

PD Dr. Gernot Schaller  
Sebastian Restrepo

#### 4. Übungsblatt – TPVI: Theorie des Quantentransportes

**Abgabe: Do. 14.11.2019 16:00 Uhr im Tutorium**

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

#### Aufgabe 9 (20 Punkte): State exchange

Consider an open two-level system with orthonormal basis  $\{|+\rangle, |-\rangle\}$ . The environment is such that in the time interval  $dt$ , with probability  $\lambda dt$ , it acts over the state of the qubit  $|\psi\rangle = a_1|+\rangle + a_2|-\rangle$ , interchanging  $|+\rangle \leftrightarrow |-\rangle$  and becoming  $|\psi'\rangle = a_1|-\rangle + a_2|+\rangle$ .

- Write the equation of motion for the qubit density matrix.
- Is this equation in Lindblad form? What are the Lindblad operators?
- For an arbitrary initial state of the qubit find the time evolution of the populations and the coherences in the given basis.
- What happens to the state of the qubit when  $t \rightarrow \infty$ ?

#### Aufgabe 10 (10 Punkte): KMS condition

Let us consider an open quantum system where the interaction Hamiltonian is a sum of Hermitian operators  $H_I = \sum_{\mu} S_{\mu} B_{\mu}$ , where  $S_{\mu}$  are system operators and  $B_{\mu}$  are bath operators. The correlation function of the bath is defined as

$$C_{\mu\nu}(\tau) = \text{tr} \left( e^{iH_B\tau} B_{\mu} e^{-iH_B\tau} B_{\nu} \rho_B \right).$$

- Show the validity of the Kubo-Martin-Schwinger condition

$$C_{\mu\nu}(\tau) = C_{\nu\mu}(-\tau - i\beta),$$

for a thermal bath with  $\rho_B = \frac{e^{-\beta H_B}}{\text{tr}(e^{-\beta H_B})}$ .

- The Fourier transform of the correlation function is defined as

$$\gamma_{\mu\nu}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} d\tau C_{\mu\nu}(\tau) e^{i\omega\tau}.$$

Show that now the Kubo-Martin-Schwinger condition reads as

$$\gamma_{\mu\nu}(\omega) = \gamma_{\nu\mu}(-\omega) e^{\beta\omega}.$$

**Vorlesung:**

- Do. 10:00 Uhr – 12:00 Uhr im EW 203.
- Fr. 10:00 Uhr – 12:00 Uhr im EW 203.

**Übung:**

- Do. 16:00 Uhr – 18:00 Uhr im EW 733.

**Scheinkriterien:**

- Mindestens 60% der Übungspunkte.
- Regelmäßige und aktive Teilnahme am Tutorium.