

Inhalt

Vorwort zur vierten Originalausgabe

v

Verwendete Symbole

XVI

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Ein kurzer Ausflug in die Geschichte | 1 |
| 1.1 | Vorbemerkung | 1 |
| 1.2 | Die Ursprünge | 1 |
| 1.3 | Vom siebzehnten Jahrhundert an | 3 |
| 1.4 | Das neunzehnte Jahrhundert | 6 |
| 1.5 | Das zwanzigste Jahrhundert | 11 |
| 2 | Die Wellenbewegung | 17 |
| 2.1 | Eindimensionale Wellen | 18 |
| 2.1.1 | Die Differenzialgleichung einer Welle | 22 |
| 2.2 | Harmonische Wellen | 25 |
| 2.3 | Phase und Phasengeschwindigkeit | 30 |
| 2.4 | Das Superpositionsprinzip | 34 |
| 2.5 | Die komplexe Darstellung | 36 |
| 2.6 | Zeiger und die Addition von Wellen | 39 |
| 2.7 | Ebene Wellen | 42 |
| 2.8 | Die dreidimensionale Wellengleichung | 47 |
| 2.9 | Kugelwellen | 49 |
| 2.10 | Zylinderwellen | 53 |
| | Aufgaben | 55 |
| 3 | Theorie des Elektromagnetismus, Photonen und Licht | 63 |
| 3.1 | Die Grundgleichungen der Theorie des Elektromagnetismus | 64 |
| 3.1.1 | Das faradaysche Induktionsgesetz | 65 |
| 3.1.2 | Der gaußsche Satz für das elektrische Feld | 69 |
| 3.1.3 | Der gaußsche Satz für das magnetische Feld | 72 |
| 3.1.4 | Das ampèresche Verkettungsgesetz | 73 |
| 3.1.5 | Die maxwellschen Gleichungen | 77 |
| 3.2 | Elektromagnetische Wellen | 78 |
| 3.2.1 | Transversalwellen | 82 |
| 3.3 | Energie und Impuls | 85 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 3.3.1 | Der Poynting-Vektor | 85 |
| 3.3.2 | Die Bestrahlungsstärke | 89 |
| 3.3.3 | Photonen | 91 |
| 3.3.4 | Strahlungsdruck und Impuls | 100 |
| 3.4 | Strahlung | 104 |
| 3.4.1 | Linear beschleunigte Ladungen | 104 |
| 3.4.2 | Synchrotronstrahlung | 107 |
| 3.4.3 | Elektrische Dipolstrahlung | 110 |
| 3.4.4 | Die Emission von Licht durch Atome | 113 |
| 3.5 | Licht in Materie | 117 |
| 3.5.1 | Dispersion | 120 |
| 3.6 | Das elektromagnetische Spektrum | 129 |
| 3.6.1 | Radiowellen | 131 |
| 3.6.2 | Mikrowellen | 131 |
| 3.6.3 | Infrarotstrahlung | 133 |
| 3.6.4 | Sichtbares Licht | 135 |
| 3.6.5 | Ultraviolettes Licht | 137 |
| 3.6.6 | Röntgenstrahlung | 139 |
| 3.6.7 | Gammastrahlung | 140 |
| 3.7 | Quantenfeldtheorie | 141 |
| | Aufgaben | 144 |
| 4 | Die Ausbreitung des Lichts | 151 |
| 4.1 | Einführung | 151 |
| 4.2 | Rayleigh-Streuung | 152 |
| 4.2.1 | Streuung und Interferenz | 154 |
| 4.2.2 | Die Fortpflanzung des Lichts in dichten Medien | 157 |
| 4.2.3 | Transmission und Brechungsindex | 161 |
| 4.3 | Reflexion | 165 |
| 4.3.1 | Das Reflexionsgesetz | 167 |
| 4.4 | Brechung | 172 |
| 4.4.1 | Das Brechungsgesetz | 173 |
| 4.4.2 | Das huygenssche Prinzip | 179 |
| 4.4.3 | Lichtstrahlen und Normalkongruenz | 181 |
| 4.5 | Das fermatsche Prinzip | 182 |
| 4.6 | Der elektromagnetische Ansatz | 191 |
| 4.6.1 | Wellen an einer Grenzfläche | 191 |
| 4.6.2 | Die fresnelschen Gleichungen | 193 |
| 4.6.3 | Interpretation der fresnelschen Gleichungen | 198 |
| 4.7 | Innere Totalreflexion | 209 |
| 4.7.1 | Die abklingende Welle | 212 |
| 4.8 | Optische Eigenschaften von Metallen | 217 |
| 4.9 | Alltägliche Aspekte der Wechselwirkung zwischen Licht und Materie | 224 |
| 4.10 | Die stokesche Behandlung der Reflexion und Brechung | 231 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.11 | Photonen, Wellen und Wahrscheinlichkeit | 233 |
| 4.11.1 | Quantenelektrodynamik | 236 |
| | Aufgaben | 240 |
| 5 | Geometrische Optik | 253 |
| 5.1 | Einführung | 253 |
| 5.2 | Linsen | 255 |
| 5.2.1 | Asphärische Flächen | 255 |
| 5.2.2 | Brechung an Kugelflächen | 260 |
| 5.2.3 | Dünne Linsen | 264 |
| 5.3 | Blenden | 288 |
| 5.3.1 | Apertur- und Feldblenden | 288 |
| 5.3.2 | Eintritts- und Austrittspupillen | 289 |
| 5.3.3 | Das Öffnungsverhältnis und die Blendenzahl | 291 |
| 5.4 | Spiegel | 293 |
| 5.4.1 | Ebene Spiegel | 294 |
| 5.4.2 | Asphärische Spiegel | 298 |
| 5.4.3 | Sphärische Spiegel | 301 |
| 5.5 | Prismen | 308 |
| 5.5.1 | Dispersionsprismen | 308 |
| 5.5.2 | Reflexionsprismen | 312 |
| 5.6 | Faseroptik | 317 |
| 5.6.1 | Technologie der Glasfaserübertragung | 323 |
| 5.7 | Optische Systeme | 331 |
| 5.7.1 | Das Auge | 331 |
| 5.7.2 | Die Brille | 337 |
| 5.7.3 | Die Lupe | 345 |
| 5.7.4 | Okulare | 349 |
| 5.7.5 | Das Mikroskop | 351 |
| 5.7.6 | Die Kamera | 354 |
| 5.7.7 | Das Fernrohr | 359 |
| 5.8 | Wellenfrontumformung | 370 |
| 5.8.1 | Adaptive Optik | 371 |
| 5.8.2 | Phasenkonjugation | 376 |
| 5.9 | Gravitationslinsen | 379 |
| | Aufgaben | 382 |
| 6 | Geometrische Optik: Weiterführende Themen | 397 |
| 6.1 | Dicke Linsen und Linsensysteme | 397 |
| 6.2 | Strahlenverlaufsberechnung | 403 |
| 6.2.1 | Matrizenmethoden | 405 |
| 6.3 | Aberrationen | 414 |
| 6.3.1 | Monochromatische Aberrationen | 415 |
| 6.3.2 | Chromatische Aberrationen | 438 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 6.4 | Gradient-Index-Systeme | 448 |
| 6.5 | Abschließende Bemerkungen | 453 |
| | Aufgaben | 453 |
| 7 | Überlagerung von Wellen | 457 |
| 7.1 | Die Addition von Wellen gleicher Frequenz | 458 |
| 7.1.1 | Die algebraische Methode | 458 |
| 7.1.2 | Die komplexe Methode | 465 |
| 7.1.3 | Zeigeraddition | 466 |
| 7.1.4 | Stehende Wellen | 469 |
| 7.2 | Die Addition von Wellen verschiedener Frequenz | 477 |
| 7.2.1 | Schwebungen | 477 |
| 7.2.2 | Gruppengeschwindigkeit | 481 |
| 7.3 | Anharmonische periodische Wellen | 492 |
| 7.3.1 | Fourierreihen | 492 |
| 7.4 | Nichtperiodische Wellen | 502 |
| 7.4.1 | Fourier-Integrale | 502 |
| 7.4.2 | Impulse und Wellenpakete | 506 |
| 7.4.3 | Die Kohärenzlänge | 511 |
| 7.4.4 | Diskrete Fourier-Transformation | 515 |
| | Aufgaben | 521 |
| 8 | Polarisation | 529 |
| 8.1 | Die Natur des polarisierten Lichts | 529 |
| 8.1.1 | Lineare Polarisation | 530 |
| 8.1.2 | Zirkulare Polarisation | 532 |
| 8.1.3 | Elliptische Polarisation | 533 |
| 8.1.4 | Natürliches Licht | 536 |
| 8.1.5 | Der Drehimpuls und das Photonenbild | 537 |
| 8.2 | Polarisatoren | 539 |
| 8.2.1 | Das malussche Gesetz | 540 |
| 8.3 | Dichroismus | 542 |
| 8.3.1 | Der Drahtgitterpolarisator | 542 |
| 8.3.2 | Dichroitische Kristalle | 543 |
| 8.3.3 | Das Polaroidfilter | 544 |
| 8.4 | Doppelbrechung | 547 |
| 8.4.1 | Kalkspat | 549 |
| 8.4.2 | Doppelbrechende Kristalle | 556 |
| 8.4.3 | Doppelbrechende Polarisatoren | 558 |
| 8.5 | Streuung und Polarisation | 560 |
| 8.5.1 | Polarisation durch Streuung | 562 |
| 8.6 | Polarisation durch Reflexion | 564 |
| 8.6.1 | Eine Anwendung der fresnelschen Gleichungen | 568 |
| 8.7 | Phasenschieber | 570 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 8.7.1 | Phasenplättchen und Rhomboeder | 570 |
| 8.7.2 | Kompensatoren | 577 |
| 8.8 | Zirkularpolarisatoren | 579 |
| 8.9 | Polarisation von polychromatischem Licht | 580 |
| 8.9.1 | Bandbreite und Kohärenzzeit einer polychromatischen Welle | 580 |
| 8.9.2 | Interferenzfarben | 582 |
| 8.10 | Optische Aktivität | 583 |
| 8.10.1 | Ein Modell | 588 |
| 8.10.2 | Optisch aktive Biomoleküle | 590 |
| 8.11 | Erzwungene optische Effekte – Optische Modulatoren | 591 |
| 8.11.1 | Photoelastizität | 591 |
| 8.11.2 | Der Faraday-Effekt | 593 |
| 8.11.3 | Der Kerr-Effekt und der Pockels-Effekt | 596 |
| 8.12 | Flüssigkristalle | 600 |
| 8.13 | Eine mathematische Beschreibung der Polarisation | 605 |
| 8.13.1 | Die stokesschen Parameter | 605 |
| 8.13.2 | Die joneschen Vektoren | 608 |
| 8.13.3 | Die joneschen und die Mueller-Matrizen | 611 |
| | Aufgaben | 615 |
| 9 | Interferenz | 627 |
| 9.1 | Allgemeine Betrachtungen | 628 |
| 9.2 | Interferenzbedingungen | 635 |
| 9.2.1 | Zeitliche und räumliche Kohärenz | 635 |
| 9.2.2 | Die Fresnel-Arago-Gesetze | 638 |
| 9.3 | Interferometer mit Wellenfrontaufspaltung | 639 |
| 9.3.1 | Das youngsche Doppelpaltexperiment | 639 |
| 9.4 | Interferometer mit Amplitudenaufspaltung | 650 |
| 9.4.1 | Dielektrische Schichten – Zweistrahlinterferenz | 651 |
| 9.4.2 | Spiegel-Interferometer | 662 |
| 9.5 | Typen und Lokalisierung von Interferenzmustern | 671 |
| 9.6 | Mehrstrahlinterferenz | 674 |
| 9.6.1 | Das Fabry-Perot-Interferometer | 682 |
| 9.7 | Anwendungen von Ein- und Mehrschichtfilmen | 690 |
| 9.7.1 | Mathematische Behandlung | 691 |
| 9.7.2 | Reflexmindernde Schichten | 695 |
| 9.7.3 | Periodische Mehrschichtsysteme | 697 |
| 9.8 | Anwendungen der Interferometrie | 700 |
| 9.8.1 | Streulichtinterferenz | 700 |
| 9.8.2 | Das Twyman-Green-Interferometer | 704 |
| 9.8.3 | Das rotierende Sagnac-Interferometer | 705 |
| 9.8.4 | Radarinterferometrie | 707 |
| | Aufgaben | 711 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 10 | Beugung | 719 |
| 10.1 | Einleitende Betrachtungen | 719 |
| 10.1.1 | Das Fresnel-Huygens-Prinzip | 720 |
| 10.1.2 | Undurchsichtige Hindernisse | 723 |
| 10.1.3 | Fraunhofer- und Fresnelbeugung | 726 |
| 10.1.4 | Mehrere kohärente Oszillatoren | 728 |
| 10.2 | Fraunhoferbeugung | 733 |
| 10.2.1 | Beugung am Einzelspalt | 733 |
| 10.2.2 | Beugung am Doppelspalt | 740 |
| 10.2.3 | Beugung an vielen Spalten | 745 |
| 10.2.4 | Beugung an einer rechteckigen Öffnung | 751 |
| 10.2.5 | Beugung an einer kreisrunden Öffnung | 756 |
| 10.2.6 | Das Auflösungsvermögen abbildender Systeme | 763 |
| 10.2.7 | Der Besselstrahl nullter Ordnung | 767 |
| 10.2.8 | Das Beugungsgitter | 769 |
| 10.3 | Fresnelbeugung | 783 |
| 10.3.1 | Die freie Ausbreitung einer Kugelwelle | 783 |
| 10.3.2 | Die Vibrationskurve | 790 |
| 10.3.3 | Kreisförmige Öffnungen | 792 |
| 10.3.4 | Kreisförmige Hindernisse | 797 |
| 10.3.5 | Die fresnelsche Zonenplatte | 799 |
| 10.3.6 | Die fresnelschen Integrale und die Beugung am rechteckigen Loch | 803 |
| 10.3.7 | Die Cornu-Spirale | 807 |
| 10.3.8 | Fresnelbeugung am Spalt | 813 |
| 10.3.9 | Beugung am halbunendlichen, undurchsichtigen Schirm | 817 |
| 10.3.10 | Beugung an einem schmalen Hindernis | 819 |
| 10.3.11 | Das Prinzip von Babinet | 821 |
| 10.4 | Die skalare Beugungstheorie von Kirchhoff | 823 |
| 10.5 | Beugungswellen | 828 |
| | Aufgaben | 831 |
| 11 | Fourier-Optik | 839 |
| 11.1 | Einleitung | 839 |
| 11.2 | Fourier-Transformierte | 840 |
| 11.2.1 | Eindimensionale Transformierte | 840 |
| 11.2.2 | Zweidimensionale Transformierte | 844 |
| 11.2.3 | Die diracsche Delta-Funktion | 850 |
| 11.3 | Optische Anwendungen | 858 |
| 11.3.1 | Lineare Systeme | 858 |
| 11.3.2 | Das Faltungsintegral | 863 |
| 11.3.3 | Fourier-Methoden in der Beugungstheorie | 872 |
| 11.3.4 | Spektren und Korrelation | 880 |
| 11.3.5 | Übertragungsfunktionen | 891 |
| | Aufgaben | 900 |

| | | |
|---|--|-------------|
| 12 | Grundlagen der Kohärenztheorie | 905 |
| 12.1 | Einführung | 905 |
| 12.2 | Die Sichtbarkeit | 909 |
| 12.3 | Die wechselseitige Kohärenzfunktion und der Kohärenzgrad | 917 |
| 12.3.1 | Zeitliche und räumliche Kohärenz | 922 |
| 12.4 | Kohärenz und Stellarinterferometrie | 924 |
| 12.4.1 | Das Michelson-Stellarinterferometer | 924 |
| 12.4.2 | Korrelationsinterferometrie | 927 |
| | Aufgaben | 933 |
| 13 | Moderne Optik | 937 |
| 13.1 | Laser und Laserstrahlung | 937 |
| 13.1.1 | Strahlungsenergie und Materie im Gleichgewicht | 938 |
| 13.1.2 | Induzierte Emission | 945 |
| 13.1.3 | Der Laser | 951 |
| 13.1.4 | Das Wunder Laserlicht | 970 |
| 13.2 | Das Bild als räumliche Verteilung optischer Information | 978 |
| 13.2.1 | Raumfrequenzen | 978 |
| 13.2.2 | Die abbesche Bildentstehungstheorie | 982 |
| 13.2.3 | Räumliche Filterung | 985 |
| 13.2.4 | Phasenkontrast | 993 |
| 13.2.5 | Die Dunkelfeld- und die Schlierenmethode | 999 |
| 13.3 | Holographie | 1002 |
| 13.3.1 | Verfahren | 1002 |
| 13.3.2 | Entwicklungen und Anwendungen | 1017 |
| 13.4 | Nichtlineare Optik | 1024 |
| 13.4.1 | Optische Gleichrichtung | 1026 |
| 13.4.2 | Erzeugung von Harmonischen | 1027 |
| 13.4.3 | Frequenzmischung | 1030 |
| 13.4.4 | Selbstfokussierung von Licht | 1032 |
| | Aufgaben | 1032 |
| Anhang 1: Theorie des Elektromagnetismus | | 1041 |
| 1 | Die maxwellschen Gleichungen in differenzieller Form | 1041 |
| 2 | Elektromagnetische Wellen | 1042 |
| Anhang 2: Kirchhoffsche Beugungstheorie | | 1047 |
| Lösungen ausgewählter Aufgaben | | 1049 |
| Literatur | | 1099 |
| Sachverzeichnis | | 1107 |