

Theorie des Zeeman Effekts:

Anomaler Zeeman Effekt:

Wir legen ein kleines Magnetfeld \mathbf{B} an ein Atom an. Klein heißt hier, dass die magnetische Wechselwirkung klein gegenüber der Spin-Bahn Kopplung im Atom ist. \mathbf{S} bezeichnet den Gesamtspin, \mathbf{L} den gesamten Drehimpuls und \mathbf{J} den Gesamtdrehimpuls. Dieser präzisiert im äußeren Magnetfeld um die Magnetfeldrichtung. Mit \mathbf{J} ist ein magnetisches Moment verknüpft. Es kann verschiedene Stellungen im äußeren Magnetfeld einnehmen. Damit sind verschiedene Energien verknüpft:

$$V_{m_J} = (\mu_J)_J \mathbf{B} = -g_J \mu_B m_J B$$

Der Landé-Faktor ist dabei von den Quantenzahlen L und S abhängig. Die vorherrschende m -Entartung wird aufgehoben, das Spektrum zeigt weitere Linien.

Normaler Zeeman Effekt:

Liegt beim Zeeman Effekt reiner Bahnmagnetismus ($\mathbf{S} = 0$) vor, so spricht man vom normalen Zeeman Effekt. Bei ihm ist die Energieaufspaltung aller Energieniveaus äquidistant, da der Landé-Faktor unabhängig von den Quantenzahlen ist. Daraus folgt eine äquidistante Aufspaltung der Spektrallinien.

Paschen-Back Effekt:

Für große äußere Magnetfelder \mathbf{B} entkoppelt der Gesamtspin \mathbf{S} und der gesamte Drehimpuls \mathbf{L} . Ihre magnetischen Momente richten sich unabhängig voneinander im Magnetfeld aus. Es ergibt sich für die Energieaufspaltung:

$$V_{m_L, m_S} = \mu_L \mathbf{B} + \mu_S \mathbf{B} = -\mu_B (m_L + 2m_S) B$$

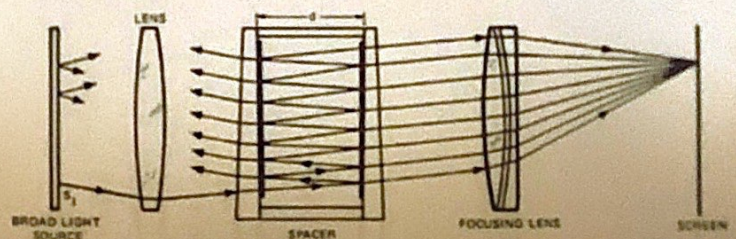
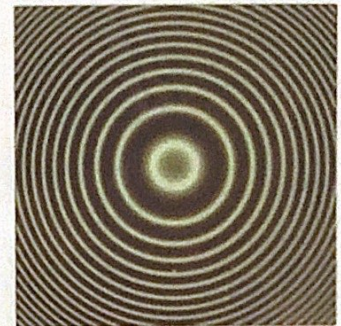
Das Fabry-Pérot-Interferometer:

Im Fabry-Pérot-Interferometer wird ein einfallender Lichtstrahl durch partielle Transmission in viele Lichtstrahlen aufgespalten. Diese werden anschließend überlagert. Die Bedingung für konstruktive Interferenz lautet:

$$2d \cos \alpha = m\lambda \quad m \in \mathbb{N}$$

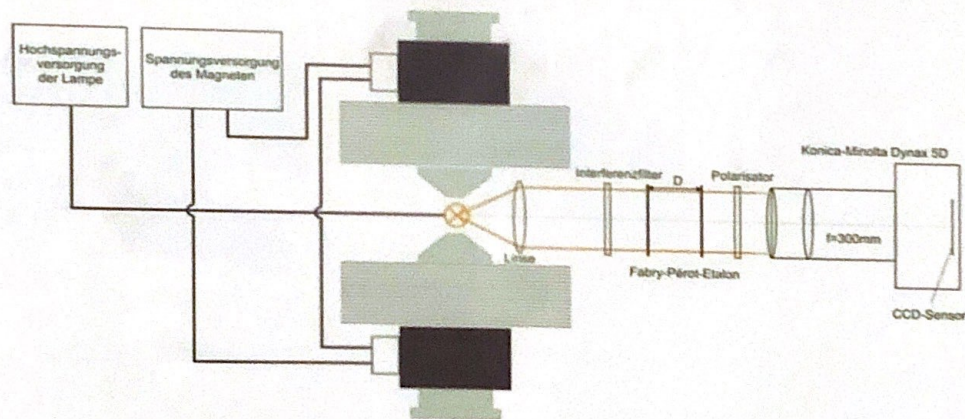
Es ergibt sich ein konzentrisches Ringsystem für jede Wellenlänge. Der Frequenzunterschied, bei dem sich die Ringe m -ter und $m+1$ -ter Ordnung der verschiedenen Frequenzen treffen, nennt man freien Spektralbereich. Für Brechungsindex $n = 1$ im Spacer gilt:

$$\Delta f_{FSB} = \frac{c}{2d}$$



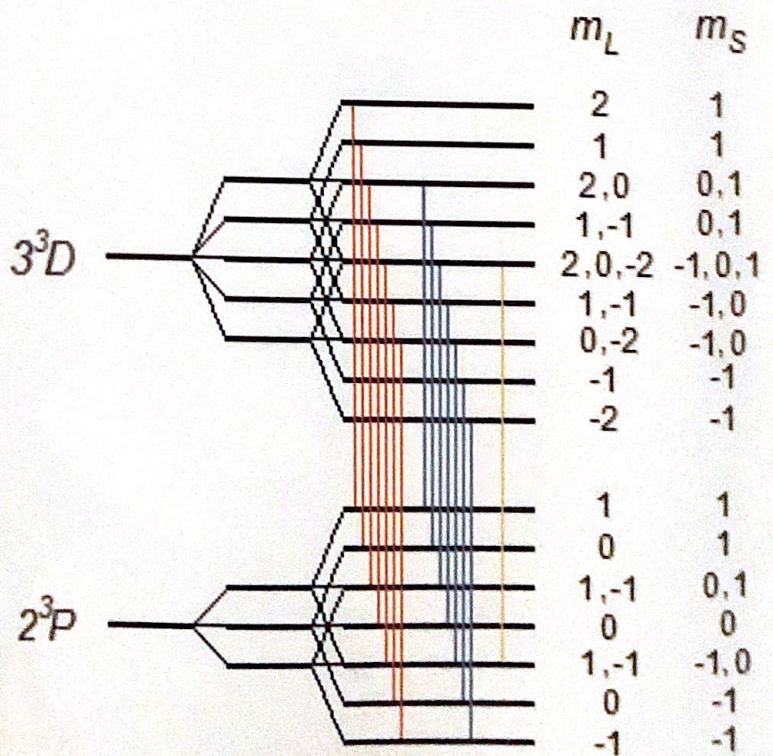
Versuch:

Im Versuch wird die Aufspaltung der $3^3D - 2^3P$ Linie (587,6nm) von Helium, in Abhängigkeit eines äußeren Magnetfeldes, mittels einem Fabry-Perot Interferometer der Länge d untersucht.



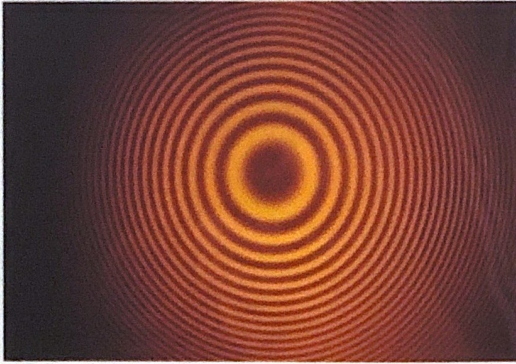
Wir nehmen Paschen-Back Effekt an und erhalten diese Energieaufspaltung:

Aufgrund der Auswahlregeln, spaltet die Linie in drei Linien auf. Durch ein Polarisationsfilter lässt sich die nicht verschobene (blaue) Linie herausfiltern, da diese senkrecht zu den anderen polarisiert ist. Man erhält als Bild eine Überlagerung zweier Ringsysteme, die sich mit steigendem Magnetfeld zueinander verschieben.

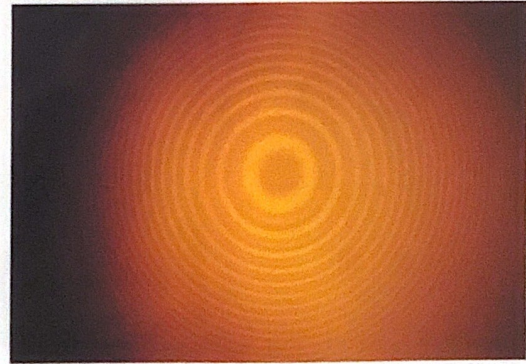


Auswertung:

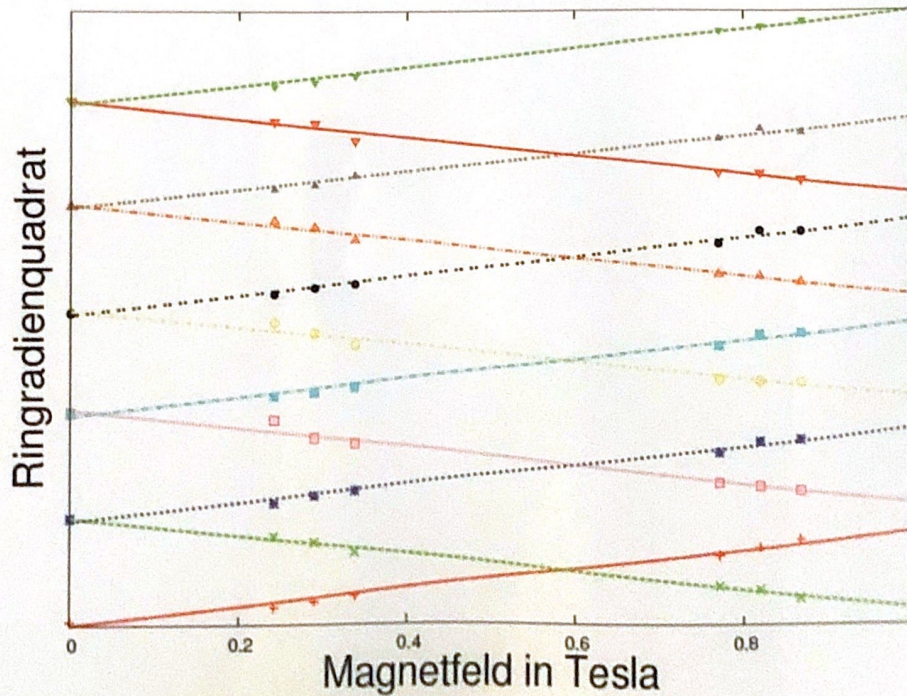
Fallen die Ringe wieder zusammen, so ist die Energieaufspaltung gerade doppelt so groß wie der freie Spektralbereich des Interferometers:



Ringsysteme liegen aufeinander



Ringsysteme sind getrennt



Aus dem Schaubild: $B_{FSB} = 0,58T \pm 0,02T$

$$\mu_B = \frac{ch}{4d B_{FSB}} = (9,0491 \pm 0,3120) \cdot 10^{-24} \text{ Am}^2$$

$$\mu_{B, \text{Lit}} = 9,2740 \cdot 10^{-24} \text{ Am}^2 \text{ nach [1]}$$

relativer Fehler: 2,5%