

Silvia Arroyo Camejo

# Skurrile Quantenwelt



Springer

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b> .....	1
<b>1</b> <b>Licht und Materie</b> .....	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
<b>2</b> <b>Die Herkunft des Planckschen Wirkungsquantums</b> .....	17
Woher kommt die Quantenhypothese? .....	18
Wie konnte die Ultraviolektkatastrophe gelöst werden? .....	19
Wovon ist der Energiebetrag eines Lichtquants abhängig? .....	20
<b>3</b> <b>Der photoelektrische Effekt</b> .....	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

<b>4</b>	<b>Das Doppelspaltexperiment</b>	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
<b>5</b>	<b>Das Doppelspaltexperiment mit Elektronen</b>	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
<b>6</b>	<b>Der Compton-Effekt</b>	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
<b>7</b>	<b>Die Heisenbergsche Unschärferelation</b>	61
	Was besagt die Heisenbergsche Unschärferelation? .....	62
	Wie kann man sich die Unschärferelation praktisch vorstellen? ..	64
	Ließe sich das Interferenzmuster ebenfalls durch die Umschärferelation 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
<b>8</b>	<b>Der Kollaps der Wellenfunktion</b>	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? .....	77
	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
<b>9 Die Bohr-Einstein-Debatte .....</b>	<b>87</b>
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
<b>10 Das Bohrsche Atommodell .....</b>	<b>103</b>
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
<b>11 Die Schrödinger-Gleichung .....</b>	<b>117</b>
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
<b>12 Schrödingers Katze .....</b>	<b>131</b>
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
<b>13 Die Interpretation des quantenmechanischen Formalismus.....</b>	<b>141</b>
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
<b>14 Das EPR-Paradoxon.....</b>	<b>159</b>
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
<b>15 Die Bellsche Ungleichung.....</b>	<b>173</b>
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	
<b>16 Die modernen Anwendungen der Quantenphysik.....</b>	<b>189</b>
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

<b>17 Quantengravitation .....</b>	<b>209</b>
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
<b>Nachwort .....</b>	<b>221</b>
<b>Glossar .....</b>	<b>225</b>
<b>Weiterführende Literatur .....</b>	<b>231</b>
<b>Sach- und Namenverzeichnis .....</b>	<b>241</b>