

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	1
1.1 Teilchen und Felder	4
1.2 Zum Gegenstand unserer Untersuchungen	9
1.3 Zum Aufbau der Vorlesung; Erinnerung an den Theoriebegriff ..	11
2. Die Wellenmechanik eines spinlosen Teilchens	14
2.1 Die zeitabhängige Schrödingergleichung und die statistische Interpretation	14
2.1.1 Zum Begriff des Zustandes und des Prozesses	15
2.1.2 Der quantenmechanische Zustand und seine physikalische Bedeutung	17
2.2 Das freie Teilchen	28
2.2.1 Die Lösung der Schrödingergleichung	28
2.2.1.1 Lösungen in Gestalt ebener Wellen	29
2.2.1.2 Das Anfangswertproblem und die allgemeine Lösung	32
2.2.1.3 Der Propagator der Freiteilchen- Schrödingergleichung	33
2.2.2 Wellenpakete und Teilchenbewegung	36
2.2.2.1 Vergleich mit der klassischen Teilchen- bewegung	37
2.2.2.2 Das eindimensionale Gaußsche Wellenpaket ...	39
2.3 Vertiefung der statistischen Interpretation	45
2.3.1 Die quantenmechanische Gesamtheit	45
2.3.2 Mittelwerte und Streuung	47
2.3.2.1 Allgemeine Aussagen	47
2.3.2.2 Die Bewegungsgleichung für Mittelwerte	51
2.4 Operatoren in der Ortsdarstellung	54
2.4.1 Erste Begegnung mit einem neuen Konzept	54
2.4.2 Nähere Untersuchungen	57

2.4.3	Operatorenmittelwerte und Skalarprodukte	62
2.4.4	Operatoren in der Quantenmechanik	68
2.5	Die Impulsdarstellung der Quantenmechanik	74
2.6	Die zeitunabhängige Schrödingergleichung und das quantenmechanische Eigenwertproblem	81
2.6.1	Separation der zeitabhängigen Gleichung und stationäre Lösungen	81
2.6.2	Zum quantenmechanischen Eigenwertproblem	84
2.6.2.1	Vorbemerkungen	84
2.6.2.2	Qualitatives zur Eigenwertaussage in einer Dimension	87
2.6.2.3	Eigenschaften von diskreten Eigen- werten und Eigenfunktionen	89
2.6.2.4	Das kontinuierliche Spektrum	94
2.6.3	Quantenmechanische Observablen und Messungen	100
2.6.3.1	Das zentrale Postulat	101
2.6.3.2	Exkurs über Zufallsprozesse	109
2.6.3.3	Quantenmechanische Messungen	114
2.7	Einfache Beispiele für die Lösung des quanten- mechanischen Eigenwertproblems	122
2.7.1	Der Potentialtopf mit unendlich hohen Wänden	123
2.7.1.1	Das Problem in einer Dimension	123
2.7.1.2	Theorie der Fourierreihen	130
2.7.1.3	Der dreidimensionale Potentialkasten mit unendlich hohen Wänden	134
2.7.2	Der eindimensionale Potentialtopf mit endlicher Tiefe	136
2.7.3	Das Kontinuum und das quantenmechanische Streuproblem	143
2.7.4	Der harmonische Oszillator	152
2.7.4.1	Die Rekursionsmethode	152
2.7.4.2	Die algebraische Methode	158
2.7.4.3	Der mehrdimensionale harmonische Oszillator	168
2.8	Weiterentwicklung des quantenmechanischen Formalismus: Bedeutung der Vertauschbarkeit von Observablen	169
2.8.1	Unschärferelationen	169

2.8.2	Die Zeitentwicklung der statistischen Größen und der klassische Limit	174
2.8.3	Kommutierende Observablen	183
2.8.4	Anwendung: Die Symmetrie der Eigenfunktionen für ein symmetrisches Potential	187
2.9	Quantenmechanik des Drehimpulses	191
2.9.1	Definitionen und grundlegende Eigenschaften	191
2.9.2	Algebraische Behandlung des Eigenwertproblems	194
2.9.3	Analytische Behandlung in Kugelkoordinaten	202
2.10	Die Schrödingergleichung mit Zentralpotential	209
2.10.1	Transformation der Schrödingergleichung auf Kugelkoordinaten	210
2.10.2	Die gebundenen Zustände des Wasserstoffatoms	215
3.	Abstrakte Formulierung der Quantenmechanik und Transformationstheorie	225
3.1	Transformationstheorie	226
3.1.1	Zusammenfassung der Grundlagen	226
3.1.2	Über die wesentlichen Eigenschaften des <i>Zustände</i> ...	228
3.1.3	Transformation von Operatoren	232
3.2	Der Hilbertraum	239
3.2.1	Definition, Eigenschaften und Beispiele	239
3.2.2	Lineare Operatoren im Hilbertraum	251
3.2.2.1	Definitionen und Eigenschaften	252
3.2.2.2	Exkurs über inhomogene lineare Gleichungen und Differentialgleichungen	261
3.2.2.3	Projektionsoperatoren und die Spektral- zerlegung einer Observable	265
3.3	Die Diracsche Schreibweise und uneigentliche Zustände	276
3.3.1	Die Diracsche Notation	277
3.3.2	Bemerkungen zur mathematischen Theorie uneigentlicher Zustände	283
3.4	Die zeitliche Entwicklung von Quantensystemen	287
3.4.1	Der Zeitentwicklungsoperator und die dynamische Gruppe	287
3.4.2	Die Bilder der zeitlichen Entwicklung	289
3.4.3	Der quantenmechanische Propagator	294

3.5	Neuformulierung der Prinzipien der Quantenmechanik	297
3.6	Schlußbemerkungen und Ausblick	302

	Übungsaufgaben	305
	Register	373