

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| 1 Einführung | 1 |
| 1.1 Methodisches zu dieser Studie | 3 |
| 1.2 Terminologische Abgrenzung von Begriff, Konzept und mentalem Modell..... | 6 |
| 1.3 Konzeptentstehung als schichtweise semantische Anreicherung | 7 |
| | |
| 2 Der Einstieg: Plancks und Einsteins Wege zur Quantisierung | 11 |
| 2.1 Planck und die Energiequantisierung 1900..... | 13 |
| 2.2 Einsteins Gedankenführung bis zum Aufsatz von 1905 | 21 |
| 2.3 Einstein und Planck: Ein Vergleich | 27 |
| 2.4 Plancks zweite Quantentheorie 1909-13 | 30 |
| 2.5 Die Vielfalt der Begrifflichkeit <i>in statu nascendi</i> | 32 |
| 2.6 Der langsame Aufstieg des Terminus ‚Photon‘ | 36 |
| | |
| 3 Zwölf Bedeutungsschichten von ‚Lichtquantum‘ bzw. ‚Photon‘ | 51 |
| 3.1 Teilchenmodelle des Lichtes | 52 |
| 3.2 Ausbreitung mit endlicher, aber sehr hoher Geschwindigkeit sowie Gleichheit der Licht- geschwindigkeit für alle Farben/Frequenzen | 59 |
| 3.3 Emission und Absorption von Licht-‚Teilchen‘ durch Materie | 63 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 3.4 | Impulsübertragung (Strahlungsdruck) von Licht auf Materie | 68 |
| 3.5 | Energietransport durch Licht | 72 |
| 3.6 | Energie-Frequenz-Proportionalität im Photoeffekt | 76 |
| 3.7 | Strenge Energiequantisierung: $E = hv$ | 85 |
| 3.8 | Welle-Teilchen-Dualismus: Erste Andeutung und Vertiefungen | 87 |
| 3.9 | Spontane und induzierte Emission: 1916–1917 | 94 |
| 3.10 | Lichtquanten tragen einen inneren Drehimpuls (Spin) | 101 |
| 3.11 | Ununterscheidbarkeit der Lichtquanten - Ursprung der Bose-Einstein-Statistik | 108 |
| 3.12 | Das Photon als virtuelles Austauschteilchen der Quantenelektrodynamik | 115 |
| 4 | Verschiedene mentale Modelle früher Akteure | 125 |
| 4.1 | Newtons Vorstellungen zu „ <i>globuli of light</i> “ | 125 |
| 4.2 | Einsteins mentales Modell von Lichtquanten um 1909 | 129 |
| 4.3 | Einsteins eigene Zweifel am Konzept der Lichtquanten 1910–1915 | 133 |
| 4.4 | Johannes Starks mentales Modell von Lichtquanten ... | 137 |
| 4.5 | J.J. Thomsons mentales Modell harter Röntgenstrahlung | 146 |
| 4.6 | W.H. Braggs mentales Paar-Teilchen-Modell von γ -Strahlung | 149 |
| 4.7 | Mentale Modelle der Energiepakete von Planck, Debye und Sommerfeld | 154 |
| 4.8 | Debye, v. Laue und Schrödinger über Wellenpakete .. | 158 |
| 4.9 | Gilbert N. Lewis' mentales Modell von Photonen 1926 | 162 |
| 5 | Frühe Rezeption des Konzepts von Lichtquanten | 165 |
| 5.1 | Anfängliche Skepsis | 165 |
| 5.2 | Der Compton-Effekt als Wegscheide 1922/23 | 167 |
| 5.3 | Die BKS-Theorie 1924 und Experimente von Bothe & Geiger | 172 |
| 6 | Der Reflex dieser Entwicklungen in Lehrbüchern und im naturwissenschaftlichen Unterricht | 179 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 7 | „Lichtquantum“ als „conceptual blending“ | 189 |
| 8 | Experimente zur Quantenmechanik des Photons seit 1945 | 193 |
| 8.1 | „Photonenklumpen“: Hanbury Brown und Twiss (HBT) 1955–57 | 194 |
| 8.2 | Einzelne Photonen vor einem halbdurchlässigen Spiegel: Campbell 1909, Clauser 1974 und Grangier, Aspect & Roger 1986..... | 200 |
| 8.3 | Ein-Photon-Interferenzexperimente: Von Taylor 1909 bis Grangier, Aspect & Roger 1986 | 201 |
| 8.4 | Alain Aspect über EPR-Photon-Photon-Korrelationen 1980 ff. | 204 |
| 8.5 | Whealers <i>delayed choice</i> : Welcher-Weg-Experimente mit Photonen..... | 208 |
| 8.6 | Photon-Bunching und der Hong-Ou-Mandel-Dip 1987 | 211 |
| 8.7 | Photonen-Antibunching in der Resonanzfluoreszenz . | 215 |
| 8.8 | Quantenverschränkung und Quantenteleportation.... | 218 |
| 8.9 | Hochenergetische Photon-Photon-Streuung | 220 |
| 9 | Wie muss unser heutiges mentales Modell des Photons aussehen?..... | 223 |
| 9.1 | Instrumentalistische Interpretation | 224 |
| 9.2 | Vermeidung eines naiven Realismus..... | 226 |
| 9.3 | Vermeidung unberechtigter Lokalitäts-Zuschreibungen | 228 |
| 9.4 | Abschiednahme von der Individuierung..... | 231 |
| 9.5 | Das Photon: „ <i>mysterious quantum Cheshire cat</i> “ oder „ <i>elusive beast</i> “?..... | 236 |
| 10 | Zusammenfassung / Abstract | 243 |
| | Bibliographie..... | 249 |
| | Interessante und einschlägige Websites | 297 |
| | Namens- und Stichwortverzeichnis..... | 299 |