Anleitung zum Versuch
Spektralanalyse mit dem Fabry-Perot-Interferometer

1 Zielsetzung des Versuchs

In diesem Versuch soll der Umgang mit einem Fabry-Perot Interferometer erlernt und im Anschluss Spektrallinien analysiert werden. Dazu wird im zweiten Versuchsteil der Zeeman-Effekt anhand der Aufspaltung und Polarisation der roten Cadmiumlinie untersucht werden. Im anschliessenden dritten Teil wird eine Messung der Hyperfeinstruktur-Aufspaltung und der Isotopieverschiebung der grünen Thallium Linie (λ = 535 nm) vorgenommen.

2 Vorkenntnisse

a) Fabry-Perot-Interferometer

- Typen von Interferometern
- Aufbau und Eigenschaften des FABRY-PEROT-Interferometers
- Auflösungsvermögen, Finesse und Dispersionsgebiet

b) Zeeman-Effekt

- ZEEMAN-Effekt und PASCHEN-BACK-Effekt, halbklassische und quantenmechanische Beschreibung, Polarisationseffekte, Vektorgerüstmodell, Auswahlregeln
- Termschema des Cadmium. Welchem Übergang entspricht die beobachtete rote Linie?
- Analyse von polarisiertem Licht

c) Isotopieverschiebung und Hyperfeinstrukturaufspaltung

- Feinstruktur, Hyperfeinstruktur
- Masseneffekt und Volumeneffekt der Isotopieverschiebung
- Termschema von Thallium

Literaturvorschläge

Atomphysik:	HAKEN, WOLF, Atom- und Quantenphysik
Optik:	BORN, WOLF, Principles of Optics
Praktikum und Auswertung:	MELISSINOS, Experiments in Modern Physics
Originalpapier von Schüler und Keyston:	Über einen Isotopenverschiebungseffekt der Hyperfeinstrukturterme von Thallium

3 Versuchsdurchführung

1) Fabry-Perot-Interferometer

(a) Berechnen Sie denjenigen Spiegelabstand t des FABRY-PEROT-Interferometers, für den die Linienaufspaltung beim maximal sinnvollen Magnetfeld nicht größer wird als der halbe Abstand zwischen zwei benachbarten Ordnungen.

(b) Stellen Sie den berechneten Spiegelabstand grob ein und beginnen Sie mit der Justage des FPI.

i. Justage der optischen Achse
   - dieser Schritt ist sehr wichtig, nehmen Sie sich Zeit dafür
   - schauen Sie ohne Fernrohr durch das FPI:
     es muss ein großer, roter Fleck zu sehen sein; dieser darf nicht abgeschnitten sein o.ä.
   - erfahrungsgemäß sollte sich die Linse möglichst nah an der Lampe befinden

ii. Einstellungen mit kleiner Irisblende (ca. 0.5 - 1cm Durchmesser)
   - wahrscheinlich ist ein roter Punkt mit "Schweif" zu sehen:
     dieser Schweif ist ein Zeichen für nicht parallel eingestellte Spiegel
     → kalibrieren Sie den mit Motoren diesen Schweif weg
   - ist kein Schweif nicht mehr zu sehen, sollten schon Interferenzlinien beobachtbar sein

iii. Einstellungen mit offener Blende (bleibt während des gesamten Versuchs weit geöffnet)
   - kalibrieren Sie ohne Fernglas mit Motoren so lange die Spiegel, bis Ringe mit Ringmittelpunkt in der Mitte zu beobachten sind (sonst ist es unmöglich, mit dem Fernglas Ringe zu beobachten)

iv. Fernglas
   - wahrscheinlich ist nur eine rote Fläche mit wenigen Interferenzlinien am Rand zu sehen
     (Ringe sind jetzt fast fertig eingestellt! Bewahren Sie Ruhe, nehmen Sie keine hektischen Einstellversuche vor!)
   - bringen Sie diese Interferenzen mit den Motoren in die Mitte
   - denken Sie daran, nach jeder Bewegung der Motoren das Fernglas wieder neu auf unendlich zu stellen
   - wenn beim Bedienen der Motoren die Interferenzlinien eher auseinander driften, dann war diese Richtung korrekt
   - dieser Schritt erfordert etwas Geduld:
     justieren Sie immer wieder etwas die Motoren und stellen das Fernglas neu auf unendlich bis Ringe zu sehen sind

v. Wenn bereits Ringe zu sehen sind
   - mit den Piezos scharf stellen

- Allgemein:
  - bewegen Sie niemals zu hektisch die Motoren! So macht man mehr kaputt als heil!
  - eiserne Regel:
    Ist nach 5-10 Umdrehungen des Dynamos keine Reaktion zu sehen, dann war diese Richtung falsch!!!
  - auch wenn $\lambda/4$-Plättchen und Polfilter beim ersten Versuchsteil nicht benötigt werden, das FPI mit diesen beiden justieren! Wenn sie erst nicht eingebaut sind und nachher angebracht werden, dann muss die gesamte Justage neu vorgenommen werden
  - wenn das FPI einmal eingestellt ist, ALLE Versuchsteile mit dieser Einstellung durchmessen, bei einem Rucken oder Drehen des Magneten ist die Einstellung dahin und muss neu vorgenommen werden!

2) Zeeman-Effekt

(a) Verifizieren Sie den linearen Zusammenhang zwischen der Ringordnung und dem Quadrat der Ringradien (ohne Magnetfeld).

(b) Messen Sie die magnetische Aufspaltung bei festem Magnetfeld in transversaler Richtung (die unverschobene Linie ist dabei auszublenden). Stellen Sie das Magnetfeld so ein, daß sich ein gleichmäßiges Ringmuster ergibt — diese Aufspaltung steht dann in einem bestimmten Verhältnis zum Dispersionsgebiet — und berechnen Sie aus mehreren Messungen mit wiederholten Einstellungen des Magnetfeldes das Verhältnis e/m (in $\frac{\mathrm{C}}{\mathrm{kg}}$) sowie das Bohrsche Magneton (in $\frac{\mathrm{eV}}{\mathrm{T}}$).

(c) Messen Sie ΔE als Funktion des Magnetfeldes. Bestimmen Sie hieraus das Bohrsche Magneton. Dafür tragen Sie ΔE als Funktion von B auf und erhalten aus einem Geradefit den Parameter μ.

(d) Beobachten Sie die magnetische Aufspaltung in transversaler und longitudinaler Richtung. Was beobachten Sie? Beschreiben und interpretieren Sie die Polarisation der einzelnen Komponenten.

(e) Bestimmen Sie den Spiegelabstand mit dem Meßfernrohr (Okularskala).

3) Hyperfeinstruktur und Isotopieverschiebung

(a) Bereiten Sie den Aufbau für die Beobachtung der Hyperfeinstruktur und Isotopieverschiebung der grünen Thalliumlinie vor und justieren Sie das FPI entsprechend. Als Lichtquelle dient eine Hohlkathodenröhre der Firma Oriel. **Der maximale Strom beträgt 10 mA und darf nicht überschritten werden!!**

(b) Stellen Sie die beobachtete Hyperfeinstruktur und Isotopieverschiebung anschaulich dar und klassifizieren Sie die Linien anhand ihres Ursprungs und ihrer Ordnung.

(c) Bestimmen Sie die Hyperfeinstruktur-Aufspaltung und Isotopieverschiebung quantitativ. Messen Sie hierfür die Linienradien für zwei verschiedene Spiegelabstände aus. Zur Berechnung der Aufspaltung benötigen Sie für jeden Spiegelabstand die Steigung der Geraden, die den linearen Zusammenhang zwischen der Ringordnung und dem Quadrat der Ringradien beschreibt. Die Steigung erhalten Sie aus einem Geradenfit.

(d) Bestimmen Sie die Finesse des Fabry-Perot Interferometers.

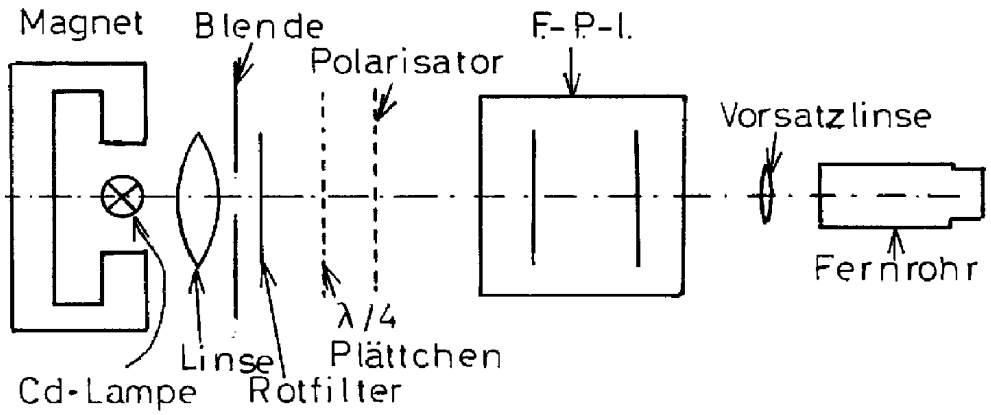
Vergessen Sie nicht die kritische Würdigung aller beteiligten Meßfehler, die Qualität der Geradenfits etc. (statistisch und systematisch)!

4 Formelsammlung

Diese Formelsammlung ist nicht vollständig, dient nur zur Orientierung und ersetzt nicht die ausführliche Literaturrecherche.

- Zeeman-Effekt
  - $r_p^2 = \frac{2f^2}{n_0}(p - 1 + \epsilon)$
  - $\mu_B = \frac{hc}{8dB_0}$
  - $\Delta E = \mu_B \cdot B = \frac{1}{2}\frac{hc}{2d}\frac{r^2_{\sigma+} - r^2_{\sigma-}}{r^2_{p+1,\sigma+} - r^2_{p,\sigma+}}$
- Hyperfeinstruktur und Isotopieverschiebung
  - $\Delta\bar{\nu}_{Linie\,a\,-\,Linie\,b} = \frac{1}{2dm}(r^2_{Linie\,b} - r^2_{Linie\,a})$ mit $m = \frac{2f^2}{n_0}$
  - $F = \frac{1}{(\pi d_{min}\bar{\nu})^2}$

5 Abbildung des Versuchsaufbaus zum Zeemaneffekt



ms 7/2011