

# Licht und Materie

Band 1: Elemente der Quantenoptik

von

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Hermann Haken

Institut für Theoretische Physik und Synergetik

Universität Stuttgart

2., erweiterte Auflage



Wissenschaftsverlag  
Mannheim/Wien/Zürich

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> . . . . .	1
<b>1. Einleitung und Übersicht</b> . . . . .	3
1.1 Geometrische Optik . . . . .	3
1.2 Wellenoptik . . . . .	4
1.3 Quantenoptik . . . . .	7
1.4 Festkörperoptik . . . . .	10
1.5 Quantenelektrodynamik . . . . .	14
1.6 Laser . . . . .	14
1.7 Nichtlineare Optik . . . . .	15
<b>2. Grundlagen: Die Natur des Lichts</b> . . . . .	17
2.1 Licht als Welle . . . . .	17
2.2 Einfache Kohärenzfunktionen . . . . .	27
2.3 Das Plancksche Strahlungsgesetz . . . . .	33
2.4 Licht als Teilchen: Photonen . . . . .	39
2.5 Die Herleitung der Planckschen Formel nach Einstein . . . . .	43
<b>3. Das Atom in Wechselwirkung mit dem Lichtfeld</b> . . . . .	51
3.1 Einige Grundbegriffe der Quantentheorie . . . . .	51
3.2 Quantenmechanik als Würfelspiel . . . . .	59
3.3 Störungen . . . . .	62
3.4 Wechselwirkung eines Zwei-Niveau-Systems mit kohärentem Licht . . . . .	66
3.5 Wechselwirkung eines Zwei-Niveau-Systems mit inkohärentem Licht. Die Einstein Koeffizienten . . . . .	72
<b>4. Der Elektronenspin in Wechselwirkung mit dem Magnetfeld</b> . . . . .	77
4.1 Die quantentheoretische Behandlung des Elektronen- und Protonenspins . . . . .	77
4.2 Das Verhalten des Spins in einem konstanten und dazu transversalen zeitabhängigen Magnetfeld . . . . .	80
4.3 Die Blochschen Gleichungen . . . . .	87
4.4 Analogie zwischen Zwei-Niveau-Atom und Spin . . . . .	90
<b>5. Störungen höherer Ordnung</b> . . . . .	93
5.1 Störungstheorie höherer Ordnung . . . . .	93
5.2 Mehrquantenübergänge, Zweiphotonen-Absorption . . . . .	97
5.3 Nichtresonante Störungen: erzwungene Schwingungen des atomaren Dipolmoments. Frequenzmischung . . . . .	101

<b>6. Quantisierung des Lichtfelds</b> . . . . .	105
6.1 Eine Mode. Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren für Photonen . . . . .	105
6.2 Der Hamiltonoperator und Eigenschaften der Wellenfunktion . . . . .	111
6.3 Lösung der zeitabhängigen Schrödingergleichung einer Lichtmode. Wellenpakete . . . . .	113
6.4 Kohärente Zustände . . . . .	114
6.5 Zeitabhängige Operatoren . . . . .	116
6.6 Die Maxwellschen Gleichungen. Darstellung des Magnetfeldes durch Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren . . . . .	118
6.7 Energiedichte des Feldes, Festlegung des Normierungsfaktors $\mathcal{N}$ . . . . .	119
6.8 Der allgemeine Vielmoden-Fall . . . . .	120
6.9 Zusammengedrückte Zustände (Squeezed states) . . . . .	124
<b>7. Dissipation und Fluktuationen in der Quantenoptik</b> . . . . .	129
7.1 Dämpfung und Fluktuationen klassischer Größen . . . . .	129
7.2 Dämpfung und Fluktuationen quantenmechanischer Größen . . . . .	138
7.3 Dichtematrix und quanten-klassische Korrespondenz . . . . .	143
<b>Referenzen</b> . . . . .	147
<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	150