



## Grundvorlesung Theoretische Chemie – Quantenmechanik I Übungsblatt Nr. 6, 17.12.2008

Die Übungsblätter können heruntergeladen werden von

<http://www.uni-ulm.de/theochem/>

Die Aufgaben werden besprochen in dem Seminar am 07.01.2009

---

### Aufgabe 7: Ort und Impuls

- a) Zeigen Sie, dass für all Funktionen  $F$  und  $G$ , die sich als Potenzreihe in  $x$  bzw.  $p$  darstellen lassen, folgende Vertauschungsregeln gelten

$$[x_i, G(\mathbf{p})] = i\hbar \frac{\partial G}{\partial p_i}, \quad [p_i, F(\mathbf{x})] = -i\hbar \frac{\partial F}{\partial x_i}.$$

Hinweis: Benutzen Sie die fundamentalen Vertauschungsregeln.

- b) Berechnen Sie  $[x^2, p^2]$ . Vergleichen Sie das Ergebnis mit der klassischen Poissonklammer

$$\{x^2, p^2\}_{kl} = \frac{\partial x^2}{\partial x} \frac{\partial p^2}{\partial p} - \frac{\partial p^2}{\partial x} \frac{\partial x^2}{\partial p} = ?.$$

### Aufgabe 8: Translation

Der Translationsoperator für eine endliche räumliche Verschiebung  $\mathbf{l}$  ist gegeben durch

$$\mathcal{T}(\mathbf{l}) = \exp\left(\frac{-i\mathbf{p} \cdot \mathbf{l}}{\hbar}\right),$$

wo  $\mathbf{p}$  der Impulsoperator ist.

- a) Berechnen Sie

$$[x_i, \mathcal{T}(\mathbf{l})].$$

Hinweis: Benutzen Sie

$$[x_i, G(\mathbf{p})] = i\hbar \frac{\partial G}{\partial p_i},$$

wo  $G$  eine beliebige Funktion ist.

- b) Benutzen Sie (a) (oder etwas anderes) um zu zeigen, wie sich der Erwartungswert  $\langle \mathbf{x} \rangle$  unter einer Translation verändert.