

Inhaltsverzeichnis

1. Quantenmechanik eines Partikels	
1.1 Grenzen der klassischen Physik	3
1.2 Die Heisenberg'sche Unschärferelation für Ort und Impuls ...	14
1.2.1 Streuung von Observablen	15
1.2.2 Quantenmechanische Unschärfen von kanonischen Variablen	18
1.2.3 Beispiele zur Heisenberg'schen Unschärferelation.....	22
1.3 Der Dualismus Teilchen-Welle	24
1.3.1 Die Wellenfunktion und ihre Interpretation	26
1.3.2 Erste Querverbindung zur Mechanik	29
1.3.3 Gauß'sches Wellenpaket	30
1.3.4 Elektron in äußeren elektromagnetischen Feldern	33
1.4 Schrödinger-Gleichung und Born'sche Interpretation der Wellenfunktion	37
1.5 Erwartungswerte und Observable.....	43
1.5.1 Observable als selbstadjungierte Operatoren auf L	45
1.5.2 Der Ehrenfest'sche Satz.....	49
1.6 Diskretes Spektrum: Harmonischer Oszillator in einer Dimension	51
1.7 Orthogonale Polynome in einer reellen Variablen	63
1.8 Observable und Erwartungswerte.....	71
1.8.1 Observable mit nichtentartetem Spektrum.....	71
1.8.2 Ein Beispiel	76
1.8.3 Observable mit entartetem, diskretem Spektrum	80
1.8.4 Observable mit rein kontinuierlichem Spektrum.....	85
1.9 Zentralkräfte in der Schrödinger-Gleichung.....	89
1.9.1 Der Bahndrehimpuls: Eigenwerte und Eigenfunktionen ...	90
1.9.2 Radialimpuls und kinetische Energie.....	100
1.9.3 Kräftefreie Bewegung bei scharfem Drehimpuls	103
1.9.4 Der Kugeloszillator	110
1.9.5 Gemischtes Spektrum: das Wasserstoffatom.....	117
2. Streuung von Teilchen an Potentialen	
2.1 Makroskopische und mikroskopische Skalen	127
2.2 Streuung am Zentralpotential	129
2.3 Partialwellenanalyse	134
2.3.1 Methoden der Berechnung von Streuphasen	139
2.3.2 Potentiale mit unendlicher Reichweite: Coulombpotential im Außenraum.....	142
2.4 Born'sche Reihe und Born'sche Näherung.....	146
2.4.1 Erste Born'sche Näherung	148
2.4.2 Formfaktoren bei elastischer Streuung	150
2.5 *Analytische Eigenschaften der Partialwellenamplituden.....	154
2.5.1 Jost-Funktionen	156
2.5.2 Dynamische und kinematische Schnitte.....	156
2.5.3 Partialwellenamplituden als analytische Funktionen	160

2.5.4	Resonanzen	160
2.5.5	Streulänge und effektive Reichweite	163
2.6	Inelastische Streuung mit Partialwellenanalyse	166
3.	Die Prinzipien der Quantentheorie	
3.1	Darstellungstheorie	171
3.1.1	Dirac'sche Bracket-Schreibweise	174
3.1.2	Transformationen zwischen verschiedenen Darstellungen..	177
3.2	Der Begriff des Hilbert-Raums	180
3.2.1	Definition von Hilbert-Räumen	182
3.2.2	Unterräume von Hilbert-Räumen.....	187
3.2.3	Dualraum eines Hilbert-Raums und Dirac'sche Notation..	189
3.3	Lineare Operatoren auf Hilbert-Räumen	191
3.3.1	Selbstadjungierte Operatoren.....	192
3.3.2	Projektionsoperatoren	195
3.3.3	Spektralschar von Projektionsoperatoren	197
3.3.4	Unitäre Operatoren	201
3.3.5	Zeitliche Entwicklung quantenmechanischer Systeme	203
3.4	Quantenmechanische Zustände.....	205
3.4.1	Präparation von Zuständen.....	205
3.4.2	Statistischer Operator und Dichtematrix.....	209
3.4.3	Abhängigkeit eines Zustands von seiner Vorgeschichte....	211
3.4.4	Beispiele zur Präparation von Zuständen.....	214
3.5	Zwischenbilanz.....	216
3.6	Schrödinger- und Heisenberg-Bild	218
4.	Raum-Zeit-Symmetrien in der Quantenphysik	
4.1	Die Drehgruppe (Teil 1).....	221
4.1.1	Die Erzeugenden der Drehgruppe.....	221
4.1.2	Darstellungen der Drehgruppe	224
4.1.3	Die „Drehmatrizen“ D	230
4.1.4	Beispiele und Formeln für D -Matrizen.....	232
4.1.5	Spin und magnetisches Moment von Teilchen mit $j = 1/2$	233
4.1.6	Clebsch-Gordan-Reihe und Kopplung von Drehimpulsen..	236
4.1.7	Spin- und Ortswellenfunktionen.....	239
4.1.8	Reine und gemischte Zustände für Spin $1/2$	240
4.2	Raumspiegelung und Zeitumkehr in der Quantenmechanik ...	242
4.2.1	Raumspiegelung und Parität	243
4.2.2	Bewegungs- und Zeitumkehr.....	245
4.2.3	Abschließende Bemerkungen zu T und	249
4.3	Symmetrie und Antisymmetrie bei identischen Teilchen	252
4.3.1	Zwei verschiedene Teilchen in Wechselwirkung.....	253
4.3.2	Identische Teilchen am Beispiel $N = 2$	255
4.3.3	Erweiterung auf N identische Teilchen.....	259
4.3.4	Zusammenhang zwischen Spin und Statistik	260
5.	Anwendungen der Quantenmechanik	
5.1	Korrelierte Zustände und Quanteninformation	265
5.1.1	Nichtlokalitäten, Verschränkung und Korrelationen.....	266
5.1.2	Verschränkung und allgemeinere Überlegungen	273
5.1.3	Klassische und Quanten-Bits.....	276

5.2	Stationäre Störungsrechnung	280
5.2.1	Störung eines nichtentarteten Energiespektrums.....	281
5.2.2	Störung eines Spektrums mit Entartung.....	285
5.2.3	Ein Beispiel: Der Stark-Effekt.....	286
5.2.4	Zwei weitere Beispiele: Ein Zwei-Niveau-System, Zeeman-Effekt der Hyperfeinstruktur in Myonium.....	289
5.3	Zeitabhängige Störungstheorie und Übergangswahrscheinlichkeiten	297
5.3.1	Störungsentwicklung der zeitabhängigen Wellenfunktion ..	297
5.3.2	Erste Ordnung und Fermis Goldene Regel.....	300
5.4	Stationäre Zustände von N identischen Fermionen	303
5.4.1	Selbstkonsistenz und Hartree'sches Verfahren.....	303
5.4.2	Methode der zweiten Quantisierung.....	304
5.4.3	Die Hartree-Fock-Gleichungen.....	308
5.4.4	Hartree-Fock-Gleichungen und Restwechselwirkungen	311
5.4.5	Teilchen- und Lochzustände, Normalprodukt und Wick'sches Theorem.....	313
5.4.6	Anwendung auf den Hartree-Fock-Grundzustand.....	317
 A. Anhang		
A.1	Diracs $\delta(x)$ und temperierte Distributionen	321
A.1.1	Testfunktionen und temperierte Distributionen.....	322
A.1.2	Funktionen als Distributionen.....	324
A.1.3	Träger einer Distribution.....	325
A.1.4	Ableitungen temperierter Distributionen.....	326
A.1.5	Beispiele von Distributionen.....	326
A.2	Gammafunktion und Hypergeometrische Funktionen	329
A.2.1	Die Gammafunktion.....	329
A.2.2	Hypergeometrische Funktionen.....	332
A.3	Wichtige Zahlenwerte	337
 Aufgaben und ausgewählte Lösungen		
Literatur		361
Sachverzeichnis		365