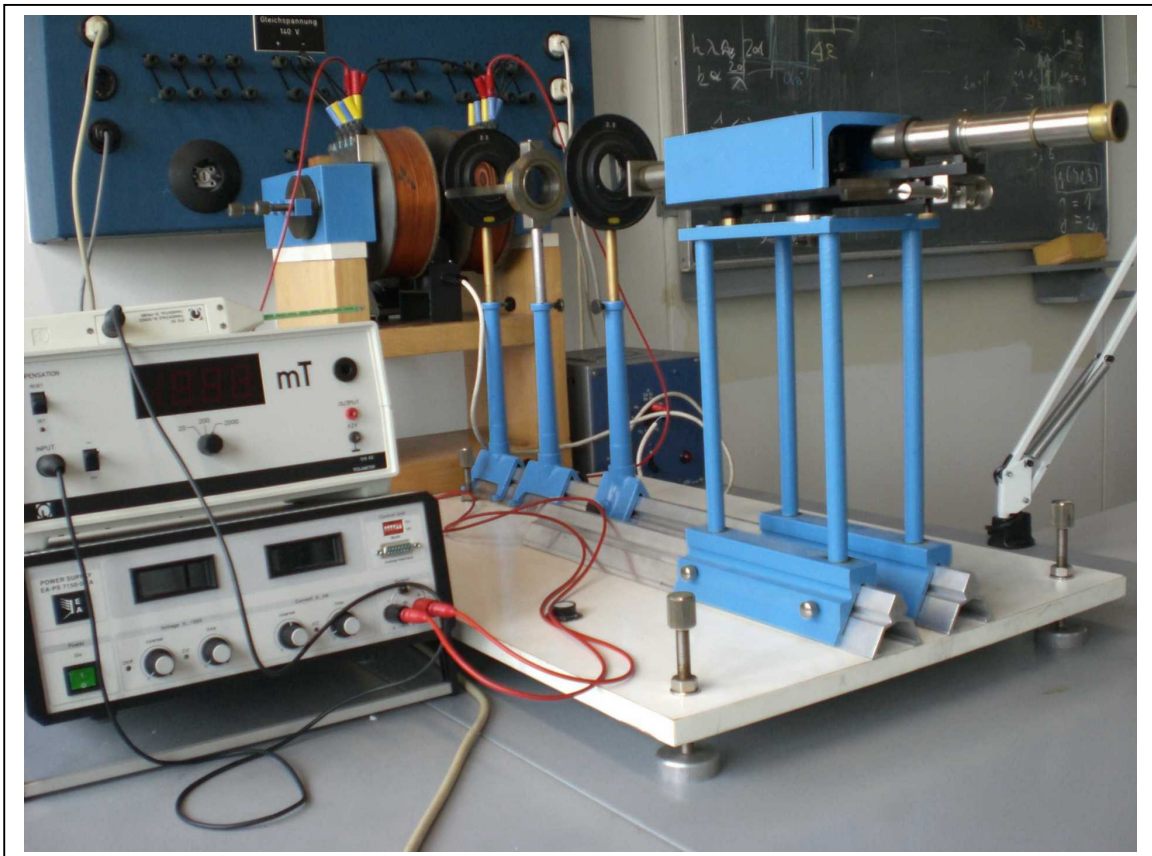


Versuch 1.4

ZEEMAN-Effekt

A. Aufgabenstellung

In einem Magnetfeld spalten die zu den sichtbaren Linien gehörenden Übergänge von Cadmium in mehrere Komponenten auf. Die Aufspaltung wird mit einem LUMMER-GEHRCKE-Spektrometer gemessen. Aus der Größe der Aufspaltung ist e/m zu berechnen. Als Zwischenergebnis ist der Berechnungsindex der LUMMER-Platte sowie die Ordnung der Interferenz anzugeben.



B. Anleitung zur Theorie

a) Klassische Beschreibung des ZEEMAN-Effekts

Die klassische Erklärung geht von der Bewegungsgleichung eines linearen harmonischen Oszillators im Magnetfeld aus. Darüber hinaus kann die Frage nach der Polarisierung bei longitudinalem und transversalem Effekt geklärt werden.

b) Quantenmechanische Beschreibung des ZEEMAN-Effekts

Quantenmechanisch wird der Übergang von der HAMILTON-Funktion zum HAMILTON-Operator vollzogen (ohne Eigendrehimpuls). Die Lösung der SCHRÖDINGER-Gleichung liefert nun für die Eigenwerte eine Aufhebung der natürlichen Entartung. Das normale ZEEMAN-Triplett und die Polarisationsverhältnisse ergeben sich unter Berücksichtigung der Auswahlregeln für elektrische Dipolstrahlung und Diskussion der entsprechenden Matrixelemente.

c) Anomaler ZEEMAN-Effekt

Die Berücksichtigung des Eigendrehimpulses von Elektronen und der magnetomechanischen Anomalie führen zum LANDÉ-Faktor, der im Vektormodell anschaulich abgeleitet werden kann. Sein Einfluss auf das ZEEMAN-Spektrum wird am Beispiel des Cadmium Atoms ($^3S_1 - ^3P_{0,1,2}$) erklärt.

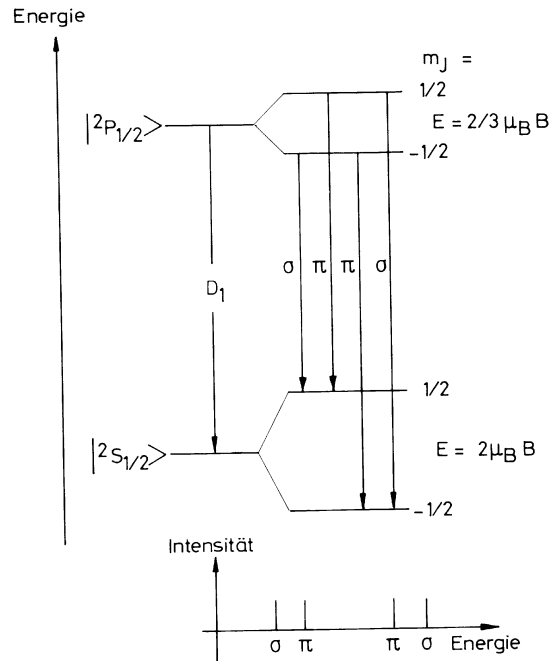


Fig. 1: Anomaler ZEEMAN-Effekt an der D_1 -Emission von Na ($\lambda = 589.6 \text{ nm}$) bei transversaler Beobachtung.

d) PASCHEN-BACK-Effekt

Der Grenzfall hoher Magnetfeldstärken wird erklärt und am Beispiel eines Multipllett-Atoms beschrieben. Für den speziellen Fall des He-Atoms wird eine Abschätzung gegeben.

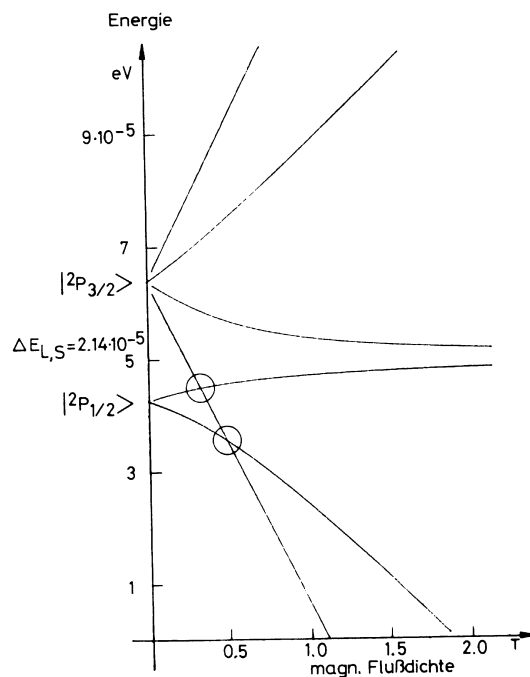
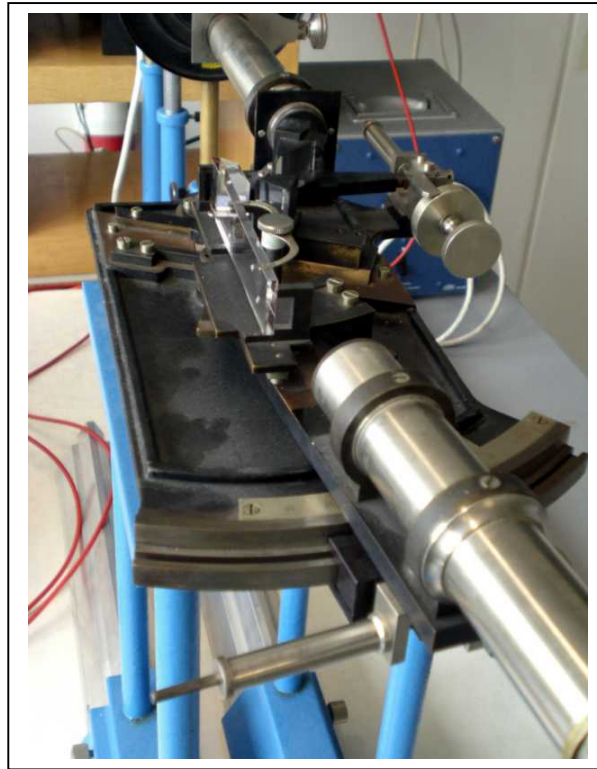


Fig. 2: ZEEMAN-Aufspaltung der Na-Multipllett Zustände $|^2P_{1/2}>$, $|^2P_{3/2}>$ als Funktion der Magnetfeldstärke (C : „level crossing“).

e) LUMMER-GEHRCKE-Platte

Neben dem Auflösungsvermögen werden die Interferenzbedingungen hergeleitet und beschrieben. Die gesuchte Wellenlängendifferenz wird aus der Winkeldispersion berechnet, wobei die Winkelabstände zwischen zwei Ordnungen und der Brechungsindex bekannt sein muss.



f) Teslameter

Zum Verständnis der Magnetfeldmessung mit Hilfe eines Teslameters ist die Kenntnis des HALL-Effekts notwendig.

C. Anleitung zur Durchführung

Bei der Ausmessung der Winkelabstände zwischen verschiedenen Wellenlängen wird die mittlere Spektrallinie des Triplets mittels eines Polarisators ausgeblendet. Man achte darauf, dass der Magnet nicht dauernd mit hohen Strömen belastet wird (maximal 2.5 A bei Parallelschaltung je zweier aufeinandergewickelter Spulen).

Die Messung des Magnetfeldes geschieht mit Hilfe einer HALL-Sonde. Dabei wird mit sechs verschiedenen Spulenströmen (1.5 – 2.5 A) die Linearität zum Magnetfeld überprüft.

Zerstörung der Messinstrumente durch Überlastung oder sonstige unsanfte Behandlung der Geräte ist zu vermeiden. Besondere Vorsicht ist bei der Behandlung der Spektrallampen geboten.

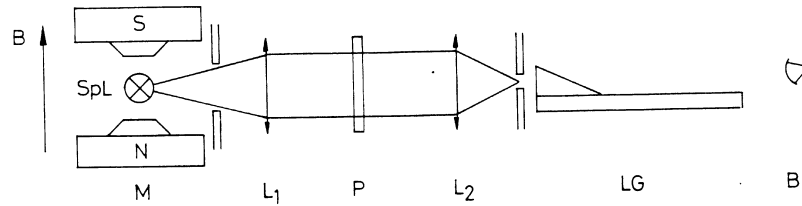


Fig. 3: Schematische Darstellung der experimentellen Anordnung zur Messung des ZEEMAN-Effekts; SpL: Spekt-rallampe, M: Magnet, L₁, L₂: Linsen, P: Polarisator, LG: LUMMER-GEHRCKE Platte, B: Beobachter.

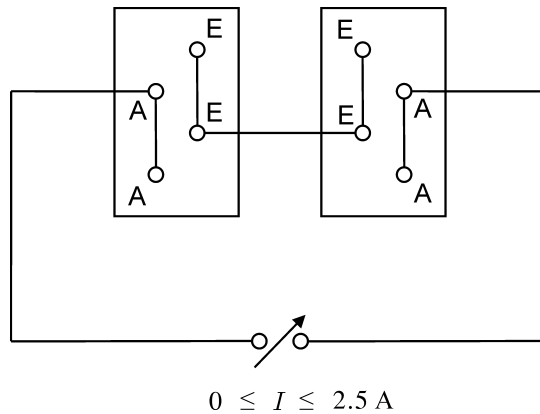


Fig. 4: Schaltbild zum Magnet

D. Geräte

- 1 Magnet
- 1 LUMMER-GEHRCKE-Spektrometer
- 1 Polarisationsfilter
- 1 Stativ mit Klammer
- 2 Linsen mit Fuß
- 1 Messinstrument
- 1 Netzgerät (150 V, 4 A)
- 1 Cd-Lampe
- 1 Netzgerät für Spektrallampen
- 1 Teslameter
- 1 Tangentialfeldsonde

E. Literatur

- W. FINKELNBURG, *Einführung in die Atomphysik*, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1967
- E. W. SCHPOLSKI, *Atomphysik*, Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1973
- H. HAKEN, H. C. WOLF, *Atom- und Quantenphysik*, Bd. II Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1976
- M. BÖHM, A. SCHARMANN, *Höhere Experimentalphysik*, VCH, Weinheim, 1992
- F. KOHLRAUSCH, *Praktische Physik*, B.G. Teubner, Stuttgart, 1985