

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

VII

1	Grundlagen der Lichtentstehung	1
1.1	Einführung in die Quantenoptik.....	1
1.1.1	Die Beobachtung von Hallwachs und die Folgen	1
1.1.2	Das Bohrsche Atommodell	2
1.1.3	Das quantenmechanische Atommodell	5
1.1.4	Schwingungsübergänge	6
1.1.5	Rotationsübergänge.....	13
1.2	Eigenschaften von Energieniveaus und Übergängen	16
1.2.1	Die natürliche Linienbreite	16
1.2.2	Die Boltzmann-Verteilung	23
1.2.3	Die Dopplerverbreiterung	28
1.2.4	Stoßverbreiterung.....	32
1.2.5	Kohärenzlänge und ihre Auswirkung auf Interferenzen	34
1.3	Lichterzeugung in Laserlichtquellen.....	37
1.3.1	Absorption im Zwei-Niveau-System	37
1.3.2	Spontane und stimulierte Emission.....	40
1.3.3	Besetzungsinversion und Lichtverstärkung	44
1.3.4	Das Vier-Niveau-System	47
1.4	Lichterzeugung mittels Plasmen	49
1.4.1	Das Plasma und seine Erzeugung	50
1.4.2	Gleichgewichts- und Nichtgleichgewichtsplasmen	53
1.4.3	Spektrale Eigenschaften von Nieder- und Hochdruckentladungen.....	58
1.5	Lichterzeugung durch Temperaturstrahler	60
1.5.1	Licht als elektromagnetische Welle	61
1.5.2	Plancksches Strahlungsgesetz	63
1.5.3	Der nicht-schwarze Körper	72
1.6	Lichtentstehung in Halbleitern.....	76
1.6.1	Donatoren und Akzeptoren	76
1.6.2	Die lichtemittierende Diode	81
1.6.3	Laserdioden.....	83
Fragen		84
Aufgaben		85

2	Messung und Bewertung von Strahlung	87
2.1	Strahlungsmessung	87
2.1.1	Das Auge	87
2.1.2	Die $V(\lambda)$ -Kurven des Auges	89
2.1.3	Strahlungsphysikalische Grundgrößen	91
2.1.4	Zusammenhänge zwischen den strahlungsphysikalischen Größen.....	94
2.1.5	Lichttechnische Grundgrößen	96
2.2	Einführung in die Farbmimetrik	98
2.2.1	Farbe und Farbmischung	98
2.2.2	Die Graßmannschen Gesetze	99
2.2.3	CIE Farbmaßsystem 1931.....	101
2.2.4	CIE-UCS-Farbtabelle 1976.....	107
2.2.5	Farbwiedergabeindex.....	108
	Fragen	112
	Aufgaben	112
3	Konventionelle Lichtquellen	115
3.1	Glühlampen	115
3.1.1	Allgebrauchsglühlampen	115
3.1.2	Halogenlampen.....	133
3.1.3	Glühlampen für Sonderanwendungen.....	140
3.2	Niederdruck-Entladungslampen.....	142
3.2.1	Leuchtstofflampen	142
3.2.2	Kalkathodenlampen	158
3.2.3	Natriumdampf-Niederdrucklampen	160
3.2.4	Spektrallampen	163
3.2.5	Elektrodenlose Lampen	163
3.3	Quecksilberhochdrucklampen	165
3.3.1	Die Bogenentladung	165
3.3.2	Elektroden.....	169
3.3.3	Aufbau der Lampe, Betrieb und spektrale Eigenschaften.....	172
3.4	Natriumdampf-Hochdrucklampen	175
3.4.1	Spektrale Eigenschaften.....	175
3.4.2	Technische Realisierung.....	177
3.5	Halogenmetallampendampflampen.....	179
3.5.1	Das Funktionsprinzip.....	179
3.5.2	Ausführungsformen	180
3.5.3	Betriebsparameter	183
3.6	Weitere Hochdruckentladungslampen	184
3.6.1	Xenonlicht für den Pkw	184
3.6.2	Xenon-Kurzbogenlampen.....	184
3.6.3	Langbogenlampen.....	186

3.7	Leuchtdioden (LEDs).....	190
3.7.1	Materialien und Wellenlängen	190
3.7.2	Aufbau und Lichtführung.....	192
3.7.3	Praktische Ausführung.....	196
3.8	Organische LEDs.....	199
Fragen		202
4	Licht und seine Manipulation	205
4.1	Strahlenoptik.....	205
4.1.1	Lichtstrahlen	205
4.1.2	Fermatsches Prinzip und Snelliussches Brechungsgesetz	207
4.1.3	Das Reflexionsgesetz und der sphärische Hohlspiegel	210
4.1.4	Brechung an einer Kugeloberfläche.....	220
4.1.5	Helmholtz–Lagrange–Invariante	223
4.1.6	Brennweiten	225
4.1.7	Die dünne Linse	230
Aufgaben.....		235
4.2	Matrixformalismus der Strahlenoptik	241
4.2.1	Einführung der Transformationsmatrix.....	242
4.2.2	Die Reflexionsmatrix	243
4.2.3	Die Brechungsmatrix	244
4.2.4	Materialien mit Brechungsindexgradienten	246
4.2.5	Beschreibung einer Kombination mehrerer Oberflächen.....	250
4.2.6	Dicke und dünne Linsen	252
4.2.7	Abbildung durch ein optisches System	254
4.2.8	Hauptebenen	256
Aufgaben.....		264
4.3	Dispersion	270
4.3.1	Ursache der Dispersion	271
4.3.2	Dispersionsformeln.....	275
4.3.3	Achromate.....	277
Aufgabe		280
4.4	Linsenfehler	280
4.4.1	Sphärische Aberration.....	281
4.4.2	Astigmatismus	284
4.4.3	Weitere Linsenfehler.....	286
4.4.4	Der Coddington-Formfaktor	288
4.5	Strahlbegrenzungen.....	288
4.5.1	Blenden	288
4.5.2	Blendenzahl	291
4.6	Wellenoptik.....	292
4.6.1	Huygens–Fresnelsches Prinzip	293

4.6.2	Beugung	294
4.6.3	Beugung am Gitter	300
4.6.4	Interferenz	307
4.6.5	Interferenz an dünnen Schichten	311
4.6.6	Bragg-Reflexion	313
4.6.7	Polarisation	315
4.6.8	Doppelbrechung	317
4.6.9	Optische Aktivität	321
4.6.10	Dichroismus	324
	Aufgaben	325
4.7	Lichtreflexion an Grenzschichten	327
4.7.1	Die Fresnelschen Formeln	327
4.7.2	Übergang vom optisch dünneren ins dichtere Medium	336
4.7.3	Übergang vom optisch dichteren ins dünnere Medium	339
4.7.4	Reflexion an Metallen	344
	Aufgaben	348
5	Optische Komponenten und Geräte	351
5.1	Einzelkomponenten	351
5.1.1	Werkstoffe für optische Komponenten	351
5.1.2	Spiegel und Prismen	360
5.1.3	Linsen	363
5.1.4	Filter	366
5.1.5	Dielektrische Schichten	375
5.1.6	Polarisatoren	378
5.1.7	Lichtwellenleiter	381
5.2	Optische Geräte	385
5.2.1	Lupe	385
5.2.2	Mikroskop	386
5.2.3	Fernrohre	388
5.2.4	Kamera, Objektive	392
5.2.5	Projektionsgeräte	397
5.2.6	Gittermonochromatoren	399
	Fragen	400
	Aufgaben	400
6	Laserlichtquellen	403
6.1	Allgemeine Grundlagen	403
6.1.1	Axiale Moden	403
6.1.2	Der Einfluss von Längenänderungen des Resonators	406
6.1.3	Güteschaltung	407
6.1.4	Modenkopplung	411

6.2	Optische Resonatoren und Gauß-Bündel	417
6.2.1	Transversale Moden	417
6.2.2	Entstehung eines Gauß-Bündels im optischen Resonator	420
6.2.3	Veränderung der Bündelparameter durch dünne Linsen und Spiegel	423
6.2.4	Spitzenintensität und Leistung	427
6.3	Festkörperlaser	429
6.3.1	Dotierungen und Wirtsmaterialien	429
6.3.2	Pumpanordnungen	431
6.3.3	Einige Festkörper-Lasermaterialien im Detail	437
6.4	Gaslaser	442
6.4.1	Klassifizierung	442
6.4.2	Grundlegendes zum CO ₂ -Laser	444
6.4.3	Bauformen des CO ₂ -Lasers	447
6.4.4	Ionenlaser	453
6.4.5	Helium-Neon-Laser	456
6.4.6	Excimer-Laser	458
6.5	Weitere Lasertypen	460
6.5.1	Farbstofflaser	460
6.5.2	Halbleiterlaser	462
	Aufgaben	469
7	Einige Anwendungsbeispiele für Laser	475
7.1	Nutzung der starken räumlichen Bündelung	475
7.1.1	Laserschneiden	475
7.1.2	Laserschweißen	480
7.2	Ultrakurze Laserimpulse	483
7.2.1	Mikrojustierung	483
7.2.2	Laser in-situ Keratomileusis (LASIK)	485
7.2.3	Ultrakurzzeitspektroskopie	487
7.3	Nutzung der Kohärenzeigenschaften	489
7.3.1	Holographie	489
7.3.2	Laser-Doppler-Anemometrie	492
7.4	Bei allen Anwendungen unabdingbar: Lasersicherheit	495
7.4.1	Gefahrensituation	495
7.4.2	Die Laserklassen	498
7.4.3	Schutzmaßnahmen	499
	Fragen	502
A	Anhang	503
A.1	Lösungen zu den Aufgaben	503
A.1.1	Zum Kapitel 1	503
A.1.2	Zum Kapitel 2	504

A.1.3	Zum Kapitel 4.1	508
A.1.4	Zum Kapitel 4.2	517
A.1.5	Zum Kapitel 4.3	526
A.1.6	Zum Kapitel 4.6	527
A.1.7	Zum Kapitel 4.7	529
A.1.8	Zum Kapitel 5	532
A.1.9	Zum Kapitel 6	533
Lexikon		541
deutsch–englisch		541
englisch–deutsch		555
Literatur		569
Index		577