

Abbildungsverzeichnis

1.1	Leitfaden der Arbeit	11
2.1	Teilthemen der Quantenphysik in der Sekundarstufe II	17
2.2	Die didaktische Adaptation des Epistemologischen Vektors	31
2.3	Die didaktische Adaptation der Epistemologie Bachelards	34
2.4	Variationen im Mach-Zehnder-Interferometer	37
2.5	Die epistemologischen Unterrichtsfelder	40
3.1	Skizze des Jamin-Interferometers	43
3.2	Interferometer nach Zehnder	44
3.3	Skizze des Interferometers nach Zehnder	45
3.4	Skizze des Interferometers nach Mach	46
3.5	Skizze des Michelson-Interferometers	47
3.6	Skizze eines Mach-Zehnder-Interferometers	48
3.7	Rotierende Hyperboloiden	49
3.8	Das Mach-Zehnder-Interferometer der Fa. Leybold	50
3.9	Strahlteiler	50
3.10	Argumente	54
3.11	Das idealisierte Mach-Zehnder-Interferometer	55
3.12	Interferenzmuster im Mach-Zehnder-Interferometer	62
3.13	Das Mach-Zehnder-Interferometer mit verzögerter Entscheidung	66
3.14	Delayed-Choice-Experiment nach John Archibald Wheeler	67
4.1	Die Leistung des konzeptuellen Profils der Schüler	87

4.2	Das Kategoriensystem	91
4.3	Das Untersuchungsdesign	92
4.4	Der Aufbau eines Satzes am Beispiel des Objektes "Licht"	95
4.5	Der konzeptuelle Raum am Beispiel eines Satzes	97
4.6	Der konzeptuelle Raum (Vortest)	98
4.7	Der konzeptuelle Raum (Nachtest)	99
4.8	Phänomenologisch-Ontologische Ebene: Teilchenbild	102
4.9	Phänomenologisch-Epistemologische Ebene: Wellenbild	105
4.10	Antwortenmuster	107
4.11	Bereiche im konzeptuellen Raum	108
4.12	Schülerverhalten im thematischen Feld Teilchenbild	110
4.13	Phänomenologisch-Ontologische Ebene: Wellenbild	111
4.14	Phänomenologisch-Epistemologische Ebene: Wellenbild	112
4.15	Schülerverhalten im thematischen Feld Wellenbild	114
4.16	Schülerverhalten in den thematischen Feldern Teilchen- und Wellenbild	115
4.17	Phänomenologisch-Ontologische Ebene: Photonen	118
4.18	Phänomenologisch-Epistemologische Ebene: Photonen	119
4.19	Überblick: Schülerverhalten im thematischen Feld Photonen	121
4.20	Das konzeptuelle Profil der Schüler	122
4.21	Das konzeptuelle Profil der Schüler (1. Teil-Untersuchung)	126
4.22	Struktur des Fragebogens	128
4.23	Fragebogen: Am Beispiel der Item-Gruppe Wellenbild	129
4.24	Items des Fragebogens	129
4.25	Das Verfahren der Analyse	131
4.26	Items der Item-Gruppe Teilchen	133
4.27	Items der Item-Gruppe Wellen	135
4.28	Items der Item-Gruppe Photonen	136
4.29	Vergleich der Items außerhalb der Item-Gruppen (Vortest)	138
4.30	Vergleich der Items außerhalb der Item-Gruppen (Nachtest)	139
4.31	Das konzeptuelle Profil der Schüler (2. Teil-Untersuchung)	140

A.1	Lichtkegel	163
A.2	Schattenbildung	164
A.3	Lichtausbreitung	168
A.4	Reflexion	169
A.5	Brechung	171
A.6	Das Mach-Zehnder-Interferometer	183
A.7	Das Mach-Zehnder-Interferometer: Idealfall	185
A.8	Energie-Frequenz-Diagramm	189
A.9	Das Mach-Zehnder-Interferometer: Weginformation	192
A.10	Das Mach-Zehnder-Interferometer: Interferenzerscheinung	193
A.11	Das Mach-Zehnder-Interferometer für einzelne Photonen	197
A.12	Das Mach-Zehnder-Interferometer mit Hindernis	198
A.13	Das Mach-Zehnder-Interferometer: Komplementäre Bilder	198