

**Dieter Meschede**

# **Optik, Licht und Laser**

2., überarbeitete und erweiterte Auflage



**Teubner**

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Lichtstrahlen</b>	<b>1</b>
1.1	Lichtstrahlen in menschlicher Erfahrung . . . . .	1
1.2	Strahlenoptik . . . . .	2
1.3	Reflexion . . . . .	2
1.4	Brechung . . . . .	3
1.5	Fermatsches Prinzip . . . . .	5
1.6	Prismen . . . . .	9
1.7	Lichtstrahlen in Glasfasern . . . . .	12
1.8	Linsen und Hohlspiegel . . . . .	17
1.9	Matrizenoptik . . . . .	20
1.10	Strahlenoptik und Teilchenoptik . . . . .	28
<b>2</b>	<b>Wellenoptik</b>	<b>35</b>
2.1	Elektromagnetische Strahlungsfelder . . . . .	35
2.2	Wellentypen . . . . .	44
2.3	Gauß-Strahlen . . . . .	48
2.4	Polarisation . . . . .	59
2.5	Beugung . . . . .	62
<b>3</b>	<b>Lichtausbreitung in Materie</b>	<b>83</b>
3.1	Dielektrische Grenzflächen . . . . .	83
3.2	Komplexe Brechzahl . . . . .	90
3.3	Lichtwellenleiter . . . . .	94
3.4	Funktionstypen von Fasern . . . . .	104
3.5	Photonische Materialien . . . . .	105

3.6	Lichtpulse in dispersiven Materialien . . . . .	.117
3.7	Anisotrope optische Materialien. . . . .	.128
3.8	Optische Modulatoren. . . . .	.136
<b>4</b>	<b>Abbildungen</b>	<b>149</b>
4.1	Das menschliche Auge. . . . .	.150
4.2	Lupen und Okulare. . . . .	.151
4.3	Mikroskope. . . . .	.153
4.4	Teleskope. . . . .	.160
4.5	Linsen: Bauformen und Fehler. . . . .	.165
<b>5</b>	<b>Kohärenz und Interferometrie</b>	<b>177</b>
5.1	Youngs Doppelspalt . . . . .	.177
5.2	Kohärenz und Korrelation. . . . .	.178
5.3	Der Doppelspaltversuch. . . . .	.182
5.4	Michelson-Interferometer: Longitudinale Kohärenz. . . . .	.188
5.5	Fabry-Perot-Interferometer. . . . .	.194
5.6	Optische Resonatoren. . . . .	.201
5.7	Dünne optische Schichten. . . . .	.207
5.8	Holographie. . . . .	.210
5.9	Speckelmuster. . . . .	.215
<b>6</b>	<b>Licht und Materie</b>	<b>219</b>
6.1	Klassische Strahlungswechselwirkung . . . . .	.220
6.2	Zwei-Niveau-Atome. . . . .	.231
6.3	Stimulierte und spontane Strahlungsprozesse. . . . .	.242
6.4	Inversion und Verstärkung. . . . .	.246
<b>7</b>	<b>Laser</b>	<b>253</b>
7.1	Die Klassiker: Helium-Neon-Laser. . . . .	.256
7.2	Modenselektion im HeNe-Laser. . . . .	.259
7.3	Spektrale Eigenschaften des HeNe-Lasers. . . . .	.264
7.4	Anwendungen des HeNe-Lasers. . . . .	.267

7.5	Andere Gaslaser . . . . .	267
7.6	Molekülgas-Laser. . . . .	271
7.7	Die Arbeitspferde: Festkörper-Laser. . . . .	276
7.8	Ausgewählte Festkörperlaser. . . . .	280
7.9	Durchstimmbare Laser mit vibronischen Zuständen . . . . .	288
<b>8</b>	<b>Laserdynamik</b>	<b>297</b>
8.1	Grundzüge einer Lasertheorie . . . . .	297
8.2	Laser-Ratengleichungen. . . . .	304
8.3	Schwellenlose Laser und Mikrolaser. . . . .	308
8.4	Laserrauschen. . . . .	312
8.5	Gepulste Laser. . . . .	321
<b>9</b>	<b>Halbleiter-Laser</b>	<b>335</b>
9.1	Halbleiter. . . . .	335
9.2	Optische Eigenschaften von Halbleitern. . . . .	338
9.3	Heterostruktur-Laser. . . . .	348
9.4	Dynamische Eigenschaften von Halbleiterlasern. . . . .	358
9.5	Laserdioden - Diodenlaser - Lasersysteme. . . . .	365
9.6	Hochleistungs-Laserdioden. . . . .	368
<b>10</b>	<b>Sensoren für Licht</b>	<b>373</b>
10.1	Kenngößen optischer Detektoren. . . . .	374
10.2	Schwankungen optoelektrischer Meßgrößen. . . . .	379
10.3	Photonenrauschen und Nachweisgrenzen . . . . .	381
10.4	Thermische Detektoren. . . . .	387
10.5	Quantensensoren I: Photomultiplier. . . . .	389
10.6	Quantensensoren II: Halbleitersensoren . . . . .	394
10.7	Positions- und Bildsensoren. . . . .	399
<b>11</b>	<b>Laserspektroskopie</b>	<b>405</b>
11.1	Laserinduzierte Fluoreszenz. . . . .	405
11.2	Absorption und Dispersion. . . . .	406

11.3	Die Breite von Spektrallinien . . . . .	408
11.4	Doppler-freie Spektroskopie . . . . .	415
11.5	Transiente Phänomene . . . . .	421
11.6	Lichtkräfte . . . . .	428
<b>12</b>	<b>Grundzüge der Quantenoptik</b>	<b>443</b>
12.1	Hat das Licht Quantencharakter? . . . . .	443
12.2	Quantisierung des elektromagnetischen Feldes . . . . .	445
12.3	Spontane Emission . . . . .	447
12.4	Schwache Kopplung und starke Kopplung . . . . .	455
12.5	Resonanzfluoreszenz . . . . .	458
12.6	Lichtfelder in der Quantenoptik . . . . .	467
12.7	Zwei-Photonen-Optik . . . . .	477
12.8	Verschränkte Photonen . . . . .	481
<b>13</b>	<b>Nichtlineare Optik I: Optische Mischprozesse</b>	<b>491</b>
13.1	Anharmonische geladene Oszillatoren . . . . .	491
13.2	Nichtlineare Suszeptibilität 2. Ordnung . . . . .	493
13.3	Wellenausbreitung in nichtlinearen Medien . . . . .	499
13.4	Frequenzverdopplung . . . . .	502
13.5	Summen- und Differenzfrequenz . . . . .	515
<b>14</b>	<b>Nichtlineare Optik II: Vierwellenmischung</b>	<b>523</b>
14.1	Frequenzverdreifachung in Gasen . . . . .	524
14.2	Nichtlineare Brechzahl - der optische Kerr-Effekt . . . . .	525
14.3	Selbstphasenmodulation . . . . .	534
<b>A</b>	<b>Mathematik für die Optik</b>	<b>537</b>
A.1	Spektralzerlegung schwankender Meßgrößen . . . . .	537
A.2	Poynting-Theorem . . . . .	543
<b>B</b>	<b>Ergänzungen zur Quantenmechanik</b>	<b>544</b>
B.1	Zeitliche Entwicklung eines Zweizustandssystems . . . . .	544
B.2	Dichtematrix-Formalismus . . . . .	545

Inhalt	XI
B.3 Zustandsdichten	546
Literaturverzeichnis	549