Prof. Dr. Tobias Brandes
Dr. Clive Emary

6. Übungsblatt – TPVI: Quantensysteme im Nichtgleichgewicht

Abgabe: Fr. 29.06.2012 10:00-12:00, Uhr in der Vorlesung
Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es auch Punkte! Die Abgabe soll in Dreiergruppen erfolgen.

Aufgabe 14 (5 Punkte): *Wartezeitenverteilung der Single-Level-Dot*

Wir betrachten wieder den Single-Level-Dot im Grenzfall unendlicher Spannung;

$$\frac{d}{dt}|\rho\rangle\rangle \equiv \mathcal{L}|\rho\rangle\rangle, \quad |\rho\rangle\rangle \equiv (p_0, p_1)^T, \quad \mathcal{L} \equiv \begin{pmatrix} -\Gamma_L & \Gamma_R \\ \Gamma_L & -\Gamma_R \end{pmatrix} = \mathcal{L}_0 + \mathcal{J}_R,$$

wobei in der Zerlegung hier nur die rechtsseitigen Sprünge beobachtet werden und $\mathcal{J}_R$ wieder durch

$$\mathcal{J}_R \equiv \begin{pmatrix} 0 & \Gamma_R \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

gegeben ist. Leite das Ergebnis für die entsprechende Wartezeitenverteilung $w_R(\tau)$ zwischen zwei rechtsseitigen Sprüngen her,

$$w_R(\tau) = \Gamma_R\Gamma_L \frac{e^{-\Gamma_L\tau} - e^{-\Gamma_R\tau}}{\Gamma_R - \Gamma_L}.$$

Interpretiere dieses Ergebnis. Hinweis: Berechne zunächst $\hat{w}_R(z)$.

Aufgabe 15 (8 Punkte): *Waiting-time distribution of a damped harmonic oscillator*
Consider the damped oscillator with creator $a^\dagger$,

$$\begin{aligned} \dot{\rho} &= (\mathcal{L}_0 + \mathcal{J}_e + \mathcal{J}_a)\rho = -i[\omega a^\dagger a, \rho] - \frac{\gamma_e}{2}\left(a^\dagger a\rho + \rho a^\dagger a - 2a\rho a^\dagger\right) \\ &- \frac{\gamma_a}{2}\left(aa^\dagger\rho + \rho aa^\dagger - 2a^\dagger\rho a\right), \end{aligned}$$

where $\mathcal{J}_e\rho \equiv \gamma_e a\rho a^\dagger$. Calculate the waiting time distribution for photon emissions,

$$w_{ee}(\tau) = \frac{\mathrm{Tr}\mathcal{J}_e e^{\mathcal{L}_0\tau}\mathcal{J}_e\rho_0}{\mathrm{Tr}\mathcal{J}_e\rho_0}$$

for a thermal state ρ_0.

Bitte Rückseite beachten!⟶

Aufgabe 16 (7 Punkte): *The $g^{(2)}$-function and waiting times*
Betrachte eine Zerlegung der Mastergleichung $\dot{\rho} = \mathcal{L}_0\rho + \mathcal{J}\rho$, wobei der Sprungoperator eine einfache dyadische Form $\mathcal{J} = |1\rangle\rangle\langle\langle\tilde{1}|$ haben soll (d.h. bei Anwendung von $\mathcal{J}$ auf einen Zustand $|\rho\rangle\rangle$ landet das System immer im selben Zustand $|1\rangle\rangle$ unabhängig von $|\rho\rangle\rangle$). Zeige, dass dann im Laplace-Raum der Zusammenhang

$$\hat{w}(z) = \frac{\langle I\rangle \hat{g}^{(2)}(z)}{1 + \langle I\rangle \hat{g}^{(2)}(z)}, \quad \langle I\rangle \equiv \mathrm{Tr}\mathcal{J}\rho_0$$

zwischen der Wartezeitenverteilung und der $g^{(2)}$-Funktion besteht.

Vorlesung:	• Do. 10:00 Uhr – 12:00 Uhr im EW 203. • Fr. 10:00 Uhr – 12:00 Uhr im EW 203.
Übung:	• Mi. 14–16 Uhr im EW 016 (Clive Emary).
Scheinkriterien:	• Mindestens 50% der Übungspunkte. • Regelmäßige und aktive Teilnahme am Tutorium. • Schriftliche Arbeit.
Literatur:	• H. Carmichael, *An Open System Approach to Quantum Optics*, Springer Lecture Notes in Physics m 18, (Berlin, Heidelberg, 1993). • H. Carmichael, *Statistical Methods in Quantum Optics 1: Master Equations and Fokker-Planck Equations* (Springer 2003). • T. Brandes, *Waiting Times and Noise in Single Particle Transport*, Ann. Phys. (Berlin) **17**, 477 (2008). • C. Emary, C. Pöltl, A. Carmele, J. Kabuss, A. Knorr, T. Brandes, *Bunching and anti-bunching in electronic transport*, Phys. Rev. B **85**, 165417 (2012).