Laserphysik

WS 2018/19 **5 . Übung** **27.11.2018**

Aufgabe 1

a) Zeigen Sie unter Verwendung der Maxwell-Bloch-Gleichungen im kohärenten Regime die Gültigkeit des folgenden Erhaltungssatzes:

$$|P|^2 \,+\, |d_{12}|^2\,\Delta n^2 \;=\; |d_{12}|^2\,n_0^2 \;=\; \text{const.} \qquad \text{mit} \qquad \Delta n \;=\; n_2 - n_1$$

mit der Amplitude der Polarisation P, dem Dipolmatrixelement d_{12} des optischen Übergangs und der Gesamtdichte n_0 der 2-Niveausysteme.

b) Zeigen Sie, daß sich die Maxwell-Bloch-Gleichungen im kohärenten Regime in folgender Weise schreiben lassen:

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{dt}}\,\vec{\mu} \;=\; \vec{\mu}\,\times\,\vec{R} \qquad \text{mit} \qquad \vec{\mu} \;=\; \frac{\Re\{P\}}{n_0\,|d_{12}|}\,\vec{e}_x \;-\; \frac{\Im\{P\}}{n_0\,|d_{12}|}\,\vec{e}_y \;+\; \frac{\Delta n}{n_0}\,\vec{e}_z$$

$$\text{und} \qquad \vec{R} \;=\; \Re\{\Omega_R\}\,\vec{e}_x \;-\; \Im\{\Omega_R\}\,\vec{e}_y \;-\; \Delta\,\vec{e}_z$$

wobei $\Omega_R = |d_{12}|E/\hbar$ die Rabi-Frequenz und $\Delta = \omega_{12} - \omega$ die Verstimmung zwischen der Übergangsfrequenz ω_{12} der 2-Niveausysteme und der Trägerfrequenz ω der Lichtwelle ist.

c) Wo startet der Bloch-Vektor $\vec{\mu}(t)$ und welche Bewegung führt er innerhalb der Blochkugel $|\mu(t)| = 1$ durch, wenn das 2-Niveausystem (anfänglich im Grundzustand) mit einem resonanten Lichtfeld $\Delta = 0$ wechselwirkt? Beantworten Sie die Frage qualitativ mit einer Skizze.

d) Beantworten Sie Teilaufgabe c) für ein anfänglich invertiertes 2-Niveausystem.

Aufgabe 2

In einem Behälter (Dicke $d = 1$ cm) befinde sich Natriumdampf bei einem Druck $p = 1$ Pa (Dampfdruck) und einer Temperatur $T = 554$ K. Die Natriumatome (Atomradius: $r = 180$ pm) zeigen zwei optische Übergänge:

$$3^2S_{1/2} \leftrightarrow 3^2P_{3/2} \text{ bei } \lambda_1 = 588{,}995 \text{ nm} \qquad \text{und} \qquad 3^2S_{1/2} \leftrightarrow 3^2P_{1/2} \text{ bei } \lambda_2 = 589{,}592 \text{ nm}.$$

a) Schätzen Sie das Dipolmatrixelement mit wasserstoffähnlichen Wellenfunktionen ab.

b) Berechnen Sie das Lorentz-Profil aufgrund der Stoßverbreiterung optischer Übergänge unter der Annahme, dass jeder Stoß zu einem kompletten Phasensprung führt. Betrachten Sie hierbei Atom-Atom-Stöße und Atom-Wand-Stöße im Limes harter Kugeln. Welche homogene Verbreiterung verursacht die Strahlungslebensdauer $\tau_{\text{rad}} = 227$ ns?

c) Berechnen Sie das Profil der inhomogenen Verbreiterung aufgrund der Doppler-Verschiebung.

d) Welche Verbreiterung dominert: (b) oder (c)? Wie zerfällt eine zuvor induzierte makroskopische Polarisation in diesem Gas? Können die beiden Übergänge unter diesen Bedingungen spektroskopisch getrennt werden?

e) Der Behälter wird von einem monochromatischen aber abstimmbaren Laser durchstrahlt. Berechnen und skizzieren Sie die Transmission des Natriumdampfes als Funktion der optischen Laserfrequenz in der Nähe dieser Übergänge.