

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
2.1	Messung und Kollaps . . . . .	6
2.2	Die Entstehung der Bohmschen Mechanik . . . . .	8
2.2.1	Die Rolle des Messproblems für die Entstehung der de Broglie-Bohm Theorie . . . . .	9
2.3	Rezeption der Bohmschen Theorie . . . . .	11
2.4	Die Debatte um die Quantenmechanik . . . . .	14
2.5	John Bell und die Bohmsche Mechanik . . . . .	16
<b>3</b>	<b>Quantenmechanik</b>	<b>19</b>
3.1	Grundlagen . . . . .	20
3.2	Das Messproblem . . . . .	21
3.3	Interpretation der Quantenmechanik . . . . .	23
3.3.1	Die Kopenhagener Deutung . . . . .	23
3.3.2	Die Ensemble-Interpretation . . . . .	26
3.4	Schlussfolgerungen . . . . .	29
<b>4</b>	<b>Bohmsche Mechanik</b>	<b>31</b>
4.1	Motivation 1: Hamilton-Jacobi . . . . .	32
4.1.1	Anmerkung zur 1. Motivation . . . . .	33
4.2	Motivation 2: Wahrscheinlichkeitsstrom . . . . .	34
4.2.1	Anmerkung zur 2. Motivation . . . . .	35
4.3	Motivation 3: Symmetriebetrachtung . . . . .	35
4.3.1	Anmerkung zur 3. Motivation . . . . .	36
4.4	Die Quantengleichgewichtshypothese . . . . .	36
4.4.1	Herleitungen der Quantengleichgewichtshypothese . . . . .	37
4.5	Die Nicht-Eindeutigkeit der Bohmschen Mechanik . . . . .	40
4.6	Die verschiedenen Schulen der de Broglie-Bohm Theorie . . . . .	40
4.6.1	Das Quantenpotential . . . . .	41
4.6.2	Teilcheneigenschaften in der de Broglie-Bohm Theorie . . . . .	43
4.7	Die Wellenfunktion . . . . .	44
4.8	Spin in der Bohmschen Mechanik . . . . .	46
4.9	Beweise über die Unmöglichkeit einer Theorie verborgener Variablen . . . . .	47

<b>5 Messung und »Observable« in der Bohmschen Mechanik</b>	<b>51</b>
5.1 Die Messung in der Bohmschen Mechanik . . . . .	52
5.1.1 Effektive Wellenfunktion und Kollaps . . . . .	54
5.2 Interpretation des Messprozesses: Kontextualität . . . . .	54
5.2.1 »Naiver Realismus« über Operatoren . . . . .	56
5.2.2 Das Kochen-Specker-Theorem . . . . .	57
<b>6 Lokalität, Realität, Kausalität and all that ...</b>	<b>61</b>
6.1 Das EPR-Experiment . . . . .	61
6.1.1 Bohrs Erwiderung . . . . .	65
6.1.2 Umformulierung des EPR-Experimentes nach Bohm . . . . .	66
6.2 Die Bellsche Ungleichung . . . . .	67
6.2.1 Spinkorrelationen in einer lokalen Theorie verborgener Variablen . . . . .	68
6.2.2 Spinkorrelationen in der Quantenmechanik . . . . .	70
6.2.3 Experimentelle Bestätigung der Quantenmechanik . . . . .	71
6.2.4 Exkurs: Problembewusstsein . . . . .	72
6.3 Folgerungen aus der Verletzung von Bells Ungleichung . . . . .	72
6.3.1 Determinismus . . . . .	74
6.3.2 Lokalität und Separabilität . . . . .	74
6.3.3 Realität . . . . .	76
6.3.4 Widerspricht die Quantenmechanik der speziellen Relativitätstheorie? . . . . .	78
6.3.5 Schlussfolgerungen . . . . .	79
6.4 Das EPR-Experiment in der Bohmschen Mechanik . . . . .	80
<b>7 Anwendungen</b>	<b>83</b>
7.1 Allgemeine Eigenschaften der Bohmschen Trajektorien . . . . .	83
7.1.1 Existenz und Eindeutigkeit der Lösung . . . . .	83
7.1.2 Bohmsche Trajektorien können sich nicht schneiden . . . . .	83
7.1.3 Bohmsche Trajektorien reeller Wellenfunktionen . . . . .	84
7.2 Der harmonische Oszillatator . . . . .	84
7.2.1 Bohmsche Trajektorien beim harmonischen Oszillatator . . . . .	85
7.2.2 Die Kritik Einsteins . . . . .	86
7.3 Das Wasserstoffatom . . . . .	87
7.3.1 Bohmsche Trajektorien beim Wasserstoff . . . . .	88
7.4 Das Doppelspaltexperiment . . . . .	88
7.4.1 Doppelspaltexperiment mit verzögterer Wahl . . . . .	89
7.5 Der Tunneleffekt . . . . .	94
7.5.1 Tunneleffekt in der Quantenmechanik . . . . .	94
7.5.2 Bohmsche Trajektorien beim Tunneleffekt . . . . .	96
7.5.3 Das Tunnelzeit-Problem . . . . .	96
7.6 Schrödingers Katze . . . . .	102
7.6.1 Lösungsversuche . . . . .	102

7.6.2 Schrödingers Katze in der Bohmschen Mechanik . . . . .	104
7.7 Mehrteilchensysteme . . . . .	104
7.7.1 Verschränkte und nichtverschränkte Zustände . . . . .	105
<b>8 Verallgemeinerungen</b>	<b>107</b>
8.1 Was ist eine »Bohm-artige« Theorie . . . . .	108
8.2 Die Bohm-Dirac Theorie . . . . .	109
8.3 Quantenfeldtheoretische Verallgemeinerungen . . . . .	110
8.3.1 Feld-beables für Bosonen und Teilchen-beables für Fermionen . . . . .	110
8.3.2 Feld-beables für Bosonen und keinen beable-Status für Fermionen . . . . .	111
8.3.3 Fermionanzahl als beable . . . . .	112
8.4 Verallgemeinerungen von Theorien . . . . .	114
8.5 Zusammenfassung . . . . .	115
<b>9 Kritik an der Bohmschen Mechanik</b>	<b>117</b>
9.1 Der Metaphysikvorwurf . . . . .	117
9.2 Ockham's Razor . . . . .	119
9.3 Rückkehr zur klassischen Physik? . . . . .	120
9.4 Leere Wellenfunktionen . . . . .	120
9.5 Die Asymmetrie der Bohmschen Mechanik . . . . .	121
9.6 Das ESSW-Experiment . . . . .	122
9.6.1 Erwiderungen auf ESSW . . . . .	123
9.7 Nichtlokalität . . . . .	124
<b>10 Schlussbemerkungen</b>	<b>127</b>
<b>A Hamilton-Jacobi-Theorie</b>	<b>129</b>
<b>B Reine und gemischte Zustände</b>	<b>131</b>
B.1 Beschreibung gemischter Ensemble: Die Dichtematrix . . . . .	133
<b>C Signal-Lokalität und Kausalität</b>	<b>135</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>141</b>
<b>Namens- und Sachverzeichnis</b>	<b>153</b>