

Prof. Dr. Tobias Brandes  
Dr. Javier Cerrillo

## 6. Übungsblatt – TPVI: Quantensysteme im Nichtgleichgewicht

**Abgabe: Mi. 11.01.2017 12:15 Uhr im Tutorium**

Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es auch Punkte! Die Abgabe soll in Dreiergruppen erfolgen.

**Aufgabe 10 (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 11 (8 Punkte):** Wartezeitenverteilung des gedämpften harmonischen Oszillator

Consider the master equation of exercise 9,

$$(1) \quad \dot{\rho} = (\mathcal{L}_0 + \mathcal{J}_- + \mathcal{J}_+)\rho = -i[\nu b^\dagger b, \rho] - \frac{A_-}{2} (b^\dagger b \rho + \rho b^\dagger b - 2b \rho b^\dagger) \\ - \frac{A_+}{2} (b b^\dagger \rho + \rho b b^\dagger - 2b^\dagger \rho b),$$

where  $\mathcal{J}_-\rho \equiv A_- a \rho a^\dagger$ . Calculate the waiting time distribution for phonon emissions,

$$w_{--}(\tau) = \frac{\text{Tr} \mathcal{J}_- e^{\mathcal{L}_0 \tau} \mathcal{J}_- \rho_0}{\text{Tr} \mathcal{J}_- \rho_0}$$

for a thermal state  $\rho_0$ .

**Bitte Rückseite beachten! →**

6. Übung TPVI WS16

**Aufgabe 12 (7 Punkte):** Die  $g^{(2)}$ -Funktion und Wartezeiten

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

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

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