

Vorlesung: Prof. Dr. Kathy Lüdge
Übung: Felix Köster

9. Übungsblatt – Theoretische Physik VI: Nichtlineare Laserdynamik

Abgabe: Mi. 09.01.2019 12:00, in der Übung

Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es auch Punkte! Der Code der Programmieraufgaben kann per E-Mail eingereicht werden. Die Abgabe soll in Dreiergruppen erfolgen. Bitte geben Sie Ihre Namen und Matrikelnummern an.

Aufgabe 17 (20 Punkte): Stationäre Lösungen im Ein-Moden Betrieb

Die Laserfrequenz Ω_L wird einmal durch die Mode des leeren Resonators und durch die Frequenzverteilung der Zwei-Niveau-System in der Kavität bestimmt. In dieser Aufgabe soll einmal analytisch die Frequenzverschiebung für eine homogene Verteilung der Frequenzen bestimmt werden und semianalytisch für eine inhomogene Verteilung.

Die Laser-Grundgleichungen im Ein-Moden-Betrieb sind gegeben durch

$$\begin{aligned}\dot{a} &= (-i\omega - \kappa)a - i \sum_n g_n^* p_n \\ \dot{p}_n &= (-i\tilde{\omega}_n - \gamma)p_n + i g_n d_n a \\ \dot{d}_n &= \frac{d_0 - d_n}{T_1} + 2i(g_n^* p_n a^* + c.c.),\end{aligned}$$

wobei a die Feldamplitude, d_0 die Pumprate ist und p_n die Polarisation, g_n der gain und d_n die Inversion des n -ten Zwei-Niveau-Systems.

1. Lösen Sie das System mit dem Ansatz

$$\begin{aligned}a(t) &= A^{ss} e^{-i(\Omega_L t + \phi)} \\ p_n(t) &= p_n^{ss} e^{-i(\Omega_L t + \phi)} \\ d_n &= d_n^{ss},\end{aligned}$$

wobei Ω_L die Frequenz des Lasers ist. Sie sollten eine Gleichung für die Amplitude a^{ss} des elektrischen Feldes erhalten, die Sie in einen Realteil und einen Imaginärteil aufteilen können.

2. Gehen Sie nun von einer homogenen Verteilung für die Frequenzen der Zwei-Niveau-System aus. Heißt $\tilde{\omega}_n = \tilde{\omega}$ und berechnen Sie die Frequenz des Lasers Ω_L analytisch in Abhängigkeit von κ , γ , ω und $\tilde{\omega}$. Machen Sie die Näherung für lange Photonen-Lebenszeiten relativ zur Polarisation, $\gamma \gg \kappa$. Was können Sie beobachten?

3. Wir wollen nun die Laserfrequenz Ω_L näherungsweise für eine inhomogene Verteilung der Frequenzen ω_n berechnen. In diesem Fall hängt die Laserfrequenz Ω_L auch von der Photonenzahl bzw. Intensität $(a^{ss})^2$ ab. Die Gleichung kann somit nicht mehr analytisch und nur noch approximativ gelöst werden. Gehen Sie wie folgt vor:

Berechnen Sie zunächst die Photonenzahl $(a^{ss})^2$ für eine homogene Verteilung, indem Sie diese aus dem Realteil bestimmen. Dafür müssen Sie Ω_L für eine homogene Verteilung bestimmen. Nehmen sie außerdem an, dass $\kappa = 1$, $\gamma = 1$, $\omega = 1$, $T_1 = 1$, $d_0 = 1$, $g_n = g = 1$, $\tilde{\omega}_n = \tilde{\omega} = 1$ und $N = 10000$.

Setzen Sie den Realteil von $(a^{ss})^2$ in den Imaginärteil von $(a^{ss})^2$. Sie erhalten somit eine Bestimmungsgleichung für Ω_L .

Setzen Sie das $(a^{ss})^2$ aus der homogenen Verteilung nun in die Bestimmungsgleichung und

9. Übung TPVI: Nichtlineare Laserdynamik, SS 18

nehmen Sie eine inhomogene Verteilung der $\tilde{\omega}_n$ an. Ziehen Sie sich $N = 10000$ Werte aus einer Gaußverteilung (2) mit kleiner Varianz σ^2 um $\tilde{\omega}_n = \tilde{\omega} = 1$. Bestimmen Sie nun Ω_L über das Newton-Verfahren (1). Was können Sie beobachten.

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)} \quad (1) \quad F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\tilde{\omega})^2}{\sigma^2}} \quad (2)$$

4. Wir haben die Näherung gemacht, dass a^{ss} trotz inhomogener Verteilung den Wert im Falle einer homogenen Verteilung annimmt. Plotten Sie das Ergebnis von Ω_L über verschiedene $(a^{ss})^2$. Hierfür reichen Werte von $\frac{(a^{ss})^2}{10}$ bis $10(a^{ss})^2$. Was können Sie beobachten?

Bitte Rückseite beachten! →

Vorlesung: Prof. Dr. Kathy Lüdge
Übung: Felix Köster

Vorlesung:	<ul style="list-style-type: none">• Montag 12:00 Uhr – 14:00 Uhr im EW 202.• Mittwoch 10:00 Uhr – 12:00 Uhr im EW 203.
Übung:	<ul style="list-style-type: none">• Mittwoch, 12:00 – 14:00 Uhr im EW 731.
Webseiten:	<ul style="list-style-type: none">• Details zur Vorlesung, Vorlesungsmitschrift und aktuelle Informationen sowie Sprechzeiten auf der Webseite unter https://www.itp.tu-berlin.de/menue/lehre/lv/ws_201819/wahlpflichtveranstaltungen/ndk161/
Scheinkriterien:	<ul style="list-style-type: none">• Mindestens 50% der Übungspunkte. (Abgabe in Dreiergruppen).• Regelmäßige und aktive Teilnahme in der Übung.
Kontakte:	<ul style="list-style-type: none">• Prof. Dr. Kathy Lüdge, EW 741, 314-23002, kathy.luedge@tu-berlin.de, Sprechzeiten Do. 14:00-15:00.• Felix Köster, EW 629, 314-24254, f.koester@tu-berlin.de, Sprechzeiten Mo. 13:30-14:30