

Silvia Arroyo Camejo

Skurrile Quantenwelt

4u Springer

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
1 Licht und Materie	7
Was ist eigentlich Licht?	8
Aber was schwingt da wie?	9
Was sind Frequenz und Wellenlänge des Lichts?	11
Was ist eigentlich Materie?	12
Woraus besteht ruhemassebehaftete Materie?	13
Sind Elementarteilchen wirklich Teilchen?	15
2 Die Herkunft des Planckschen Wirkungsquantums	17
Woher kommt die Quantenhypothese?	18
Wie konnte die Ultraviolett Katastrophe gelöst werden?	19
Wovon ist der Energiebetrag eines Lichtquants abhängig?	20
3 Der photoelektrische Effekt	23
Was ist der photoelektrische Effekt?	24
Was ist das Nichtklassische am Photoeffekt?	25
Wie löste Einstein diese Widersprüche?	28
Wie lässt sich hierdurch ein Wert für h bestimmen?	30

4	Das Doppelspaltexperiment	33
	Was ist das Doppelspaltexperiment?	34
	Was passiert beim Doppelspaltversuch mit Licht?	35
	Wie lässt sich das Streifenmuster erklären?	38
	Ist Licht also doch eine Welle?	41
5	Das Doppelspaltexperiment mit Elektronen	43
	Kann das Doppelspaltexperiment auch mit Elektronen durchgeführt werden?	44
	Was passiert beim Doppelspaltexperiment mit Elektronen?	44
	Könnte man sich das Streifenmuster nicht auch anders erklären?	47
	Muss das Elektron nun doch als Welle angesehen werden?	48
	Welche Schlüsse muss man aus dem Ausgang des Experiments ziehen?	50
6	Der Compton-Effekt	51
	Was versteht man unter dem Compton-Effekt?	52
	Wie lässt sich die Wellenlängenänderung berechnen?	53
	Warum tritt der Compton-Effekt nicht bei sichtbarem Licht auf?	58
	Ist der Compton-Effekt nur mit einem Teilchenmodell beschreibbar?	59
7	Die Heisenbergsche Unschärferelation	61
	Was besagt die Heisenbergsche Unschärferelation?	62
	Wie kann man sich die Unschärferelation praktisch vorstellen?	64
	Ließe sich das Interferenzmuster ebenfalls durch die Unschärferelation erklären?	64
	Was lässt sich aus dem Ausgang der Experimente schließen?	67
	Ist das Doppelspaltexperiment auch mit anderen Teilchen durchführbar?	69
	Was ist das Elektron jetzt eigentlich wirklich: Welle oder Teilchen?	70
8	Der Kollaps der Wellenfunktion	73
	Wo liegt überhaupt der Widerspruch zwischen dem Wellen- und dem Teilchenmodell?	74
	Was genau bedeutet der Begriff Welle-Teilchen-Dualismus?	76
	Wie wird aus der Elektronen-Welle ein Teilchen auf dem Projektionsschirm?	11
	Was geschieht mit dem Rest der Elektronen-Welle?	78

	Wie steht es um Gleichzeitigkeit und instantane Informationsübertragung?	79
	Wodurch wird der Kollaps der Wellenfunktion ausgelöst?	82
9	Die Bohr-Einstein-Debatte	87
	Wie kam es zur Bohr-Einstein-Debatte?	88
	Was ist denn „Zufall“ physikalisch gesehen überhaupt?	90
	Wie lautete Einsteins Kritik?	91
	Welche Experimente diskutierten Bohr und Einstein?	94
	Welche experimentellen Fakten lagen den Diskussionen zu Grunde?	97
	Wie lautete Bohrs Entgegnung?	97
	Welche Schlussfolgerungen kann man aus der Bohr-Einstein-Debatte ziehen?	100
10	Das Bohrsche Atommodell	103
	Welche Atommodelle gab es?	104
	Welche Makel besitzt das Planetenmodell Rutherfords?	106
	Wie löst das Bohrsche Atommodell diese Diskrepanzen?	107
	Was ist der Bohrsche Radius?	110
	Welche Werte besitzen die Energieniveaus in der Atomhülle?	112
	Wie geschieht die Absorption bzw. Emission von Photonen?	113
	Ist das Bohrsche Atommodell als „richtig“ anzusehen?	115
11	Die Schrödinger-Gleichung	117
	Was ist der Unterschied zwischen der Matrizen- und der Wellenmechanik?	118
	Welche Bedeutung kommt der Wellenfunktion zu?	120
	Wie leitet sich die Schrödinger-Gleichung her?	122
	Was berechnet man mit der Schrödinger-Gleichung?	126
	Welche Auswirkung hatte die Schrödinger-Gleichung auf das Atommodell?	128
12	Schrödingers Katze	131
	Worum handelt es sich bei Schrödingers Katze?	132
	Wie ist das Gedankenexperiment um Schrödingers Katze aufgebaut?	134
	Wo liegt die Paradoxie beim Gedankenexperiment um Schrödingers Katze?	135

Wie stellt man den überlagerten Zustand eines Teilchens
quantenmechanisch dar? 136
In welchem Zustand befindet sich die Katze? 139

13 Die Interpretation des quantenmechanischen Formalismus 141
Wie lautet die Lösung des Schrödingerschen Katzenparadoxons?. 142
Was besagt die Kopenhagener Deutung? 143
Was besagt die Viele-Welten-Interpretation? 146
Was besagt die Theorie der Dekohärenz? 150
Welche Interpretation entspricht der „Realität“? 157

14 Das EPR-Paradoxon 159
Was ist das EPR-Paradoxon und woher kommt es? 160
Wie sieht der gedankliche Versuchsaufbau
des EPR-Experiments aus? 162
Ist also doch kein Paradigmenwechsel durch die
Quantenmechanik nötig? 165
Ist die Quantenmechanik tatsächlich unvollständig? 166
Quantenmechanik oder Theorien verborgener Variabler? 167
Schließt die Quantenmechanik verborgene Variable
prinzipiell aus? 169
Wie gestaltet sich die Bohmsche Mechanik? 170

15 Die Bellsche Ungleichung 173
Ist eine experimentelle Entscheidung über
verborgene Variablen möglich? 174
Was ist der Spin eines Teilchens? 175
Spinmessung nach Theorien verborgener Variabler
oder Quantenmechanik? 177
Wie gestaltet sich der Aufbau des Bohmschen EPR-Experiments? 180
Wie lauten die Voraussagen der Theorien verborgener Variabler? 182
Wie geschieht die experimentelle Überprüfung der Voraussagen? 186

16 Die modernen Anwendungen der Quantenphysik 189
Wie wird die Quantenphysik praktisch angewendet? 190
Was ist Quanteninformation? 190
Was ist Quanten-Teleportation? 192
Was sind Quanten-Computer? 198
Was ist Quanten-Kryptographie? 201

17 Quantengravitation	209
Wozu brauchen wir eine Quantengravitation?	210
Gibt es eine Lösung für den Theorien-Konflikt?	212
Was besagt die Stringtheorie?	213
Was besagt die Loop-Quantengravitation?	215
Bestehen zwischen den Quantengravitationstheorien auch Gemeinsamkeiten?	216
Ist Quantengravitation noch Physik oder schon Philosophie?_____	219
Nachwort	221
Glossar	225
Weiterführende Literatur	231
Sach- und Namenverzeichnis	241