

# Leitfaden zur Theorie-Prüfung

Inhalt der Prüfung ist grundsätzlich der gesamte Vorlesungsstoff. Dabei steht das Verständnis der grundlegenden Konzepte und Methoden im Vordergrund. Versuchen Sie also zunächst, das Vorlesungsmanuskript vollständig zu verstehen. Wenn Sie etwas auch nach längerem Bemühen nicht verstehen, fragen Sie Ihre Kommilitonen, Ihren Übungsleiter oder mich!

Blinde Auswendig-Lernen der Ergebnisse ist in den meisten Fällen nicht gefragt. Ein gewisses Basiswissen ist jedoch unerlässlich: Wenn man gar nichts weiß, kann man auch keine Zusammenhänge herstellen oder sich etwas schnell herleiten. Darüber hinaus gehören einige Gleichungen und Ergebnisse zur Allgemeinbildung von Physikern und Physikerinnen und sollten daher präsent sein. In vielen Fällen genügt es aber, die ungefähre Struktur einer Gleichung oder Lösung zu kennen, z.B. dass die verallgemeinerte Unschärferelation für zwei Observable mit dem Kommutator zusammenhängt, ohne den genauen Vorfaktor.

Da der Theorie-Teil der Prüfung nur 20 Minuten lang ist (wie auch der experimentelle Teil), wird nach längeren Herleitungen sicherlich nicht gefragt werden. Kurze Herleitungen, wie z.B. die zeitunabhängige Schrödinger-Gleichung aus der zeitabhängigen, sind aber möglich. Ansonsten genügt es oft, die wesentlichen Schritte des Vorgehens zu wissen (z.B. beim Wasserstoff-Atom: Separation in Radial- und Winkelanteil, Struktur der Radialgleichung, Asymptotik, Potenzreihenansatz, ..., s.u.).

Dieser Leitfaden soll helfen, den ungefähren Erwartungshorizont abzustecken.

## 1. Allgemeine Konzepte

- Zeitabhängige Schrödinger-Gleichung (auswendig); physikalische Interpretation der einzelnen Terme.
- Wahrscheinlichkeitsinterpretation der Wellenfunktion: Wahrscheinlichkeitsdichte, Normierung (wie und warum), Wahrscheinlichkeitserhaltung (Kontinuitätsgleichung, Herleitung aus der SG). Was passiert mit der Wellenfunktion bei einer Messung?
- Wellenfunktion im Impulsraum; Orts- und Impulsoperator in Orts- und Impulsraumdarstellung.
- Zeitunabhängige Schrödinger-Gleichung (auswendig wissen und aus der zeitabh. SG herleiten können); einfache Eigenschaften stationärer Lösungen; Entwicklung nicht-stationärer Lösungen in der stationären Basis.
- Erwartungswert: Definition in Ortsraumdarstellung und physikalische Bedeutung.
- Skalarprodukte, Erwartungswerte und „Matrixelemente“ in Bra-Ket-Schreibweise und ihre Bedeutung in Ortsraum-Darstellung. Warum werden Observable durch hermitesche Operatoren beschrieben?
- Definition der Unschärfe einer Observablen. Wann verschwindet sie? Wann können zwei Observable „gleichzeitig“ scharf gemessen werden, d.h. ohne dass sich die Messungen gegenseitig stören? Verallgemeinerte Unschärferelation (qualitativ, keine Herleitung); Unschärferelation für Ort und Impuls (auswendig).

- Kommutator: Definition, einfache Beispiele rechnen können, insbesondere Ort und Impuls.
- Drehimpuls: Kommutatorrelationen, Leiteroperatoren, welche möglichen Eigenwerte von  $\hat{L}^2$  und  $\hat{L}_z$  ergeben sich aus den Kommutatorrelationen? Welche Eigenwerte gibt es tatsächlich und was sind die Eigenfunktionen?
- Spin: Kommutatorrelationen, mögliche Eigenwerte (allgemein); Spin- $\frac{1}{2}$ : Wie kommt man auf die Pauli-Matrizen?
- Identische Bosonen und Fermionen: (Anti-)symmetrisierte Zwei-Teilchen-Wellenfunktionen; Pauli-Prinzip, „Austauschkraft“ (qualitativ).
- Systeme mit zwei Spin- $\frac{1}{2}$ -Teilchen: Wie sehen die Eigenzustände des Gesamtspins aus, welche Symmetrie haben sie unter Vertauschung? Was ergibt sich daraus für die Ortswellenfunktion bei identischen Fermionen?
- Statistische Verteilungsfunktionen (Boltzmann, Bose-Einstein, Fermi-Dirac) auswendig wissen und ungefähre Vorgehensweise bei ihrer Herleitung; Lagrange'sche Multiplikatoren.

## 2. Konkrete Beispiele und Anwendungen

- Freie Lösungen (ebene Wellen und Wellenpakete): Wie sehen die Lösungen aus? Zusammenhang mit der Unschärferelation qualitativ erläutern.
- Unendlicher Potenzialtopf: SG vollständig lösen können.
- Tunneleffekt: grundsätzliche Vorgehensweise.
- Eindimensionaler harmonischer Oszillator: Wie sieht der Hamilton-Operator aus? Wesentliche Schritte bei der Lösung der SG: Einführung von Auf- und Absteigeoperatoren (ohne genaue Definition), auf welches Problem stößt man zunächst und wie umgeht man es? Energie-Spektrum (auswendig) und Eigenfunktionen (qualitativ).
- Zentralpotenziale: Separationsansatz. Was sind die Lösungen der Winkelgleichung? Wie sieht die Radialgleichung aus? Interpretation des effektiven Potentials.
- Wasserstoffatom: Coulomb-Potenzial; ungefähre Vorgehensweise beim Lösen der Radialgleichung (Asymptotik, Potenzreihenansatz, warum muss die Reihe abbrechen?) Spektrum, welche Quantenzahlen gibt es? Qualitative Form der Radialwellenfunktionen.
- Bose-Einstein-Kondensation (qualitative Idee).
- Planck'sches Strahlungsgesetz: ungefähre Vorgehensweise bei der Herleitung: Welche Grundannahmen gehen ein?