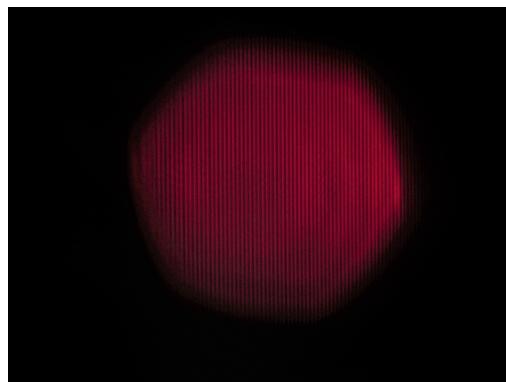


Abbildung 3: Interferenzmuster der roten Spektrallinie mit linear polarisiertem Licht mit Magnetfeld (nachbearbeitet).

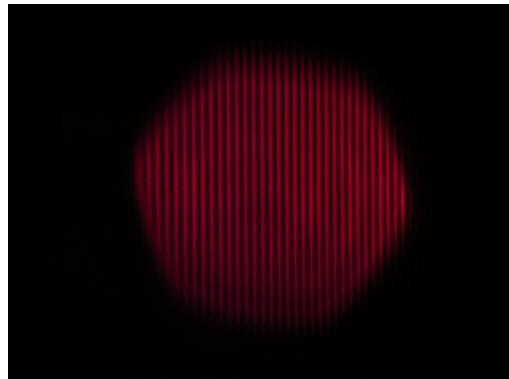


Abbildung 4: Interferenzmuster der roten Spektrallinie mit zirkular polarisiertem Licht mit Magnetfeld (nachbearbeitet).

Die gemessenen Abstände Δs und δs sowie die mit Formel ?? Wellenlängenunterschiede $\Delta\lambda$ sind in Tabelle ?? eingetragen. Da sich bei Abbildung 4 nichts im Vergleich zu Abbildung 2 geändert hat, werden die Werte auch nicht berücksichtigt.

Tabelle 4: Magnetfeldstärke in Abhängigkeit von der Stromstärke.

$\Delta s_r/\text{Pixel}$	$\delta s_{r,\sigma}/\text{Pixel}$	$\Delta \lambda/\text{pm}$
68	39	14,02
70	33	11,53
74	34	11,23
68	35	12,58
74	36	11,89
72	33	11,21
66	32	11,85
70	36	12,57
72	31	10,53
62	33	13,01
72	36	12,23
66	35	12,97
64	31	11,84
70	33	11,53
62	29	11,44
64	29	11,08
64	27	10,31
64	30	11,46
62	29	11,44
64	26	9,33
62	34	13,41
64	33	12,61
62	31	12,23
69	30	10,63
63	37	14,36
59	34	14,09
61	28	11,22
61	34	13,63
59	29	12,02
61	31	12,43
58	29	12,23

Gemittelt mit der Formel des Mittelwert

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i) \quad (2)$$

und der für den Fehler des Mittelwerts

$$\Delta X = \frac{1}{\sqrt{N}} \sqrt{\frac{1}{\sqrt{N-1}} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2} \quad (3)$$

ist die Wellenlängenverschiebung

$$\Delta\lambda = (12,05 \pm 0,20) \text{ pm.}$$

5.2.2 Blaue Spektrallinie

Bei der blauen Spektrallinie wird für die π -Linie ein Strom von $I_{b,\sigma} = 2,0 \text{ A}$ und für die π -Linie $I_{b,\pi} = 5,2 \text{ A}$ eingestellt. Das entspricht nach Formel 1 einer Magnetfeldstärke von

$$B_{b,\sigma} = 0,283 \text{ T}, \\ B_{b,\pi} = 0,915 \text{ T.}$$

Die zugehörigen Interferenzbilder sind in Abbildung 5, 6 und 7 zu sehen.

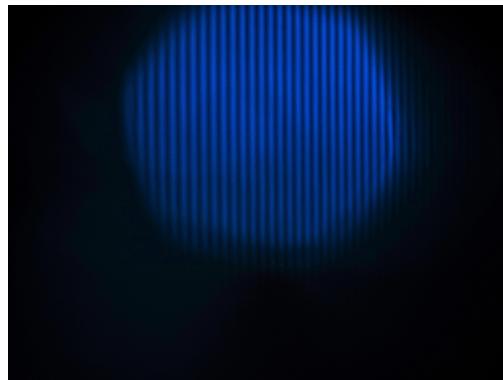


Abbildung 5: Interferenzmuster der blauen Spektrallinie ohne Magnetfeld (nachbearbeitet).

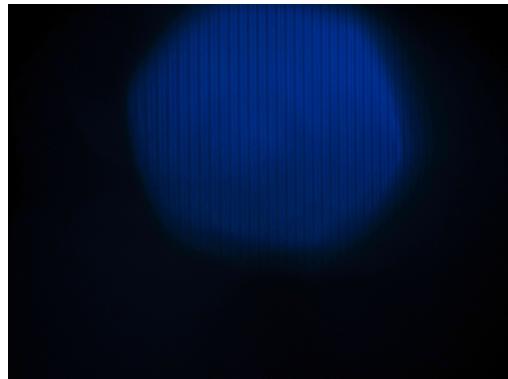


Abbildung 6: Interferenzmuster der blauen Spektrallinie mit linear polarisiertem Licht mit Magnetfeld (nachbearbeitet).

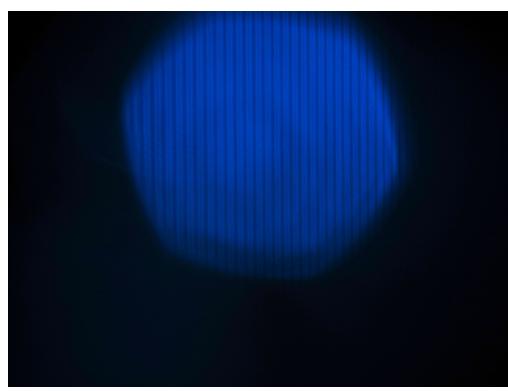


Abbildung 7: Interferenzmuster der roten Spektrallinie mit zirkular polarisiertem Licht mit Magnetfeld (nachbearbeitet).

Die gemessenen Abstände und die mit ?? berechneten Wellenlängenunterschiede sind in Tabelle 5 eingetragen. Weiter außen liegende Maxima werden nicht miteinbezogen, da sie zu schlecht zu erkennen sind.

Tabelle 5: Magnetfeldstärke in Abhängigkeit von der Stromstärke.

$\Delta s_b/\text{Pixel}$	$\delta s_{b,\sigma}/\text{Pixel}$	$\delta s_{b,\pi}/\text{Pixel}$	$\Delta \lambda_{b,\sigma}/\text{pm}$	$\Delta \lambda_{b,\pi}/\text{pm}$
84	37	37	10,77	10,77
85	42	39	12,08	11,22
87	36	31	10,12	8,71
84	42	35	12,23	10,19
80	40	33	12,23	10,09
83	33	33	9,72	9,72
79	35	30	10,83	9,28
77	33	28	10,48	8,89
73	25	38	8,37	12,73
80	37	29	11,31	8,86
78	27	30	8,46	9,40
74	33	28	10,90	9,25
71	28	27	9,64	9,30
76	28	31	9,01	9,97
69	31	31	10,98	10,98
73	32	30	10,72	10,05
67	31	26	11,31	9,49
71	28	28	9,64	9,64
69	25	27	8,86	9,57
67	33	28	12,04	10,22
66	30	22	11,11	8,15
70	33	23	11,53	8,03
65	28	26	10,53	9,78
64	31	25	11,84	9,55
67	29	26	10,58	9,49
63	26	23	10,09	8,93
63	31	23	12,03	8,93

Die mit Formel 2 und 3 bestimmten Mittelwerte sind

$$\Delta\lambda_{b,\sigma} = (10,65 \pm 0,22) \text{ pm},$$
$$\Delta\lambda_{b,\pi} = (9,67 \pm 0,19) \text{ pm}.$$

6 Diskussion

7 Literatur

- [1] TU Dortmund. *Versuchsanleitung V27, Der Zeeman-Effekt*