

Inhaltsverzeichnis

1	Welle-Teilchen-Dualismus	1
1.1	Photonen	2
1.2	Strahlteiler	5
1.3	Mach-Zehnder-Interferometer	9
1.4	Zusammenfassung	13
2	Schulische Herausforderungen	17
2.1	Der ausbleibende Aha“-Effekt	18
2.2	Ein möglicher Zugang	20
2.3	Lehrpläne	22
2.4	Zusammenfassung	23
3	Eine kurze Einführung in Wellen	25
3.1	Wellenbeschreibung mit Hilfe komplexer Zahlen	26
3.2	Fouriertransformation	31
3.3	Optische Abbildung*	33
3.4	Wellenpropagation	35
3.5	Details zur Fouriertransformation*	40
3.6	Zusammenfassung	42
4	Materiewellen	47
4.1	Das schönste Experiment aller Zeiten	49
4.2	Wellenfunktionen und Wahrscheinlichkeiten	51
4.3	Messung von Ort und Impuls	57
4.4	Heisenberg’sche Unschärferelation	62
4.5	Zusammenfassung	65
5	Die Schrödingergleichung	69
5.1	Kopenhagener Interpretation	72
5.2	Freies Teilchen	73
5.3	Potentiale	76
5.4	Die zeitunabhängige Schrödingergleichung	81
5.5	Zusammenfassung	86

6	Über die Quantenmechanik sprechen	89
6.1	Wie spricht man über die Quantenmechanik?	90
6.2	Der Doppelspalt als didaktischer Alleskönner	96
6.3	Das Doppelspalt-Experiment mit Schulmitteln	99
6.4	Zusammenfassung	102
7	Potentialstufen	105
7.1	Reflexion und Transmission an einer Potentialstufe	107
7.2	Evaneszente Wellen und Tunneln	109
7.3	Teilchen in der Schachtel	113
7.4	Endliche Potentialbarrieren*	117
7.5	Zusammenfassung	122
8	Harmonischer Oszillator	127
8.1	Eigenzustände und Eigenenergien	128
8.2	Molekülschwingungen*	133
8.3	Wärmekapazität*	136
8.4	Zusammenfassung	141
9	Wasserstoffatom	145
9.1	Wasserstoffatom in der klassischen Physik	146
9.2	Wasserstoffatom in der Quantenmechanik	148
9.3	Aufbauprinzip	161
9.4	Details zur Lösung der Radialgleichung*	164
9.5	Zusammenfassung	166
10	Quantenmechanik unterrichten	171
10.1	Kurzer Ausflug in die physikalische Chemie	176
10.2	Unterrichtsideen und Projekte	179
10.3	Eine mögliche Umsetzung	186
10.4	Zusammenfassung	189
11	Formalismus der Quantenmechanik	193
11.1	Zweiniveausysteme	195
11.2	Von Neumann'sches Messpostulat	201
11.3	Hilbertraum und Messoperatoren	203
11.4	Details zu hermiteschen Matrizen und Operatoren*	206
11.5	Zusammenfassung	209
12	Verschränkte Zustände	213
12.1	EPR-Paradoxon	216
12.2	Verborgene Variablen und Bell'sche Ungleichung	218
12.3	Quantenkommunikation und Quantencomputer	223
12.4	Details zur Bell'schen Ungleichung*	230
12.5	Zusammenfassung	233

13 Dekohärenz	237
13.1 Schrödinger'sche Katze	238
13.2 Der Saturnmond Hyperion	239
13.3 Die Umgebung als Beobachterin	241
13.4 Quantenmechanik ohne Kollaps?	251
13.5 Zusammenfassung	255
14 Lösungen zu den Aufgaben	257
Literatur	265
Sachverzeichnis	267