

FP F44 - Zeemaneffekt

Patrick Nisble, David Bubeck

Outline

1. Einleitung
2. Bohr'sches Magneton
3. Wellenlänge
4. Zusammenfassung

Outline - Einleitung

1. Einleitung

1.1 Grundlagen

1.2 Auswahlregeln

1.3 Lummer - Gehrcke Platte

1.4 Czerny - Turner Spektrometer

2. Bohr'sches Magneton

3. Wellenlänge

4. Zusammenfassung

Grundlagen

Beschreibung des Zeeman - Effekt in einer Näherung:

- Drehimpuls des Elektrons:

$$\vec{I} = \vec{r} \times \vec{p} = m_e \cdot v \cdot \hat{n}$$

- Elektron kann mit einem Strom I und magnetischen Moment μ_I beschrieben werden.

$$\mu_I = \underbrace{I}_{-e \frac{v}{2\pi r}} \cdot \underbrace{\vec{A}}_{\text{Flächenvektro zur Orbitfläche}} = \frac{evr}{2} \hat{n}$$

- Interaktion mit externen Magnetfeld und dem magnetischen Moment ergibt sich Änderung der potentiellen Energie
- mit \vec{I} und $\vec{B} \parallel \vec{I}$ erhält man

$$\Delta E_{pot} = \frac{e \cdot \hbar}{2m_e} \cdot m_I \cdot B = \mu_B \cdot m_I \cdot B$$

μ_B : Bohr'sche Magneton

Grundlagen

Atome mit mehreren Elektronen:

- \vec{LS} - Kopplungsnäherung
- Gesamtdrehimpuls $\vec{J} = \vec{L} + \vec{S}$

wobei:

$$\begin{aligned}\text{- } \vec{L} &= \sum_i \vec{l}_i \\ \text{- } \vec{S} &= \sum_i \vec{s}_i\end{aligned}$$

- $\Delta E_{pot} = \mu_B \cdot B \cdot M_J \cdot g_J$
 - g_J Landé - Faktor

$S = 0$ und $g_J = 1 \rightarrow$ **normaler Zeeman - Effekt**

ansonsten \rightarrow **anomaler Zeeman - Effekt**

Auswahlregeln

$$\vec{M}_{ik} = e \int \Psi_i^* \vec{r} \Psi_k dV \neq 0$$

Auswahlregeln:

- $\Delta M_J = M_{J,i} - M_{J,k} = 0, \pm 1$
- $\Delta L = \pm 1$ und $\Delta S = 0$
- $\Delta M_J = \pm 1 \hat{=} \text{zirkular polarisierendem Licht mit Phasenverschiebung } \frac{\pi}{2}$
(σ - Übergang)
- $\Delta M_J = 0 \hat{=} \text{linear polarisierendem Licht } (\pi - \text{Übergang})$

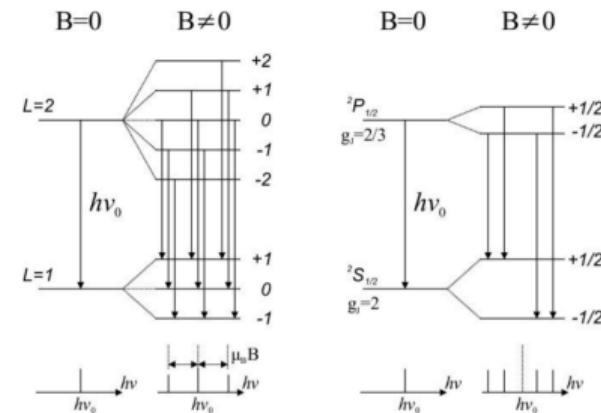


Abbildung 1: Zeeman - Effekt Thermoschema,
Quelle: FP 44 Versuchsscript

Lummer - Gehrcke Platte

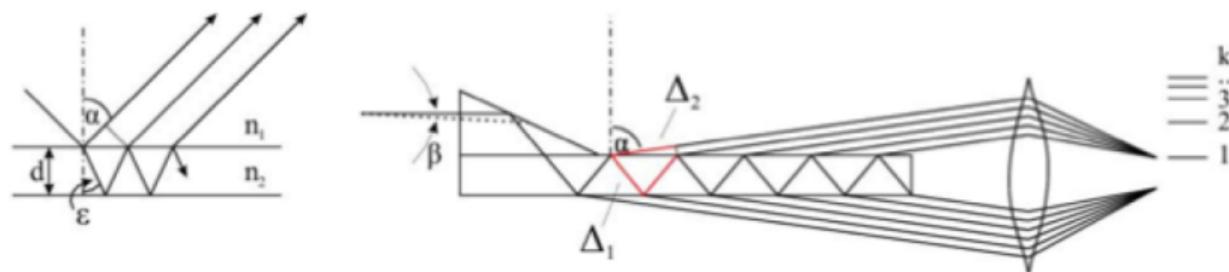


Abbildung 2: Lummer - Gehrcke Platte, Quelle: FP 44 Versuchsscript

- Licht wird nahe der Totalreflexion reflektiert
- Hohe Auflösung durch Interferenz der ausfallenden Lichtstrahlen mit Gangunterschied

$$\Delta \approx 2d \cdot \sqrt{n^2 - 1} = k\lambda, k \in \mathbb{N} \quad \text{für } \alpha \sim 90^\circ$$

Czerny - Turner Spektrometer

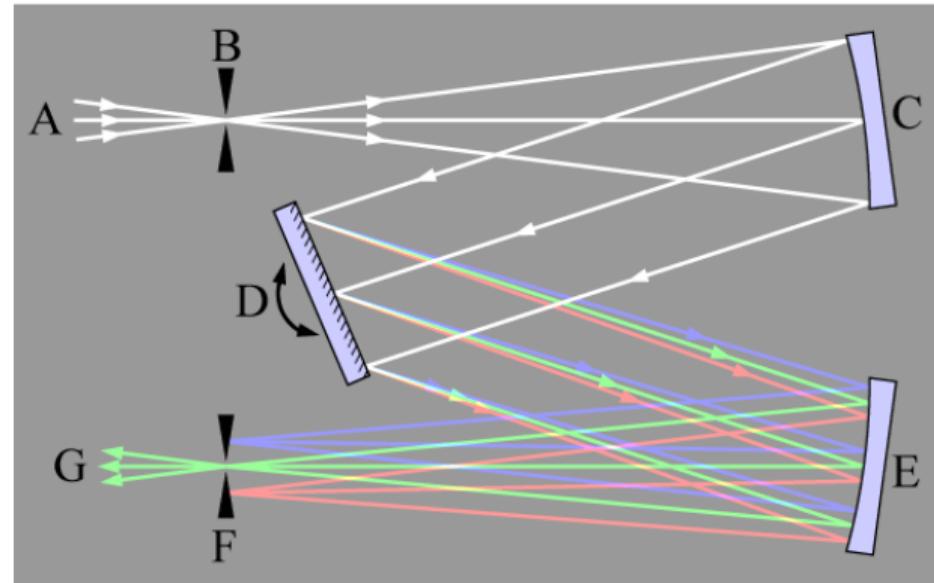


Abbildung 3: Aufbau eines Czerny - Turner Spektrometer, Quelle:
<https://de.wikipedia.org/wiki/Monochromator>

Outline - Bohr'sches Magneton

1. Einleitung
2. Bohr'sches Magneton
 - 2.1 Hysterese Effekt
 - 2.2 Polarisation
 - 2.3 Bestimmung der Wellenlängenverschiebung
 - 2.4 Bestimmung des Bohr'schen Magneton
3. Wellenlänge
4. Zusammenfassung

Hysterese Effekt

- Magnetfeldmessung bei 6 Stromstärken zwischen 8 und 13A
- für fallende und steigende Stromstärke
- Ermittlung des Zusammenhangs zwischen Stromstärke und Magnetfeld

Resultat:

$$m_u = (39.461 \pm 2.198) \frac{\text{mT}}{\text{A}} \quad (1)$$

$$m_d = (38.874 \pm 2.192) \frac{\text{mT}}{\text{A}} \quad (2)$$

⇒ Abweichung: $< 1\sigma$

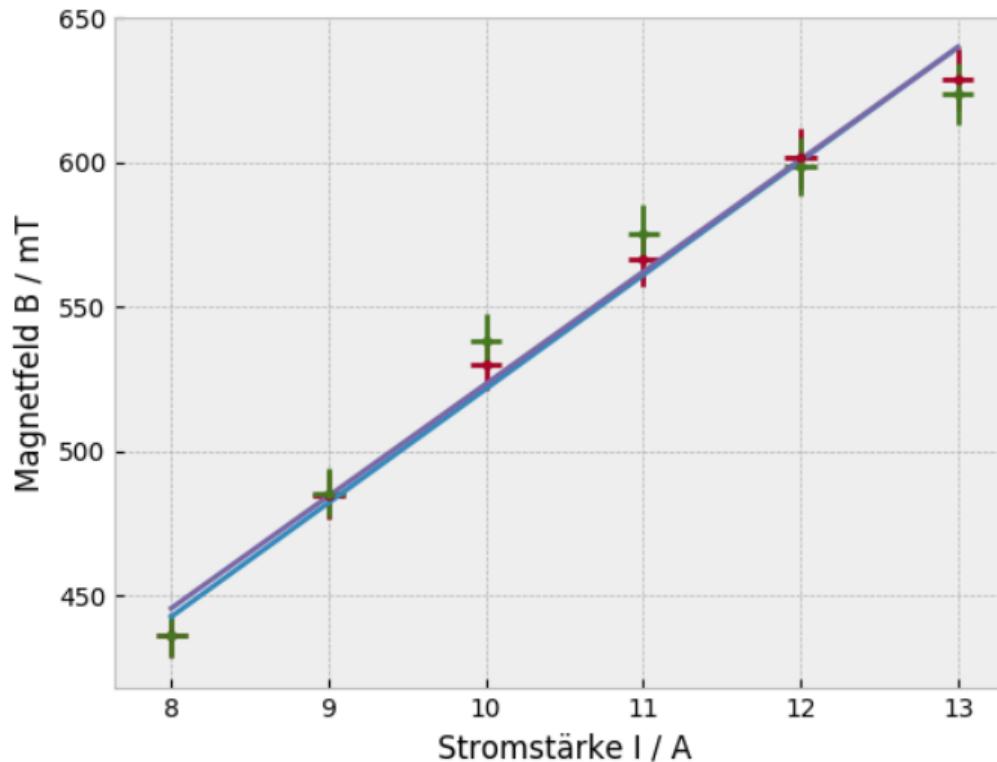


Abbildung 4: Hysterese

Polarisation - longitudinal

- mit und ohne linearem Polarisationsfilter: 2 Linien pro Beugungsordnung
- zirkulär polarisiert

Polarisation - longitudinal

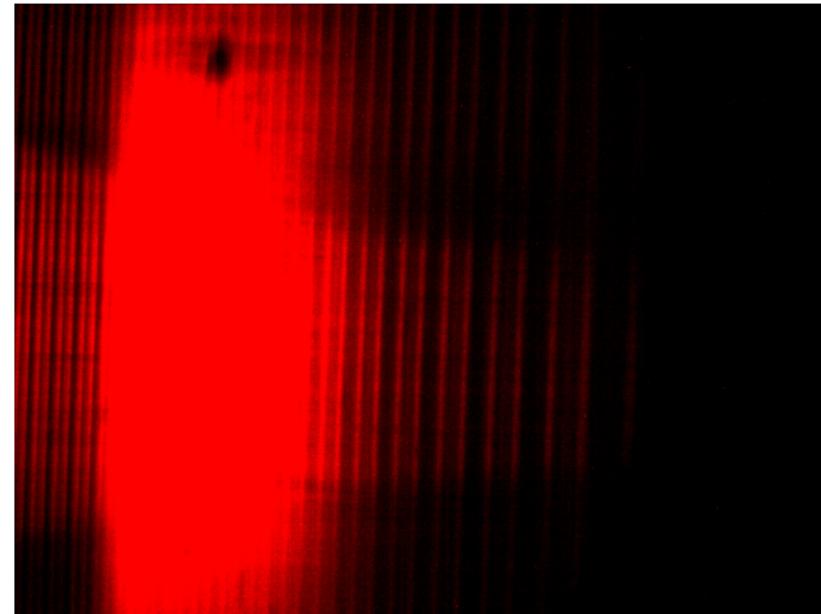


Abbildung 5: longitudinale Polarisation ohne Filter

Polarisation - longitudinal

- mit und ohne linearem Polarisationsfilter: 2 Linien pro Beugungsordnung
→ zirkulär polarisiert
- mit $\lambda/4$ -Filter in linear polarisiertes umwandeln
- jetzt erhält man eine Linie pro Beugungsordnung, nach linearem Polarisationsfilter
→ Rotation des Linearfilters um 90° wechselt zwischen beiden Linien

Polarisation - longitudinal

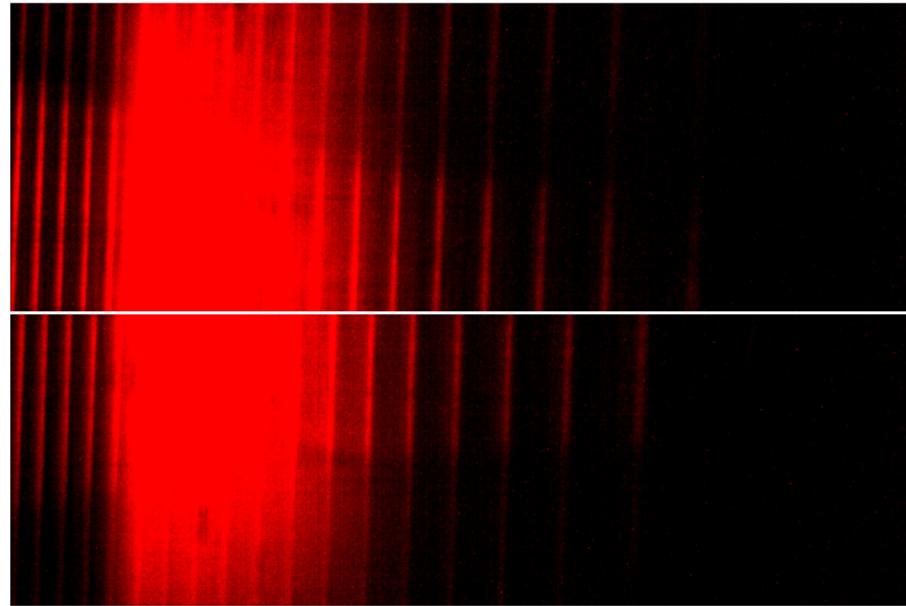


Abbildung 6: Beobachtete Linien in longitudinaler Richtung, mit $\lambda/4$ -Filter und linearem Polarisationsfilter

Polarisation - transversal

- Beobachtung von 3 Linien
- Rotation des Linearfilters um 90° wechselt zwischen den σ -Linien und der π -Linie
- linear polarisiert

Polarisation - transversal

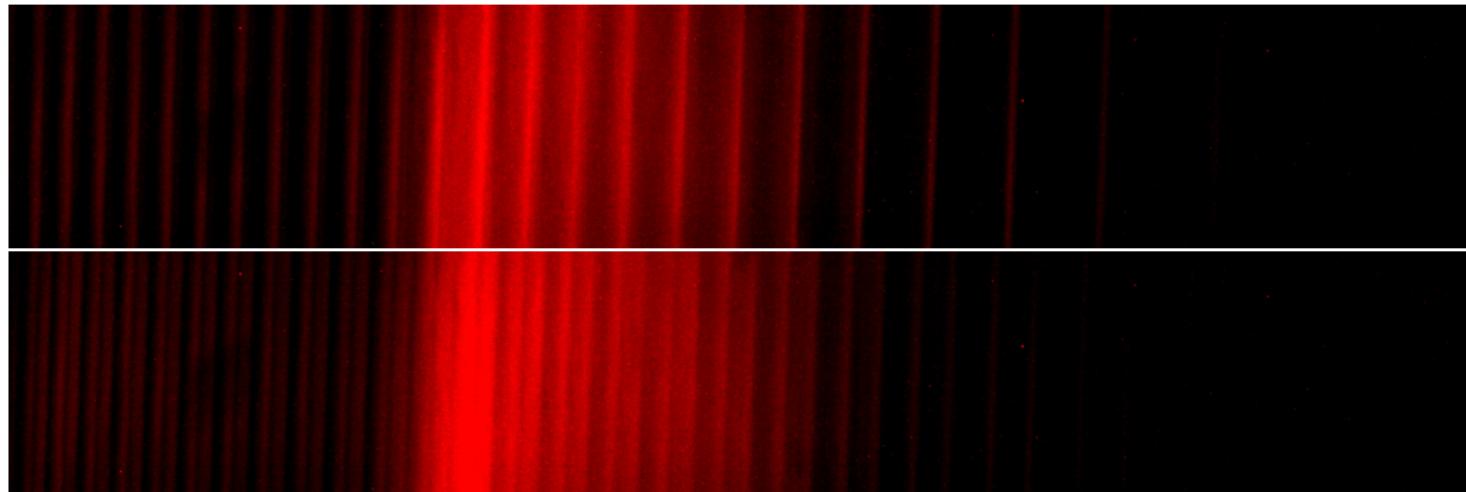


Abbildung 7: Beobachtete Linien in transversaler Ausrichtung, mit linearem Polarisationsfilter

Bestimmung der Wellenlängenverschiebung - Positionsbestimmung

- Bestimmung der px-Position von σ - und π -Linien
- 5 Ordungen
- Fit der Peaks für Position und Fehler

Bestimmung der Wellenlängenverschiebung - Ordnungsverschiebung

Zuordnung

- (theoretische) ganzzahligen Ordnung $\rightarrow \pi$ -linien
 - kontinuierliche Polynomfitfkt $\rightarrow \sigma$ -Linien
- ⇒

beobachtete Verschiebung der Beugungsordnung zwischen drei Peaks

Bestimmung der Wellenlängenverschiebung - Wellenlängenverschiebung

für kleine Verschiebungen gilt:

$$\delta\lambda = \frac{\delta a}{\Delta a} \cdot \Delta\lambda \approx \delta k \cdot \lambda k, \quad \Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{2d \cdot \sqrt{n^2 - 1}} \quad (3)$$

(4)

(n = 1.4567, d=4.04 · 10⁻³ m)

Outline - Wellenlänge

1. Einleitung
2. Bohr'sches Magneton
3. Wellenlänge
 - 3.1 Cadmium-Linie
 - 3.2 unbekannte Linie
4. Zusammenfassung

Outline - Zusammenfassung

1. Einleitung
2. Bohr'sches Magneton
3. Wellenlänge
4. Zusammenfassung