

Inhalt

Vorwort	V
1 Ein kurzer Ausflug in die Geschichte	1
1.1 Vorbemerkung	1
1.2 Die Ursprünge	1
1.3 Vom siebzehnten Jahrhundert an	4
1.4 Das neunzehnte Jahrhundert	8
1.5 Das zwanzigste Jahrhundert	13
2 Die Wellenbewegung	19
2.1 Eindimensionale Wellen	20
2.1.1 Die Differenzialgleichung einer Welle	24
2.2 Harmonische Wellen	28
2.3 Phase und Phasengeschwindigkeit	35
2.4 Das Superpositionsprinzip	40
2.5 Die komplexe Darstellung	43
2.6 Zeiger und die Addition von Wellen	46
2.7 Ebene Wellen	49
2.8 Die dreidimensionale Wellengleichung	57
2.9 Kugelwellen	59
2.10 Zylinderwellen	63
2.11 Verdrilltes Licht	65
3 Theorie des Elektromagnetismus, Photonen und Licht	77
3.1 Die Grundgleichungen der Theorie des Elektromagnetismus	78
3.1.1 Das faradaysche Induktionsgesetz	79
3.1.2 Der gaußsche Satz für das elektrische Feld	84
3.1.3 Der gaußsche Satz für das magnetische Feld	87
3.1.4 Das ampèresche Verkettungsgesetz	87
3.1.5 Die maxwellschen Gleichungen	92
3.2 Elektromagnetische Wellen	97
3.2.1 Transversalwellen	100
3.3 Energie und Impuls	104
3.3.1 Der Poynting-Vektor	104

3.3.2	Die Bestrahlungsstärke	109
3.3.3	Photonen	113
3.3.4	Strahlungsdruck und Impuls	124
3.4	Strahlung	128
3.4.1	Linear beschleunigte Ladungen	130
3.4.2	Synchrotronstrahlung	132
3.4.3	Elektrische Dipolstrahlung	135
3.4.4	Die Emission von Licht durch Atome	138
3.5	Licht in Materie	142
3.5.1	Dispersion	146
3.6	Das elektromagnetische Spektrum	158
3.6.1	Radiowellen	158
3.6.2	Mikrowellen	160
3.6.3	Infrarotstrahlung	162
3.6.4	Sichtbares Licht	164
3.6.5	Ultraviolettes Licht	167
3.6.6	Röntgenstrahlung	168
3.6.7	Gammastrahlung	170
3.7	Quantenfeldtheorie	170
4	Die Ausbreitung des Lichts	183
4.1	Einführung	183
4.2	Rayleigh-Streuung	184
4.2.1	Streuung und Interferenz	187
4.2.2	Die Fortpflanzung des Lichts in dichten Medien	189
4.2.3	Transmission und Brechungsindex	194
4.3	Reflexion	199
4.3.1	Das Reflexionsgesetz	201
4.4	Brechung	206
4.4.1	Das Brechungsgesetz	207
4.4.2	Das huygenssche Prinzip	219
4.4.3	Lichtstrahlen und Normalkongruenz	222
4.5	Das fermatsche Prinzip	224
4.6	Der elektromagnetische Ansatz	233
4.6.1	Wellen an einer Grenzfläche	233
4.6.2	Die fresnelschen Gleichungen	236
4.6.3	Interpretation der fresnelschen Gleichungen	241
4.7	Innere Totalreflexion	255
4.7.1	Die abklingende Welle	258
4.8	Optische Eigenschaften von Metallen	265
4.9	Alltägliche Aspekte der Wechselwirkung zwischen Licht und Materie	271
4.10	Die stokesche Behandlung der Reflexion und Brechung	281

4.11	Photonen, Wellen und Wahrscheinlichkeit	283
4.11.1	Quantenelektrodynamik	286
4.11.2	Photonen und die Gesetze der Reflexion und Brechung	289
5	Geometrische Optik	305
5.1	Einführung	305
5.2	Linse	307
5.2.1	Asphärische Flächen	308
5.2.2	Brechung an Kugelflächen	312
5.2.3	Dünne Linse	318
5.3	Blenden	351
5.3.1	Apertur- und Feldblenden	351
5.3.2	Eintritts- und Austrittspupillen	352
5.3.3	Das Öffnungsverhältnis und die Blendenzahl	358
5.4	Spiegel	361
5.4.1	Ebene Spiegel	362
5.4.2	Asphärische Spiegel	367
5.4.3	Sphärische Spiegel	369
5.5	Prismen	378
5.5.1	Dispersionsprismen	379
5.5.2	Reflexionsprismen	383
5.6	Faseroptik	387
5.6.1	Technologie der Glasfaserübertragung	394
5.7	Optische Systeme	409
5.7.1	Das Auge	409
5.7.2	Die Brille	415
5.7.3	Die Lupe	425
5.7.4	Okulare	429
5.7.5	Das Mikroskop	431
5.7.6	Die Kamera	434
5.7.7	Das Fernrohr	438
5.8	Wellenfrontumformung	453
5.8.1	Adaptive Optik	454
5.8.2	Phasenkonjugation	459
5.9	Gravitationslinsen	462
6	Geometrische Optik: Weiterführende Themen	483
6.1	Dicke Linse und Linsensysteme	483
6.2	Strahlenverlaufsberechnung	490
6.2.1	Matrizenmethoden	492
6.3	Aberrationen	507
6.3.1	Monochromatische Aberrationen	508
6.3.2	Chromatische Aberrationen	530

6.4	Gradient-Index-Systeme	540
6.5	Abschließende Bemerkungen	545
7	Überlagerung von Wellen	551
7.1	Die Addition von Wellen gleicher Frequenz	552
7.1.1	Die algebraische Methode	552
7.1.2	Die komplexe Methode	559
7.1.3	Zeigeraddition	560
7.1.4	Stehende Wellen	563
7.2	Die Addition von Wellen verschiedener Frequenz	572
7.2.1	Schwebungen	573
7.2.2	Gruppengeschwindigkeit	576
7.3	Anharmonische periodische Wellen	586
7.3.1	Fourierreihen	586
7.4	Nichtperiodische Wellen	605
7.4.1	Fourier-Integrale	608
7.4.2	Impulse und Wellenpakete	612
7.4.3	Die Kohärenzlänge	617
7.4.4	Diskrete Fourier-Transformation	622
8	Polarisation	645
8.1	Die Natur des polarisierten Lichts	645
8.1.1	Lineare Polarisation	646
8.1.2	Zirkulare Polarisation	650
8.1.3	Elliptische Polarisation	653
8.1.4	Natürliches Licht	656
8.1.5	Der Drehimpuls und das Photonenbild	657
8.2	Polarisatoren	659
8.2.1	Das malussche Gesetz	660
8.3	Dichroismus	662
8.3.1	Der Drahtgitterpolarisator	662
8.3.2	Dichroitische Kristalle	664
8.3.3	Das Polaroidfilter	665
8.4	Doppelbrechung	670
8.4.1	Kalkspat	672
8.4.2	Doppelbrechende Kristalle	679
8.4.3	Doppelbrechende Polarisatoren	685
8.5	Streuung und Polarisation	688
8.5.1	Polarisation durch Streuung	689
8.6	Polarisation durch Reflexion	691
8.6.1	Eine Anwendung der fresnelschen Gleichungen	695
8.7	Verzögerungsplättchen	698

8.7.1	Phasenplättchen und Rhomboeder	699
8.7.2	Kompensatoren	710
8.8	Zirkularpolarisatoren	711
8.9	Polarisation von polychromatischem Licht	713
8.9.1	Bandbreite und Kohärenzzeit einer polychromatischen Welle	713
8.9.2	Interferenzfarben	715
8.10	Optische Aktivität	716
8.10.1	Ein Modell	721
8.10.2	Optisch aktive Biomoleküle	723
8.11	Erzwungene optische Effekte – Optische Modulatoren	724
8.11.1	Photoelastizität	724
8.11.2	Der Faraday-Effekt	726
8.11.3	Der Kerr-Effekt und der Pockels-Effekt	729
8.12	Flüssigkristalle	733
8.13	Eine mathematische Beschreibung der Polarisation	737
8.13.1	Die stokesschen Parameter	738
8.13.2	Die jonesschen Vektoren	741
8.13.3	Die jonesschen und die Mueller-Matrizen	744
9	Interferenz	761
9.1	Allgemeine Betrachtungen	762
9.1.1	Nahfeld / Fernfeld	768
9.2	Interferenzbedingungen	769
9.2.1	Zeitliche und räumliche Kohärenz	770
9.2.2	Die Fresnel-Arago-Gesetze	773
9.3	Interferometer mit Wellenfrontaufspaltung	774
9.3.1	Das youngsche Doppelspaltexperiment	775
9.4	Interferometer mit Amplitudenaufspaltung	796
9.4.1	Dielektrische Schichten – Zweistrahlint interferenz	796
9.4.2	Spiegel-Interferometer	813
9.5	Typen und Lokalisierung von Interferenzmustern	825
9.6	Mehrstrahlinterferenz	828
9.6.1	Das Fabry-Perot-Interferometer	836
9.7	Anwendungen von Ein- und Mehrschichtfilmen	844
9.7.1	Mathematische Behandlung	845
9.7.2	Reflexmindernde Schichten	849
9.7.3	Periodische Mehrschichtsysteme	851
9.8	Anwendungen der Interferometrie	854
9.8.1	Streulichtinterferenz	854
9.8.2	Das Twyman-Green-Interferometer	858
9.8.3	Das rotierende Sagnac-Interferometer	859
9.8.4	Radarinterferometrie	861

10	Beugung	875
10.1	Einleitende Betrachtungen	875
10.1.1	Undurchsichtige Hindernisse	879
10.1.2	Fraunhofer- und Fresnelbeugung	882
10.1.3	Mehrere kohärente Oszillatoren	884
10.2	Fraunhoferbeugung	889
10.2.1	Beugung am Einzelspalt	889
10.2.2	Beugung am Doppelspalt	905
10.2.3	Beugung an vielen Spalten	911
10.2.4	Beugung an einer rechteckigen Öffnung	926
10.2.5	Beugung an einer kreisrunden Öffnung	931
10.2.6	Das Auflösungsvermögen abbildender Systeme	939
10.2.7	Der Besselstrahl nullter Ordnung	944
10.2.8	Das Beugungsgitter	947
10.3	Fresnelbeugung	962
10.3.1	Die freie Ausbreitung einer Kugelwelle	962
10.3.2	Die Vibrationskurve	968
10.3.3	Kreisförmige Öffnungen	970
10.3.4	Kreisförmige Hindernisse	980
10.3.5	Die fresnelsche Zonenplatte	983
10.3.6	Die fresnelschen Integrale und die Beugung am rechteckigen Loch	988
10.3.7	Die Cornu-Spirale	993
10.3.8	Fresnelbeugung am Spalt	999
10.3.9	Beugung am halbumendlichen, undurchsichtigen Schirm	1004
10.3.10	Beugung an einem schmalen Hindernis	1007
10.3.11	Das Prinzip von Babinet	1009
10.4	Die skalare Beugungstheorie von Kirchhoff	1011
10.5	Beugungswellen	1016
11	Fourier-Optik	1031
11.1	Einleitung	1031
11.2	Fourier-Transformierte	1032
11.2.1	Eindimensionale Transformierte	1032
11.2.2	Zweidimensionale Transformierte	1037
11.2.3	Die diracsche Delta-Funktion	1043
11.3	Optische Anwendungen	1051
11.3.1	Zweidimensionale Bilder	1051
11.3.2	Lineare Systeme	1057
11.3.3	Das Faltungsintegral	1062
11.3.4	Fourier-Methoden in der Beugungstheorie	1079
11.3.5	Spektren und Korrelation	1087
11.3.6	Übertragungsfunktionen	1101

12	Grundlagen der Kohärenztheorie	1119
12.1	Einführung	1119
12.2	Muster und Kohärenz	1123
12.2.1	Beugung und verschwindende Streifen	1129
12.3	Die Sichtbarkeit	1131
12.4	Die wechselseitige Kohärenzfunktion und der Kohärenzgrad	1140
12.4.1	Zeitliche und räumliche Kohärenz	1145
12.5	Kohärenz und Stellarinterferometrie	1148
12.5.1	Das Michelson-Stellarinterferometer	1148
12.5.2	Korrelationsinterferometrie	1153
13	Moderne Optik	1165
13.1	Laser und Laserstrahlung	1165
13.1.1	Strahlungsenergie und Materie im Gleichgewicht	1166
13.1.2	Induzierte Emission	1174
13.1.3	Der Laser	1182
13.1.4	Das Wunder Laserlicht	1208
13.2	Das Bild als räumliche Verteilung optischer Information	1216
13.2.1	Raumfrequenzen	1216
13.2.2	Die abbesche Bildentstehungstheorie	1221
13.2.3	Räumliche Filterung	1224
13.2.4	Phasenkontrast	1231
13.2.5	Die Dunkelfeld- und die Schlierenmethode	1237
13.3	Holografie	1240
13.3.1	Verfahren	1240
13.3.2	Entwicklungen und Anwendungen	1255
13.4	Nichtlineare Optik	1264
13.4.1	Optische Gleichrichtung	1266
13.4.2	Erzeugung von Harmonischen	1266
13.4.3	Frequenzmischung	1270
13.4.4	Selbstfokussierung von Licht	1271
Anhang 1:	Theorie des Elektromagnetismus	1283
Anhang 2:	Kirchhoffsche Beugungstheorie	1289
Lösungen	ausgewählter Aufgaben	1291
Literatur		1337
Sachverzeichnis		1345