

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Ziele.....	2
1.2 Aufbau der Arbeit .....	4
<b>Teil I Didaktik der Quantenphysik</b> .....	<b>5</b>
<b>2. Konzepte zur Quantenphysik</b> .....	<b>6</b>
2.1 Lehrbücher .....	7
2.2 Schulbücher.....	11
2.2.1 Physik Gymnasium Sek II.....	11
2.2.2 Universum Physik .....	13
2.2.3 Impulse Physik .....	14
2.2.4 Big Bang 2.....	16
2.2.5 Metzler Physik .....	20
2.3 Lehrkonzepte.....	26
2.3.1 Brachner und Fichtner.....	26
2.3.2 Berliner Konzept .....	27
2.3.3 Bremer Konzept .....	28
2.3.4 Küblbeck, Erb, Werner und Bader .....	28
2.3.5 Würzburger Quantenphysik-Konzept .....	29
2.3.6 Das Münchener Unterrichtskonzept zur Quantenmechanik.....	34
<b>3. Notwendigkeit eines neuen Konzepts</b> .....	<b>41</b>
3.1 Rahmenbedingungen der Zielgruppe .....	42
3.2 Struktur und didaktischer Ansatz des In-Out-Formalismus.....	44
3.3 Theoretische Grundlagen .....	54
3.3.1 Fachliche Grundlagen .....	54
3.3.2 Didaktische Grundlagen.....	62
<b>Teil II Das Lehrkonzept</b> .....	<b>67</b>
<b>4. Klassische Mechanik</b> .....	<b>69</b>
4.1 Versagen klassischer Mechanik .....	69
4.2 Klassische Mechanik mit Symbolen .....	72
4.2.1 Die Präparation.....	72
4.2.2 Die klassische Detektion .....	75
4.2.3 Die Selektion – Doppelspalt.....	78

<b>5. Quantenmechanische Symbolik und Rechenregeln.....</b>	<b>81</b>
5.1 Quantenmechanische Symbolik am Einzelspalt .....	83
5.2 Quantenmechanische Symbolik am Doppelspalt.....	87
5.3 Quantenmechanische Symbolik in mehreren Ebenen.....	89
5.4 Interpretation.....	94
5.4.1 Welle-Teilchen-Dualismus .....	94
5.4.2 Wahrscheinlichkeitsinterpretation .....	97
5.4.3 Das Komplementaritätsprinzip .....	101
<b>6. Energie mikroskopischer Teilchen .....</b>	<b>108</b>
6.1 Der Potentialtopf.....	108
6.2 Interferenz klassischer Wellen .....	113
6.3 de-Broglie-Wellenlänge .....	118
6.4 Schrödingergleichung .....	123
6.5 Experimenteller Nachweis .....	134
6.5.1 Versuchsaufbau.....	134
6.5.2 Folgerungen .....	138
<b>7. Eigenschaften von Wellenfunktionen.....</b>	<b>140</b>
7.1 Tunneleffekt.....	149
7.2 Darstellung von Potentialen und Wellenfunktionen .....	154
7.3 Heisenbergsche Unschärferelation.....	159
<b>8. Das Photon .....</b>	<b>165</b>
<b>9. Mathematik .....</b>	<b>172</b>
9.1 Komplexe Zahlen.....	172
9.1.1 Motivation.....	172
9.1.2 Darstellung in Polarkoordinaten .....	174
9.1.3 Komplexe Zahlen in der Physik.....	176
9.2 Differentialgleichungen .....	181
9.2.1 Grundlagen.....	182
9.2.2 Getrennte Veränderliche .....	184
9.2.3 Lineare DGL zweiter Ordnung mit konstanten Koeffizienten .....	187
9.2.4 Lösungsansatz homogene Lösung .....	188
9.2.5 Lösungsansatz inhomogene Lösung .....	190
<b>10. Musterlösungen .....</b>	<b>195</b>
<b>Teil III Studiendesign und Evaluation .....</b>	<b>223</b>
<b>11. Datenerhebung .....</b>	<b>224</b>
11.1 Erhebungsmethoden.....	224

11.2	Probandengruppen.....	228
11.2.1	Pilotierung des Ansatzes .....	228
11.2.2	Pilotierung des Konzepts.....	229
11.2.3	Hauptstudie .....	232
<b>12.</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>245</b>
12.1	Quantitative Ergebnisse .....	245
12.2	Qualitative Ergebnisse .....	265
12.3	Kritik und Ausblick.....	267
12.3.1	Studienverlauf .....	267
12.3.2	Fragebogen.....	268
12.3.3	Aufbau des Lehrkonzepts.....	270
<b>13.</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>271</b>
<b>IV</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>273</b>
<b>V</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>283</b>