

1	Physikalische Eigenschaften von Laserstrahlung	1
1.1	Eigenschaften von optischer Strahlung	2
1.1.1	Wellenoptik	2
1.1.2	Inkohärente Strahlung (normale Lichtquellen)	5
1.1.3	Kohärente Strahlung (Laser)	6
1.1.4	Spontane Emission (normale Lichtquellen)	6
1.1.5	Stimulierte Emission (Laser)	7
1.2	Aufbau und Funktion eines Lasers	8
1.2.1	LasermEDIUM	8
1.2.2	Resonator	9
1.2.3	Energiezufuhr	10
1.2.4	Beschreibung von Lasertypen	10
1.2.5	Gaslaser	10
1.2.6	Festkörperlaser	13
1.2.7	Faserlaser	15
1.2.8	Scheibenlaser	16
1.2.9	Halbleiter- oder Diodenlaser	16
1.2.10	Flüssigkeits- oder Farbstofflaser	17
1.3	Eigenschaften von Laserstrahlung	18
1.3.1	Allgemeine Eigenschaften	18
1.3.2	Dauerstrichlaser: Leistung und Leistungsdichte	19
1.3.3	Impulslaser: Energie und Energiedichte	20
1.3.4	Parameter bei der Exposition	21
1.4	Strahlparameter und Ausbreitung von Laserstrahlung	22
1.4.1	Strahlradius	22
1.4.2	Strahldivergenz	23
1.4.3	Fokussierung durch eine Linse	24
1.4.4	Austritt aus einer optischen Faser	24
1.4.5	Sicherheitsabstand (NOHD)	24
1.5	Übungen	25
	Literatur	26

2	Biologische Wirkung von Laserstrahlung	27
2.1	Optische Eigenschaften von Gewebe	28
2.1.1	Absorption	30
2.1.2	Streuung	32
2.1.3	Reflexion	33
2.2	Wechselwirkung von Laserstrahlung und Gewebe	33
2.2.1	Thermische Wirkung	34
2.2.2	Fotochemische Wirkung	36
2.2.3	Fotoablation	37
2.2.4	Fotodisruption	38
2.2.5	Selektive Fotothermolyse	39
2.3	Gefährdungen des Auges	39
2.3.1	Eindringtiefen optischer Strahlung ins Auge	40
2.3.2	Bündelung von Laserstrahlung auf der Netzhaut	42
2.3.3	Thermische Schäden an der Netzhaut	44
2.3.4	Thermische Schäden an der Hornhaut	44
2.3.5	Fotochemische Schäden	45
2.4	Gefährdungen der Haut	45
2.4.1	Eindringtiefe optischer Strahlung in die Haut	45
2.4.2	Thermische Schäden der Haut	47
2.4.3	Fotochemische Schäden der Haut	47
2.4.4	Übersicht: Wirkung von Laserstrahlen	48
2.5	Übungen	48
	Literatur	50
3	Rechtliche Grundlagen	51
3.1	Staatliche Regelungen des Laserschutzes	53
3.1.1	EU-Richtlinie 2006/25/EG	53
3.1.2	Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)	55
3.1.3	Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (OStrV)	55
3.1.4	Betriebsicherheitsverordnung (BetrSiv)	56
3.1.5	Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)	56
3.1.6	Technische Regeln Laserstrahlung (TROS Laser)	56
3.1.7	Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)	57
3.2	Vorschriften- und Regelwerk der DGUV	60
3.2.1	DGUV-Vorschriften und Regeln	61
3.2.2	Fachausschussinformationen	62
3.3	Normen und Regeln der Technik	62
3.3.1	Normen zum Laserschutz	63
3.4	Übungen	65
	Literatur	66

4	Grenzwerte der zugänglichen Strahlung und Laserklassen	69
4.1	Grenzwert der zugänglichen Strahlung (GZS)	70
4.1.1	Grenzwerte und Klassifizierung	70
4.1.2	Zeitbasen	70
4.2	Laserklassen	71
4.2.1	Klasse 1	72
4.2.2	Klasse 1C	74
4.2.3	Klasse 1 M	75
4.2.4	Klasse 2	78
4.2.5	Klasse 2 M	79
4.2.6	Klasse 3A (anzuwenden bis März 1997)	81
4.2.7	Klasse 3R	82
4.2.8	Klasse 3B	84
4.2.9	Klasse 4	85
4.3	Übungen	86
	Literatur	88
5	Expositionsgrenzwert (EGW)	91
5.1	Allgemeines über Expositionsgrenzwerte	92
5.1.1	Definition des Expositionsgrenzwertes	92
5.1.2	Expositionsdauer	93
5.1.3	Scheinbare Quelle, Korrekturfaktor C_E	94
5.2	Ermittlung der Expositionsgrenzwerte (EGW)	95
5.2.1	Vereinfachte Expositionsgrenzwerte	95
5.2.2	Einfluss der Expositionsdauer auf den Expositionsgrenzwert	97
5.2.3	Expositionsgrenzwerte bei mehreren Wellenlängen	98
5.2.4	Umgang mit den Expositionsgrenzwerten	99
5.3	Übungen	99
	Literatur	102
6	Gefährdungen durch Laserstrahlung	103
6.1	Direkte Gefährdung	104
6.1.1	Direkter, reflektierter und gestreuter Laserstrahl	104
6.1.2	Gefährdung von Auge und Haut	106
6.2	Indirekte Gefährdung	109
6.2.1	Elektrische Gefährdung	109
6.2.2	Blendung durch sichtbare Laserstrahlung	110
6.2.3	Inkohärente optische Strahlung	111
6.2.4	Röntgenstrahlung	112
6.2.5	Explosible Atmosphären und brennbare Stoffe	112
6.2.6	Toxische oder infektiöse Stoffe	114
6.2.7	Lärm	117
6.3	Übungen	117
	Literatur	119

7	Auswahl und Durchführung von Schutzmaßnahmen	121
7.1	Substitutionsprüfung	122
7.2	Technische Schutzmaßnahmen	124
7.2.1	Technische Schutzmaßnahmen des Herstellers	124
7.2.2	Technische Schutzmaßnahmen des Anwenders	128
7.3	Organisatorische Schutzmaßnahmen	134
7.3.1	Bestellung von Laserschutzbeauftragten	134
7.3.2	Unterweisung	134
7.3.3	Laserbereich	137
7.3.4	Zugangsregelung zu Laserbereichen	139
7.3.5	Betriebsanweisung	140
7.3.6	Arbeitsmedizinische Vorsorge	140
7.3.7	Verhalten nach einem Unfall	141
7.4	Persönliche Schutzausrüstung (PSA), insbesondere	
	Schutzbrillen	142
7.4.1	Anwendungsbereiche	142
7.4.2	Funktion von Laserschutzbrillen	142
7.4.3	Schutzstufen für Laserschutzbrillen	143
7.4.4	Schutzstufe für Dauerstrichlaser D	146
7.4.5	Schutzstufe für Impulslaser I und R	147
7.4.6	Schutzstufe für Impulslaser M	150
7.4.7	Schutzstufen für Laserjustierbrillen	150
7.4.8	Auswahl von Laserschutzbrillen und -justierbrillen	152
7.4.9	Kennzeichnung von Laserschutzbrillen und Laserjustierbrillen	155
7.5	Schutzkleidung	157
7.5.1	Schutzhandschuhe	159
7.5.2	Laserschutzkleidung	160
7.5.3	Hautschutz gegen UV-Strahlung	162
7.6	Hinweise zum Arbeiten im Laserbereich	162
7.7	Übungen	163
	Literatur	165
8	Aufgaben und Verantwortung der Laserschutzbeauftragten	167
8.1	Bestellung zu Laserschutzbeauftragten	168
8.1.1	Wer kann zum Laserschutzbeauftragten bestellt werden?	168
8.1.2	Kriterien bei der Auswahl der Laserschutzbeauftragten	168
8.1.3	Unterstützung der Laserschutzbeauftragten durch den Arbeitgeber	170
8.2	Kenntnisse der Laserschutzbeauftragten	170
8.3	Aufgaben der Laserschutzbeauftragten	171
8.3.1	Verantwortung der Laserschutzbeauftragten	171
8.4	Anzahl der Laserschutzbeauftragten	172

8.5	Stellung der Laserschutzbeauftragten	173
8.6	Praxis der Laserschutzbeauftragten	173
	Literatur	182
9	Inhalte und Beispiele der Gefährdungsbeurteilung	183
9.1	OStrV und Gefährdungsbeurteilung	184
9.1.1	Wichtige Punkte bei der Erstellung der Gefährdungsbeurteilung	185
9.1.2	Aktualisierung der Gefährdungsbeurteilung	185
9.1.3	Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung	186
9.2	Fachkundige Personen	186
9.2.1	Verantwortung für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung	186
9.2.2	Fachkundige für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung	186
9.2.3	Fachkundige für die Durchführung von Messungen und Berechnungen	187
9.3	Grundsätze bei der Beurteilung von Gefährdungen	187
9.3.1	Erste Schritte	187
9.3.2	Kontinuierlicher Prozess	187
9.3.3	Arbeitsplatz- und personenbezogene Gefährdungs- beurteilung	189
9.3.4	Überprüfung der Gefährdungsbeurteilung	189
9.3.5	Betriebszustände	190
9.3.6	Worst Case	190
9.3.7	Grenzwertprinzip bei der direkten Gefährdung	190
9.3.8	Indirekte Gefährdungen	190
9.3.9	Gleichartige Arbeitsplätze	191
9.3.10	Tätigkeitsanalyse	191
9.3.11	Berücksichtigung besonders gefährdeter Personen ...	191
9.3.12	Arbeitsmedizinische Vorsorge	192
9.3.13	Fremdwartung	192
9.4	Ermittlung der Information	192
9.4.1	Unterlagen zu Lasergeräten	192
9.4.2	Risikobeurteilung durch den Hersteller	192
9.4.3	Laserklassen	193
9.4.4	Technische Daten	193
9.4.5	Berechnung der Expositionsgrenzwerte	193
9.4.6	Messung der Expositionswerte	193
9.4.7	Show- und Projektionslaser	194
9.5	Durchführung der Gefährdungsbeurteilung	194
9.5.1	Gefährdungen durch Laserstrahlung	194
9.5.2	Das Team bei der Erstellung der Gefährdungs- beurteilung	194
9.5.3	Substitutionsprüfung	194

9.5.4	Prozessschritte	195
9.6	Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung	197
9.7	Übungen	197
	Literatur	199
10	Bestimmungen für besondere Anwendungen	201
10.1	Lasereinrichtungen für Vorführ- und Anzeigezwecke	201
10.1.1	Auszug aus der DGUV 11	201
10.1.2	Auszüge aus der DGUV Information 203-036	202
10.2	Lasereinrichtungen für Leitstrahlverfahren und Vermessungs- arbeiten	203
10.3	Lasereinrichtungen für Unterrichtszwecke	205
10.4	Lasereinrichtungen für medizinische Anwendung	206
10.5	Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecken in Fernmeldeanlagen und Informationsverarbeitungsanlagen mit Lasersendern	207
10.5.1	Auszug aus der DGUV 11	207
10.5.2	Wichtiges aus der DGUV Information 203-039	207
	Literatur	209
11	Anhang	211
11.1	A.1 Arbeitshilfe zur Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung nach OStrV	212
11.1.1	Beispielhafte Gefährdungsbeurteilung nach §3 OStrV und TROS Laserstrahlung	212
11.1.2	Tabelle weiterer Schutzmaßnahmen, welche in die Gefährdungsbeurteilung übernommen werden können	220
11.2	Beispiel einer Laserklassifizierung	224
11.2.1	Vorgehensweise	224
11.2.2	Berechnungen	225
11.3	Formular zur Bestellung von Laserschutzbeauftragten	226
11.3.1	Aufgaben (Beispielhaft! Diese müssen betriebsspezifisch angepasst werden)	226
11.3.2	Übertragung von Unternehmerpflichten	226
11.4	Formular für die jährliche Unterweisung	227
11.4.1	Nachweis der jährlichen Unterweisung zum Laser- schutz nach OStrV (§ 8)	227
11.5	Beispiel für eine Betriebsanweisung	228
11.6	Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung – OStrV vom 18. Oktober 2017	230
11.6.1	Abschn. 1 Anwendungsbereich und Begriffs- bestimmungen	230
11.6.2	Abschn. 2 Ermittlung und Bewertung der Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung; Messungen	232

11.6.3	Abschn. 3 Expositionsgrenzwerte für und Schutzmaßnahmen gegen künstliche optische Strahlung	234
11.6.4	Abschn. 4 Unterweisung der Beschäftigten bei Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung; Beratung durch den Ausschuss für Betriebssicherheit.	236
11.6.5	Abschn. 5 Ausnahmen; Straftaten und Ordnungswidrigkeiten	237
11.7	Formelsammlung und Begriffe	238
11.7.1	Physikalische Begriffe	238
11.7.2	Mathematische Begriffe	239
11.7.3	Strahlparameter	239
11.8	Erweiterte Aufgabensammlung	241
11.8.1	Berechnungen zur Energiedichte (= Bestrahlung) H	241
11.8.2	Berechnungen zur Impulsenergie Q und Impuls- spitzenleistung P_p	242
11.8.3	Aufgaben zu Wellenlängen	242
11.8.4	Berechnungen zur Strahldivergenz φ	242
11.8.5	Berechnungen zu Expositionsgrenzwerten	243
11.8.6	Berechnungen zu ausgedehnten Quellen (diffuse Reflexion).	245
11.8.7	Berechnungen zur fotochemischen und thermischen Netzhautschädigung	246
11.8.8	Berechnungen zum Sicherheitsabstand NOHD	246
11.8.9	Berechnungen zur Fokussierung mit einer Linse	247
11.8.10	Berechnungen zu Laserschutzbrillen	248
11.9	Beispielhafte Berechnungen für die Gefährdungsbeurteilung	249
	Stichwortverzeichnis	253