Versuch 21

Optisches Pumpen

Jonah Nitschke
lejonah@web.de

Sebastian Pape
sepa@gmx.de

Durchführung: 13.12.2017
Abgabe: 13. Dezember 2017

1 Theorie

In dem folgenden Versuch soll mithilfe eines präziesen Verfahrens die Zeeman-Aufspaltung von ^{85}Rb und ^{87}Rb untersucht werden. Dafür wird das Verfahren des optischen Pumpens verwendet. Die Elektronenhülle eines isolierten Atoms besitzt diskrete Energieniveaus, wobei nach dem die Nievaus der innersten Schalen vollständig mit Elektronen besetzt sind (gemäß dem Pauli-Ausschlussprinzips). Für die äußeren Schalen ist bekannt, dass die Niveaus mit einer höheren Energie schwächer besetzt sind, wobei die zwei Niveaus mit Energien W_1 und W_2 ($W_1 < W_2$) und Besetzungszahlen N_1 und N_2 gemäß der folgenden Relation miteinander verknüpft sind.

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{g_2}{g_1}\frac{\exp\left(-W_2/kt\right)}{\exp\left(-W_1/kt\right)} \tag{1}$$

Durch das Verfahren des optischen Pumpens kann nun eine Inversion erzeugt werden, bei der $N_1 < N_2$ gilt. Durch hinterher induzierte Strahlungsübergänge kann die Energie der emittierten Quanten präzise ausgemessen werden. In dem folgenden Versuch sollen somit durch Untersuchung der Zeeman-Aufspaltung verschiedene Größen der Rubidium-Isotope bestimmt werden.

1.1 Magnetische Momente

Sowohl der Bahndrehimpuls $\vec{L}$ als auch der Spin $\vec{S}$ besitzen beide ein magnetisches Moment, welches Abhängig vom Betrag der Größe sowie der g-Faktor und dem Bohrschen Magneton ist. Da die beiden Größen zu einem Gesamtdrehimpuls $\vec{J}$ kann dementsprechend auch ein magnetisches Moment $\vec{\mu}_\mathrm{J}$ definiert werden.

$$|\vec{\mu}_\mathrm{L}| = \mu_\mathrm{B}\sqrt{L(L+1)} \tag{2}$$

$$|\vec{\mu}_\mathrm{S}| = g_\mathrm{S}\mu_\mathrm{B}\sqrt{S(S+1)} \tag{3}$$

$$\Longrightarrow \vec{\mu}_\mathrm{J} = \vec{\mu}_\mathrm{L} + \vec{\mu}_\mathrm{S} \tag{4}$$

$$|\vec{\mu}_\mathrm{J}| = g_\mathrm{J}\mu_\mathrm{B}\sqrt{J(J+1)} \tag{5}$$

$\vec{\mu}_\mathrm{J}$ führt dabei eine Präzessionsbewegung um die $\vec{J}$-Richtung aus, wodurch der senkrechte Anteil im zeitlichen Mittel verschwindet und als magnetisches Moment nur der parallele Anteil eine Rolle spielt. Durch vektorielle Betrachtung von $\vec{L}$, $\vec{S}$ und $\vec{J}$ lässt sich nun auch eine Formel für g_J bestimmen:

$$g_\mathrm{J} \approx \frac{3J(J+1) + S(S+1) - L(L+1)}{2J(J+1)} \tag{6}$$