

Jürgen Eichler

Laser und Strahlenschutz



Inhaltsverzeichnis

I LASER	1
1 Lasertypen	1
1.1 Prinzipien des Lasers	1
1.1.1 Eigenschaften von Licht	2
1.1.2 Verstärkung von Licht	3
1.1.3 Entstehung von Laserstrahlung	7
1.1.4 Eigenschaften von Laserstrahlung	8
1.2 Parameter von Lasern	10
1.2.1 Wellenlängen und Leistungen	13
1.2.2 Abstimmbare Laser	16
1.2.3 Hochleistungslaser	17
1.2.4 Kurze Pulse	19
1.3 Beschreibung von Lasertypen	22
1.3.1 Infrarot-Moleküllaser	22
1.3.2 Chemische Laser	27
1.3.3 Atomare Laser	28
1.3.4 Ionenlaser	31
1.3.5 UV-Moleküllaser	34
1.3.6 Festkörperlaser	36
1.3.7 Farbstofflaser	45
1.3.8 Halbleiterlaser	48
1.3.9 Elektronen- und Röntgenlaser	50
2 Laserstrahlung	51
2.1 Verhalten der Strahlung	51
2.1.1 Moden	51
2.1.2 Ausbreitung der Strahlung	53
2.1.3 Fokussierung	55
2.2 Gepulste Strahlung	56
2.2.1 Normaler Pulsbetrieb	56
2.2.2 Güteschaltung (Q-switch)	57
2.2.3 Pulsauskopplung (cavity dumping)	58
2.2.4 Modenkopplung (mode locking)	59

II STRAHLENWIRKUNG	61
3 Messung der Strahlung	61
3.1 Größen des Strahlungsfeldes	62
3.1.1 Strahlungsenergie	62
3.1.2 Strahlungsleistung	62
3.1.3 Bestrahlungsstärke	63
3.1.4 Bestrahlung	64
3.1.5 Strahldichte	64
3.2 Reflexion und Transmission	67
3.2.1 Reflexionsgrad	67
3.2.2 Diffuse Streuung	69
3.2.3 Transmissionsgrad	72
3.3 Meßgeräte	74
3.3.1 Leistungsmeßgeräte	74
3.3.2 Energiemeßgeräte	80
3.3.3 Andere Systeme	81
4 Biologische Wirkung von Laserstrahlung	83
4.1 Optische Eigenschaften von Gewebe	83
4.1.1 Ausbreitung von Strahlung	83
4.1.2 Zur Optik der Haut	88
4.1.3 Thermische Eigenschaften von Gewebe	90
4.2 Wirkung von Strahlung auf Gewebe	93
4.2.1 Übersicht über die Wechselwirkungen	93
4.2.2 Thermische Wirkung	95
4.2.3 Photoablation	98
4.2.4 Photodisruption	100
4.2.5 Photochemische Wirkung	102
5 Wirkung von Strahlung auf das Auge	103
5.1 Aufbau und Eigenschaften des Auges	103
5.1.1 Anatomie und Funktion des Auges	103
5.1.2 Bilderzeugung und Helligkeit	107
5.2 Mechanismen der Schädigung	112
5.2.1 Optische Eigenschaften des Auges	112
5.2.2 Schädigung des Auges	118
5.2.3 Ermittlung der Grenzwerte (MZB)	123

III STRAHLENSCHUTZ	125
6 Maximal zulässige Bestrahlung (MZB)	125
6.1 MZB für das Auge (400 bis 1400 nm)	126
6.1.1 Laserstrahl oder Punktquellen	126
6.1.2 Ausgedehnte Quellen und Streustrahlung	130
6.1.3 Anwendungen	132
6.2 MZB für das Auge (<400 und >1400 nm)	136
6.2.1 Grenzwerte	136
6.2.2 Anwendungen	137
6.3 MZB für die Haut (200 bis 10^6 nm)	137
6.3.1 Grenzwerte	137
6.3.2 Anwendungen	139
6.4 MZB für kompliziertere Fälle	140
6.4.1 Mehrere Wellenlängen	140
6.4.2 Regelmäßige Pulsfolgen	142
6.4.3 Unregelmäßige Pulsfolgen	144
6.4.4 Anwendungen	145
6.5 Sicherheitsabstand und Laserbereich	146
6.5.1 Sicherheitsabstand	146
6.5.2 Anwendungen	151
6.5.3 Laserbereich	152
6.6 Messungen zu den Grenzwerten	153
7 Laserklassen	155
7.1 Definition der Laserklassen	156
7.1.1 Klasse 1	157
7.1.2 Klasse 2	158
7.1.3 Klasse 3A	159
7.1.4 Klasse 3B	160
7.1.5 Klasse 4	160
7.2 Vorgehen bei der Klassifizierung	160
7.2.1 Mehrere Wellenlängen	161
7.2.2 Gepulste Laser	161
7.2.3 Schilder zur Lasersicherheit	162
7.2.4 Messungen zu den Laserklassen	164
8 Schutzbrillen	167
8.1 Laserschutzbrillen	167
8.1.1 Definition der Schutzstufen	168

8.1.2 Grenzwerte und Auswahl der Brille	170
8.1.3 Beispiele zur Berechnung von Brillen	174
8.1.4 Brillenfassungen	175
8.1.5 Anforderungen	176
8.2 Sichtfenster	177
8.3 Laser-Justierbrillen	178
9 Maßnahmen zum Strahlenschutz	179
9.1 Apparative Maßnahmen	179
9.1.1 Betrieb von Lasergeräten	179
9.1.2 Instandhaltung von Lasern	181
9.1.3 Bau und Installationen	182
9.2 Organisatorische Schutzmaßnahmen	183
9.2.1 Strahlenschutzbeauftragter	183
9.2.2 Belehrung der Beschäftigten	185
9.2.3 Maßnahmen nach einem Unfall	186
9.3 Strahlenschutz bei speziellen Anwendungen	186
9.3.1 Laser in Laboren	186
9.3.2 Materialbearbeitung	187
9.3.3 Lasertechnik in der Medizin	190
9.3.4 Laserstrahlenschutz in der Meßtechnik	195
9.3.5 Informationstechnik	195
9.3.6 Veranstaltungstechnik und Laser	196
9.3.7 Laser in Schulen	198
9.4 Sekundäre Gefahren	199
9.4.1 Elektrische Sicherheit	199
9.4.2 Sekundäre Strahlung	199
9.4.3 Laserwirkung auf Materialien	200
IV VORSCHRIFTEN	203
10 Normen und Vorschriften zum Laserstrahlenschutz	203
10.1 Zusammenfassung von Vorschriften	203
10.1.1 Technische Regeln zum Laserstrahlenschutz	203
10.1.2 Allgemeine Sicherheit und Strahlenmeßgeräte	205
10.1.3 Ausländische Richtlinien	206
10.2 Originaltexte zum Laserstrahlenschutz	207
10.2.1 Unfallverhütungsvorschrift VBG 93	208
10.2.2 Durchführungsanweisungen zur VBG 93	216
Literatur	256
Stichwortverzeichnis	259