

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Strahlenoptik	7
2.1 Reflexion und Brechung	7
2.1.1 Brechung	7
2.1.2 Der Brechungsindex	7
2.1.3 Reflexion	9
2.1.4 Totalreflexion	10
2.1.5 Reflexionsprismen	11
2.2 Abbildung	12
2.2.1 Sphärische Oberflächen	12
2.2.2 Objekt-Bild-Beziehung	14
2.2.3 Anwendung der Vorzeichenkonvention	16
2.2.4 Die Abbildungsgleichung	16
2.2.5 Klassifikation der Linsen und Bilder	19
2.2.6 Sphärische Spiegel	20
2.2.7 Dicke Linsen	21
2.2.8 Bildkonstruktion	23
2.2.9 Der Abbildungsmaßstab	25
2.2.10 Die Newtonsche Form der Abbildungsgleichung	27
2.2.11 Die Helmholtz-Lagrangesche Invariante	27
2.2.12 Aberrationen	28
Aufgaben	29
3. Optische Instrumente	33
3.1 Das Auge (als optisches Instrument)	33
3.2 Die photographische Kamera	37
3.2.1 Die photographische Schicht	38
3.2.2 Sensitometrie	40
3.2.3 Das Auflösungsvermögen	42
3.2.4 Die Schärfentiefe	43
3.3 Projektionssysteme	44
3.4 Die Lupe	46
3.5 Das Mikroskop	47

3.6	Das konfokale Scanning-Mikroskop	49
3.6.1	Die Nipkow-Scheibe	51
3.7	Fernrohre	52
3.7.1	Pupillen und Blenden	53
3.7.2	Gesichtsfeldblenden	55
3.7.3	Terrestrische Fernrohre	55
3.8	Das Auflösungsvermögen optischer Instrumente	56
3.8.1	Die Kamera	57
3.8.2	Das Fernrohr	57
3.8.3	Das Mikroskop	58
3.8.4	Der Kondensor	60
	Aufgaben	62
4.	Lichtquellen und Detektoren	67
4.1	Radiometrie und Photometrie	67
4.1.1	Radiometrische Einheiten	67
4.1.2	Photometrische Einheiten	69
4.1.3	Punktquellen	71
4.1.4	Ausgedehnte Quellen	72
4.1.5	Der diffuse Reflektor	73
4.1.6	Die Ulbrichtsche Kugel	74
4.1.7	Die Beleuchtungsstärke im Bild	76
4.1.8	Die Leuchtdichte im Bild	78
4.2	Lichtquellen	80
4.2.1	Schwarze Körper	80
4.2.2	Farbtemperatur und Strahlungstemperatur	85
4.2.3	Linienquellen	85
4.2.4	Lichtemittierende Dioden (LEDs)	89
4.3	Detektoren	90
4.3.1	Quantendetektoren	90
4.3.2	Thermische Detektoren	95
4.3.3	Leistungsparameter von Detektoren	98
	Aufgaben	102
5.	Wellenoptik	105
5.1	Wellen	105
5.1.1	Elektromagnetische Wellen	107
5.1.2	Die komplexe exponentielle Schreibweise	108
5.2	Überlagerung von Wellen	109
5.2.1	Die Gruppengeschwindigkeit	110
5.2.2	Der Brechungsindex einer Wellengruppe	110
5.3	Interferenz durch Teilung der Wellenfront	112
5.3.1	Interferenz am Doppelspalt	112
5.3.2	Interferenz am Mehrfachspalt	114
5.4	Interferenz durch Teilung der Amplitude	116

5.4.1	Zweistrahlinterferenz	116
5.4.2	Vielstrahlinterferenz	118
5.5	Beugung	120
5.5.1	Beugung am Einzelspalt	122
5.5.2	Interferenz an endlichen Spalten	125
5.5.3	Fresnel-Beugung	125
5.5.4	Fernfeld und Nahfeld	129
5.5.5	Das Babinet-Prinzip	131
5.5.6	Das Fermatsche Prinzip	132
5.6	Kohärenz	133
5.6.1	Zeitliche Kohärenz	135
5.6.2	Räumliche Kohärenz	136
5.6.3	Kohärenz thermischer Lichtquellen	137
5.6.4	Kohärenz der Mikroskopbeleuchtung	138
5.7	Die theoretische Auflösungsgrenze	139
5.7.1	Zwei-Punkt-Auflösungsvermögen	139
5.7.2	Kohärente Beleuchtung	140
5.7.3	Diffuse kohärente Beleuchtung	141
5.7.4	Quasi-thermische Lichtquellen	144
	Aufgaben	145
6.	Interferometrie und verwandte Gebiete	149
6.1	Beugungsgitter	149
6.1.1	Gebrazte Gitter	151
6.1.2	Das spektrale Auflösungsvermögen	152
6.2	Das Michelson-Interferometer	153
6.2.1	Das Twyman-Green-Interferometer	154
6.2.2	Das Mach-Zehnder-Interferometer	155
6.3	Das Fabry-Perot-Interferometer	157
6.3.1	Spektrales Auflösungsvermögen	157
6.3.2	Freier Spektralbereich	159
6.3.3	Konfokales Fabry-Perot-Interferometer	159
6.4	Mehrschichtspiegel und Interferenzfilter	160
6.4.1	Lambda-Viertel-Schicht	160
6.4.2	Vielschicht-Spiegel	161
6.4.3	Interferenzfilter	162
	Aufgaben	162
7.	Holographie und Bildverarbeitung	165
7.1	Holographie	165
7.1.1	Off-Axis-Holographie	168
7.1.2	Das Hologramm als Zonenplatte	170
7.1.3	Amplituden- und Phasenhologramme	171
7.1.4	Dicke Hologramme	172
7.2	Optische Bildverarbeitung	174

XVIII Inhaltsverzeichnis

7.2.1	Die Abbesche Theorie	175
7.2.2	Fourierreihen	177
7.2.3	Fourieroptik	181
7.2.4	Ortsfrequenz-Filterung	181
7.2.5	Phasenkontrast	185
7.2.6	Angepaßte Filter	188
7.2.7	Optischer Prozessor mit konvergenten Bündeln	190
7.3	Impulsantwort und Übertragungsfunktion	191
7.3.1	Die Impulsantwort	191
7.3.2	Die Kantenantwort	194
7.3.3	Die Impulsantwort bei der konfokalen Scanning-Mikroskopie	195
7.3.4	Bildverbesserung	197
7.3.5	Die optische Übertragungsfunktion	199
7.3.6	Die kohärente Übertragungsfunktion	200
7.3.7	Beugungsbegrenzte Übertragungsfunktionen	201
7.3.8	Die MTF photographischer Filme	203
7.4	Digitale Bildverarbeitung	204
7.4.1	Die Videokamera	204
7.4.2	Einzelpixel-Operationen	205
7.4.3	Kreuzkorrelation	207
7.4.4	Das Video-Mikroskop	209
7.4.5	Mikroskopische Längenmessung	210
	Aufgaben	212
8.	Laser	217
8.1	Verstärkung von Licht	217
8.1.1	Der optische Verstärker	219
8.2	Optisch gepumpte Laser	222
8.2.1	Bilanzgleichungen	222
8.2.2	Die Ausgangsleistung	224
8.2.3	Gütegeschaltete Laser	224
8.2.4	Modengekoppelte Laser	226
8.3	Optische Resonatoren	228
8.3.1	Longitudinalmoden	228
8.3.2	Transversalmoden	230
8.3.3	Gaußsche Bündel	231
8.3.4	Das Stabilitätsdiagramm	235
8.3.5	Kohärenz der Laserstrahlung	236
8.4	Spezielle Lasersysteme	237
8.4.1	Der Rubin-Laser	237
8.4.2	Der Neodym-Laser	240
8.4.3	Der Farbstofflaser	242
8.4.4	Der He-Ne-Laser	243
8.4.5	Ionenlaser	244

8.4.6	Der CO ₂ -Laser	246
8.4.7	Andere Gaslaser	246
8.4.8	Halbleiterlaser	247
8.5	Lasersicherheit	247
8.5.1	Sonnenbrillen	250
	Aufgaben	251

9. Die elektromagnetische Theorie des Lichts

	und Polarisisationseffekte	253
9.1	Reflexion und Brechung	254
9.1.1	Ausbreitung	254
9.1.2	Brewster-Winkel	254
9.1.3	Reflexion	255
9.1.4	Relativer Brechungsindex	257
9.1.5	Totalreflexion	257
9.1.6	Phasenänderung	258
9.1.7	Reflexion an Metallen	260
9.2	Polarisation	261
9.2.1	Doppelbrechung	262
9.2.2	Phasenplatten	264
9.2.3	Glan-Thompson- und Nicol-Prisma	265
9.2.4	Dichroitische Polarisatoren	267
9.2.5	Optische Aktivität	267
9.2.6	Flüssigkristalle	268
9.3	Nichtlineare Optik	269
9.3.1	Erzeugung der 2. Harmonischen	270
9.3.2	Phasenanpassung	271
9.3.3	Optisches Mischen	273
9.4	Elektrooptik, Magnetooptik und Akustooptik	274
9.4.1	Der Kerr-Effekt	274
9.4.2	Der Pockels-Effekt	275
9.4.3	Elektrooptische Lichtmodulation	277
9.4.4	Akustooptische Strahlablenkung	278
9.4.5	Faraday-Effekt	279
	Aufgaben	280

10. Optische Wellenleiter

10.1	Strahlen in optischen Fasern	283
10.2	Moden in optischen Wellenleitern	286
10.2.1	Ausbreitungskonstante und Phasengeschwindigkeit ...	288
10.2.2	Prismenkoppler	289
10.2.3	Gitterkoppler	291
10.2.4	Moden in Wellenleitern mit kreisförmigem Querschnitt	293
10.2.5	Anzahl der Moden in einem Wellenleiter	293
10.2.6	Monomode-Wellenleiter	294

10.3	Gradientenindex-Fasern	295
10.3.1	Parabolisches Profil	295
10.3.2	Lokale numerische Apertur	298
10.3.3	Leckwellen	298
10.3.4	Eingeschränkte Startbedingungen	300
10.3.5	Krümmungsverluste und Modenkopplung	302
10.4	Verbinder	304
10.4.1	Multimode-Fasern	304
10.4.2	Monomode-Faser	308
10.4.3	Sternkoppler	310
	Aufgaben	311
11.	Optische Faser-Meßtechnik	315
11.1	Anfangsbedingungen	315
11.1.1	Strahlenoptische Anfangsbedingungen	316
11.1.2	Modengleichgewichtssimulator	317
11.1.3	Mantelmodenabstreifer	318
11.2	Dämpfung	319
11.2.1	Dämpfungsmessung	320
11.3	Bandbreite der Faser	322
11.3.1	Verzerrung der Impulsform	322
11.3.2	Materialdispersion	323
11.3.3	Wellenleiterdispersion	323
11.3.4	Messung der Bandbreite	325
11.3.5	Kohärenzlänge der Quelle	325
11.4	Optische Reflektometrie im Zeitbereich	326
11.5	Messung des Brechungsindexprofils	328
11.5.1	Transversale Methoden	329
11.5.2	Longitudinale Methoden	330
11.5.3	Nahfeldscanning	331
11.5.4	Methode der gebrochenen Strahlen	332
11.5.5	Messung des Kerndurchmessers	334
11.6	Messung der numerischen Apertur	336
	Aufgaben	337
12.	Integrierte Optik	341
12.1	Integrierte Optische Schaltkreise	341
12.1.1	Kanal- oder Streifenwellenleiter	343
12.1.2	Firstwellenleiter	344
12.1.3	Verzweiger	346
12.1.4	Laser mit verteilter Rückkopplung	347
12.1.5	Koppler	348
12.1.6	Modulatoren und Schalter	349
12.2	Optische Schichtbauelemente	353
12.2.1	Moden-Index Linsen	354

12.2.2 Luneburglinsen.....	355
12.2.3 Geodätische Linsen	356
12.2.4 Gitter.....	359
12.2.5 Oberflächenemittierende Laser	363
Aufgaben	364
Lösungen der Beispiele und Aufgaben	369
Empfohlene Literatur	469
Sachverzeichnis	476