

Miles V. Klein Thomas E. Furtak

OPTIK

Übersetzt von A. Dorsel und T. Hellmuth

Mit 421 Abbildungen und 10 Tabellen

Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
London Paris Tokyo

Inhaltsverzeichnis

1. Die Natur des Lichtes	1
1.1 Frühe Vorstellungen und Beobachtungen	1
1.1.1 Geradlinige Ausbreitung	1
1.1.2 Reflexion	2
1.1.3 Brechung	4
1.1.4 Die Theorie des Lichtes	5
1.2 Die Teilchenmodelle	5
1.2.1 Descartes	6
1.2.2 Fermat	7
1.2.3 Das Fermatsche Prinzip	7
1.2.4 Newton	11
1.3 Die Wellenmodelle	12
1.3.1 Die Mathematik der Wellenausbreitung	12
1.3.2 Frühe Wellentheorien	20
1.3.3 Huygens	20
1.3.4 Entscheidende Experimente	24
1.4 Das Modell der elektromagnetischen Wellen	28
1.4.1 Die Maxwell-Gleichungen	30
1.4.2 Die elektromagnetische Wellengleichung	35
1.4.3 Eigenschaften elektromagnetischer Wellen	37
1.5 Neuere Entwicklungen	41
1.5.1 Relativistische Optik	41
1.5.2 Quantenoptik	42
1.6 Übungsaufgaben	42
2. Optik planer Grenzflächen	47
2.1 Lichtwellen in Materie	47
2.1.1 Gebundene Ladungen und Ströme	48
2.1.2 Antwortfunktionen	52
2.1.3 Ebene Wellen in Materie	53
2.2 Reflexion und Transmission an Grenzflächen	56
2.2.1 Randbedingungen	57
2.2.2 Geometrische Optik an Grenzflächen	59
2.2.3 Relationen zwischen den Amplituden	60
2.2.4 Reflexion der Energie und Transmissionskoeffizienten	64
2.2.5 Dielektrische Medien	64
2.3 Anwendungen in der Optik ebener Oberflächen	69

2.3.1 Dielektrika	69
2.3.2 Lichtundurchlässige Medien	76
2.4 Einführung in die optischen Eigenschaften der Materie	78
2.4.1 Modell eines verdünnten, nichtpolaren Gases	78
2.4.2 Leitende Medien	84
2.4.3 Dichte Dielektrika	87
2.5 Übungsaufgaben	96
3. Geometrische Optik	99
3.1 Strahldurchrechnung	99
3.1.1 Brechung und Reflexion	100
3.1.2 Bildentstehung	101
3.1.3 Brechung und Reflexion an sphärischen Flächen	104
3.2 Paraxiale Optik	108
3.2.1 Brechung	110
3.2.2 Reflexionen	114
3.3 Matrizen-Verfahren	117
3.3.1 Transformations-Matrizen	117
+ 3.3.2 Einzellinse	120
3.3.3 Hauptebenen	121
3.4 Bildentstehung	127
3.4.1 Allgemeine Überlegungen zur Bildentstehung	127
3.4.2 Graphische Konstruktion der Abbildung	129
3.5 Beispiele paraxialer Optik	133
3.5.1 Abbildende Systeme	133
3.5.2 Fernrohr-Systeme	140
3.6 Übungsaufgaben	143
4. Praktische geometrische Optik	149
4.1 Blenden	149
4.1.1 Blenden und Pupillen	149
4.1.2 Gesichtsfeldblenden und Luken	154
4.2 Radiometrie und Photometrie	158
4.2.1 Physikalische oder radiometrische Nomenklatur	158
4.2.2 Psychophysikalische oder photometrische Nomenklatur	163
4.2.3 Beispiele aus der Radiometrie	166
4.3 Linsenfehler	174
4.3.1 Monochromatische Bildfehler	175
4.3.2 Chromatische Fehler	196
4.4 Übungsaufgaben	202
5. Interferenz	205
5.1 Zweistrahlinterferenz	206
5.1.1 Allgemeine Betrachtungen	206
5.1.2 Vektoraddition im Zeigerdiagramm	208
5.1.3 Zeitmittel der Intensität	210
5.1.4 Voraussetzungen für Interferenz	212

5.1.5	Das Youngsche Doppelspalt-Experiment	213
5.1.6	Weitere Anordnungen mit Quellen-Aufteilung	215
5.2	Vielstrahlinterferenz	215
5.2.1	Darstellung im Zeigerdiagramm	215
5.2.2	Mathematische Lösung	216
5.2.3	Gitter	219
5.3	Zweistrahlinterferenz: Parallele Grenzflächen	222
5.3.1	Differenz der optischen Weglänge in einer dielektrischen Schicht	222
5.3.2	Haidingersche Ringe	225
5.3.3	Das Michelson-Interferometer	227
5.3.4	Fizeau-Interferenz	229
5.4	Vielstrahlinterferenz: Parallele Flächen	230
5.4.1	Matrix-Formalismus	230
5.4.2	Einfache Platte	235
5.4.3	Das Fabry-Perot-Interferometer	238
5.5	Anwendungen der Interferenz	241
5.5.1	Interferometrie	241
5.5.2	Spektroskopie	244
5.5.3	Optische Beschichtungen	249
5.5.4	Optische Resonatoren und Wellenleiter	253
5.6	Übungsaufgaben	257
6.	Beugung I	263
6.1	Allgemeine Prinzipien der Beugung	263
6.1.1	Das Beugungsintegral	264
6.1.2	Diskussion des Beugungsintegrals	266
6.2	Beugung und Fernfeld	269
6.2.1	Lineare Näherung	269
6.2.2	Rechtwinklige Öffnungen	273
6.2.3	Kreisblenden	279
6.3	Fourier-Analyse	283
6.3.1	Grundsätzliche Definitionen der Fourier-Analyse	283
6.4	Beispiele der Fourier-Analyse in der Beugungstheorie	293
6.4.1	Zusammenstellung der Ergebnisse	293
6.4.2	Das Feldtheorem	296
6.4.3	Beugungsgitter	300
6.4.4	Beugungsbegrenzte Abbildung	304
6.5	Übungsaufgaben	312
7.	Beugung II	315
7.1	Fresnel-Transformationen	315
7.1.1	Allgemeine Transformation	316
7.1.2	Näherungen für die Phase	318
7.2	Fresnel-Beugung	323
7.2.1	Rechteckige Blende	324
7.2.2	Kreisblenden	335

7.3 Bildentstehung: Kohärente Objekte	344
7.3.1 Die Wirkung einer Linse	345
7.3.2 Fourier-Optik	355
7.3.3 Anwendungen der Bildentstehungstheorie	364
7.4 Übungsaufgaben	389
 8. Kohärenz	393
8.1 Zeitliche Kohärenz	393
8.1.1 Einführung in die zeitliche Kohärenz	394
8.1.2 Interferenzspektroskopie	397
8.1.3 Eigenschaften von $\gamma(\tau)$	401
8.2 Statistische Optik	406
8.2.1 Die Autokorrelationsfunktion	407
8.2.2 Modelle thermischer Lichtquellen	412
8.2.3 Kohärenzzeit und Frequenzbreite	417
8.2.4 Zusammenfassung zum Abschnitt „Zeitliche Kohärenz“	418
8.3 Räumliche Kohärenz	419
8.3.1 Das Youngsche Doppelspaltexperiment	420
8.3.2 Endliche Frequenzbreite	428
8.3.3 Transversale Kohärenz	431
8.4 Fluktuationen	434
8.4.1 Korrelationsinterferometrie	435
8.4.2 Quantenphysikalische Aspekte	438
8.5 Bildentstehung: Inkohärente Objekte	443
8.5.1 Transferfunktionen	443
8.5.2 Beispiele optischer Transferfunktionen	450
8.6 Übungsaufgaben	454
 9. Polarisation	457
9.1 Polarisiertes Licht	457
9.1.1 Arten polarisierten Lichts	457
9.1.2 Darstellungen für elliptisch polarisiertes Licht	460
9.1.3 Unpolarisiertes Licht	463
9.2 Polarisationsempfindliche optische Elemente	464
9.2.1 Erzeugung polarisierten Lichts	464
9.2.2 Phasenschieber	471
9.3 Teilweise polarisiertes Licht	476
9.3.1 Die Kohärenz-Matrix	477
9.3.2 Beispiele	478
9.3.3 Kombination von Lichtstrahlen	480
9.3.4 Beschreibung der Polarisation	484
9.4 Kristall-Optik	486
9.4.1 Elektromagnetische Wellen in anisotropen Dielektrika	487
9.4.2 Indexflächen	492
9.4.3 Zweiachsige Kristalle	497
9.5 Übungsaufgaben	500

Anhang	505
A.1 Ableitung des Fresnel-Kirchhoff-Integrals aus dem Helmholtz-Kirchhoffschen Satz	505
A.2 Ableitung des Helmholtz-Kirchhoffschen Theorems aus der Wellengleichung	509
Sachverzeichnis	511