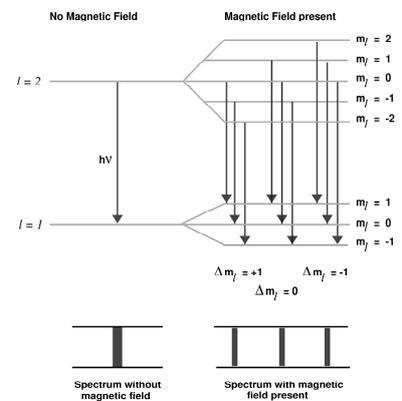
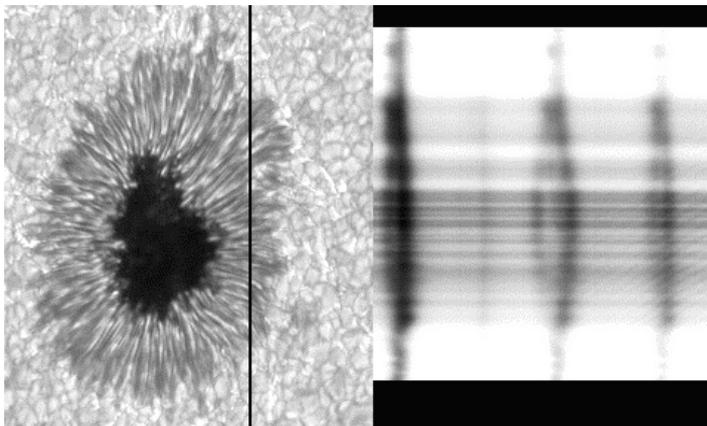


**ZEEMAN-EFFEKT**



## Theorie

Die für das Verständnis notwendigen Grundlagen sind vor der Durchführung des Versuchs anhand der Literatur zu erarbeiten.

Stichworte: Änderung der Kreisfrequenz des Elektrons im Magnetfeld (klassisch)  
Magnetfeld (klassisch)  
Schrödingergleichung, H-Atom  
Spin-Bahn-Kopplung, Vektorgerüstmodell  
Magnetisches Moment des Elektrons, Landefaktor  
Aufspaltung der Energieniveaus, Aufhebung der Entartung, Auswahlregeln, Relative Intensität der Linien  
Normaler und anomaler Zeemaneffekt  
Termschema von Cd, Lummer-Gehrcke-Platte  
Polarisation el.-magn. Wellen

Im ersten Teil des Versuchsberichts sind die wesentlichen Punkte zusammen zu fassen. Wichtige Figuren, Tabellen, Funktionen, usw. können kopiert werden und mit Quellenangabe in den eigenen Text eingefügt werden. Es sollen nicht bloss längere Abschnitte aus Fachbüchern abgeschrieben werden, sondern die für das Verständnis der physikalischen Prozesse nötigen theoretischen Grundlagen sollen in eigener Sprache zusammengestellt werden.

## Aufgaben

Vor der Durchführung des Versuchs sind die folgenden Aufgaben zu lösen und mit dem Assistenten zu besprechen:

1. Eine Natrium-Dampfampe emittiert eine gelbe Doppellinie bei den Wellenlängen 588.995 nm und 589.592 nm. Berechnen Sie die g-Faktoren der beteiligten Niveaus und das Termschema (in eV) in einem äusseren Magnetfeld von  $B = 8$  T. Tragen Sie massstäblich auf einer Wellenlängenskala (in nm, Luft) exakt sämtlicher Linien ein, welche emittiert werden (inkl. genaue Termbezeichnungen für Anfangs- und Endzustand sowie Polarisationsart). Verwenden Sie bitte folgende Werte für die Konstanten:  
 $c = 299792458$  m/s,  $h = 6.6260693 \times 10^{-34}$  Js,  $\mu_B = 9.27400949 \times 10^{-24}$  J/T,  
 $e = 1.60217653 \times 10^{-19}$  C  
Bitte beachten Sie, dass sich die Wellenlängenangaben auf Messungen in der Luft beziehen ( $n_D = 1.000293$ ), Energieangaben aber Medienunabhängig sind.
2. Diskutieren Sie die Eigenschaften von Quarz und Kalzit für die Herstellung einer  $\lambda/4$ -Platte. Mit welcher Geschwindigkeit breitet sich Licht aus einer Natrium-Dampfampe in den beiden Materialien aus. Die Brechungsindices betragen ( $\lambda=589$  nm):

Kalzit	Quarz	
$n_o=1.6584$	$n_o=1.5443$	ordentlicher Strahl
$n_e=1.4864$	$n_e=1.5534$	ausserordentlicher Strahl

Welche minimale Dicke muss eine  $\lambda/4$ -Platte haben und wie sind optische Achse und Verzögerungsrichtung räumlich orientiert?

## Messungen

1. Bestimmen Sie bei transversaler Beobachtung das Magnetfeld, bei dem durch das Teleskop auf der Lummer-Gehrcke-Platte ein äquidistantes Linienmuster sichtbar ist und berechnen Sie daraus den Wert von  $e/m$ .  
Ausmessen des Magnetfeldes mittels Gauss/Teslameter und x/y-Tisch.
2. Überlegen Sie theoretisch, welchen Polarisationszustand die einzelnen Linien bei transversaler und bei longitudinaler Beobachtung haben. Benützen Sie diese Information, um die Polarisationsrichtung des Polarisationsfilters und die Verzögerungsrichtung der  $\lambda/4$ -Platte zu bestimmen. (Ablesung auf der eingravierten Winkelskala).

## Besondere Hinweise

- Lummer-Gehrcke-Platte sehr sorgfältig behandeln (Fr. 5000.-).  
Stirnflächen nie mit blossen Fingern berühren!  
Platte erst einsetzen, wenn mechanischer Aufbau und Grobjustierung abgeschlossen.
- Beim Verschieben der Polschuhe Lampe nicht zerquetschen!
- Wasserkühlung für den Magneten **nicht** aufdrehen (zurzeit nicht mehr dicht).
- Strombegrenzung am Speisegerät bleibt stets auf „Intern“!
- Vor dem Ein- und Ausschalten des Magnets beide Pot.meter ganz auf Null drehen!
- Cd-Lampe vorsichtig handhaben. Nicht biegen.

## Literatur

Mayer-Kuckuck: Atomphysik

Eisberg, Resnick: Quantum Physics

Feynman: Lectures on Physics, Vol. III

W. Finkelburg: Einführung in die Atomphysik

Condon, Shortley: The theory of atomic spectra

G. Herzberg: Atomic Spectra and Atomic Structure

Bethe, Salpeter: Quantum Mech. of 1- and 2-electron atoms

Straughan, Walker: Spectroscopy Vol. I

C. Candler: Practical Spectrometry

K. Mütze: ABC der Optik

Naumann: Bauelemente der Optik

Klein: Optics

# 1. Der Zeemann-Effekt, physikalische Grundlagen, Berechnungsbeispiel

Ein magnetisches Feld verändert die Spektrallinien einer Lichtquelle. Die Aufspaltung der Spektrallinien in mehrere scharf voneinander getrennte Komponenten wird als Zeemann-Effekt bezeichnet, die Aufspaltung in 3 Komponenten (Lorentz-Triplett) als **normaler** Zeemann-Effekt und die Aufspaltung in mehr als 3 Komponenten als **anormaler** Zeemann-Effekt.

Elemente, deren Leuchtelektronen paarweise antiparallele Spindrehungen haben, zeigen den normalen Zeemann-Effekt, z. B. Cadmium. Die resultierende Spinquantenzahl  $S$  ist dann  $S = 0$  und der Gesamt Drehimpuls besteht nur aus dem Bahndrehimpuls. Ein von aussen einwirkendes Magnetfeld veranlasst die umlaufenden Elektronen zu Präzisionsbewegungen mit der Frequenz

$$\nu = \frac{1}{4\pi} \frac{e}{m} B$$

$\nu$  = Larmorfrequenz

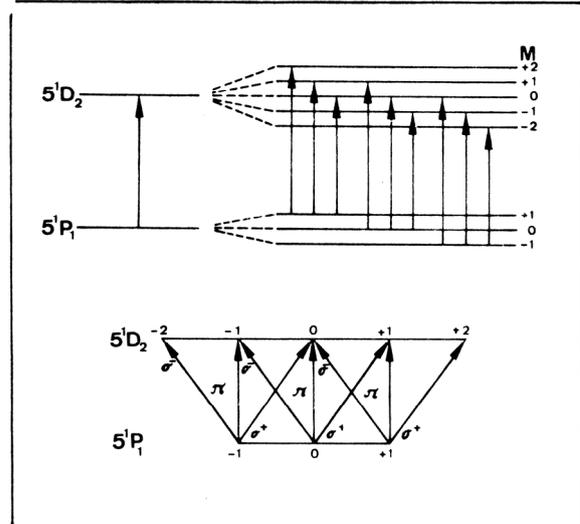
Die Präzisionsbewegung im Magnetfeld ist die Ursache für die Aufspaltung der Spektrallinien. Recht eindeutig lässt sich die Aufspaltung der Spektrallinien beim Cadmium zeigen.

Lange Zeit hat man die Aufspaltung der roten Cadmiumlinie für ein einfaches Beispiel des normalen Zeeman-Effekts gehalten. Man nahm an, dass nur der Übergang  $^1P_1 - ^1D_2$  die rote Linie emittiert. Heute weiss man, dass auch andere Übergänge mit fast gleicher Energiedifferenz in der roten Linie enthalten sind. Die aus der Spektrallinienverschiebung abgeleitete Berechnung der spezifischen Masse des Elektrons bleibt davon unberührt.

In Fig. 2 werden in vereinfachter Form das Term-schemata und Polarisationschema der roten Cadmiumlinie ( $\lambda = 643.8 \text{ nm}$ ) gezeigt.

Die rote Cadmiumlinie wird im Magnetfeld in zwei äussere  $\sigma$ -Komponenten und eine innere  $\pi$ -Komponente aufgespalten. Dies gilt für die transversale Beobachtung, d. h. für die Beobachtung senkrecht zur Richtung des magnetischen Feldes. Alle drei sichtbaren Linien dieses Lorentz-Triplets sind linear polarisiert und zwar die Zentrallinie, die der Spektrallinie der Lichtquelle ohne äusseres Magnetfeld entspricht, in Richtung des Magnetfeldes und die beiden äusseren Linien senkrecht zur Richtung des magnetischen Feldes.

Fig. 2 Term- und Polarisationschema



Beobachtet man in longitudinaler Richtung, d. h. in Richtung des äusseren Magnetfeldes, so erkennt man ein Dublett. Hier ist keine Zentrallinie sichtbar. Die beiden aufgespaltenen Linien sind beide gegeneinander zirkular polarisiert.

Zur Beobachtung der Aufspaltung der Spektrallinien im Magnetfeld ist ein Spektroskop mit hohem Auflösungsvermögen erforderlich. In der hier beschriebenen Versuchsanordnung wird eine Lummer-Gehrcke-Platte verwendet mit einem Auflösungsvermögen von

$$\text{ca. } \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = 500\,000.$$

Aus der sichtbaren Verschiebung der Spektrallinien ergibt sich eine messbare Wellenlängenänderung oder Frequenzänderung. Die beiden  $\sigma$ -Komponenten oder äusseren Trabanten des Triplets oder die beiden Linien des Dubletts sind z. B. zur Frequenz  $\nu + \Delta\nu$  oder  $\nu - \Delta\nu$  verschoben. Für die Verschiebung  $\Delta\nu$  gilt aber die Formel:

$$\Delta\nu = \pm \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{e}{m} \cdot B.$$

Hieraus lässt sich  $e/m$  berechnen:

$$\frac{e}{m} = \frac{4\pi}{B} \cdot \Delta\nu \tag{1}$$

$B$  = Kraftflussdichte in Tesla  $\left(\frac{Vs}{m^2}\right)$

$\Delta\nu$  = Frequenzverschiebung

$\Delta\nu$  muss aus der Auflösung der Lummer-Platte und der bei einem bestimmten  $B$  ermittelten Wellenlängeverschiebung abgeleitet werden.

Nach Kohlrausch (Praktische Physik, Band III, Seite 385) gilt für die Wellenlängenunterschiede, die an einer Lummer-Platte beobachtet werden können:

$$\Delta\lambda = \frac{\delta\alpha}{\Delta\alpha} \cdot \frac{\lambda^2 \sqrt{n^2 - 1}}{2d \left( n^2 - 1 - n \cdot \lambda \frac{\delta n}{\delta \lambda} \right)} \quad (2)$$

In der Berechnung kann der Ausdruck  $n \cdot \lambda \frac{\delta n}{\delta \lambda}$  vernachlässigt werden.

$$\text{Es folgt } \Delta\lambda = \frac{\delta\alpha}{\Delta\alpha} \cdot \frac{\lambda^2 \sqrt{n^2 - 1}}{2d(n^2 - 1)}$$

$\delta\alpha$  = Abstand einer der aufgespalteten Linien von der ursprünglichen Position der Interferenzlinien (ohne Magnetfeld)

$\Delta\alpha$  = Abstand zwischen zwei Interferenzlinien (ohne Magnetfeld).

Durch eine geeignete Methode kann das Verhältnis  $\frac{\delta\alpha}{\Delta\alpha}$  so eingestellt werden, dass sich ein einfacher Bruch, z. B.  $\frac{1}{4}$  ergibt.

$\lambda$  = Wellenlänge der roten Cadmiumlinie = 643.8 nm.

$n$  = Brechungszahl für das Quarzglas der Lummerplatte = 1.4567

$d$  = Dicke der Lummer-Gehrcke-Platte = 4.04 mm

$c$  = Lichtgeschwindigkeit

Zur Bestimmung der spezifischen Ladung des Leuchtelektrons muss nun aus der Wellenlängenverschiebung die Frequenzverschiebung berechnet werden. Die Berechnung erfolgt über die Beziehung zwischen Wellenlänge, Frequenz und Lichtgeschwindigkeit:

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

Bildet man das Differential

$$\frac{d\nu}{d\lambda} = -\frac{c}{\lambda^2}$$

so folgt mit dem Übergang  $d \rightarrow \Delta$  und das Auflösen nach  $\Delta\nu$ :

$$\Delta\nu = -\frac{c}{\lambda^2} \Delta\lambda \quad (3)$$

Die Frequenzverschiebung kann negativ oder positiv sein.

## 2. Optische Elemente

### 2.1 Beobachtungsoptik zum Zeemann-Effekt (Fig. 4)

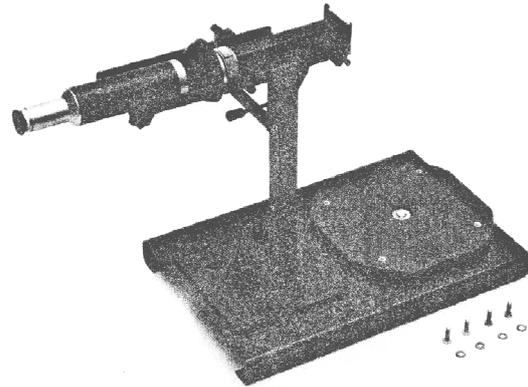


Fig. 4

Grundplatte für den Elektromagneten, Säule und Halter für die Lummer-Gehrcke-Platte und das Fernrohr bilden eine Einheit. Der Säulenschaft der Optik wird durch eine einzige Knebelschraube mit der Grundplatte verbunden. Das Gegenstück zu dieser Knebelschraube sitzt unter der Grundplatte verschiebbar in einem Schlitz. Ebenso ist der Durchbruch im Säulenschaft als Schlitz ausgebildet, so dass der Säulenschaft bei gelockter Knebelschraube in allen Richtungen verschoben werden kann.

Die Säule ist auch in der Höhe verstellbar, damit das Eintrittsfenster der Lummer-Gehrcke-Platte in die richtige Position gebracht werden kann.

Die Säule trägt den Halter für die Lummer-Gehrcke-Platte und den Haltebügel für das Beobachtungsfernrohr. Der Halter, ein Frästeil, ist innen mit Velourfolie als Auflage für die Lummer-Gehrcke-Platte ausgelegt und wird von oben durch eine Haube geschlossen. Die Haube, die mit drei kleinen Schrauben am Halter befestigt wird, trägt vorn eine Eintrittsblende und eine Steckfassung für ein Farbfilter und hinten einen zylindrischen Ansatz, auf den ein Halter mit Polarisationsfolie drehbar aufgeschoben werden kann.

In den Zapfen der Haltebügel sind die beiden Schwenkarme für das Fernrohr eingesetzt. Das Fernrohr selbst ist durch zwei Zapfen drehbar und durch eine Knebelschraube feststellbar am Ende der beiden Schwenkarme gehalten. Ausserdem

sind die beiden Schwenkarme durch eine Brücke verbunden. Durch eine Stellschraube in der Brücke werden die Schwenkarme gegen die Säule abgestützt. Das Fernrohr ist damit kippbar und in der Höhe verstellbar.

Auf das Fernrohr kann auf der Lichteintrittsseite ein Halter mit Polarisationsfolie oder Verzögerungsfolie aufgeschoben werden.

Ausserdem gibt es noch eine trichterförmige Lichtblende, die entweder auf den runden Filterhalter der Polarisationsfolie oder auf den Filterhalter der Verzögerungsfolie aufgesteckt werden kann. Das Beobachtungsfernrohr hat ein verschiebbares Okular zur Scharfeinstellung der zu beobachtenden Linien.

## 2.2 Lummer-Gehrcke-Platte

Die Lummer-Gehrcke-Platte aus Quarz passt in die mit Velourfolie ausgelegte Fräsung im Halter. Die Platte mit den Abmessungen 120 mm x 15 mm x 12 mm ist hochwertig plan parallel geschliffen. Auf einen Kopf der Platte ist ein Lichteintrittsprisma aufgeklebt.

Die Lummer-Gehrcke-Platte ist sorgfältig zu behandeln; sie soll immer so aufgelegt werden, dass sie möglichst auf der ganzen Länge gleichmässig unterstützt wird.

Zur Beobachtung des Zeeman-Effektes wird die Frontseite der Platte und ein Teil der Lichteintrittsfläche des Prismas abgedeckt.

Bei Transport der Beobachtungsoptik soll die Lummer-Gehrcke-Platte aus dem Halter genommen werden und an einem sicheren Ort aufbewahrt werden.

## 3. Bedienungshinweise

### 3.1 Aufbau der Versuchsanordnung

Elektromagneten auf der Grundplatte der Beobachtungsoptik festschrauben. Der Magnet soll sich auf der Grundplatte mit etwas Kraftaufwand drehen lassen.

Beobachtungsoptik auf der Grundplatte fest schrauben. Bei nicht fest gezogener Knebel-schraube muss sich die Säule der Beobachtungsoptik auf der Grundplatte verschieben lassen.

Polschuhe und Halter der Spektrallampe einsetzen. Die Polschuhe sollen mit ihrem glatten Ende ausssen etwa mit den Aussenflanken des U-Kerns des Magneten abschliessen. Die abgestumpften Kegel der Polschuhe zeigen dann nach innen. Abstand

der inneren kleinen Polschulfläche ca. 10 mm. Die Polschuhe sollten so ausgerichtet sein, dass man durch die Bohrung der beiden Polschuhe glatt hindurch blicken kann. Die Öffnung des Halters der Spektrallampe soll beim Einsetzen auf die Seite der Zuleitungen des Elektromagneten zeigen.

Knebelschrauben am Spektrallampenhalter und an Polschuhen fest ziehen und die Spektrallampe einführen. Dabei die Lampe in ihrer drehbaren Klemmfassung so drehen, dass die Abschmelzstelle des Lampenkolbes auf die Seite der elektrischen Anschlüsse des Magneten zeigt. Einschmelzstelle und die beiden isolierten Verbindungsdrähte schräg zur Fehlrichtung einstellen. Die isolierten Verbindungsdrähte dürfen die Polschuhe fast berühren. Spektrallampe in der Höhe so einstellen, dass sich die Lampenkolbenmitte im Zentrum des Magnetfeldes befindet. In der transversalen Beobachtungsrichtung (senkrecht zum Magnetfeld) stört der sichtbare Verbindungsdraht die Beobachtung nur wenig und in der longitudinalen Richtung (in Richtung des Magnetfeldes) soll der andere Verbindungsdraht die Beobachtung gar nicht stören.

Magnet auf der Grundplatte so drehen, dass die elektrischen Anschlüsse von der Beobachtungsoptik weg zeigen. Der Magnet steht dann quer zur längeren Achse der Grundplatte.

Spektrallampe an die Drossel anschliessen und in Betrieb nehmen. Ist eine Drossel mit Fünfpolstecker vorhanden, so wird automatisch an der richtigen Stelle der Drossel abgegriffen. Muss vom Lampenstecker über einen Adapter und Bananenstecker an eine Drossel mit Wahlmöglichkeiten angeschlossen werden, so ist in der Stellung: Hg-Cd anzuschliessen.

Kopfseite und Lichteintrittsfläche der Lummer-Gehrcke-Platte mit Klebfolie abdecken, besonders die nicht dem Lichteintritt dienende Stirnseite, Platte in den Halter der Beobachtungsoptik legen. Lummer-Gehrcke-Platte nur von der Seite her anfassen, auf keinen Fall durch Biegung oder in irgendeiner anderen Form mechanisch beanspruchen. Das Prisma der Lummer-Gehrcke-Platte ist zum Lichteintrittsspalt hin und die glatte Seite zum Beobachtungsfernrohr anzuordnen. Der Abstand der Lummer-Gehrcke-Platte vom Trägerende soll an beiden Seiten gleich sein. Zur Scharfeinstellung der Linien kann die Platte etwas nach vorne oder auch nach hinten verschoben werden.

Träger mit der Haube und Eintrittsspalt so aufsetzen, dass der zylindrischen Ansatz zum Beobachtungsfernrohr zeigt. Abdeckungshaube aufstecken, Höheneinstellung siehe besondere optische Hinweise.

**Achtung!** Nach Einsetzen der Lummer-Gehrcke-Platte soll die Beobachtungsoptik nicht mehr gekippt werden. Die Platte liegt lose auf dem Halter. Lummer-Gehrcke-Platte deshalb nur einsetzen, wenn die Beobachtungsoptik schon mit der Grundplatte verbunden ist.

Lichtblende auf den zylindrischen Ansatz der Abdeckhaube stecken. Fernrohr ausrichten. Mit dem Fernrohr soll die obere Fläche der Lummer-Gehrcke-Platte streifend beobachtet werden. Beobachtungsoptik auf Lichtquelle richten und vorsichtig in der Höhe verschieben, bis im Fernrohr deutlich grün-blaue und rote Streifen sichtbar werden. Man sieht gleichzeitig die Streifen der intensiven grün-blauen Quecksilberlinie, der blauen Quecksilberlinie und der roten Quecksilberlinie.

Rotfilter einsetzen und Position der Lummer-Gehrcke-Platte und des Beobachtungsfernrohres so lange korrigieren, bis deutlich das System der roten Interferenzlinien sichtbar wird. Okular scharf einstellen. Scharfeinstellung ist jeweils auf beschränkte Ausschnitte des Streifensystems möglich. Wird das Fernrohr auf das hintere Ende der Lummer-Gehrcke-Platte gerichtet, so erscheinen die Streifen symmetrisch nach oben und nach unten um die Abschlussfläche der Platte verteilt. Man kann auch von unten beobachten, wie Fig. 6 zeigt.

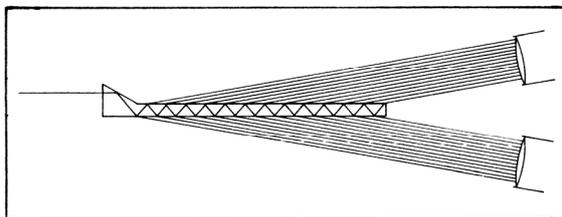


Fig. 6 Streifend austretende Interferenzbündel an einer Lummer-Gehrcke-Platte

### 3.2 Beobachtung des Streifensystems der roten Cadmiumlinie

Polarisationsfilter einsetzen. (Die Polarisationsfilterfolie ist etwas dunkler als die Verzögerungsfolie.) Polarisationsfilter (mit übergeschobener Blende) drehen. Die beobachteten Linien ändern sich nicht, sie sind nicht polarisiert.

Magneten an eine Gleichstromquelle anschliessen und Gleichstrom langsam erhöhen. Je nach der vorhandenen Spannungsquelle ist es vorteilhaft, die Wicklungen des Magneten in Serie oder parallel zu schalten. Man sieht bei Beobachtung durch das Fernrohr deutlich bei ca. 4 A die beginnende Aufspaltung der roten Interferenzlinien. Zunächst ohne Polarisationsfilter nur mit Lichtblende beobachten. Mit zunehmender Stromstärke wird die Aufspaltung der Linien grösser. Bei etwa 9 A bis

10 A ist jede der Interferenzlinien so weit in drei Komponenten aufgespalten (bei transversaler Beobachtungsrichtung), dass nun wieder ein System von gleichmässig über das Beobachtungsfeld verteilten Interferenzlinien entsteht. (Fig. 7).

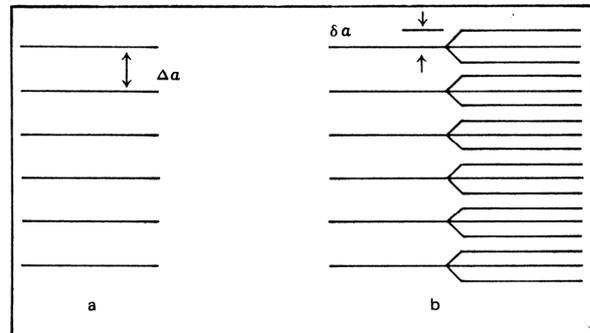


Fig. 7 Aufspaltung bei Beobachtung des Triplets,  $\delta \alpha = \frac{1}{3} \Delta \alpha$

- a) vor Einschalten des Magnetfeldes
- b) nach Einschalten des Magnetfeldes

Da das menschliche Auge sehr wohl geringe Unregelmässigkeiten in einem Liniensystem erkennen kann, kann das Einregulieren der Stromstärke bzw. der Feldstärke auf den Wert, bei dem ein neues Liniensystem mit gleichem Abstand der Linien entsteht, recht genau durch geführt werden.

### 3.3 Polarisation der Linien des Triplets

Polarisationsfilter einsetzen und aufgespaltene Linien (Triplet bei transversaler Beobachtungsrichtung) bei Drehen des Polarisationsfilters beobachten. In einer Position verschwindet die zentrale Linie und in einer anderen Stellung werden die beiden Seitenlinien ausgelöscht. Zentrale Linie und Seitenlinien lassen sich gut voneinander unterscheiden, wenn das Magnetfeld so weit abgeschwächt wird (3-5 A), dass die aufgespaltene Interferenzlinien nicht mehr gleichmässig über das Gesichtsfeld verteilt sind. Die Zentrallinie und die beiden Trabanten sind senkrecht zueinander polarisiert.

Die Polarisationsrichtung der Filterfolie prüft man, indem man von einer Glasplatte reflektiertes Licht beobachtet. Trifft Licht unter dem Brewster-Winkel ( $57^\circ$ ) auf eine Glasplatte, so ist das reflektierte Licht senkrecht zur Einfallsebene polarisiert. Wird der Winkel nicht genau eingehalten, z. B. durch streuendes Licht, so ist die Intensitätsänderung doch ausreichend, um durch Drehen oder Filterfolie die Polarisationsrichtung fest zu stellen.

Durch Beobachtung des Streifensystems mit Hilfe des Polarisationsfilters stellt man nun fest, dass die Zentrallinien senkrecht zur Richtung des Magnetfeldes polarisiert erscheinen. Bei der transversalen Beobachtung sieht man die Linien des Lorentz-tripletts, in dem die mittlere Linie mit  $\pi$ -Linie und

die beiden anderen Linien mit  $\sigma$ -Linien bezeichnet werden.

### 3.4 Beobachtung des Dubletts und Bestimmung der Polarisationsrichtung des Dubletts

Zur Beobachtung des Dubletts muss der Magnet auf der Grundplatte gedreht werden. Vorher muss die Beobachtungsoptik bis in ihre äusserste Stellung zurückgerückt werden. Magneten so ausrichten, dass die Beobachtungsoptik gut in Richtung der Bohrung im Polschuh des Magneten eingestellt werden kann.

Hg-Cd-Lampe einschalten und Beobachtungsoptik sowohl in der Höhe wie in der Seite und in der Richtung einjustieren. Das Streifensystem soll so hell wie möglich erscheinen. Gegeben durch die Geometrie und den Abstand sind die Interferenzlinien bei longitudinaler Beobachtungsrichtung schwächer als bei transversaler Beobachtung. Magnetfeld einschalten und ohne Filter die Aufspaltung jeder Linie zum Dublett beobachten. Polarisationsfilter einsetzen und aufgespaltene Linien betrachten. Bei Drehen des Polarisationsfilters sollte sich die Intensität der beiden Linien nicht ändern. Die Intensität ändert sich aber recht deutlich, da die verwendete Polarisationsfilterfolie sowohl polarisierende wie verzögernde Eigenschaften hat (Eigenschaften einer  $\frac{\lambda}{4}$ -Platte).

Halter mit Verzögerungsfolie auf das Fernrohr setzen und Beobachtung der Linien des Dubletts wiederholen. Es kann eine Einstellung für das Polfilter gefunden werden, bei der durch Linksdrehen oder Rechtsdrehen der Verzögerungsfolie die eine und dann die andere Linie ausgelöscht wird. Ist die Verzugsrichtung der Verzögerungsfolie  $45^\circ$  gegen die Polarisationsrichtung der Polarisationsfilterfolie nach links verdreht, so wird eine der beiden zirkular polarisierten  $\sigma$ -Linien des Dubletts durchgelassen. Wird die Verzögerungsfolie  $45^\circ$  nach rechts verdreht, so wird die gegenläufig polarisierte  $\sigma$ -Linie durchgelassen. ( $\sigma^+$ -Linie und  $\sigma^-$ -Linie), (Fig. 8).

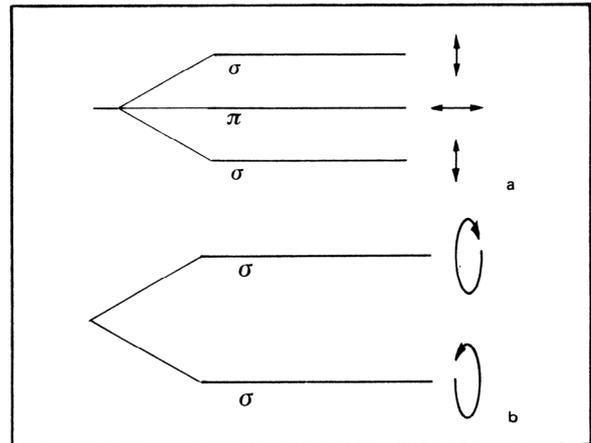


Fig. 8 Polarisation des Triplets a und des Dubletts b

### Hinweise zur Verbesserung der Beobachtungsbedingungen

Durch geringfügige Vertikalverschiebung der Abdeckhaube werden sowohl die Eintrittsöffnung wie die Austrittsöffnung nach oben oder unten verschoben. Die Helligkeit der Linien und das Streulicht können dadurch beeinflusst werden. Nach dem Einjustieren der Abdeckhaube Klemmschrauben wieder anziehen. Störendes Streulicht kann durch Aufkleben von Folien auf das Eintrittsprisma vermindert werden. Es bleibt dann ein bestimmter Streifen auf der Lichteintrittsfläche des Prismas frei. Diese günstige Lichteintrittsöffnung ist nicht für jede Lummer-Gehrcke-Platte gleich, sie müsste experimentell ermittelt werden.