

**4. Übungsblatt zur Theoretische Festkörperphysik****Abgabe:** bis Dienstag 19.05.2009 10:15 Uhr in der Vorlesung.**Aufgabe 7 (7 Punkte):** *Das Independent Boson Model (IBM) – Theorie*

1. Leiten Sie mit Hilfe der HEISENBERG'schen Bewegungsgleichung ( $i\hbar\dot{\hat{O}} = [\hat{O}, \hat{H}]$ ) die Bewegungsgleichungen für  $\hat{a}_{\lambda,\mathbf{k}}^\dagger$ ,  $\hat{a}_{\lambda',\mathbf{k}'}$ ,  $\hat{b}_{j,\mathbf{q}}^\dagger$  und  $\hat{b}_{j,\mathbf{q}}$  her, falls der Hamiltonoperator wie folgt definiert ist:

$$\hat{H} = \hat{H}_{\text{el}}^{\text{kin}} + \hat{H}_{\text{pn}}^{\text{kin}} + \hat{H}_{\text{el-pn}}^{\text{WW}} \quad (1)$$

$$= \sum_{\lambda\mathbf{k}} \varepsilon_{\lambda\mathbf{k}} \hat{a}_{\lambda,\mathbf{k}}^\dagger \hat{a}_{\lambda,\mathbf{k}} + \sum_{qj} \hbar\omega_{j,\mathbf{q}} \hat{b}_{j,\mathbf{q}}^\dagger \hat{b}_{j,\mathbf{q}} + \sum_{\lambda,\lambda',j,\mathbf{k},\mathbf{q}} g_{\mathbf{q},j}^{\lambda\lambda'} \left( \hat{b}_{j,-\mathbf{q}}^\dagger + \hat{b}_{j,\mathbf{q}} \right) \hat{a}_{\lambda,\mathbf{k}+\mathbf{q}}^\dagger \hat{a}_{\lambda,\mathbf{k}} \quad (2)$$

2. Wie sieht die Bewegungsgleichung speziell für die Polarisation  $\hat{p} = \hat{a}_v^\dagger \hat{a}_c$  eines zwei Niveausystems (mit Niveaus  $v$  (valence) und  $c$  (conduction)) bei diagonalen Elektron-Phonon Kopplung aus?
3. In der VL wurde gezeigt, dass eine formale Lösung für die Polarisation gegeben ist durch:

$$\hat{p}(t) = \hat{p}(t_0) + i \int_{t_0}^t dt_1 \hat{\phi}(t_1) \hat{p}(t_1).$$

Sei vorerst  $\hat{\phi}(t) = \phi(t)$  keine operatorwertige, sondern *skalare* Funktion. Wie sieht die dritte Ordnung der VON-NEUMANN Reihe mit Zeitordnung explizit aus?