
Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Optische Größen und ihre Formelzeichen	13
Vorzeichenfestlegung nach DIN 1335	17
1 Licht, Lichtausbreitung und optische Abbildung	19
1.1 Eigenschaften des Lichtes	19
1.2 Wellenoptik	19
1.2.1 Kenngrößen der Wellen	20
1.2.2 Ausbreitung von Wellen – das Prinzip von Huygens	21
1.2.3 Interferenz	21
1.2.4 Beugung	23
1.2.4.1 Beugung am Gitter	24
1.2.4.2 Beugung an einer Lochblende	25
1.2.5 Brechung	26
1.2.5.1 Übergang in ein «optisch dichteres» Medium $n' > n$	27
1.2.5.2 Übergang in ein «optisch dünneres» Medium $n' < n$	27
1.2.6 Reflexion	28
1.2.6.1 Kenngrößen der Reflexion	29
1.2.6.2 Reflexion an transparenten Medien	29
1.2.6.3 Folge von Grenzflächen	30
1.2.7 Strahlungsdurchgang durch Materie	31
1.2.8 Kohärenz	33
1.2.9 Polarisation	37
1.3 Quantenoptik	39
1.4 Optische Abbildung	39
1.4.1 Anforderungen an Bilder	40
1.4.2 Bildarten	41
1.4.2.1 Reelle Bilder	41
1.4.2.2 Virtuelle Bilder	41
1.4.3 Gauß'sche Optik, Paraxialgebiet	42
1.4.4 Kenngrößen optischer Systeme	43
1.4.4.1 Objektseitige Kenngrößen F und f	44
1.4.4.2 Bildseitige Kenngrößen F' und f'	44
1.4.4.3 Abbildungsmaßstab	45
1.4.4.4 Vergrößerung	45
1.4.4.5 Winkelverhältnis	45
1.4.4.6 Tiefenabbildungsmaßstab	46
1.4.5 Abbildung mit optischen Systemen	46
1.4.5.1 Darstellung von optischen Systemen	46
1.4.5.2 Verschiedene Medien vor und nach dem System	46
1.4.5.3 Gleiche Medien vor und nach dem System	48
2 Abbildende Bauelemente	51
2.1 Werkstoffe	51
2.1.1 Anorganische Gläser	51
2.1.2 Organische Gläser	54
2.1.3 Kristalle	55
2.1.4 Phototrope Gläser	55
2.1.5 Reflektierende Werkstoffe	55

2.2	Planflächen, Planplatten, Reflexionsprismen und Strahlteiler	56
2.2.1	Eine reflektierende Planfläche	56
2.2.2	Eine brechende Planfläche	57
2.2.3	Planparallele Platte	58
2.2.4	Planspiegelsysteme und Reflexionsprismen	59
2.2.5	Strahlenteiler	63
2.3	Prismen mit Bündelablenkung durch Brechung	64
2.3.1	Bündelablenkung	64
2.3.2	Winkeldispersion	66
2.3.3	Prismenkeile	66
2.4	Sphärische Flächen, Linsen, mehrstufige Systeme im Gauß-Gebiet	67
2.4.1	Sphärische Fläche	67
2.4.1.1	Abbe'sche Invariante der Brechung	67
2.4.1.2	Abbildung mit einem Kugelspiegel	69
2.4.1.3	Abbildungsmaßstab einer sphärischen Fläche	69
2.4.1.4	Winkelverhältnis einer sphärischen Fläche	70
2.4.1.5	Tiefenabbildungsmaßstab einer sphärischen Fläche	70
2.4.2	Abbildung mit einer Flächenfolge	70
2.4.2.1	Übergangsgleichungen	70
2.4.2.2	Abbildungsmaßstab	71
2.4.2.3	Winkelverhältnis	71
2.4.2.4	Brennweite	71
2.5	Einzellinsen und Systeme in Luft	73
2.5.1	Dicke Linsen	73
2.5.1.1	Sonderfall Plankonvex- und Plankonkavlinen	75
2.5.1.2	Sonderfall Kugellinse	75
2.5.1.3	Weitere Sonderfälle	76
2.5.2	Dünne Linsen	76
2.5.3	Mehrstufige Systeme	77
2.5.3.1	Systemkennwerte der Kombination von zwei Teilsystemen	78
2.5.3.2	Systemkennwerte der Kombination beliebig vieler Teilsysteme	78
2.5.3.3	Afokale Systeme	79
2.5.3.4	Verminderung der Baulänge	80
2.6	Abbildungsfehler	80
2.6.1	Öffnungsfehler	81
2.6.2	Sinusbedingung	83
2.6.3	Astigmatismus und Bildfeldwölbung	84
2.6.4	Koma	85
2.6.5	Verzeichnung	85
2.6.6	Farbfehler, chromatische Aberration	86
2.6.7	Achromate und ähnliche Bauelemente	88
2.7	Linsenonderformen	90
2.7.1	Asphären	90
2.7.2	Korrektionsplatten	91
2.7.3	Torische Flächen, Zylinderlinsen	92
2.7.4	Fresnel-Linsen	93
2.7.5	Gradientenoptik	94
2.7.6	Diffraktive optische Elemente	95
2.7.7	Flüssigkeitslinsen	96
2.8	Strahlenverlauf im nicht paraxialen Gebiet	96
2.8.1	Strahldurchrechnung	96
2.8.2	Optical Design	98
2.9	Reflexminderung	99
2.9.1	Kittflächen	99
2.9.2	Vergütung	99
2.9.3	Mikrostrukturierung	101

3	Bündelbegrenzung	103
3.1	Auswirkung der Bündelbegrenzung	103
3.2	Begrenzung des Öffnungswinkels	104
3.2.1	Öffnungsblende	104
3.2.2	Pupillen	105
3.2.3	Messgrößen der Öffnung	106
3.3	Begrenzung des Feldwinkels	107
3.3.1	Feldblende	107
3.3.2	Luken	108
3.3.3	Messgrößen des Feldes	108
3.4	Eigenschaften von Pupillen und Luken	109
3.5	Abschattblenden, Vignettierung	111
3.6	Telezentrische Systeme	112
3.7	Feldlinsen und Kondensoren	113
4	Strahlung, Lichtquellen und Empfänger	117
4.1	Bewertung der Strahlung durch Empfänger	117
4.2	Strahlung und Licht	119
4.2.1	Ausbreitung und Empfang optischer Strahlung	119
4.2.2	Raumwinkel	119
4.2.3	Größen und Einheiten der Strahlungs- und Lichttechnik	120
4.2.3.1	Strahlungsfluss und Lichtstrom	121
4.2.3.2	Strahlstärke und Lichtstärke	122
4.2.3.3	Strahldichte und Leuchtdichte	123
4.2.3.4	Bestrahlungsstärke und Beleuchtungsstärke	123
4.2.3.5	Abstandsquadratgesetz	124
4.2.3.6	Spektrale fotometrische und radiometrische Größen	124
4.3	Radiometrische und fotometrische Größen bei der Abbildung	126
4.3.1	Direkte Bestrahlung einer Empfängerfläche	126
4.3.2	Lichtstrom und Beleuchtungsstärke bei einstufiger Abbildung	127
4.3.3	Beleuchtungsstärkeabfall zum Feldrand	128
4.3.4	Bildleuchtdichte und geometrischer Fluss	129
4.4	Licht- und Strahlungsquellen	131
4.4.1	Allgemeine Eigenschaften	131
4.4.1.1	Spektrale Verteilung	131
4.4.1.2	Wirkungsgrad, Lichtausbeute	133
4.4.1.3	Strahlende Fläche, Leucht- und Strahldichte	135
4.4.1.4	Lebensdauer	135
4.4.1.5	Polarisationsgrad	135
4.4.1.6	Kohärenz	135
4.4.1.7	Frequenzverhalten	135
4.4.2	Glühlampen	136
4.4.3	Entladungslampen	139
4.4.3.1	Glimmlampen	139
4.4.3.2	Leuchtstofflampen	139
4.4.3.3	Niederdruck-Hochspannungslampen	140
4.4.3.4	Hochdruck-Hochspannungslampen	140
4.4.4	Lumineszenzdioden	141
4.4.4.1	Leuchtdioden und UV-Dioden	142
4.4.4.2	Infrarotdioden	143
4.4.5	Laser	144
4.4.5.1	Grundlagen	144
4.4.5.2	Resonator und Lasermoden	145
4.4.5.3	Eigenschaften des Lasers	147
4.4.5.4	Lasertypen	148
4.4.6	Anzeigen, Displays	150
4.4.6.1	LED-Anzeigen	151

4.4.6.2	Katodenstrahlröhren	151
4.4.6.3	Flüssigkristall-Anzeigen	151
4.4.6.4	Plasmadisplays	152
4.5	Das Auge	152
4.5.1	Das Auge als abbildendes System	152
4.5.2	Das Auge als Strahlungsempfänger	154
4.5.3	Auflösungsvermögen	155
4.6	Fotoempfänger	155
4.6.1	Allgemeine Eigenschaften	155
4.6.2	Empfängerarten	157
4.6.3	Abbildung der Leuchtfläche auf die Empfängerfläche	159
4.7	Bildempfänger	160
4.7.1	Fotoschichten	160
4.7.1.1	Allgemeine Eigenschaften	160
4.7.1.2	Empfindlichkeit und Schwärzungskurve	160
4.7.1.3	Auflösungsvermögen	161
4.7.2	Halbleiterbildempfänger	162
4.7.2.1	Chipstruktur	162
4.7.2.2	Chiptechnologie	162
4.7.2.3	Möglichkeiten der digitalen Fotografie	163
5	Faseroptik und weitere Bauelemente	165
5.1	Faseroptik	165
5.1.1	Eigenschaften der Einzelfaser	165
5.1.2	Faserbündel zur Lichtleitung	170
5.1.3	Geordnete Faserbündel zur Bildübertragung	172
5.2	Bildschirme	174
5.3	Filter und Farbteiler	176
5.3.1	Absorptionsfilter	177
5.3.2	Interferenzfilter und Farbteiler	178
5.4	Mikrooptische Bauelemente	182
5.4.1	Mikrostrukturierte Oberflächen	182
5.4.2	Digital Mirror Devices	182
6	Optische Instrumente	185
6.1	Vergrößerung und Auflösungsgrenze	185
6.1.1	Vergrößerung optischer Instrumente	185
6.1.2	Durch Beugung bedingte Grenze des Auflösungsvermögens	186
6.2	Beleuchtungssysteme, Scheinwerfer	187
6.2.1	Übersicht der Beleuchtungssysteme	187
6.2.2	Einzelheiten zum Kondensoraufbau	190
6.2.3	Scheinwerfer	192
6.3	Projektoren	194
6.3.1	Bildprojektoren	195
6.3.2	Technische Kleinprojektoren	196
6.3.3	Messprojektoren	197
6.3.4	Beamer	198
6.4	Fotografische Optik/Kameras	200
6.4.1	Schärfentiefe	200
6.4.2	Bildhelligkeit als Funktion der Aufnahmeentfernung	202
6.4.3	Objektive für fotografische Geräte	202
6.4.4	Aufnahme und Wiedergabe stereoskopischer Bilder	206
6.5	Lupen und Okulare	209
6.5.1	Vergrößerung und Bauarten der Lupen	209
6.5.2	Okulare	211
6.6	Fernrohre	212
6.6.1	Aufbau und Kenngrößen	213

6.6.2	Beobachtungsfernrohre	215
6.6.3	Kollimatoren und Autokollimationsfernrohre	215
6.6.4	Fluchtfernrohre	218
6.6.5	Weitere technische Fernrohre	221
6.7	Entfernungsmesser und Sucher	222
6.7.1	Entfernungsmesser	222
6.7.2	Sucher	226
6.8	Mikroskope	227
6.8.1	Aufbau und Vergrößerung	227
6.8.2	Auflösungsvermögen und förderliche Vergrößerung	228
6.8.3	Beleuchtungsverfahren	229
6.8.4	Objektive und Okulare	230
6.8.5	Konfokale Mikroskope	231
6.8.6	Weitere Hilfsmittel der technischen Mikroskopie	232
6.9	Bildauswertung	233
6.9.1	Methoden der Bildauswertung	233
6.9.2	Beleuchtungstechnik	233
6.9.3	Bildverarbeitung	234
6.10	Peripherie für Rechner	237
6.10.1	Optische Speichermedien	237
6.10.2	Laserdrucker	239
6.10.3	Scanner	240
7	Interferenz- und Spektralgeräte, Farben, Gitter, Holographie	241
7.1	Grundlagen der Messung mittels Interferenz	241
7.2	Interferometrische Längenmessung	243
7.3	Interferometrische Oberflächenprüfung	245
7.4	Spektralgeräte	247
7.4.1	Übersicht; Auflösungsvermögen	247
7.4.2	Spektroskope, Spektrometer, Polychromatoren und Spektrographen	248
7.4.3	Monochromatoren und Spektralfotometer	250
7.5	Farbe und Farbmessung	251
7.5.1	Grundlagen der Farbmimetrik	251
7.5.2	Farbmischung	252
7.5.2.1	Additive Farbmischung	252
7.5.2.2	Subtraktive Farbmischung	252
7.5.3	Kennzeichnung einer Farbe durch Maßzahlen	253
7.5.4	Farbartdarstellung im Farbdreieck	255
7.5.5	Farbmessverfahren	257
7.6	Gitter	259
7.6.1	Beugungsgitter	259
7.6.2	Weitere Anwendungen von Gittern	261
7.6.3	Moiréverfahren	262
7.6.4	Barcodes	263
7.7	Holographie	264
8	Polarisation	271
8.1	Polarisationszustände	271
8.1.1	Übersicht	271
8.1.2	Allgemeine Darstellung	271
8.1.3	Poincaré-Kugel	273
8.1.4	Stokes-Vektoren	273
8.2	Polarisationsverfahren	275
8.2.1	Übersicht	275
8.2.2	Anisotrope Medien; Doppelbrechung	275
8.2.3	Optische Aktivität	278
8.3	Bauelemente der Polarisation	279

8.3.1	Polarisatoren	279
8.3.2	Verzögerungsplatten	280
8.3.3	Viertelwellenplatte	282
8.3.4	Depolarisatoren	283
8.4	Anwendungen der Polarisation	283
8.4.1	Spannungsoptik	283
8.4.2	Weitere Anwendungsbeispiele	285
9	Messung optischer Kenngrößen	287
9.1	Krümmungsradien	287
9.2	Brennweiten	288
9.3	Schnittweiten und Hauptpunktlagen	289
9.4	Pupillendurchmesser	290
9.5	Übertragungsfunktion optischer Systeme	291
	Formelsammlung	295
1	Allgemeine Formeln	295
2	Abbildung im Gauß'schen Bereich	298
3	Bündelbegrenzung	303
4	Abbildungsqualität	305
5	Parameter von Licht- und Strahlungsquellen	306
6	Eigenschaften optischer Systeme	309
7	Optische Instrumente	310
8	Optoelektronik	312
9	Näherungsformeln zur Berechnung von Linsendaten	314
10	Bildkonstruktion	316
	Abkürzungen aus der technischen Optik, Elektronik, Datentechnik	319
	Auswahl einiger DIN-Normen	325
	Literaturverzeichnis	327
	Stichwortverzeichnis	331