

EP III - Seminar

Das Wasserstoffatom - Entartung und Zeeman- Effekt (Kap.4.1.2-4.2.1)

Entartung Gehören zwei oder mehr Zustände zur selben Energie, so bezeichnet man diese als *entartet*. Der Entartungsgrad n ist die Anzahl der linear unabhängigen Lösungen zum gleichen Energieeigenwert. Man spricht auch von n -facher Entartung. Der Grad der Entartung berechnet sich nach: $n^2 = \sum_{l=0}^{n-1} (2l+1)$. Die Entartung ist eine Folge der Symmetrie des Systems. Man spricht auch von der Entartung in einer Komponente, z.B. folgt aus der Rotationssymmetrie: $|\vec{L}|$. Sind zum Beispiel die Hauptquantenzahlen n gleich, so bezeichnet man diesen Zustand als in n entartet. Die Feinstruktur, die Hyperfeinstruktur und der Lambshift heben die Entartung, bis auf die Entartung der Rotationssymmetrie, auf.

Zeeman- Effekt Allgemein bezeichnet man die Aufspaltung der Spektrallinien in einem Magnetfeld als *Zeeman - Effekt*. Die Ursache hierfür liegt in der Wechselwirkung zwischen Magnetfeld und dem magnetischen Moment (Bahndrehimpuls, Spin) des Atoms. Der normale Zeeman- Effekt ist ein Spezialfall des anomalen Zeeman- Effektes. Man kann diesen Effekt halb-klassisch beschreiben mit den Bewegungen der Elektronen als Kreisbahnen um den Kern, aber mit einem gequantelten Drehimpuls. Die Elektronen erzeugen als bewegte Ladungen einen Strom I , dieser ist gegeben durch: $I = \frac{-ev}{2\pi r}$. Das magnetische Moment μ_l ist definiert durch: $\vec{\mu}_l = I \cdot \vec{A} = -ev \frac{r}{2} \cdot \vec{n}$ mit dem Flächenvektor $\vec{A} = \pi r^2 \vec{n}$. n ist der Flächennormalenvektor. Für das magnetische Moment gilt auch:

$$\vec{\mu}_l = -\frac{e}{2m_e} \vec{l}$$

mit $\vec{l} = \vec{r} \times \vec{p} = m_e r v \vec{n}$

Für die potentielle Energie gilt: $E_{pot} = -\vec{\mu}_l \cdot \vec{B} = \frac{e}{2m_e} \vec{l} \cdot \vec{B}$, nimmt man nun an $\vec{B}$ zeigt in die z-Richtung und für den Betrag des Drehimpulses in z- Richtung gilt:

$$l_z = m \frac{h}{2\pi}$$

(mit der magnetischen Quantenzahl m) folgt für die potentielle Energie, nach einsetzen der Formeln:

$$E_{pot} = \frac{eh/(2\pi)}{2m_e} \cdot mB = m\mu_B B.$$

Das Bohr'sche Magneton μ_B ist definiert als:

$$\mu_B = \frac{eh/(2\pi)}{2m_e}$$