

Inhalt

Vorwort	7
----------------------	---

Zum Geleit	21
-------------------------	----

Teil I Aufgaben

1 Einleitung	25
---------------------------	----

1.1 Lichtwellenlängen	25
1.2 Welleneigenschaften	25

2 Geometrische Optik	27
-----------------------------------	----

2.1 Lichtstrahlen, optische Abbildung	27
2.2 Fermat'sches Prinzip	27
2.3 Reflexion von Lichtstrahlen	27
2.3.1 Reflexionsgesetz aus Fermat'schem Prinzip	27
2.3.2 Winkelspiegel	27
2.3.3 Rotierende Flüssigkeit als Parabolspiegel	28
2.3.4 Konstruktive Verfolgung eines schiefen Strahls bei einem Spiegel ..	28
2.3.5 Abbildung eines weit entfernten Gegenstands durch einen Hohlspiegel	28
2.3.6 Newton'sche Abbildungsgleichung beim Hohlspiegel	29
2.3.7 Abbildung durch Hohl- und Wölbspiegel	29
2.3.8 Vergrößerung eines Kosmetikspiegels	29
2.4 Brechung des Lichts	30
2.4.1 Brechungsgesetz aus Fermat'schem Prinzip	30
2.4.2 Codenummern optischer Gläser	30
2.4.3 Brechung an einem Glaswürfel	30
2.4.4 Brechung und Totalreflexion an einem Prisma	30
2.4.5 Brechzahlbestimmung	31
2.4.6 Numerische Apertur einer Glasfaser	31
2.4.7 Minimaler Ablenkwinkel am Prisma	31
2.5 Brechung an gekrümmten Flächen	31
2.5.1 Kartesisches Ovaloid	31
2.5.2 Vergleich Kartesisches Ovaloid und Kugelfläche	32

2.5.3	Stablinse mit Abbe'scher Invariante	32
2.5.4	Kugellinse mit Abbe'scher Invariante.	33
2.5.5	Kugelförmiges Aquarium.	33
2.6	Abbildung durch Linsen	33
2.6.1	Linse an Luft und Wasser.	33
2.6.2	Brennweite in Abhängigkeit vom umgebenden Medium	33
2.6.3	Linsenschleifergleichung	33
2.6.4	Linsenschleifergleichung	34
2.6.5	Bessel-Verfahren zur Brennweitenbestimmung	34
2.6.6	Abbildungsfälle bei einer Sammellinse	34
2.6.7	Abbildungsfälle bei einer Zerstreuungslinse.	34
2.6.8	Abbildung eines weit entfernten Gegenstandes	35
2.6.9	Linsensystem mit drei Linsen	35
2.6.10	Dicke Linse, Fermat'sches Prinzip	35
2.6.11	Abbildung durch eine dicke Plankonvexlinse	36
2.6.12	Brennweite einer dicken Plankonvexlinse	36
2.6.13	Brennweite und Hauptebenen einer dicken Meniskuslinse.	36
2.6.14	Brechkraft einer dicken Bikonvexlinse.	36
2.6.15	Stablinse.	36
2.6.16	Anamorphotische Abbildung.	37
2.6.17	Linsensystem aus zwei Sammellinsen	37
2.6.18	Linsensystem aus Sammel- und Zerstreuungslinse	37
2.6.19	Achromat	38
2.7	Matrixmethoden der Gauß'schen Optik.	38
2.7.1	Laserschneidkopf	38
2.7.2	Dreilinsiges System	39
2.7.3	Systemmatrix	39
2.7.4	Kollimation mit GRIN-Linse.	40
2.7.5	Abbildung mit GRIN-Linse.	40
2.7.6	Unterwasserlampe	40
2.7.7	Dünne Linse in verschiedenen Medien	41
2.7.8	Kombination aus Zerstreuungslinse und Hohlspiegel	41
2.8	Strahlbegrenzungen.	41
2.8.1	Pupillen	41
2.8.2	Pupillenlagen und Öffnungswinkel.	41
2.8.3	Pupillen und Öffnungswinkel eines Systems.	42
2.8.4	Luken	42
2.8.5	Luken und Pupillen.	42
2.8.6	Fernrohr mit Feldblende und Feldlinse	42
2.9	Abbildungsfehler	43
2.9.1	Fehlerarten	43
2.9.2	Farbfehler.	43
2.9.3	Linsenanordnung für minimalen Öffnungsfehler	43
2.9.4	Linse bester Form	43
2.9.5	Reduktion der Koma.	43
2.9.6	Beseitigung des Astigmatismus	44
2.9.7	Achromatisches Dublett	44

2.10	Optische Instrumente	44
2.10.1	Augenmodell mit Matrizenmethoden	44
2.10.2	Akkommodation der Augenlinse	45
2.10.3	Korrektur der Kurzsichtigkeit mit Kontaktlinse	45
2.10.4	Lupenvergrößerung	46
2.10.5	Huygens-Okular	46
2.10.6	Mikroskopvergrößerung.	46
2.10.7	Förderliche Vergrößerung eines Mikroskops.	46
2.10.8	Astronomisches Fernrohr.	47
2.10.9	Galilei'sches Fernrohr	47
2.10.10	Auflösungsvermögen einer Digitalkamera.	47
2.10.11	Schärfentiefe bei Nahaufnahmen	48
3	Radio- und Fotometrie	49
3.1	Strahlungsphysikalische Größen, Radiometrie	49
3.1.1	Kollimationsausbeute bei Kugelstrahler.	49
3.1.2	Kollimationsausbeute bei Lambert-Strahler.	49
3.1.3	Abstrahlung einer LED.	50
3.1.4	Ebene Fläche strahlt auf Detektor.	50
3.1.5	Strahldichte einer diffus reflektierenden Fläche.	51
3.1.6	Wien'sches Verschiebungsgesetz	51
3.1.7	Stefan-Boltzmann-Gesetz	51
3.1.8	Lichtleitwert.	51
3.2	Erfassen und Transfer der Strahlung von Lampen	52
3.2.1	Kenngößen.	52
3.2.2	Ulbrichtkugel.	52
3.2.3	Bestrahlungsstärke in der Ulbrichtkugel.	52
3.3	Lichttechnische Größen, Fotometrie.	53
3.3.1	Lichtstrom einer roten LED	53
3.3.2	Lichtstrom einer Wolfram-Halogen-Lampe.	53
3.3.3	Hellempfindlichkeitsgrad.	54
3.3.4	Abstrahlcharakteristik einer LED	54
3.3.5	Straßenbeleuchtung	55
3.4	Lichttechnische Größen, Fotometrie.	55
3.4.1	Farbwertanteile eines schwarzen Strahlers	55
3.4.2	Farbwertanteile einer LED	55
3.4.3	Farbwertanteile einer Wolfram-Halogen-Lampe	57
3.4.4	Farbmischung	57
4	Wellenoptik	59
4.1	Elektromagnetische Wellen	59
4.1.1	Sichtbares Spektrum	59
4.1.2	Wellengleichung in Abhängigkeit von der Laufrichtung	59
4.1.3	Laufrichtung einer Welle	59
4.1.4	Kugelwelle	59
4.1.5	Ebene Wellen in verschiedenen Richtungen	60

4.1.6	Feldstärken solarer Strahlung	60
4.2	Polarisation des Lichts	60
4.2.1	Polarisationsformen	60
4.2.2	Jones-Vektoren	60
4.2.3	Interpretation von Jones-Vektoren	61
4.2.4	Gesetz von Malus	61
4.2.5	Viertel- und Halbwellenplatte	61
4.2.6	Jones Matrizen	61
4.2.7	Polarisation durch Reflexion	61
4.2.8	Polarisationsfolien	62
4.2.9	Gesetz von Malus mit realen Polarisatoren	62
4.2.10	Indexellipsoid in einachsigen Kristallen	62
4.2.11	Glan-Taylor-Prisma	62
4.2.12	Rochon-Prisma	63
4.2.13	$\lambda/2$ -Platte nullter Ordnung	63
4.2.14	Licht-Modulator	64
4.3	Lichtwellen an Grenzflächen	64
4.3.1	Fresnel'sche Gleichungen	64
4.3.2	Fresnel-Rhombus	64
4.3.3	Totalreflexion	64
4.3.4	Reflexion an einer Metalloberfläche	65
4.4	Interferenz	65
4.4.1	Gangunterschied	65
4.4.2	Zweistrahlinterferenz	65
4.4.3	Laser-Array	66
4.4.4	Doppelspalt	66
4.4.5	Kohärenzeigenschaften eines Halbleiterlasers	66
4.4.6	Kohärenzeigenschaften einer Spektrallampe	67
4.4.7	Gruppenindex	67
4.4.8	Gruppenindex von Quarzglas	67
4.4.9	Holografisches Gitter	67
4.4.10	Stehende Wellen im Laser-Resonator	68
4.4.11	Farbreflexe einer Seifenlamelle	68
4.4.12	Fizeau-Streifen	69
4.4.13	Reflexvermindernde Einzelschicht	69
4.4.14	Reflexvermindernde Einzelschicht für Unterwasserkamera	69
4.4.15	Dielektrischer Spiegel	69
4.4.16	Michelson-Interferometer	70
4.4.17	Wärmeausdehnung mit Michelson-Interferometer	70
4.4.18	Fabry-Perot-Interferometer	70
4.5	Beugung	71
4.5.1	Huygens'sches Prinzip	71
4.5.2	Spaltbeugung	71
4.5.3	Intensitätsverhältnisse bei der Spaltbeugung	72
4.5.4	Linsenfokus	72
4.5.5	Auflösungsvermögen des Auges und Pixelbilder	72
4.5.6	Airy-Scheibchen	72

4.5.7	Doppelspalt	73
4.5.8	Auflösung eines Gitters	73
4.5.9	Spektrometer mit Reflexionsgitter	74
4.5.10	Lineare Dispersion	74
4.6	Gauß'sche Strahlen	74
4.6.1	Strahlradius	74
4.6.2	Lunar Laser Ranging	74
4.6.3	Gaußstrahl	75
4.6.4	Laserfokussierung	75
4.6.5	Laser mit geringer Divergenz	76
4.7	Holografie	76
4.7.1	Weißlichthologramm	76
4.7.2	Intensitätsverlauf bei Hologramm-Belichtung	77

5 Quantenoptik79

5.1	Lichtquanten	79
5.1.1	Äußerer Photoeffekt	79
5.1.2	Innerer Photoeffekt	79
5.1.3	Lichtdruck	79
5.1.4	Druck solarer Photonen	80
5.1.5	Photonenenergien und -impulse	81
5.2	Welle-Teilchen-Dualismus	81
5.2.1	Antreffwahrscheinlichkeit gebeugter Photonen	81
5.3	Absorption und Emission von Licht	82
5.3.1	Photonabsorption	82
5.3.2	Impuls- und Energieerhaltung bei der Emission	82
5.3.3	Lebensdauer angeregter Elektronen und spektrale Linienbreite	82
5.4	Laser	83
5.4.1	Verstärkung eines Lasers	83
5.4.2	Reflexionsgrad von Laserspiegeln	83
5.4.3	Frequenzänderung infolge von Längenänderung	83
5.4.4	Monomode-Laser	83
5.4.5	Laser-Pulse	83
5.4.6	Femtosekundenlaser	84

6 Optoelektronik85

6.1	Halbleiter-Sender	85
6.1.1	Temperaturdrift der LED-Farbe	85
6.1.2	Wirkungsgrade einer LED	85
6.1.3	Plastik-Vergusskörper einer LED	85
6.1.4	Modulation einer IRED	86
6.1.5	Temperaturabhängigkeit der Laserschwelle	87
6.1.6	Abstand longitudinaler Moden	87
6.1.7	Modensprünge	87
6.1.8	Modulation eines Halbleiterlasers	88
6.1.9	Laserschwelle	88

6.1.10	DFB-Laser	88
6.2	Halbleiter-Detektoren	89
6.2.1	Eindringtiefe von Photonen	89
6.2.2	Quantenausbeute und Empfindlichkeit	89
6.2.3	Detektivität von pin-Fotodioden	89
6.2.4	Lawinenfotodiode	89

7 Führung von Licht in Lichtwellenleitern **91**

7.1	Einleitung	91
7.1.1	Eigenschaften von Lichtwellenleitern	91
7.2	Schichtwellenleiter	91
7.2.1	Doppelheterostruktur	91
7.3	Wellen in zylindrischen Fasern	91
7.3.1	Stufenindex-Faser	91
7.3.2	Monomode-Faser	92
7.3.3	Zusammensetzung des Faserkerns	92
7.4	Dämpfung in Lichtwellenleitern	92
7.4.1	Dämpfungskoeffizient	92
7.4.2	Dämpfung in PMMA	93
7.4.3	Abschneidemethode	93
7.4.4	Wechsel des Sendelasers	93
7.4.5	Nachrichtenübertragung auf POF	93
7.5	Dispersion im Lichtwellenleiter	94
7.5.1	Bitrate einer Stufenindex-Faser	94
7.5.2	Bitrate einer Plastikfaser	94
7.5.3	Kombination von Dispersionsmechanismen	94

Teil II Lösungen

1 Einleitung **97**

1.1	Lichtwellenlängen	97
1.2	Welleneigenschaften	97

2 Geometrische Optik **99**

2.1	Lichtstrahlen, optische Abbildung	99
2.3	Reflexion von Lichtstrahlen	99
2.3.1	Reflexionsgesetz aus Fermat'schem Prinzip	99
2.3.2	Winkelspiegel	99
2.3.3	Rotierende Flüssigkeit als Parabolspiegel	100
2.3.4	Konstruktive Verfolgung eines schiefen Strahls bei einem Spiegel	101
2.3.5	Abbildung eines weit entfernten Gegenstands durch einen Hohlspiegel	101
2.3.6	Newton'sche Abbildungsgleichung beim Hohlspiegel	101
2.3.7	Abbildung durch Hohl- und Wölbspiegel	102

2.3.8	Vergrößerung eines Kosmetikspiegels	102
2.4	Brechung des Lichts	103
2.4.1	Brechungsgesetz aus Fermat'schem Prinzip	103
2.4.2	Codenummern optischer Gläser	104
2.4.3	Brechung an einem Glaswürfel	104
2.4.4	Brechung und Totalreflexion an einem Prisma	104
2.4.5	Brechzahlbestimmung	105
2.4.6	Numerische Apertur einer Glasfaser	105
2.4.7	Minimaler Ablenkwinkel am Prisma	105
2.5	Brechung an gekrümmten Flächen	107
2.5.1	Kartesisches Ovaloid	107
2.5.2	Vergleich Kartesisches Ovaloid und Kugelfläche	108
2.5.3	Stablinse mit Abbe'scher Invariante	108
2.5.4	Kugellinse mit Abbe'scher Invariante	109
2.5.5	Kugelförmiges Aquarium	109
2.6	Abbildung durch Linsen	109
2.6.1	Linse an Luft und Wasser	109
2.6.2	Brennweite in Abhängigkeit vom umgebenden Medium	110
2.6.3	Linsenschleifergleichung	110
2.6.4	Linsenschleifergleichung	111
2.6.5	Bessel-Verfahren zur Brennweitenbestimmung	112
2.6.6	Abbildungsfälle bei einer Sammellinse	112
2.6.7	Abbildungsfälle bei einer Zerstreuungslinse	112
2.6.8	Abbildung eines weit entfernten Gegenstandes	113
2.6.9	Linsensystem mit drei Linsen	113
2.6.10	Dicke Linse, Fermat'sches Prinzip	114
2.6.11	Abbildung durch eine dicke Plankonvexlinse	114
2.6.12	Brennweite einer dicken Plankonvexlinse	115
2.6.13	Brennweite und Hauptebenen einer dicken Meniskuslinse	115
2.6.14	Brechkraft einer dicken Bikonvexlinse	115
2.6.15	Stablinse	116
2.6.16	Anamorphotische Abbildung	117
2.6.17	Linsensystem aus zwei Sammellinsen	118
2.6.18	Linsensystem aus Sammel- und Zerstreuungslinse	119
2.6.19	Achromat	120
2.7	Matrixmethoden der Gauß'schen Optik	121
2.7.1	Laserschneidkopf	121
2.7.2	Dreilinsiges System	122
2.7.3	Systemmatrix	123
2.7.4	Kollimation mit GRIN-Linse	124
2.7.5	Abbildung mit GRIN-Linse	125
2.7.6	Unterwasserlampe	126
2.7.7	Dünne Linse in verschiedenen Medien	128
2.7.8	Kombination aus Zerstreuungslinse und Hohlspiegel	129
2.8	Strahlbegrenzungen	130
2.8.1	Pupillen	130
2.8.2	Pupillenlagen und Öffnungswinkel	130

2.8.3	Pupillen und Öffnungswinkel eines Systems.	132
2.8.4	Luken	132
2.8.5	Luken und Pupillen.	133
2.8.6	Fernrohr mit Feldblende und Feldlinse	134
2.9	Abbildungsfehler	135
2.9.1	Fehlerarten	135
2.9.2	Farbfehler.	135
2.9.3	Linsenanordnung für minimalen Öffnungsfehler	136
2.9.4	Linse bester Form	136
2.9.5	Reduktion der Koma.	136
2.9.6	Beseitigung des Astigmatismus	137
2.9.7	Achromatisches Dublett	137
2.10	Optische Instrumente.	137
2.10.1	Augenmodell mit Matrizenmethoden	137
2.10.2	Akkommodation der Augenlinse	139
2.10.3	Korrektur der Kurzsichtigkeit mit Kontaktlinse	141
2.10.4	Lupenvergrößerung	141
2.10.5	Huygens-Okular	142
2.10.6	Mikroskopvergrößerung.	143
2.10.7	Förderliche Vergrößerung eines Mikroskops.	144
2.10.8	Astronomisches Fernrohr.	144
2.10.9	Galilei'sches Fernrohr	145
2.10.10	Auflösungsvermögen einer Digitalkamera.	146
2.10.11	Schärfentiefe bei Nahaufnahmen	147

3 Radio- und Fotometrie 149

3.1	Strahlungsphysikalische Größen, Radiometrie	149
3.1.1	Kollimationsausbeute bei Kugelstrahler.	149
3.1.2	Kollimationsausbeute bei Lambert-Strahler.	149
3.1.3	Abstrahlung einer LED.	150
3.1.4	Ebene Fläche strahlt auf Detektor.	151
3.1.5	Strahldichte einer diffus reflektierenden Fläche.	152
3.1.6	Wien'sches Verschiebungsgesetz	153
3.1.7	Stefan-Boltzmann-Gesetz	153
3.1.8	Lichtleitwert.	154
3.2	Erfassen und Transfer der Strahlung von Lampen	155
3.2.1	Kenngößen	155
3.2.2	Ulbrichtkugel.	156
3.2.3	Bestrahlungsstärke in der Ulbrichtkugel.	157
3.3	Lichttechnische Größen, Fotometrie.	158
3.3.1	Lichtstrom einer roten LED	158
3.3.2	Lichtstrom einer Wolfram-Halogen-Lampe.	159
3.3.3	Hellempfindlichkeitsgrad.	160
3.3.4	Abstrahlcharakteristik einer LED	161
3.3.5	Straßenbeleuchtung	161
3.4	Lichttechnische Größen, Fotometrie.	162

3.4.1	Farbwertanteile eines schwarzen Strahlers	162
3.4.2	Farbwertanteile einer LED	162
3.4.3	Farbwertanteile einer Wolfram-Halogen-Lampe	163
3.4.4	Farbmischung	164

4 Wellenoptik 167

4.1	Elektromagnetische Wellen	167
4.1.1	Sichtbares Spektrum	167
4.1.2	Wellengleichung in Abhängigkeit von der Laufrichtung	167
4.1.3	Laufrichtung einer Welle	167
4.1.4	Kugelwelle	167
4.1.5	Ebene Wellen in verschiedenen Richtungen	168
4.1.6	Feldstärken solarer Strahlung	169
4.2	Polarisation des Lichts	169
4.2.1	Polarisationsformen	169
4.2.2	Jones-Vektoren	169
4.2.3	Interpretation von Jones-Vektoren	171
4.2.4	Gesetz von Malus	172
4.2.5	Viertel- und Halbwellenplatte	173
4.2.6	Jones Matrizen	174
4.2.7	Polarisation durch Reflexion	176
4.2.8	Polarisationsfolien	177
4.2.9	Gesetz von Malus mit realen Polarisatoren	177
4.2.10	Indexellipsoid in einachsigen Kristallen	178
4.2.11	Glan-Taylor-Prisma	178
4.2.12	Rochon-Prisma	179
4.2.13	$\lambda/2$ -Platte nullter Ordnung	180
4.2.14	Licht-Modulator	181
4.3	Lichtwellen an Grenzflächen	182
4.3.1	Fresnel'sche Gleichungen	182
4.3.2	Fresnel-Rhombus	184
4.3.3	Totalreflexion	184
4.3.4	Reflexion an einer Metalloberfläche	185
4.4	Interferenz	185
4.4.1	Gangunterschied	185
4.4.2	Zweistrahlinterferenz	186
4.4.3	Laser-Array	187
4.4.4	Doppelspalt	187
4.4.5	Kohärenzeigenschaften eines Halbleiterlasers	188
4.4.6	Kohärenzeigenschaften einer Spektrallampe	188
4.4.7	Gruppenindex	188
4.4.8	Gruppenindex von Quarzglas	189
4.4.9	Holografisches Gitter	190
4.4.10	Stehende Wellen im Laser-Resonator	190
4.4.11	Farbreflexe einer Seifenlamelle	190
4.4.12	Fizeau-Streifen	191

4.4.13	Reflexvermindernde Einfachschicht	192
4.4.14	Reflexvermindernde Einfachschicht für Unterwasserkamera	192
4.4.15	Dielektrischer Spiegel	193
4.4.16	Michelson-Interferometer	193
4.4.17	Wärmeausdehnung mit Michelson-Interferometer	193
4.4.18	Fabry-Perot-Interferometer	194
4.5	Beugung	195
4.5.1	Huygens'sches Prinzip	195
4.5.2	Spaltbeugung	196
4.5.3	Intensitätsverhältnisse bei der Spaltbeugung	197
4.5.4	Linsefokus	197
4.5.5	Auflösungsvermögen des Auges und Pixelbilder	197
4.5.6	Airy-Scheibchen	198
4.5.7	Doppelspalt	199
4.5.8	Auflösung eines Gitters	200
4.5.9	Spektrometer mit Reflexionsgitter	200
4.5.10	Lineare Dispersion	201
4.6	Gauß'sche Strahlen	201
4.6.1	Strahlradius	201
4.6.2	Lunar Laser Ranging	202
4.6.3	Gaußstrahl	202
4.6.4	Laserfokussierung	203
4.6.5	Laser mit geringer Divergenz	204
4.7	Holografie	204
4.7.1	Weißlichhologramm	204
4.7.2	Intensitätsverlauf bei Hologramm-Belichtung	205

5 Quantenoptik. 207

5.1	Lichtquanten	207
5.1.1	Äußerer Fotoeffekt	207
5.1.2	Innerer Fotoeffekt	208
5.1.3	Lichtdruck	208
5.1.4	Druck solarer Photonen	208
5.1.5	Photonenenergien und -impulse	209
5.2	Welle-Teilchen-Dualismus	209
5.2.1	Antreffwahrscheinlichkeit gebeugter Photonen	209
5.3	Absorption und Emission von Licht	211
5.3.1	Photonabsorption	211
5.3.2	Impuls- und Energieerhaltung bei der Emission	211
5.3.3	Lebensdauer angeregter Elektronen und spektrale Linienbreite	212
5.4	Laser	213
5.4.1	Verstärkung eines Lasers	213
5.4.2	Reflexionsgrad von Laserspiegeln	213
5.4.3	Frequenzänderung infolge von Längenänderung	213
5.4.4	Monomode-Laser	214
5.4.5	Laser-Pulse	214

5.4.6	Femtosekundenlaser.	215
-------	--------------------------	-----

6 Optoelektronik 217

6.1	Halbleiter-Sender	217
6.1.1	Temperaturdrift der LED-Farbe	217
6.1.2	Wirkungsgrade einer LED	217
6.1.3	Plastik-Vergusskörper einer LED.	218
6.1.4	Modulation einer IRED.	218
6.1.5	Temperaturabhängigkeit der Laserschwelle	219
6.1.6	Abstand longitudinaler Moden	219
6.1.7	Modensprünge.	220
6.1.8	Modulation eines Halbleiterlasers.	221
6.1.9	Laserschwelle	221
6.1.10	DFB-Laser.	222
6.2	Halbleiter-Detektoren	222
6.2.1	Eindringtiefe von Photonen	222
6.2.2	Quantenausbeute und Empfindlichkeit	222
6.2.3	Detektivität von pin-Fotodioden.	223
6.2.4	Lawinenfotodiode	223

7 Führung von Licht in Lichtwellenleitern 225

7.1	Einleitung	225
7.1.1	Eigenschaften von Lichtwellenleitern.	225
7.2	Schichtwellenleiter	225
7.2.1	Doppelheterostruktur	225
7.3	Wellen in zylindrischen Fasern.	227
7.3.1	Stufenindex-Faser	227
7.3.2	Monomode-Faser	227
7.3.3	Zusammensetzung des Faserkerns.	228
7.4	Dämpfung in Lichtwellenleitern	229
7.4.1	Dämpfungskoeffizient	229
7.4.2	Dämpfung in PMMA	230
7.4.3	Abschneidemethode	230
7.4.4	Wechsel des Sendelasers	231
7.4.5	Nachrichtenübertragung auf POF	231
7.5	Dispersion im Lichtwellenleiter	232
7.5.1	Bitrate einer Stufenindex-Faser.	232
7.5.2	Bitrate einer Plastikfaser	233
7.5.3	Kombination von Dispersionsmechanismen	233