

DGUV Vorschrift 11 DA

Durchführungsanweisungen
Laserstrahlung

vom Oktober 1995,
aktualisierte Nachdruckfassung April 2007

Durchführungsanweisungen geben vornehmlich an, wie die in den Unfallverhütungsvorschriften normierten Schutzziele erreicht werden können. Sie schließen andere, mindestens ebenso sichere Lösungen nicht aus, die auch in technischen Regeln anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder der Türkei oder anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum ihren Niederschlag gefunden haben können. Durchführungsanweisungen enthalten darüber hinaus weitere Erläuterungen zu Unfallverhütungsvorschriften.

Prüfberichte von Prüflaboratorien, die in anderen Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder der Türkei oder in anderen Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum zugelassen sind, werden in gleicher Weise wie deutsche Prüfberichte berücksichtigt, wenn die den Prüfberichten dieser Stellen zugrunde liegenden Prüfungen, Prüfverfahren und konstruktiven Anforderungen denen der deutschen Stelle gleichwertig sind. Um derartige Stellen handelt es sich vor allem dann, wenn diese die in der Normenreihe EN 45 000 niedergelegten Anforderungen erfüllen.

Zu § 1:

Diese Unfallverhütungsvorschrift enthält im Wesentlichen Forderungen hinsichtlich des Schutzes vor gesundheitsgefährdender Laserstrahlung.

Lasereinrichtungen können äußerst intensive, stark gebündelte Strahlung durch den Effekt der stimulierten Emission im Bereich des sichtbaren Lichtes oder im infraroten oder ultravioletten Spektralbereich erzeugen. Durch photochemische, thermische oder optomechanische Wirkungen kann die Laserstrahlung Schädigungen verursachen. In erster Linie besteht die Gefahr irreparabler Augenschäden.

Der Geltungsbereich dieser Unfallverhütungsvorschrift erstreckt sich deshalb auf alle Möglichkeiten des Auftretens von Laserstrahlung. Zur Anwendung von Laserstrahlung gehören die Erprobung, die bestimmungsgemäße Verwendung und die Instandhaltung von Lasereinrichtungen.

Bei der medizinischen Anwendung (diagnostische oder therapeutische Behandlungen) ist diese Unfallverhütungsvorschrift zum Schutz des Personals erforderlich.

Für die Erzeugung und Anwendung von Laserstrahlung sind auch die staatlichen Arbeitsschutzvorschriften, die sonst geltenden Unfallverhütungsvorschriften und die allgemein anerkannten Regeln der Technik zu beachten.

Anmerkung:

Die Definition des Begriffes „Laserstrahlung“ in § 2 Abs. 2 schließt die Strahlung von Licht emittierenden Dioden (LED) und von Infrarotstrahlung emittierenden Dioden (IRED) soweit ein, als für Produkthersteller eine Klassifizierungspflicht nach der Normenserie DIN EN 60 825 besteht.

Nur für nach diesen (anwendungsspezifischen) Normen klassifizierte LED- und IRED-Einrichtungen können die Regelungen dieser UVV sinngemäß angewendet werden.

LEDS müssen nicht angemeldet werden und es muss kein Laserschutzbeauftragter vom Unternehmer schriftlich bestellt werden.

Für eine Gefährdungsanalyse aller übrigen LED-/IRED- oder Lampen-Anwendungen kann die BG-Information „Expositionsgrenzwerte für künstliche optische Strahlung“ (BGI 5006) herangezogen werden.

Laserspezifische Regelungen sind außer in der DIN EN 60 825-1 z. B. in den folgenden Normen sowie Regeln, Informationen und Merkblättern der Gesetzlichen Unfallversicherungsträger enthalten:

DIN EN 207	Persönlicher Augenschutz; Filter und Augenschutz gegen Laserstrahlung (Laserschutzbrillen),
V DIN EN 208	Persönlicher Augenschutz; Brillen für Justierarbeiten an Lasern und Laseraufbauten (Laser-Justierbrillen),
V DIN EN 12 254	Abschirmungen an Laserarbeitsplätzen; Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung,
U DIN EN 12 626	Sicherheit von Maschinen; Laserbearbeitungsmaschinen; Sicherheitsanforderungen,
R DIN EN 56 912	Sicherheitstechnische Anforderungen für Showlaser und Showlaseranlagen und Prüfung,
E DIN EN 60 601-2-22 (VDE 0750-2-22)	Medizinische elektrische Geräte; Teil 2: Besondere Festlegungen für die Sicherheit von diagnostischen und therapeutischen Lasergeräten,
T DIN EN 60 825-2 (VDE 0837 Teil 2)	Sicherheit von Laser-Einrichtungen; Teil 2: Sicherheit von Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen,
S DIN EN 61 040 (VDE 0835)	Empfänger, Messgeräte und Anlagen zur Messung von Leistung und Energie von Laserstrahlen,
U DIN EN ISO 11 145	Optik und optische Instrumente; Laser und Laseranlagen; Begriffe mit Formelzeichen
M DIN ISO 11 553-1	Sicherheit von Maschinen; Laserbearbeitungsmaschinen; Teil 1: Allgemeine Sicherheitsanforderungen (ISO 11 553-1:2005),

DIN ISO 11 553-2 Sicherheit von Maschinen; Laserbearbeitungsmaschinen;
Teil 2: Sicherheitsanforderungen an handgeführte und
handbediente Maschinen

Unfallverhütungsvorschrift „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung
am Arbeitsplatz“ (BGV A8),

„Explosionsschutz-Regeln – (EX-RL)“ (BGR 104),

BG-Regel „Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz“ (BGR 192),

BG-Information „Expositionsgrenzwerte für künstliche optische Strahlung“
(BGI 5006),

BG-Information „Laser-Einrichtungen für Show- und Projektionszwecke“ (BGI 5007),

BG-Information „Umgang mit Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen“
(BGI 5031),

BG-Information „Auswahl und Benutzung von Laser-Schutzbrillen und
Laser-Justierbrillen“ (BGI 5092) (zurzeit Entwurf).

Zu § 2:

Weitere Begriffsbestimmungen siehe Anhang 1.

Zu § 2 Abs. 3:

Die Klasseneinteilung erfolgt nach den durch die Laserstrahlung bedingten unterschiedlichen Gefährdungsgraden ansteigend von Klasse 1 nach Klasse 4. Dabei wird die Gefährdung der Augen besonders berücksichtigt, denn wenn Auge oder Haut in gleicher Weise bestrahlt werden können, ist das Auge in der Regel das gefährdetere Organ.

Die Klassifizierung erfolgt nach DIN EN 60 825-1 „Sicherheit von Laser-Einrichtungen; Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien“.

Laserklassen

Die in § 2 Abs. 3 aufgeführten Laserklassen entsprechen der Norm DIN EN 60 825-1 bis März 1997. Die neue Norm DIN EN 60 825-1 (VDE 0837 Teil 1), Ausgabe Oktober 2003, enthält jedoch eine geänderte Klassifizierung mit den Klassen 1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B und 4. Dabei bleiben die Klassen 1, 2, 3B und 4 gegenüber der bisherigen Norm DIN EN 60 825-1 bis März 1997 weitgehend unverändert. Neu sind die Klassen 1M und 2M statt der bisherigen Klasse 3A und die Klasse 3R als Unterklasse der bisherigen Klasse 3B.

Zurzeit gibt es Laser, die nach der bisherigen DIN EN 60 825-1 (VDE 0837 Teil 1) bis Ausgabe März 1997 in die Laserklassen 1, 2, 3A, 3B und 4 klassifiziert wurden und zunehmend neue Laser, die nach der DIN EN 60 825-1 (VDE 0837 Teil 1) Ausgabe Oktober 2003 in die Laserklassen 1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B und 4 klassifiziert werden.

Spätestens seit 1. Januar 2004 müssen jedoch Laser-Einrichtungen, die neu in Verkehr gebracht werden, nach der aktuell gültigen Norm DIN EN 60 825-1 (VDE 0837 Teil 1) klassifiziert werden.

Eine Pflicht zur Klassifizierung nach den neuen Laserklassen für vorhandene Laser-einrichtungen und solche, die bis zum 31. Dezember 2003 in Betrieb genommen worden sind, besteht nicht. Für Laser mit der alten Klassifizierung gilt die Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ (BGV B2) uneingeschränkt. Für Laser mit der neuen Klassifizierung geben diese Durchführungsanweisungen Hinweise, wie die Anforderungen der Unfallverhütungsvorschriften „Laserstrahlung“ umgesetzt werden können.

Im Folgenden sind die Definitionen aller Laserklassen aufgeführt:

Klasse 1:

Die zugängliche Laserstrahlung ist unter vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen ungefährlich.

Anmerkung:

Die „vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen“ sind beim bestimmungsgemäßen Betrieb eingehalten.

Bei Lasereinrichtungen der Klasse 1 können im oberen Leistungsbereich z. B. Blendung, Beeinträchtigung des Farbsehens und Belästigungen nicht ausgeschlossen werden.

Klasse 1 M:

Die zugängliche Laserstrahlung liegt im Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 4 000 nm. Die zugängliche Laserstrahlung ist für das Auge ungefährlich, solange der Strahlquerschnitt nicht durch optische Instrumente, z. B. Lupen, Linsen, Teleskope, verkleinert wird.

Anmerkung:

Sofern keine optischen Instrumente verwendet werden, die den Strahlquerschnitt verkleinern, besteht bei Lasereinrichtungen der Klasse 1 M eine vergleichbare Gefährdung wie bei Lasereinrichtungen der Klasse 1.

Bei Einsatz optisch sammelnder Instrumente können vergleichbare Gefährdungen wie bei Klasse 3R oder 3B auftreten.

Klasse 2:

Die zugängliche Laserstrahlung liegt im sichtbaren Spektralbereich (400 nm bis 700 nm). Sie ist bei kurzzeitiger Einwirkungsdauer (bis 0,25 s) auch für das Auge ungefährlich. Zusätzliche Strahlungsanteile außerhalb des Wellenlängenbereiches von 400 nm bis 700 nm erfüllen die Bedingungen für Klasse 1.

Anmerkung:

Bei Lasereinrichtungen der Klasse 2 ist das Auge bei zufälliger, kurzzeitiger Einwirkung der Laserstrahlung, d. h. bei Einwirkungsdauer bis 0,25 s nicht gefährdet. Lasereinrichtungen der Klasse 2 dürfen deshalb ohne weitere Schutzmaßnahmen eingesetzt werden, wenn sichergestellt ist, dass weder ein absichtliches Hineinschauen für die Anwendung über längere Zeit als 0,25 s, noch wiederholtes Hineinschauen in die Laserstrahlung bzw. spiegelnd reflektierte Laserstrahlung erforderlich ist.

Von dem Vorhandensein des Lidschlussreflexes zum Schutz der Augen darf in der Regel nicht ausgegangen werden. Daher sollte man, falls Laserstrahlung der Klasse 2 ins Auge trifft, bewusst die Augen schließen und sich sofort abwenden.

Für kontinuierlich strahlende Laser der Klasse 2 beträgt der Grenzwert der zugänglichen Strahlung (GZS) $P_{\text{grenz}} = 1 \text{ mW}$ (bei $C_6 = 1$).

Klasse 2 M:

Die zugängliche Laserstrahlung liegt im sichtbaren Spektralbereich von 400 nm bis 700 nm. Sie ist bei kurzzeitiger Einwirkungsdauer (bis 0,25 s) für das Auge ungefährlich, solange der Strahlquerschnitt nicht durch optische Instrumente, z. B. Lupen,

Linsen, Teleskope, verkleinert wird. Zusätzliche Strahlungsanteile außerhalb des Wellenlängenbereiches von 400 nm bis 700 nm erfüllen die Bedingungen für Klasse 1M.

Anmerkung:

Sofern keine optischen Instrumente verwendet werden, die den Strahlquerschnitt verkleinern, besteht bei Lasereinrichtungen der Klasse 2 M eine vergleichbare Gefährdung wie bei Lasereinrichtungen der Klasse 2.

Bei Einsatz optisch sammelnder Instrumente können vergleichbare Gefährdungen wie bei Klasse 3R oder 3B auftreten.

Klasse 3A:

Die zugängliche Laserstrahlung wird für das Auge gefährlich, wenn der Strahlquerschnitt durch optische Instrumente, z. B. Lupen, Linsen, Teleskope, verkleinert wird. Ist dies nicht der Fall, ist die ausgesandte Laserstrahlung im sichtbaren Spektralbereich (400 nm bis 700 nm) bei kurzzeitiger Einwirkungsdauer (bis 0,25 s), in den anderen Spektralbereichen auch bei Langzeitbestrahlung, ungefährlich.

Anmerkung:

Bei Lasereinrichtungen der Klasse 3A handelt es sich um Laser, die nach der alten Norm klassifiziert worden sind.

Lasereinrichtungen der Klasse 3A, die nur im sichtbaren Wellenlängenbereich emittieren, können behandelt werden wie solche der Klasse 2 M. Lasereinrichtungen der Klasse 3A, die nur im nicht sichtbaren Spektralbereich emittieren, können behandelt werden wie solche der Klasse 1M.

Sofern keine optischen Instrumente verwendet werden, die den Strahlquerschnitt verkleinern, besteht bei Lasereinrichtungen der Klasse 3A, die nur im sichtbaren Spektralbereich emittieren, eine vergleichbare Gefährdung wie bei Lasereinrichtungen der Klasse 2. Bei Lasereinrichtungen der Klasse 3A, die nur im nicht sichtbaren Spektralbereich emittieren, besteht eine vergleichbare Gefährdung wie bei Lasereinrichtungen der Klasse 1.

Klasse 3R:

Die zugängliche Laserstrahlung liegt im Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 10^6 nm und ist gefährlich für das Auge. Die Leistung bzw. die Energie beträgt maximal das Fünffache des Grenzwertes der zugänglichen Strahlung der Klasse 2 im

Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm und das Fünffache des Grenzwertes der Klasse 1 für andere Wellenlängen.

Anmerkung:

Lasereinrichtungen der Klasse 3R sind für das Auge potenziell gefährlich wie Lasereinrichtungen der Klasse 3B. Das Risiko eines Augenschadens wird dadurch verringert, dass der Grenzwert der zugänglichen Strahlung (GZS) im sichtbaren Wellenlängenbereich auf das Fünffache des Grenzwertes der zugänglichen Strahlung (GZS) für Klasse 2, in den übrigen Wellenlängenbereichen auf das Fünffache des Grenzwertes der zugänglichen Strahlung (GZS) für Klasse 1 begrenzt ist.

Für kontinuierlich strahlende Laser der Klasse 3R beträgt der Grenzwert der zugänglichen Strahlung (GZS) $P_{\text{grenz}} = 5 \text{ mW}$ (bei $C_6 = 1$) im Wellenlängenbereich 400 nm bis 700 nm.

Klasse 3B:

Die zugängliche Laserstrahlung ist gefährlich für das Auge, häufig auch für die Haut.

Anmerkung:

Das direkte Blicken in den Strahl bei Lasern der Klasse 3B ist gefährlich. Ein Strahlbündel kann üblicherweise sicher über einen geeigneten diffusen Reflektor betrachtet werden, wenn folgende Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind:

- *Der minimale Beobachtungsabstand zwischen diffusem Reflektor und Hornhaut des Auges beträgt 13 cm,*
- *die maximale Beobachtungsdauer beträgt 10 s,*
- *keine gerichteten Strahlanteile können ins Auge treffen.*

Bei vielen Diffusoren ist mit gerichteten Strahlanteilen zu rechnen.

Eine Gefährdung der Haut durch die zugängliche Laserstrahlung besteht bei Lasereinrichtungen der Klasse 3B, wenn die Werte der maximal zulässigen Bestrahlung (MZB) der Haut nach Anhang 2 überschritten werden.

Klasse 4:

Die zugängliche Laserstrahlung ist sehr gefährlich für das Auge und gefährlich für die Haut. Auch diffus gestreute Strahlung kann gefährlich sein. Die Laserstrahlung kann Brand- und Explosionsgefahr verursachen.

Anmerkung:

Lasereinrichtungen der Klasse 4 sind Hochleistungslaser, deren Ausgangsleistungen bzw. -energien die Grenzwerte der zugänglichen Strahlung (GZS) für Klasse 3B übertreffen.

Die Laserstrahlung von Lasereinrichtungen der Klasse 4 ist so intensiv, dass bei jeglicher Art von Exposition der Augen oder der Haut mit Schädigungen zu rechnen ist.

Außerdem muss bei der Anwendung von Lasereinrichtungen der Klasse 4 immer geprüft werden, ob ausreichende Maßnahmen gegen Brand- und Explosionsgefahren getroffen sind; siehe auch §§ 10 und 16.

Zu § 2 Abs. 4:

Die Grenzwerte der zugänglichen Strahlung (GZS) sind in DIN EN 60 825-1 „Sicherheit von Lasereinrichtungen; Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien“ festgelegt.

Zu § 2 Abs. 5:

Hinsichtlich des Verfahrens zur Ermittlung und der Werte der maximal zulässigen Bestrahlung (MZB) siehe Anhang 2.

Zu § 2 Abs. 6:

Der Laserbereich endet dort, wo die Werte der maximal zulässigen Bestrahlung (MZB) unterschritten werden. Dabei ist die Möglichkeit einer unbeabsichtigten Ablenkung des Laserstrahls zu berücksichtigen.

Wo mit unkontrolliert reflektierter Strahlung zu rechnen ist, erstreckt sich der Laserbereich vom Laser aus in alle Richtungen.

Gefährliche Reflexe werden besonders von spiegelnden oder glänzenden Oberflächen verursacht. Solche unkontrollierte Strahlung geht häufig von blankem Metall, z. B. Werkzeugen, chirurgischen Instrumenten, Geräteoberflächen, oder Glas, z. B. Fenster, Flaschen, aus. Sehr intensive Laserstrahlung kann auch nach

diffuser Reflexion an rauen Flächen noch gesundheitsgefährlich sein; siehe auch Anhang 2.

Da die Bestrahlung bzw. Bestrahlungsstärke infolge der geringen Divergenz der gebündelten Strahlung mit der Entfernung nur allmählich abnimmt, kann sich der Laserbereich über ein weites Gebiet erstrecken. Im Allgemeinen wird er durch geeignete Abschirmungen (siehe auch Anhang 6 „Auswahl von Abschirmungen für Laserarbeitsplätze zum Schutz gegen zufällig Bestrahlung nach DIN EN 12 254) begrenzt.

Für Lasereinrichtungen der Klasse 1, die intern einen Laser höherer Klasse enthalten, bleibt der Laserbereich auf den unzugänglichen Bereich innerhalb der Abschirmung beschränkt.

Zu § 4 Abs. 1:

Diese Forderung ist z. B. erfüllt, wenn die Klassenzuordnung und -kennzeichnung durch den Hersteller nach DIN EN 60825-1 „Sicherheit von Laser-Einrichtungen; Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien“ vorgenommen wurde.

Beispiele für die Kennzeichnung der verschiedenen Laserklassen sind in Anhang 4 enthalten.

Hinsichtlich der Änderung der Zuordnungsvoraussetzungen ist diese Forderung z. B. erfüllt, wenn bei Änderung der Klasse einer Lasereinrichtung, z. B. durch Umbau, Funktionsänderung, Anbringen von Zusatzeinrichtungen oder Schutzeinrichtungen, eine Neuklassifizierung und -kennzeichnung durch denjenigen erfolgt, der die Änderung vornimmt.

Die Klassifizierung kann z. B. anhand der Angaben des Herstellers der Lasereinrichtung erfolgen. Ist der Unternehmer nicht in der Lage die Neuklassifizierung vorzunehmen, sollte er sich sachverständig beraten lassen, z. B. durch Hersteller, Mess- und Prüfstellen.

Zu § 4 Abs. 2:

Diese Forderung ist für eine Lasereinrichtung einer bestimmten Klasse z. B. erfüllt, wenn sie mit Schutzeinrichtungen entsprechend den Abschnitten 4 und 7 DIN EN 60 825-1 „Sicherheit von Laser-Einrichtungen; Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien“ ausgerüstet sind. Diese Schutzeinrichtungen sind in der Regel wesentliche Bestandteile der Klasseneinteilung.

Dabei ist zu beachten, dass auch andere erzeugte Strahlungen, z. B. Röntgen-, HF- oder inkohärente UV-Strahlung, abgeschirmt werden müssen. Bei Lasern mit Blitzlampen kann von diesen eine ungerichtete intensive Ultraviolettstrahlung ausgehen, die Augenschäden und gegebenenfalls Hautschäden verursachen kann. Diese Strahlung ist so abzuschirmen, dass schädliche Wirkungen beim Menschen auszuschließen sind. Dies wird erreicht, wenn die in Anhang 2 angegebenen Grenzwerte auch für diese Strahlung unterschritten werden. Eine Lasereinrichtung, deren Hochspannungsteil mit Spannungen über 5 kV betrieben wird, kann Elektronenröhren enthalten, die nach außen dringende Röntgenstrahlen erzeugen. Solche Lasereinrichtungen unterliegen der Röntgenverordnung. Eine genaue Gefährdungsanalyse hinsichtlich der Emission von ionisierender Strahlung ist ebenfalls notwendig beim Einsatz von Ultrakurzpulslasern (Femtosekundenlasern) mit Energien größer als 1 mJ. Bei Gefährdungen durch Elektromagnetische Strahlung siehe Unfallverhütungsvorschrift „Elektromagnetische Felder“ (BGV B11).

Diese Forderung ist für medizinische Lasereinrichtungen z. B. erfüllt, wenn diese Lasereinrichtungen zusätzlich DIN EN 60 601-2-22 „Medizinische elektrische Geräte; Teil 2: Besondere Festlegungen für die Sicherheit von diagnostischen und therapeutischen Lasergeräten“ entsprechen.

Für Lasereinrichtungen, die bei Showerveranstaltungen oder in Diskotheken oder zu Projektionszwecken eingesetzt werden, ist diese Forderung z. B. erfüllt, wenn diese Lasereinrichtungen zusätzlich den Anforderungen der BG-Information „Laser-Einrichtungen für Show- oder Projektionszwecke“ (BGI 5007) entsprechen.

Zu § 4 Abs. 3:

Unbeabsichtigtes Strahlen liegt vor, wenn

- Laserstrahlung ohne Betätigung der vorgesehenen Stellteile von Befehlseinrichtungen aus der Lasereinrichtung austritt, z. B. durch schadhafte Isolation oder Störimpulse,
- nicht verhindert ist, dass Stellteile unbeabsichtigt betätigt werden können; siehe auch Abschnitt 2.2 des Anhangs 1 der Betriebssicherheitsverordnung.

Diese Forderung schließt ein, dass die Lasereinrichtung so konstruiert sein muss, dass auch im einfachen Fehlerfall ein unbeabsichtigtes Strahlen verhindert ist.

Für Lasereinrichtungen, bei denen die Laserstrahlung über ein bewegliches Handstück austritt, ist diese Forderung z. B. erfüllt, wenn beim Loslassen des Handstücks der Austritt der Laserstrahlung unterbrochen wird oder ein vergleichbares Sicherheitsniveau durch andere Maßnahmen erreicht wird.

Zu § 4 Abs. 4:

Diese Forderung ist z. B. erfüllt, wenn optische Einrichtungen so verriegelt sind, dass eine Beobachtung nur bei abgeschaltetem Laser möglich ist. Ist dies aus betriebstechnischen Gründen nicht durchführbar, kann das Schutzziel unter anderem dadurch erreicht werden, dass solche optischen Einrichtungen mit einem ausreichend bemessenen Schutzfilter (siehe auch Durchführungsanweisungen zu § 8 Abs. 2) oder einem Strahlverschluss versehen werden, der während des Laserbetriebs in der Schutzstellung verriegelt ist.

Zu § 4 Abs. 5:

Vorsatzgeräte sind z. B. Teleskopvorsätze, die den Laserstrahl aufweiten, Filtervorsätze, die den Laserstrahl abschwächen, optische Wellenleiter, die an eine Lasereinrichtung angeschlossen werden können.

Diese Forderung ist z. B. für Teleskopvorsätze erfüllt, wenn die Vergrößerung angegeben ist, für Filtervorsätze, wenn der spektrale Transmissionsgrad oder die spektrale optische Dichte für die Laserwellenlänge angegeben sind.

Zu § 4 Abs. 6:

Diese Forderung ist z. B. erfüllt, wenn nicht auf einfache Weise, z. B. durch Aufdrehen, Aufschrauben, Aufkleben eines Vorsatzgerätes, die Erhöhung der Klasse auf Klasse 3B oder 4 möglich ist. Desgleichen darf es auch nicht möglich sein, durch einfaches Entfernen von Vorsatzgeräten mittels Hand oder einfacher Werkzeuge die Klasse auf 3B oder 4 zu erhöhen.

Zu § 5 Abs. 1:

Die Anzeige soll folgende Angaben enthalten: Hersteller der Lasereinrichtung, Laserklasse, Strahlungsleistung bzw. -energie, Wellenlänge(n), gegebenenfalls Impulsdauer und Impulswiederholfrequenz.

Der Unternehmer, in dessen Betrieb Lasereinrichtungen hergestellt, erprobt oder vorgeführt werden, erfüllt diese Forderung, wenn Art und Zahl der in der Regel im Betrieb befindlichen Lasereinrichtungen angezeigt werden.

Da die bisherigen Laser der Klasse 3B den neuen Klassen 3R und 3B entsprechen, schließt die Verpflichtung zur Anzeige auch Laser der Klasse 3R ein.

Sofern Lasereinrichtungen der Klassen 3R, 3B oder 4 bereits betrieben werden, muss nicht jeder Einzelne neu in Betrieb genommene Laser angezeigt werden, solange es sich um gleichartige Lasereinrichtungen handelt, die mit den gleichen Schutzmaßnahmen wie die bisherigen sicher betrieben werden können.

Führt ein Unternehmer Instandhaltungsarbeiten an Lasereinrichtungen durch, bei denen dabei Laserstrahlung oberhalb der Grenzwerte für Klasse 3A auftritt, erfüllt er diese Forderung durch eine einmalige Anzeige mit Angaben über die Art der Lasereinrichtungen sowie Art und Umfang der Arbeiten. Für den mobilen Einsatz von Lasereinrichtungen, ausgenommen Lasereinrichtungen nach § 14 Abs. 1, gilt eine Inbetriebnahme an einem anderen Einsatzort als erste Inbetriebnahme.

Anmerkung:

Ein Muster für eine Laseranzeige ist in Anhang 5 enthalten!

Zu § 6 Abs. 1:

Da die bisherigen Laser der Klasse 3B den neuen Klassen 3R und 3B entsprechen, gilt die Verpflichtung zur Bestellung eines Laserschutzbeauftragten auch für Laser der Klasse 3R.

Diese Forderung ist z. B. erfüllt, wenn in der schriftlichen Bestellung die für die Ausführung der Aufgaben erforderlichen Befugnisse eingeräumt werden.

Der Laserschutzbeauftragte gilt als Sachkundiger, wenn er auf Grund seiner fachlichen Ausbildung oder Erfahrung ausreichende Kenntnisse über die zum Einsatz kommenden Laser erworben hat und so eingehend über die Wirkung der Laserstrahlung, über die Schutzmaßnahmen und Schutzvorschriften unterrichtet ist, dass er die notwendigen Schutzvorkehrungen beurteilen und auf ihre Wirksamkeit prüfen kann.

Es wird empfohlen, dass der Laserschutzbeauftragte an einem Kurs zur Erlangung der Sachkunde für Laserschutzbeauftragte teilnimmt, der den von dem Unfallversicherungsträger aufgestellten Anforderungen entspricht. Die Anforderungen für solche Kurse sind in Anhang 3 aufgeführt.

Der Unternehmer kann dem Laserschutzbeauftragten durch eine Pflichtenübertragung gemäß § 13 der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (BGV A 1) weitere ihm aus dieser Unfallverhütungsvorschrift obliegende Pflichten übertragen; in diesem Falle sind der betriebliche Entscheidungsbereich und die zusätzlichen Befugnisse schriftlich festzulegen.

Zum sicheren Betrieb gehören auch die erforderlichen Prüfungen von Lasereinrichtungen entsprechend § 10 der Betriebssicherheitsverordnung.

Der Laserschutzbeauftragte kann für mehrere Anlagen oder Geräte eingesetzt sein, wenn die örtlichen Verhältnisse es gestatten, dass er deren Betrieb überwachen kann. Innerhalb eines Raumes soll es nur einen Laserschutzbeauftragten geben.

Zu § 6 Abs. 2:

Zu den Aufgaben des Laserschutzbeauftragten gehören insbesondere:

- die Beratung des Unternehmers und der verantwortlichen Vorgesetzten in Fragen des Laserschutzes bei der Beschaffung und Inbetriebnahme von Lasereinrichtungen und die Festlegung der betrieblichen Schutzmaßnahmen,
- die fachliche Auswahl der persönlichen Schutzausrüstungen,
- die Mitwirkung bei der Unterweisung der Beschäftigten an Lasereinrichtungen und in Laserbereichen über Gefahren und Schutzmaßnahmen,
- die Mitwirkung bei der Prüfung von Lasereinrichtungen gemäß § 10 der Betriebssicherheitsverordnung,
- die Überwachung der Einhaltung der Sicherheits- und Schutzmaßnahmen, insbesondere der ordnungsgemäßen Benutzung der Augenschutzmittel, Abgrenzung und Kennzeichnung der Laserbereiche,
- die Information des Unternehmers und der verantwortlichen Vorgesetzten über Mängel und Störungen an Lasereinrichtungen,
- die innerbetriebliche Mitteilung und Untersuchung von Unfällen durch Laserstrahlung unter Einschaltung der Fachkräfte für Arbeitssicherheit.

Zur besseren Wirksamkeit des Laserstrahlenschutzes kann es zweckmäßig sein, Vorgesetzte als Laserschutzbeauftragte zu bestellen oder die Laserschutzbeauftragten durch weitere Pflichtenübertragung gemäß § 13 der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (BGV A 1) mit Weisungsbefugnissen und Verantwortung für den Betrieb von Lasereinrichtungen auszustatten.

Hierzu können gehören:

- Festlegung der technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen,
- Weisungsrecht gegenüber den Beschäftigten an Lasereinrichtungen und in Laserbereichen,
- Abstellung von Mängeln, gegebenenfalls Stillsetzung von Anlagen,
- Veranlassung von ärztlichen Untersuchungen bei vermuteten Laserunfällen,
- Anzeigeverfahren gegenüber dem zuständigen Unfallversicherungsträger und der zuständigen Behörde.

Zu § 7:

Bei Lasereinrichtungen der Klasse 1 entsteht bei bestimmungsgemäßer Verwendung kein Laserbereich. Ändert sich bei der Instandhaltung von Lasereinrichtungen der Klasse 1 die Klasse, kann dabei die Einrichtung eines Laserbereichs erforderlich werden; siehe § 9.

Zur Feststellung, ob ein Laserbereich vorliegt, ist zu prüfen, ob die Werte für die maximal zulässige Bestrahlung (MZB) überschritten werden können. Die MZB-Werte hängen in komplizierter Weise von Bestrahlungszeit und Wellenlänge ab.

Bei Impulsfolgen ist Vorsicht geboten. In diesen Fällen sind genaue Berechnungen der MZB-Werte nach Anhang 2 durchzuführen.

Zu § 7 Abs. 1:

Bei Lasereinrichtungen der Klassen 1M, 2, 2M oder 3A entsteht im Allgemeinen kein Laserbereich, wenn beim Betrieb dieser Lasereinrichtungen nur eine zufällige Bestrahlung von Personen möglich ist und im Falle von Lasereinrichtungen der Klassen 1M, 2M oder 3A keine optisch sammelnden Instrumente verwendet werden. Treffen diese Voraussetzungen nicht zu, sind die Bestimmungen des § 8 sinngemäß zu erfüllen.

Für Lasereinrichtungen der Klassen 1M, 2 und 2M für Unterrichtszwecke gilt § 15.

Zu § 7 Abs. 1 und 2:

Die Forderung nach Kennzeichnung ist z. B. erfüllt, wenn das Warnzeichen W10 „Warnung vor Laserstrahl“ nach Anlage 2 der Unfallverhütungsvorschrift Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz“ (BGV A 8) angebracht ist.

Zu §7 Abs. 2:

Unter Abgrenzen ist zu verstehen, dass Unbefugte nicht unbeabsichtigt in den Laserbereich gelangen können. Dies gilt insbesondere für Laser, deren Strahlung so intensiv ist, dass diese auch nach diffuser Reflexion an einer rauen Oberfläche noch gesundheitsgefährlich ist, also insbesondere Laser der Klasse 4.

Derartig leistungsstarke Laser sollen – wenn die Art der Anwendung dies nicht ausschließt – in geschlossenen Räumen betrieben werden.

Der Zugang zu Laserbereichen, in denen Lasereinrichtungen der Klasse 4 betrieben werden, ist während des Laserbetriebes durch geeignete Einrichtungen oder Maßnahmen auf befugte Personen zu begrenzen, die vor der Einwirkung von Laserstrahlung geschützt sind.

Je nach der Gefahr, die von der Lasereinrichtung ausgeht, kann es erforderlich sein, den Zugang schleusenartig auszubauen, z. B. bei medizinischen Anwendungen, oder Türkontakte vorzusehen, durch die der Laser beim Betreten des Laserbereiches ausgeschaltet wird, z. B. bei Robotern.

Die Anforderungen an Fluchtwege und Notausgänge entsprechend Abschnitt 2.3 des Anhangs zu §3 Abs. 1 der Arbeitsstättenverordnung sind dabei zu beachten; Maßnahmen der Ersten Hilfe entsprechend der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (BGV A 1), insbesondere die sofortige Leistung Erster Hilfe nach einem Arbeitsunfall, müssen trotz der genannten Einrichtungen möglich sein.

Der Einschaltzustand kann z. B. durch Warnleuchten oder Leuchttableaus angezeigt werden, bei Einsätzen im Freien durch Blinkleuchten oder Rundumleuchten.

Anmerkung:

Nach §7 Abs. 2 hat der Unternehmer dafür zu sorgen, dass Laserbereiche von Laser-Einrichtungen der Klassen 3B oder 4 während des Betriebes abgegrenzt und gekennzeichnet sind. Dies gilt auch für Laser der Klasse 3R.

Zu §7 Abs. 3:

Dies kann z. B. in Diskotheken der Fall sein, wenn der Laserbereich außerhalb des Arbeits- und Verkehrsbereiches verläuft und die BG-Information „Laser-Einrichtungen für Show- oder Projektionszwecke“ (BGI 5007) beachtet wird.

Auf Bühnen und in Studios sind Abweichungen zulässig, wenn

- der Laserbereich außerhalb des Arbeits- und Verkehrsbereiches verläuft oder
- der Laserbereich aus szenischen Gründen zugänglich sein muss und durch eine Absperrung begrenzt bzw. bei Vorliegen szenischer Gründe, die eine Absperrung nicht gestatten, durch Markierungen, die auch im Dunkeln erkennbar sein müssen, gekennzeichnet ist

und zusätzlich DIN 56 912 „Showlaser und Showlaseranlagen; Anforderungen und Prüfung“ eingehalten ist.

Für Lasereinrichtungen der Klassen 3R, 3B oder 4, die im Freien oder in vergleichbaren Anordnungen, z. B. in größeren Hallen, betrieben werden, sind Abweichungen zulässig, wenn diese Einrichtungen nur durch Versicherte mit besonderen Fachkenntnissen betrieben werden, die vom Unternehmer bzw. Laserschutzbeauftragten dazu beauftragt sind. Durch Absperrungen, Abschirmungen, Verriegelungen, Strahlenachsensicherung oder andere geeignete Vorrichtungen oder Maßnahmen ist sicherzustellen, dass Personen, die keine persönliche Schutzausrüstungen tragen, nicht in die Nähe des Strahlungsweges gelangen.

Innerhalb des berechneten Laserbereiches soll der Laserstrahl nicht auf Personenbeförderungsmittel zu Wasser, zu Lande und in der Luft oder auf sonstige Einrichtungen, bei denen eine Gefährdung von Menschen möglich ist, gerichtet werden.

Die Strahlen sind, soweit das möglich ist, frei von allen Oberflächen zu halten, die unerwünschte gefährliche Reflexionen erzeugen können. Andernfalls sind die Gefahrenbereiche, die als Laserbereiche zu behandeln sind, entsprechend weit festzulegen und zu sichern.

Beispielsweise kann der Laserstrahl zur Nachrichtenübermittlung oder Entfernungsmessung auf ein höher gelegenes, unzugängliches Ziel gerichtet werden, so dass niemand in den Strahl geraten kann. Das Wirkungsfeld sollte frei von reflektie-

renden Gegenständen oder Flächen sein. Bei Hochleistungslasern können sogar feuchte Blätter gefährliche Reflexe erzeugen.

Bei LIDAR-Anwendungen, bei Verwendung von Showlasern oder anderen Lasereinrichtungen im Freien, bei denen eine Gefährdung des Luftverkehrs möglich ist, ist eine Meldung des Betriebes bei der örtlichen Flugsicherung erforderlich.

Bei der Vorführung von Lasereinrichtungen der Klassen 3R, 3B oder 4 auf Ausstellungen oder Messen ist diese Forderung z. B. erfüllt, wenn sichergestellt ist, dass keine unkontrolliert reflektierte Strahlung auftreten kann und der Laserbereich um die Lasereinrichtungen durch mit Laserwarnzeichen gekennzeichnete Abschränkungen oder Verdeckungen räumlich so eng begrenzt wird, dass er Personen nicht zugänglich ist.

Zu § 8 Abs. 1:

Diese Forderung beinhaltet ein Minimierungsgebot sowohl hinsichtlich der räumlichen Größe des Laserbereichs als auch der Zahl der sich im Laserbereich aufhaltenden Personen. Der Laserbereich ist deshalb im Rahmen der vorgegebenen Aufgabenstellung räumlich möglichst klein zu halten. Im Laserbereich sollen sich nur Personen aufhalten, deren Aufenthalt dort erforderlich ist.

Da das Auge bereits durch Laserstrahlung sehr geringer Energie- bzw. Leistungsdichte (siehe Anhang 2) gefährdet wird, sind in erster Linie Schutzmaßnahmen zum Schutze der Augen notwendig. Hohe Leistungs- bzw. Energiedichte gefährden jedoch auch die Haut.

Einen optimalen Schutz vor Laserstrahlung bietet eine Anlage, bei der auch die Nutzstrahlung allseitig und lückenlos von einem Schutzgehäuse umschlossen wird, also eine Lasereinrichtung der Klasse 1. Ein derartiger Vollschutz ist vor allem bei der Anwendung von Lasern in der industriellen Fertigung anzustreben.

Bei der bestimmungsgemäßen Verwendung einer Lasereinrichtung der Klasse 1 sind keine weiteren Schutzmaßnahmen erforderlich. Ändert sich bei der Instandhaltung von Lasereinrichtungen der Klasse 1 die Klasse, sind die Schutzmaßnahmen für die auftretende höhere Klasse zu treffen; siehe § 9.

V Laserstrahlung, die von Lasereinrichtungen der Klassen 1M, 2, 2M, 3A, 3B, 3R oder 4 emittiert wird, darf sich nur so weit erstrecken, wie es für die Art des Einsatzes notwendig ist. Der Strahl ist – soweit dies möglich ist – am Ende der Nutzentfernung durch eine diffus reflektierende Zielfläche so zu begrenzen, dass eine Gefährdung durch direkte oder diffuse Reflexion möglichst gering ist. Soweit möglich soll der unabgeschirmte Laserstrahl außerhalb des Arbeits- und Verkehrsbereiches in einem möglichst kleinen, nicht leicht zugänglichen Bereich verlaufen, insbesondere über- oder unterhalb der Augenhöhe.

V In Räumen, die zum Betrieb von Lasereinrichtungen der Klassen 3R, 3B oder 4 bestimmt sind, sollen Fußböden, Decken, Wände oder sonstige zur baulichen Ausrüstung eines Raumes gehörige Einrichtungen diffus reflektierende Oberflächen aufweisen; für blanke Flächen, z. B. Fenster, sollen geeignete Abdeckungen vorhanden sein.

U
R Gut reflektierende Oberflächen im Laserbereich können erforderlich sein aus Gründen der Anwendung, z. B. bei Lasern in Diskotheken, Bühnen und Studios, im Forschungs- und Entwicklungsbereich, bei bestimmten Vermessungsaufgaben, aus Gründen des Arbeitsschutzes, z. B. in chemischen und radiochemischen Labors, beim Umgang mit Gefahrstoffen, aus Gründen des Gesundheitsschutzes, z. B. bei der medizinischen Anwendung in Operationsräumen. In solchen Fällen ist dafür zu sorgen, dass der Laserbereich möglichst klein gehalten wird, z. B. durch zusätzliche Verdeckungen oder Abschirmungen (siehe auch Anhang 6).

S Bei der medizinischen Anwendung sollen sämtliche zur Beobachtung des OP-Feldes erforderlichen Einrichtungen den Bestimmungen des § 4 Abs. 5 entsprechen.

M
U Für die jeweilige Anwendung sind möglichst Laser niedriger Laserklassen zu verwenden. Auch durch Vorschalten abschwächender Filter oder durch Strahlaufweitung kann eine Bestrahlung oberhalb der MZB-Werte gegebenenfalls verhindert werden.

M Lasereinrichtungen der Klassen 1M, 2M, 3A, 3B, 3R oder 4 sind einschließlich im Strahlengang befindlicher Vorrichtungen so aufzustellen oder zu befestigen, dass eine unbeabsichtigte Änderung ihrer Position und der Strahlrichtung vermieden wird.

Unkontrolliert reflektierte Strahlung von Lasereinrichtungen der Klassen 3B, 3R oder 4 sind zu vermeiden; spiegelnde oder glänzende Gegenstände oder Flächen sind aus der Umgebung des Laserstrahls soweit als möglich fernzuhalten, zu entfernen oder abzudecken.

V Zum Schutz vor gefährlichen Reflexionen sollen Werkzeuge, Zubehör und Justiergeräte, die im Laserbereich verwendet werden, keine gut reflektierenden Oberflächen aufweisen und Anwesende im Laserbereich keine gut reflektierenden Gegenstände sichtbar mitführen.

V Werden mehrere Lasereinrichtungen gleichzeitig in demselben Raum betrieben, sind deren Strahlengänge gegenseitig abzuschirmen. Falls erforderlich, sollte der Strahlengang nur von einer Seite aus zugänglich sein; die optische Achse sollte nicht auf Fenster gerichtet werden.

U Bei räumlich getrennter Anordnung von Strahlquelle und Strahlaustritt (Arbeitszelle) ist zu berücksichtigen, dass die Laserstrahlung auch im Störfall nicht unbeabsichtigt (siehe Durchführungsanweisungen zu § 4 Abs. 3) die Arbeitszelle erreichen kann.

R Für Grundjustierungen sollen in Laboratorien möglichst keine stärkeren Laser als Klasse 3A bzw. 1M oder 2M verwendet werden. Bei Verwendung abstimbarer Farbstofflaser und Excimer-Laser sind Grobjustierungen nach Möglichkeit in benachbarten Wellenlängenbereichen durchzuführen, für die Schutzbrillen vorhanden sind. Sind die auftretenden Wellenlängen nicht sicher bekannt, sollen die entsprechenden Untersuchungen von einem sicheren Platz aus erfolgen.

S Die unabgeschirmte Laserstrahlung von Lasereinrichtungen der Klassen 3R, 3B und insbesondere 4 ist – soweit es die beabsichtigte Anwendung zulässt – mit für die jeweilige Laserstrahlung undurchdringlichen Verkleidungen zu versehen, die mit entsprechenden Warn- und Hinweiszeichen zu kennzeichnen sind. Hier soll der Strahlengang so abgeschirmt oder angeordnet sein, dass Personen weder vom direkten Laserstrahl noch von einem reflektierten Laserstrahl getroffen werden können.

M In dieser Hinsicht ist besondere Sorgfalt bei der Anwendung von Laserstrahlung in roboterähnlichen Fertigungseinrichtungen geboten.

Abschirmungen, die zur Abgrenzung von Laserbereichen dienen, z. B. bei der Instandhaltung von Lasereinrichtungen oder bei der medizinischen Anwendung, sind geeignet, wenn sie DIN EN 12 254 „Abschirmungen an Laserarbeitsplätzen; Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung“ (siehe Anhang 6) entsprechen.

Abschirmungen mit geringeren Beständigkeitsanforderungen als in der genannten Norm sind im Einzelfall zulässig, wenn sichergestellt wird, dass die Lasereinrichtung rechtzeitig vor Unwirksamwerden der Abschirmung abgeschaltet werden kann.

Werden Wände als Abschirmung von Laserbereichen verwendet, so gelten z. B. Wände aus Ziegeln, Kalkstein oder Beton als geeignet. Es können auch andere Abschirmungen verwendet werden, wenn sie den wesentlichen Anforderungen von DIN EN 12 254 entsprechen.

Bei der Anwendung von Hochleistungslasern der Klasse 4 im infraroten Wellenlängenbereich ist der Brandgefahr durch Verwendung geeigneter Strahlbegrenzungen zu begegnen, z. B. wassergekühlter Hohlkegel.

Personen sollen nicht absichtlich Laserstrahlung oberhalb der MZB-Werte ausgesetzt werden.

Beim Einschalten einer Lasereinrichtung der Klassen 3R, 3B oder 4 sind die im Laserbereich Anwesenden unmittelbar vorher zu verständigen. Die im Laserbereich Anwesenden haben dadurch Gelegenheit, rechtzeitig alle notwendigen Schutzmaßnahmen zu treffen, insbesondere die Laserschutzbrillen aufzusetzen.

Zu § 8 Abs. 2:

Eine Gefährdung durch Laserstrahlung kann ausgeschlossen werden, wenn z. B. beim Betrieb von Lasereinrichtungen der Klassen 3R, 3B oder 4 unkontrolliert reflektierte Strahlung nicht auftreten kann und ein Eingriff in den Strahlengang durch Umwehungen oder Verdeckungen verhindert ist.

Geeignete Schutzkleidung ist in Laserbereichen, in denen Lasereinrichtungen der Klassen 3B oder 4 benutzt werden, dann erforderlich und von den Beschäftigten zu benutzen, wenn eine Gefährdung der Haut durch Laserstrahlung nicht durch andere Maßnahmen verhindert werden kann. Gesichtsschutz und Handschuhe

können besonders bei Strahlung im UV-Bereich, z. B. durch Excimer-Laser, erforderlich sein.

Geeignete Augenschutzgeräte bieten Schutz gegen direkte, spiegelnd reflektierte oder diffus gestreute Laserstrahlung. Trotz Augenschutzgeräten ist jedoch der Blick in den direkten Strahl zu vermeiden.

Geeignete Augenschutzmittel sind z. B. Laserschutzbrillen, die DIN EN 207 „Persönlicher Augenschutz; Filter und Augenschutz gegen Laserstrahlung (Laserschutzbrillen)“ und Laser-Justierbrillen, die der DIN EN 208 „Persönlicher Augenschutz; Brillen für Justierarbeiten an Lasern und Laseraufbauten (Laser-Justierbrillen)“ entsprechen.

Sonderanfertigungen müssen den wesentlichen technischen Anforderungen der Norm DIN EN 207 bzw. DIN EN 208 entsprechen.

Offensichtliche Mängel sind z. B. mit dem Auge erkennbare Veränderungen am Schutzfilter, wie Sprünge, Farbänderungen, Änderungen der Lichtdurchlässigkeit, sowie Fehler des Tragkörpers, die den Schutz vor seitlich einfallender Strahlung beeinträchtigen.

Ausführliche Informationen zu geeigneten Augenschutzmitteln sind in der BG-Information „Auswahl und Benutzung von Laserschutz-Brillen und Laser-Justierbrillen“ BGI 5092 (zurzeit Entwurf) enthalten.

Sofern besondere Betriebsbedingungen die Anwendung betriebstechnischer Maßnahmen nicht zulassen, wie das im Forschungs- und Entwicklungsbereich möglich sein kann, und bei den Arbeiten weder Laserschutzbrillen nach DIN EN 207 noch Laser-Justierbrillen nach DIN EN 208 verwendet werden können, sollen diese Arbeiten von besonders unterwiesenen, zuverlässigen Personen durchgeführt werden; außerdem soll dafür die Zustimmung des Laserschutzbeauftragten vorliegen.

Zu § 8 Abs. 3:

Die Unterweisungen sind entsprechend § 4 der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (BGV A 1) durchzuführen. Sie sind bei Bedarf, mindestens jedoch einmal jährlich, zu wiederholen und zu dokumentieren.

Die Unterweisung hat das Ziel, die Versicherten über die Gefahren der Laserstrahlung zu informieren und sie mit den vorhandenen Sicherheitseinrichtungen und mit den erforderlichen Schutzmaßnahmen vertraut zu machen, damit Schädigungen durch Laserstrahlung verhindert werden. Inhalt der Unterweisung sollte also sein:

Laserstrahlung und ihre Gefahren, Wirkung der Laserstrahlung auf das Auge, sonstige Gefährdungsmöglichkeiten und Nebenwirkungen, Schutzvorschriften und betriebliche Anweisungen, Verhalten im Laserbereich, Schutzmaßnahmen und -einrichtungen am Arbeitsplatz, Benutzung von Körperschutzmitteln, Kontrolle baulicher und apparativer Schutzvorrichtungen, Verhalten im Schadensfall.

Halten sich Versicherte nur kurzzeitig in Laserbereichen auf und befinden sie sich in Begleitung einer hierzu beauftragten Person, genügt eine Kurzunterweisung ohne Aufzeichnung.

Zu § 8 Abs. 4:

Diese Forderung ist z.B. erfüllt, wenn

- der Fernverriegelungsstecker einer Lasereinrichtung der Klassen 3B oder 4 an einen Not-Aus-Schalter, einen Türkontakt oder an eine andere gleichwertige Einrichtung mit Schutzfunktion angeschlossen ist,
- Lasereinrichtungen der Klassen 3B oder 4 bei Nichtbenutzung durch Abschließen des Schlüsselschalters gesichert sind,
- Lasereinrichtungen der Klassen 3B oder 4 bei Nichtbenutzung durch die Verwendung der Strahldämpfungseinrichtungen gesichert sind.

Hinweis:

Für Lasereinrichtungen der Klasse 3B, die nicht mehr als 5fach die Grenzwerte von Klasse 2 im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm übersteigen, brauchen die genannten Schutzeinrichtungen nicht vorhanden zu sein; dies sind seit 2001 Laser der Klasse 3R nach DIN EN 60 825-1.

Zu § 9:

Eine Änderung der Klasse während der Instandhaltung kann vor allem bei Lasereinrichtungen der Klasse 1 auftreten, die eingebaute Laser höherer Klasse enthalten.

Solche Lasereinrichtungen können z. B. sein: Laserdrucker, Laserscanner zum Abtasten von Strich-Codes in Handel und Industrie, Bearbeitungslaser, Laser-Entfernungsmessgeräte, Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecken mit Lasersendern.

Für die erforderlichen Schutzmaßnahmen und für die schriftliche Bestellung eines Laserschutzbeauftragten nach § 6 dieser Unfallverhütungsvorschrift hat der Unternehmer zu sorgen, der die Instandhaltung durchführt. Auf die Pflicht zur Zusammenarbeit mehrerer Unternehmer, entsprechend § 6 der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (BGV A 1) wird hingewiesen.

Können die Bestimmungen der §§ 7 und 8 nicht völlig eingehalten werden, ist durch besondere Maßnahmen und durch den Zeitpunkt der Instandhaltung sicherzustellen, dass eine Bestrahlung von Personen durch Laserstrahlung oberhalb der MZB-Werte verhindert ist.

Können bei bestimmten Lasereinrichtungen Laserbereiche auftreten, die vorher nicht eindeutig festlegbar sind, z. B. bei Bruch von optischen Wellenleitern, sind die Beschäftigten, die die Instandhaltung durchzuführen haben, so auszurüsten, dass sie gegen die maximal mögliche Laserstrahlung geschützt sind.

Werden bei der Instandhaltung von Lasereinrichtungen der Klassen 1M und 2M optische Geräte für Justier- und Einstellarbeiten verwendet, können vergleichbare Gefährdungen wie bei den Klassen 3R oder 3B auftreten.

Zu § 10:

Siehe auch Kapitel 2.26 „Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren“ der BG-Regel „Betreiben von Arbeitsmitteln“ (BGR 500) und BG-Information „Umgang mit Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen (LWLKS)“ (BGI 5031).

Zu § 10 Abs. 1:

Diese Forderung ist z. B. erfüllt, wenn der Laserbereich von brennbaren Stoffen und explosionsfähiger Atmosphäre freigehalten wird. Werden solche Stoffe für eine spezielle Anwendung der Laserstrahlung benötigt, dürfen nur die dafür erforderlichen Mindestmengen im Laserbereich vorhanden sein. Es sind Maßnahmen zu treffen, die eine Gefährdung der Beschäftigten durch das Zünden dieser Mengen verhindern.

Brennbare Stoffe im Sinne dieser Unfallverhütungsvorschrift sind hochentzündliche, leicht entzündliche und entzündliche Stoffe gemäß Gefahrstoffverordnung sowie sonstige brennbare Materialien, wie Holz, Papier, Textilien, Kunststoffe.

Siehe „Explosionsschutz-Regeln – (EX-RL)“ (BGR 104), insbesondere Abschnitte E 2.3.9 und E 2.3.10.

Zu § 10 Abs. 2:

Bevor ein Stoff der Einwirkung intensiver Laserstrahlung ausgesetzt wird, ist zur Erfüllung dieser Forderung zu prüfen, ob durch Verdampfen, Verbrennen, durch chemische Reaktionen oder durch Bildung von Aerosolen gesundheitsgefährliche Konzentrationen von Gasen, Dämpfen, Stäuben, Nebeln oder explosionsfähige Gemische entstehen können; siehe Gefahrstoffverordnung und Technische Regeln für Gefahrstoffe, z. B. TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“.

Beispielsweise können bei der Bearbeitung von Kunststoffen mit Lasern giftige Zersetzungsprodukte auftreten.

Bei der Einwirkung gepulster Laserstrahlen auf ein Material kann es neben der Bildung von Gasen vor allem zu einer Zerstäubung (Aerosolbildung) kommen.

Eine geeignete Schutzmaßnahme gegen gesundheitsgefährliche Gemische ist ein wirksames Filter- und Absaugsystem; siehe VDI 2262 Blatt 1 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe; Allgemeine Anforderungen“ und VDI 2262 Blatt 3 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe; Lufttechnische Maßnahmen“.

Beim Auftreffen hochintensiver Strahlung auf Schamottesteine oder Tonziegel können sich durch Abschmelzen glatte, spiegelnde Oberflächenbereiche bilden, die zu Reflexionen in nicht vorher bestimmbare Richtungen führen.

Bei der Anwendung intensiver Laserstrahlung, insbesondere beim Schweißen, Schneiden, Abtragen und Erhitzen von Material, kann eine intensive, nicht kohärente Sekundärstrahlung entstehen. Die Versicherten sind daher durch zusätzliche Schutzfilter, z. B. Schweißerschutzfilter, gegen diese Gefährdungen zu schützen.

Zu § 11:

Jugendliche nach Jugendarbeitsschutzgesetz sind Personen, die zwischen 15 und 18 Jahre alt sind.

Da die bisherigen Laser der Klasse 3B den neuen Klassen 3R und 3B entsprechen, gilt diese Beschäftigungsbeschränkung auch für Laser der Klasse 3R.

Zu § 12:

Die Annahme einer Augenschädigung ist gerechtfertigt, wenn eine Bestrahlung mit Laserstrahlung erfolgt ist und die MZB-Werte überschritten worden sein können.

Der Augenarzt soll eine Fluoreszenzangiographie durchführen können; in der Regel ist dies in Augenkliniken und Universitätskliniken der Fall.

Auf die Pflicht zur ärztlichen Versorgung entsprechend der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (BGV A 1) bei anderen Verletzungen durch Laserstrahlung wird hingewiesen.

Zu § 13:

Für den Betrieb von Lasereinrichtungen, die in Diskotheken und bei Showveranstaltungen eingesetzt werden, siehe auch BG-Information „Laser-Einrichtungen für Show- oder Projektionszwecke“ (BGI 5007).

Zu § 14 Abs. 1 Nr. 1:

Bei der Anwendung von Lasereinrichtungen der Klassen 1M, 2M oder 3A ist sicherzustellen, dass der Laserstrahl nicht durch optisch sammelnde Instrumente, z. B. Nivelliergeräte, Ferngläser oder Teleskope, beobachtet wird.

Zu § 14 Abs. 1 Nr. 2:

Bei der Verwendung von Lasereinrichtungen der Klasse 3B mit maximal 5 mW (seit 2001 Laser der Klasse 3R) Ausgangsleistung im sichtbaren Wellenlängenbereich (400 nm bis 700 nm begrenzt) bzw. Laser-Einrichtungen der Klasse 3R, bei denen die Strahlrichtung konstant ist, haben sich folgende Maßnahmen bewährt:

1. Die Ausgangsleistung des Lasers wird auf das für die Anwendung erforderliche Maß beschränkt. Dieser Forderung kann durch die Auswahl des Lasergerätes oder durch Vorschalten abschwächender Filter entsprochen werden.
2. Der Laserstrahl soll möglichst außerhalb des Arbeits- und Verkehrsbereiches verlaufen (siehe auch Nummer 4).
3. Die Strahlachse wird so gesichert, dass ein Auswandern des Laserstrahls nicht möglich ist. Diese Sicherung kann beispielsweise aus einem Rohr vor dem Lasergerät bestehen, das als Strahlfänger dient.
4. Der Bereich um den Laserstrahl wird in einem Abstand von wenigstens 1,5 m, z. B. mit einer Flatterleine, abgegrenzt und mit Laserwarnzeichen gekennzeichnet.

Kann die Abgrenzung nicht durchgeführt werden, z. B. unter Tage, ist auf andere Weise, z. B. durch Warnposten, zu verhindern, dass Versicherte in den Bereich des Laserstrahls geraten können.

An gefährlichen Stellen sind folgende Ersatzmaßnahmen geeignet:

- Umwehren des Strahlenganges z. B. mit Maschendraht.
 - Anbringen von Vorrichtungen zur Strahlunterbrechung, z. B. Klappen, die eine matte Oberfläche besitzen. Wichtig ist, dass diese Vorrichtungen betätigt werden können, ohne dabei in den gefährlichen Bereich zu geraten.
 - Hochlegen des Strahls.
5. Ein Laserstrahl darf sich nur so weit erstrecken, wie es für die Art des Einsatzes notwendig ist. Der Strahl wird am Ende dieser Nutzentfernung durch eine matte Zielfläche aufgefangen. Zu beachten bleibt, dass die Bestrahlungsstärke mit der Entfernung nur wenig abnimmt. Der Strahl kann beispielsweise noch in einer Entfernung von 1 000 m und mehr für das Auge gefährlich sein.

6. Spiegelnde oder glänzende Gegenstände, z. B. Metallteile, Fahrzeugscheiben, Rückspiegel, sind aus der Umgebung des Laserstrahls zu entfernen oder abzudecken.

Zu § 15 Abs. 1:

Neben den Klassen 1 und 2 können auch Laser der Klassen 1M und 2M verwendet werden, wenn zusätzlich sichergestellt wird, dass der Strahlquerschnitt nicht durch optisch sammelnde Instrumente verkleinert werden kann.

Zu § 15 Abs. 2:

Diese Forderung ist z. B. erfüllt, wenn

1. der Laserbereich durch Abschirmung auf das notwendige Maß begrenzt und durch Abgrenzung gegen unbeabsichtigtes Betreten gesichert ist,
2. Zugänge zu Laserbereichen mit Laserwarnzeichen gekennzeichnet sind,
3. Lasereinrichtungen der Klassen 1M, 2 und 2M nur von befugten und unterwiesenen Personen betrieben werden,
4. bei der Vorbereitung von Versuchen und Vorführungen nur Personen beteiligt oder zugegen sind, die zuvor über die Gefahren der Laserstrahlung und die erforderlichen Schutzmaßnahmen unterrichtet worden sind,
5. Beobachter bzw. Teilnehmer vor Beginn des Versuches bzw. der Vorführung über die Gefahren der Laserstrahlung unterrichtet worden sind,
6. Versuche und Vorführungen mit der jeweils geringsten notwendigen Laserleistung durchgeführt werden.

Zu § 16 Abs. 1:

Diese Forderung ist z. B. erfüllt, wenn Tuben und Sonden aus Materialien bestehen oder mit Materialien umhüllt sind, die ausreichend standfest gegen die verwendete Laserstrahlung sind bzw. wenn Organe frei von explosionsfähiger oder brennbarer Atmosphäre sind.

Zu § 16 Abs. 2:

Diese Forderung ist z. B. erfüllt, wenn die Instrumente für medizinische Anwendung, die tatsächlich in den Strahlengang gebracht werden müssen, über möglichst kleine Radien verfügen. Plane und insbesondere konkave Flächen sind zu vermeiden. Geeignet sind auch diffus reflektierende Oberflächen. Ungeeignet sind absorbierende Oberflächen, die sich aufheizen können und die deshalb zu vermeiden sind.

Zu § 16 Abs. 3:

Optische Einrichtungen zur Beobachtung oder Einstellung sind z. B. Endoskope oder Mikroskope.

Diese Forderung ist z. B. für optische Einrichtungen, die ausschließlich für den Lasereinsatz bestimmt sind, durch in die Betrachtungsoptik fest eingebaute Filter erfüllt bzw. für gelegentlich beim Lasereinsatz verwendete optische Einrichtungen durch die Verwendung zusätzlicher geeigneter Vorsatzfilter.

Geeignete Filter sind Filtergläser, die den Anforderungen an Filtergläser für Laserschutzbrillen entsprechen, in nur mit Hilfswerkzeugen entfernbaren Aufsteck- oder Einschraubfassungen, deren Einbauzustand deutlich erkennbar ist.

Auswechselbare Schutzfilter für die Anwendung an optischen Betrachtungseinrichtungen in medizinischer Anwendung müssen entsprechend DIN EN 207 „Persönlicher Augenschutz; Filter und Augenschutz gegen Laserstrahlung (Laserschutzbrillen)“ gekennzeichnet sein.

Zu § 16 Abs. 4:

Diese Forderung ist z. B. erfüllt, wenn die versehentlich bestrahlten Materialien nach Strahlabschaltung nicht weiter brennen oder glimmend abtropfen.

Die Eigenschaften in dieser Hinsicht können z. B. bei Abdeckmaterialien auch durch Befeuchten verbessert werden.

Zu § 17:

Unter Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecken im Sinne dieser Unfallverhütungsvorschrift werden „Lichtwellenleiter-Kommunikationssysteme“ nach DIN EN 60 825-2 „Sicherheit von Laser-Einrichtungen; Teil 2: Sicherheit von Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen“ verstanden.

Ausführliche Informationen zur Gefährdungsanalyse und zur Festlegung der erforderlichen Schutzmaßnahmen sind in der BG-Information „Umgang mit Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen (LWLKS)“ (BGI 5031) enthalten.

Anhang 1

Begriffsbestimmungen

Die folgenden Begriffsbestimmungen sind inhaltlich der DIN EN 60 825-1:2003-10 entnommen, ausgenommen die Begriffe im Zusammenhang mit Instandhaltung, die der DIN 31 051-1 „Instandhaltung, Begriffe und Maßnahmen“ entnommen sind. Soweit wie möglich wurde eine Anpassung an DIN 5030 „Spektrale Strahlungsmessung“, DIN 5031 „Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik“ und DIN 5036 „Strahlungsphysikalische und lichttechnische Eigenschaften von Materialien“ vorgenommen.

In dieser Unfallverhütungsvorschrift und den zugehörigen Durchführungsanweisungen werden neben den Begriffsbestimmungen des § 2 folgende Begriffe verwendet und sind wie folgt definiert:

1 **Bestrahlungsstärke:**

Quotient der Strahlungsleistung $d\Phi$ (bzw. dP), die auf ein Flächenelement einfällt, geteilt durch die Fläche dA dieses Elements

$$\text{Symbol } E \quad E = \frac{d\Phi}{dA}; \text{ bzw. } E = \frac{dP}{dA}$$

SI-Einheit Watt pro Quadratmeter, $W \cdot m^{-2}$

2 **Blick in eine ausgedehnte Quelle:**

Die Sehbedingung, bei der das Auge die scheinbare Quelle in einem Abstand von 100 mm oder mehr unter einem Winkel sieht, der größer als der kleinste Grenzwinkel (α_{\min}) ist.

Beispiele sind der Blick auf bestimmte diffuse Reflexionen und auf bestimmte Anordnungen von Laserdioden.

Bei der Betrachtung der Gefahren einer thermischen Netzhautverletzung werden in der Norm zwei Bedingungen für ausgedehnte Quellen berücksichtigt: Mittelgroße Quellen und große Quellen, die zur Unterscheidung von Quellen mit Winkelausdehnungen α zwischen α_{\min} und α_{\max} (mittelgroße Quellen) und größer als α_{\max} (große Quellen) verwendet werden.

3 **Dauerstrich-Laser (kontinuierlich strahlender Laser):**

Die Ausgangsstrahlung eines Lasers, der fortlaufend, d. h. nicht gepulst, betrieben wird. In dieser Unfallverhütungsvorschrift wird ein Laser, welcher über einen längeren Zeitraum als 0,25 s andauernd strahlt, als Dauerstrichlaser betrachtet.

4 **Diffuse Reflexion:**

Veränderung der räumlichen Verteilung eines Strahlenbündels nach der Streuung durch eine Oberfläche oder eine Substanz in viele Richtungen. Ein vollkommen diffus streuendes Material zerstört jede Korrelation zwischen den Richtungen der einfallenden und wieder austretenden Strahlung.

Anmerkung:

In der Regel tritt diffus und gerichtet reflektierte Strahlung nur zusammen auf.

5 **Direkter Blick in den Strahl:**

Alle Sehbedingungen, bei denen das Auge einem direkten oder einem spiegelnd reflektierten Laserstrahl ausgesetzt ist, im Gegensatz zur Betrachtung von z. B. diffusen Reflexionen.

6 **Einwirkungsdauer:**

Die Zeitdauer eines Impulses, einer Impulsfolge oder einer Daueremission von Laserstrahlung, welche auf den menschlichen Körper einwirkt.

7 Emissionsdauer:

Die zeitliche Dauer eines Impulses, einer Impulsfolge oder des Dauerbetriebes, in welcher der Zugang zu Laserstrahlung möglich ist, wenn die Lasereinrichtung betrieben, gewartet oder in Stand gesetzt wird.

Für eine Impulsfolge ist dies die Dauer zwischen dem ersten halben Spitzenwert des führenden Impulses und dem letzten halben Spitzenwert des abschließenden Impulses.

8 Empfangswinkel:

Der ebene Winkel innerhalb dessen ein Empfänger auf optische Strahlung anspricht, wird üblicherweise in Radian gemessen. Dieser Empfangswinkel kann durch Blenden oder optische Elemente vor dem Empfänger eingestellt werden. Der Empfangswinkel wird manchmal auch Gesichtsfeld genannt.

Anmerkung:

Empfangswinkel zur Ermittlung fotochemischer Gefährdungen: Für die Ermittlung der fotochemischen Gefährdungen wird ein Grenzeingangswinkel φ_p zur Messung festgelegt. Der Winkel φ_p hängt biologisch mit den Augenbewegungen zusammen und hängt nicht von der Winkelausdehnung der Quelle ab. Ist die Winkelausdehnung der Quelle kleiner als der Grenzeingangswinkel, braucht der tatsächliche Empfangswinkel nicht beschränkt zu werden. Ist die Winkelausdehnung der Quelle größer als der Grenzeingangswinkel, muss der Empfangswinkel beschränkt werden und die Quelle nach Stellen mit erhöhter lokaler Strahldichte abgesucht werden. Wird der Empfangswinkel zur Messung nicht auf ein bestimmtes Maß beschränkt, kann die Gefährdung überschätzt werden.

9 Energiedichte:

An einem Punkt der Oberfläche der Quotient aus der Strahlungsenergie, die auf ein Flächenelement, das diesen Punkt enthält und der Fläche dieses Elementes trifft.

$$\text{Symbol: } H; \quad H = \frac{dQ}{dA} = \int E \, dt$$

SI-Einheit Watt pro Quadratmeter ($\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$)

10 Gebündelter Strahl:

Ein „paralleles“ Strahlenbündel mit sehr geringer Winkeldivergenz oder -konvergenz.

11 Grenzwert für fotochemische Gefährdung:

Ein MZB-Wert, der hergeleitet wurde, um Menschen vor den fotochemischen Wirkungen zu schützen (z. B. Fotoretinitis – ein fotochemischer Netzhautschaden auf Grund von Bestrahlung im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 600 nm).

12 Grenzwert für thermische Gefährdung:

Ein MZB-Wert, der hergeleitet wurde, um Menschen vor schädlichen thermischen Wirkungen zu schützen, im Gegensatz zu einer fotochemischen Schädigung.

13 Größter Grenzwinkel (α_{\max}):

Wert der Winkelausdehnung der scheinbaren Quelle von dem ab die MZB-Werte und die Grenzwerte der zugänglichen Strahlung (GZS) unabhängig von der Größe der Strahlenquelle werden.

14 **Impulsdauer:**

Zeitintervall zwischen den Halbwerten der Spitzenleistung in der ansteigenden und abfallenden Flanke eines Impulses.

15 **Impulslaser:**

Laser, der seine Energie in Form eines Einzelimpulses oder einer Impulsfolge abgibt. Dabei ist die Zeitdauer eines Impulses kleiner als 0,25 s.

16 **Inspektion:**

Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes.

17 **Instandhaltung:**

Gesamtheit der Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustandes sowie zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes.

18 **Instandsetzung:**

Maßnahmen zur Wiederherstellung des Soll-Zustandes.

19 **Kleine Quelle**

Eine Quelle, deren Winkelausdehnung α kleiner als oder gleich dem kleinsten Grenzwinkel α_{\min} ist.

20 **Kleinster Grenzwinkel (α_{\min}):**

Der Wert der Winkelausdehnung der scheinbaren Quelle, von der ab die Quelle als ausgedehnte Quelle angesehen wird. Die MZB-Werte und die GZS (Grenzwerte zugänglicher Strahlung) sind unabhängig von der Größe der Strahlenquelle für Winkelausdehnung, die kleiner als α_{\min} sind.

21 **Maximale Ausgangsstrahlung:**

Die maximale Strahlungsleistung bzw. die maximale Strahlungsenergie pro Impuls der gesamten zugänglichen Strahlung, die eine Lasereinrichtung in irgendeine Richtung bei Nutzung aller apparativen Möglichkeiten zu einer beliebigen Zeit nach der Herstellung abgeben kann.

22 **Messblende:**

Die kreisförmige Fläche, über die Bestrahlungsstärke und Bestrahlung gemittelt werden müssen.

23 **Modenkopplung:**

Mechanismus oder eine Erscheinung innerhalb eines Laserresonators, welcher zur Erzeugung eines Zuges sehr kurzer Impulse führt. Diese Erscheinung kann absichtlich herbeigeführt werden, oder auch spontan als „selbstständige Modenkopplung“ vorkommen. Die dabei auftretenden Spitzenleistungen können beträchtlich höher sein als die mittlere Leistung.

24 **Optische Dichte:**

Logarithmus zur Basis 10 (Briggscher Logarithmus) des reziproken Wertes des Transmissionsgrades

Symbol D; $D = -\log_{10} \tau$

25 Reflexionsgrad:

Das Verhältnis der reflektierten Strahlungsleistung zur einfallenden Strahlungsleistung

Symbol: ρ

26 Richtungsveränderliche Laserstrahlung (scanning):

Laserstrahlung, die bezüglich eines festen Bezugssystems eine mit der Zeit variierende Richtung, einen zeitlich veränderlichen Ursprungsort oder zeitlich veränderliche Ausbreitungsparameter hat.

27 Steckverbinder für fernbediente Sicherheitsverriegelung:

Steckverbinder, der es ermöglicht, externe Steuerelemente anzuschließen, die von anderen Bauteilen der Laser-Einrichtung getrennt aufgestellt sind.

28 Sicherheitsverriegelung:

Selbsttätige Vorrichtung, die mit dem Schutzgehäuse einer Laser-Einrichtung verbunden ist mit dem Ziel, den Zugang zur Laserstrahlung der Klasse 3R, 3B oder Klasse 4 zu verhindern, wenn dieser Teil des Gehäuses entfernt ist.

29 Scheinbare Quelle:

Das wirkliche oder scheinbare Objekt, das das kleinstmögliche Bild auf der Netzhaut erzeugt.

Anmerkung:

Diese Definition wird benutzt, um den scheinbaren Ursprung der Laserstrahlung im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 1400 nm zu bestimmen, unter der Annahme, dass sich die scheinbare Quelle im Akkomodations-

bereich des Auges (≥ 100 mm) befindet. Im Grenzfall verschwindender Divergenz, d. h. im Fall des ideal kollimierten Strahls, liegt die scheinbare Quelle im Unendlichen.

Die Definition der scheinbaren Quelle wird im erweiterten Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 4 000 nm verwendet, da eine Bündelung durch übliche Linsen in diesem Bereich möglich sein könnte.

30

Schutzabdeckung:

Vorrichtung, die verhindert, dass Menschen Laserstrahlung ausgesetzt werden, ausgenommen in Fällen, in denen der Zugang für die vorgesehene Funktion der Anlage notwendig ist.

31

Schutzgehäuse:

Jene Teile einer Laser-Einrichtung (einschließlich Einrichtungen mit gekapselten Lasern), die dafür vorgesehen sind, zugängliche Strahlung zu verhindern, welche die vorgeschriebenen Grenzwerte der zugänglichen Strahlung (GZS) übersteigt (gewöhnlich vom Hersteller angebracht).

32

Sicherheitsabstand (engl.: nominal ocular hazard distance NOHD):

Entfernung, bei der die Bestrahlungsstärke oder die Bestrahlung gleich dem entsprechenden Grenzwert der maximal zulässigen Bestrahlung (MZB) der Hornhaut des Auges ist. Schließt man beim Sicherheitsabstand auch die Möglichkeit der Betrachtung mit optischen Hilfsmitteln ein, so wird vom „erweiterten Sicherheitsabstand“ gesprochen.

33

Sichtbare Strahlung (Licht):

Jede optische Strahlung, die unmittelbar eine direkte Empfindung im Auge hervorrufen kann.

Anmerkung:

Hierunter fällt diejenige elektromagnetische Strahlung, deren monochromatische Komponenten im Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 700 nm liegen.

34 Spiegelnde Reflexion:

Reflexion an einer Fläche, bei der die Korrelation zwischen den einfallenden und reflektierten Strahlen aufrechterhalten wird, wie bei der Reflexion an einem Spiegel.

35 Strahl:

Laserstrahlung, die durch Richtung, Divergenz, Durchmesser oder Ablenkeigenschaften charakterisiert werden kann. Gestreute Strahlung von einer nicht spiegelnden Reflexion wird nicht als Strahl angesehen.

36 Strahlaufweiter:

Eine Kombination optischer Elemente, die den Durchmesser eines Laserstrahlenbündels vergrößert.

37 Strahldivergenz:

Die Strahldivergenz φ ist der ebene Winkel im Fernfeld, der durch den Kegel des Strahldurchmessers festgelegt ist. Wenn die Strahldurchmesser an zwei im Abstand r voneinander liegenden Punkten d_{63} und d'_{63} betragen, ist die Divergenz:

$$\varphi = 2 \cdot \arctan \left[\frac{d_{63} - d'_{63}}{2r} \right]$$

SI-Einheit: rad

38 Strahldurchmesser (Strahlbreite):

Der Strahldurchmesser d_u an einem Punkt im Raum ist der Durchmesser des kleinsten Kreises der u % der gesamten Strahlungsleistung (oder Energie) umfasst. In dieser Unfallverhütungsvorschrift wird d_{63} benutzt.

Anmerkung:

Für ein Gaußsches Strahlbündel entspricht d_{63} den Punkten, an denen die Bestrahlungsstärke auf $1/e$ des Maximalwertes in der Mitte fällt.

39 Strahlungsenergie:

Zeitintegral der Strahlungsleistung über eine bestimmte Zeitdauer Δt

Symbol: Q ; $Q = \int_{\Delta t} \Phi dt$

Einheit: Joule, J

40 Strahlungsleistung:

In Form von Strahlung ausgesandte, durchgelassene oder empfangene Leistung.

Symbol: P oder Φ ; $P = \frac{dQ}{dt}$

Einheit: Watt, W

41 Transmissionsgrad:

Verhältnis der durchgelassenen Strahlungsleistung zur auffallenden Strahlungsleistung.

Symbol: τ

SI-Einheit: 1

42 **Wartung:**

Maßnahmen zur Bewahrung des Soll-Zustandes.

43 **Winkelausdehnung (α):**

Der Winkel unter dem die scheinbare Quelle von einem Raumpunkt aus erscheint. In dieser Unfallverhütungsvorschrift wird die Winkelausdehnung von einem Punkt in 100 mm Abstand von der scheinbaren Quelle aus bestimmt (oder am Austrittsfenster oder der Linse des Gerätes, falls die scheinbare Quelle in einem Abstand größer als 100 mm innerhalb des Fensters oder der Linse liegt). Für eine Analyse der maximal zulässigen Bestrahlung ist die Winkelausdehnung durch den Beobachtungsabstand von der scheinbaren Quelle bestimmt, aber durch keinen geringeren Abstand als 100 mm.

Anmerkung 1:

Die Winkelausdehnung einer scheinbaren Quelle ist nur im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 1400 nm, dem Bereich für die Gefährdung des Auges, anwendbar.

Anmerkung 2:

Die Winkelausdehnung der Quelle sollte nicht mit der Divergenz des Strahls verwechselt werden.

44 **Zugänglichkeit:**

- a) Möglichkeit, einen Körperteil einer gefährlichen Laserstrahlung, die von einer Austrittsöffnung ausgeht, auszusetzen, oder die Möglichkeit für einen geraden Prüfkörper mit 12 mm Durchmesser und bis 80 mm Länge, Laserstrahlung der Klasse 2, 2 M oder 3R zu empfangen, oder
- b) Für Laserstrahlung in einem Gehäuse mit höheren Werten als in a) die Möglichkeit, für einen Teil des Körpers der Gefahr einer gefährlichen Strahlung aus dem Inneren des Gehäuses durch Öffnungen im Schutzgehäuse ausgesetzt zu sein, die an einer eingeführten glatten Oberfläche reflektiert wird.

Anhang 2

Maximal zulässige Bestrahlung (MZB)

Im Folgenden sind die MZB-Werte und ihre Berechnung auf der Grundlage der DIN EN 60825-1:2003 dargestellt.

Bestehende Berechnungen der MZB-Werte und daraus festgelegte Laserbereiche auf Grund früherer Ausgaben der Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ (BGV B 2) müssen nicht neu bestimmt werden.

1 Allgemeine Bemerkungen

Die Werte für die maximal zulässige Bestrahlung (MZB) sind für die Benutzer so festgelegt, dass sie unterhalb der bekannten Gefahrenpegel liegen. Sie basieren auf den besten zur Verfügung stehende Informationen aus experimentellen Studien. Die MZB-Werte sollten als Richtwerte bei der Kontrolle von Bestrahlungen angesehen werden; sie stellen keine präzise definierte Abgrenzung zwischen sicheren und gefährlichen Pegeln dar. In jedem Fall muss die Einwirkung der Laserstrahlung so gering wie möglich sein. Wenn ein Laser Strahlung bei mehreren sehr unterschiedlichen Wellenlängen emittiert, oder wenn einer kontinuierlichen Strahlung Impulse überlagert sind, können die Berechnungen der Gefährdung kompliziert sein.

Im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 600 nm wird für Expositionsdauern über 10 s zwischen fotochemischen und thermischen Wirkungen unterschieden.

Diese sind zunächst getrennt zu bewerten. Der restriktivere Wert ist hierbei zu verwenden.

Bei Bestrahlung mit mehreren Wellenlängen sollte ein additiver Effekt auf einer proportionalen Basis der spektralen Wirksamkeit entsprechend den MZB-Werten von den Tabellen 6 a, 6b und 7 angenommen werden, wenn

- a) die Impulsdauer oder Einwirkungsdauer innerhalb einer Größenordnung liegen
und
- b) die Spektralbereiche in Tabelle 1 – durch die Symbole (A) für die Einwirkung auf das Auge und (H) für die Einwirkung auf die Haut dargestellt – als additiv gekennzeichnet sind. Dabei darf die Summe der Quotienten aus der jeweiligen Bestrahlung und dem zugehörigen MZB-Wert nicht größer als 1 sein.

Spektralbereich	UV-C und UV-B 180 nm bis 315 nm	UV-A 315 nm bis 400 nm	Sichtbar und IR-A 400 nm bis 1400 nm	IR-B und IR-C 1400 nm bis 10 ⁶ nm
UV-C und UV-B 180 nm bis 315 nm	A H			
UV-A 315 nm bis 400 nm		A H	H	A H
Sichtbar und IR-A 400 nm bis 1400 nm		H	A H	H
IR-B und IR-C 1400 nm bis 10 ⁶ nm		A H	H	A H

Tabelle 1: Additivität der Wirkungen am Auge (A) und an der Haut (H) in verschiedenen Spektralbereichen

Werden die Grenzwerte für das Auge (MZB) für Zeitbasen und Einwirkungs-dauern über 10 s bewertet, sind die additiven fotochemischen Wirkungen (400 nm bis 600 nm) und die additiven thermischen Wirkungen (400 nm bis 1 400 nm) unabhängig voneinander zu untersuchen und der restriktivere Wert zu verwenden.

Wo die ausgestrahlten Wellenlängen nicht als additiv aufgezeigt sind, sind die Gefahren getrennt zu bewerten. Für Wellenlängen, bei denen die Wirkung als additiv bezeichnet ist, bei denen die Impulsdauern oder Einwirkungszeiten aber nicht von gleicher Größenordnung sind, ist extreme Vorsicht erforderlich (z. B. im Fall gleichzeitiger Einwirkung von gepulster und kontinuierlicher Strahlung).

2 Laser als ausgedehnte Quellen:

Die folgenden Korrekturen zu den MZB-Werten für kleine Quellen sind in den meisten Fällen auf die Beobachtung diffuser Reflexionen und von LED beschränkt; in einigen Fällen könnten sie auch für Laseranordnungen oder ausgedehnte Quellen bei Lasereinrichtungen, die gestreute Strahlung erzeugen, gelten.

Für Laserstrahlung von ausgedehnten Quellen, z. B. Beobachten von diffusen Reflexionen, im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 1 400 nm werden die MZB-Werte für die thermische Netzhautgefährdung um den Faktor C_6 vergrößert, vorausgesetzt, dass die Winkelausdehnung der Quelle (gemessen am Auge des Beobachters) größer als α_{\min} ist, wobei α_{\min} gleich 1,5 mrad ist.

2.1 Der Korrekturfaktor C_6

Tabelle 2: Ergibt sich aus der Tabelle

$C_6 = 1$	für $\alpha \leq \alpha_{\min}$
$C_6 = \alpha / \alpha_{\min}$	für $\alpha_{\min} < \alpha \leq \alpha_{\max}$
$C_6 = \alpha_{\max} / \alpha_{\min}$	für $\alpha > \alpha_{\max}$

2.2 α_{\min} und α_{\max}

$$\alpha_{\min} = 1,5 \text{ mrad}$$

$$\alpha_{\max} = 100 \text{ mrad}$$

Tabelle 3: Diese Tabelle enthält α_{\min} und α_{\max}

2.3 Wiederholt gepulste oder modulierte Laserstrahlung

Da es nur wenige Daten über die Bestrahlung mit Mehrfachimpulsen gibt, muss bei der Abschätzung der zulässigen Bestrahlung durch wiederholt gepulste Laserstrahlung besondere Vorsicht walten. Die folgenden Verfahren sollen angewandt werden, um die auf wiederholt gepulste Laserstrahlung anzuwendenden MZB-Werte zu bestimmen.

Die MZB für eine Bestrahlung der Augen im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 10^6 nm ist durch die Benutzung der restriktivsten der Anforderungen a), b) und c) bestimmt. Die Anforderung c) gilt nur für die thermischen MZB-Werte und nicht für die fotochemischen MZB-Werte.

Die MZB für eine Bestrahlung der Augen für Wellenlängen unter 400 nm und die MZB für eine Bestrahlung der Haut sind durch die Benutzung der restriktivsten der Anforderungen a) und b) bestimmt.

- Die Bestrahlung durch jeden Einzelimpuls einer Impulsfolge darf nicht den MZB-Wert für einen Einzelimpuls überschreiten.
- Die mittlere Bestrahlungsstärke für eine Impulsfolge der Einwirkungs-dauer T darf den MZB-Wert nach Tabelle 6 a, 6b und 7 für einen Einzelimpuls der Einwirkungs-dauer T nicht übersteigen.
- Die mittlere Bestrahlung durch Impulse innerhalb einer Impulsfolge darf den MZB-Wert des Einzelimpulses multipliziert mit dem Korrekturfaktor C_5 nicht übersteigen.

Anmerkung 1:

Die Bestrahlungen in einer Impulsfolge sind über die gleiche Emissions-dauer zu mitteln, die für die Bestimmung der Anzahl N der Impulse während der Bestrahlung benutzt wird. Jede mittlere Bestrahlung durch Impulse

muss mit dem reduzierten Grenzwert $MZB_{Impulsfolge}$ verglichen werden, so wie es im Folgenden angegeben ist

$$MZB_{Impulsfolge} = MZB_{Einzelimpuls} \cdot C_5$$

Dabei ist:

$MZB_{Impulsfolge}$ = MZB-Wert für jeden Einzelimpuls in der Impulsfolge

$MZB_{Einzelimpuls}$ = MZB-Wert für einen Einzelimpuls

$C_5 = N^{-1/4}$, N = Anzahl der Impulse während der Bestrahlung.

In manchen Fällen kann dieser Wert unter den MZB-Wert für Dauerbetrieb fallen, der bei gleicher Spitzenleistung und der Anwendung der gleichen Emissions-Zeitdauer der Anwendung der gleichen Emissionsdauer gültig wäre. Unter diesen Voraussetzungen darf die MZB für Dauerbetrieb verwendet werden.

Werden Impulse veränderlicher Amplitude verwendet, ist die Bewertung für Impulse jeder Amplitude getrennt auszuführen sowie für die gesamte Impulsfolge.

Die längste Einwirkungsdauer, für die die Anforderung c) angewandt werden sollte, also zur Bestimmung von N , ist im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 1 400 nm T_2 (siehe Tabelle 8) und 10 s für längere Wellenlängen.

Anmerkung 2:

C_5 gilt nur für Dauern der Einzelimpulse unter 0,25 s.

Anmerkung 3:

Treten während der Zeitdauer T_i (siehe Tabelle 4) Mehrfachimpulse auf, werden sie als ein einziger Impuls gezählt, um N zu bestimmen, und die Bestrahlungen der einzelnen Impulse werden zum Vergleich mit der für T_i geltenden MZB addiert, falls alle einzelnen Impulsdauern größer als 10^{-9} s sind.

Wellenlänge	T_i in s
$400 \text{ nm} \leq \lambda < 1\,050 \text{ nm}$	$18 \cdot 10^{-6}$
$1\,050 \text{ nm} \leq \lambda < 1\,400 \text{ nm}$	$50 \cdot 10^{-6}$
$1\,400 \text{ nm} \leq \lambda < 1\,500 \text{ nm}$	10^{-3}
$1\,500 \text{ nm} \leq \lambda < 1\,800 \text{ nm}$	10
$1\,800 \text{ nm} \leq \lambda < 2\,600 \text{ nm}$	10^{-3}
$2\,600 \text{ nm} \leq \lambda < 10^6 \text{ nm}$	10^{-7}

Tabelle 4: Zeiten T_i unterhalb deren die Impulsgruppen aufsummiert werden

Anmerkung 4:

Die Bestrahlung durch jegliche Impulsgruppe (oder Impuls-Untergruppe einer Impulsfolge), die in irgendeinem Zeitintervall ausgesandt wird, sollte die MZB für diese Zeitdauer nicht überschreiten.

Anmerkung 5:

Falls die Impulsdauer oder die Impulsintervalle veränderlich sind, kann an Stelle der Anforderung c) die Methode der Impuls-Gesamt-Einschalt-Dauer (IGED) verwendet werden. In diesem Fall ist die MZB durch die Länge der IGED bestimmt, die die Summe über alle Impulsdauern innerhalb der Einwirkungsdauer darstellt bzw. durch T_2 – je nachdem was kürzer ist. Impulsen mit Impulsdauern unter T_i werden Impulsdauern von T_i zugeordnet. Treten zwei oder mehr Impulse innerhalb von T_i auf, werden diesen Impulsgruppen Impulsdauern von T_i zugeordnet. Zum Vergleich mit der MZB für die entsprechende Zeitdauer werden alle Bestrahlungen der Einzelimpulse addiert.

Dieses Verfahren ist der Anforderung c) äquivalent, falls die mittlere Bestrahlung der Impulse mit der MZB für den Einzelimpuls multipliziert mit C_5 verglichen wird.

4 Messblenden:

Für alle Messungen und Berechnungen der MZB-Werte ist eine geeignete Blende zu verwenden. Diese Blende ist bestimmt durch den maximalen Durchmesser einer kreisförmigen Fläche, über die die Bestrahlungsstärke oder Bestrahlung zu mitteln ist. Die Werte für die Messblenden sind in der Tabelle 5 angegeben.

Für die Bestrahlung durch wiederholt gepulste Laser im Wellenlängenbereich zwischen 1 400 nm und 10^6 nm wird die 1 mm-Blende für die Bestimmung der Gefährdung aus einem einzelnen Impuls verwendet; dagegen wird die 3,5 mm-Blende zur Bestimmung der maximal zulässigen Bestrahlung für Bestrahlungen länger als 3 s verwendet.

Anmerkung:

Die Werte für die Bestrahlung der Augen im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 1400 nm sind mit einer Messblende von 7 mm Durchmesser (Pupille) zu bestimmen. Der MZB-Wert darf nicht korrigiert werden, um kleinere Pupillendurchmesser zu berücksichtigen.

5 Messbedingungen:

5.1 Messblende:

Die Werte von Bestrahlung oder Bestrahlungsstärke, die mit den entsprechenden Werten der MZB verglichen werden sollen, sind über eine kreisförmige Blende zu mitteln, die den Messblenden von Tabelle 5 entsprechen.

Für Bestrahlung der Augen im Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 4000 nm ist ein minimaler Messabstand von 100 mm zu verwenden.

Wellenlängenbereich nm	Blendendurchmesser für	
	Auge mm	Haut mm
180 bis 400	1	3,5
≥ 400 bis 1400	7	3,5
≥ 1400 bis 10 ⁵	1 für t ≤ 0,35 s 1,5t ^{3/8} für 0,35 s < t < 10 s 3,5 für t ≥ 10 s	3,5
≥ 10 ⁵ bis 10 ⁶	11	11

Tabelle 5: Blendendurchmesser für die Messung der Bestrahlungsstärke und der Bestrahlung durch Laser

5.2 Empfangswinkel:

a) Fotochemische MZB-Werte für die Netzhaut:

Bei Messungen an Quellen, die hinsichtlich der fotochemischen Grenzwerte (400 nm bis 600 nm) bewertet werden sollen, beträgt der Grenzempfangswinkel γ_p

für $10 \text{ s} < t \leq 100 \text{ s}$; $\gamma_p = 11 \text{ mrad}$

für $100 \text{ s} < t \leq 10^4 \text{ s}$; $\gamma_p = 1,1 \cdot t^{0,5} \text{ mrad}$

für $10^4 \text{ s} < t \leq 3 \cdot 10^4 \text{ s}$; $\gamma_p = 110 \text{ mrad}$

Ist die Winkelausdehnung α der Quelle größer als der angegebene Grenzempfangswinkel γ_p , sollte der Empfangswinkel nicht größer als die Werte sein, die für γ_p festgelegt sind. Ist die Winkelausdehnung α der Quelle kleiner als der angegebene Grenzempfangswinkel γ_p , muss der Empfangswinkel die betrachtete Quelle voll erfassen, braucht im Übrigen aber nicht genau definiert zu sein, d.h. der Empfangswinkel braucht nicht auf γ_p beschränkt zu sein.

V V V
 U
 R
 E
 S
 T
 E
 R
 M
 U
 S
 T
 E
 R
 -
 U
 V
 V

Anmerkung:

Ist bei Messungen an einzelnen kleinen Quellen $\alpha < \gamma_p$, dann braucht nicht mit einem bestimmten, genau definierten Empfangswinkel gemessen zu werden. Um einen genau definierten Empfangswinkel zu erhalten, kann der Empfangswinkel entweder durch Abbildung der Quelle auf eine Feldblende oder durch eine Ablendung der Quelle festgelegt werden.

b) Alle anderen Grenzwerte:

Für die Messung von Strahlung, die mit anderen MZB-Werten als denen für die fotochemische Gefährdung der Netzhaut verglichen werden soll, muss der Empfangswinkel die betrachtete Quelle voll erfassen (d.h. der Empfangswinkel muss mindestens so groß sein wie die Winkelausdehnung α der Quelle). Ist jedoch im Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 4 000 nm $\alpha > \alpha_{\max}$, darf der Grenzempfangswinkel für die MZB- Werte, die sich auf die thermische Gefährdung beziehen, nicht größer als α_{\max} (0,1 rad) sein. In dem Wellenlängenbereich von 400 nm bis 1 400 nm muss für die MZB-Werte, die sich auf die thermische Gefährdung beziehen, der Empfangswinkel für die Bewertung einer scheinbaren Quelle, die aus mehreren Punkten besteht, im Bereich $\alpha_{\min} \leq \alpha \leq \alpha_{\max}$ liegen.

5.3 Messung richtungsveränderlicher Laserstrahlung:

Messungen an richtungsveränderlicher Laserstrahlung haben mit einer stillstehenden Messblende mit 7 mm Durchmesser zu erfolgen (die entstehende zeitliche Änderung der aufgenommenen Strahlung soll als Impuls oder als Impulsfolge betrachtet werden).

6 Wellenlängenbereich von 100 nm bis 180 nm:

Für den Wellenlängenbereich von 100 nm bis 180 nm sind noch keine speziellen Werte für die maximal zulässige Bestrahlung festgelegt. Bis zu einer solchen Festlegung sind die MZB-Werte für die Wellenlänge 180 nm zu verwenden.

Einwirkungs- dauer in s	10^{-13} bis 10^{-11}	10^{-11} bis 10^{-9}	10^{-9} bis 10^{-7}	10^{-7} bis $1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$ bis $5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$ bis $1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$ bis 10	
Wellen- länge λ in nm	$30 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$							
180 bis 302,5	$3 \cdot 10^{10} \cdot \text{W} \cdot \text{m}^2$							$C_2 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ ($t > T_1$)
302,5 bis 315								
315 bis 400	$C_1 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$							
400 bis 700	$1,5 \cdot 10^{-4} C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$2,7 \cdot 10^4 t^{0,75} C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3} C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$18 t^{0,75} C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$				
700 bis 1050	$1,5 \cdot 10^{-4} C_4 C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$2,7 \cdot 10^4 t^{0,75} C_4 C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3} C_4 C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$18 t^{0,75} C_4 C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$				
1050 bis 1400	$1,5 \cdot 10^{-3} C_6 C_7 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$2,7 \cdot 10^5 t^{0,75} C_6 C_7 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2} C_6 C_7 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$90 t^{0,75} C_6 C_7 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$				
1400 bis 1500	$10^{12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^{12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$				$5 600 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$
1500 bis 1800	$10^{13} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^{13} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$					
1800 bis 2600	$10^{12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^{12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$				$5 600 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$
2600 bis 10^6	$10^{11} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^{11} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$100 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5 600 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$				

Tabelle 6a: Maximal zulässige Bestrahlung (MZB) der Hornhaut bei direkter Bestrahlung durch Laserstrahlung^{abc} (Einwirkungsdauer von 10^{-13} s bis 10 s)

- M
U
S
T
E
R
-
U
V
V**
- ^a Für Korrekturfaktoren und Einheiten siehe Tabelle 8
 - ^b Die MZB für Einwirkungsauern unter 10^{-9} und für Wellenlängen unter 400 nm sowie größer als 1400 nm wurden abgeleitet, indem die äquivalente Bestrahlungsstärke aus den MZB-Werten, die für 10^{-9} s gelten, berechnet wurde. Die MZB für Einwirkungsauern unter 10^{-13} s sind der äquivalenten Bestrahlungsstärke gleichzusetzen, die für die MZB bei 10^{-13} s gelten.
 - ^c Der Winkel γ_p ist der Grenzempfangswinkel für das Messinstrument.
 - ^d Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 600 nm gelten zweierlei Grenzwerte, und die Bestrahlung darf keinen der geltenden MZB-Werte überschreiten. Normalerweise gelten die MZB-Werte für fotochemische Netzhautgefährdung für Einwirkungsauern über 10 s; der MZB-Wert von $100 \cdot C_3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ für fotochemische Gefährdung ist jedoch für Wellenlängen zwischen 400 nm und 484 nm und für Größen scheinbarer Quellen zwischen 1,5 mrad und 82 mrad bei Einwirkungsauern über 1 s zu verwenden.

Einwirkungs- dauer in s	10 bis 10 ²		10 ² bis 10 ³	10 ³ bis 10 ⁴	10 ⁴ bis 3 · 10 ⁴
Wellen- länge λ in nm					
180 bis 302,5	30 J · m ⁻²				
302,5 bis 315	C ₂ J · m ⁻²				
315 bis 400	10 ⁴ J · m ⁻²			10 W · m ⁻²	
400 bis 700	400 bis 600 m ²	fotochemische Gefährdung der Netzhaut			
		100 C ₃ J · m ⁻² mit γ = 11 mrad	1 C ₃ W · m ⁻² mit V _p = 1,1 t ^{0,5} mrad		1 C ₃ W · m ⁻² mit γ = 110 mrad
	und				
400 bis 700	400 bis 700 m ²	thermische Gefährdung der Netzhaut			
		$\alpha \leq 1,5 \text{ mrad: } 10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ $\alpha > 1,5 \text{ mrad: } 18 C_6 T_2^{-0,25} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$			
700 bis 1050	$\alpha \leq 1,5 \text{ mrad: } 10 C_4 C_7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ $> 1,5 \text{ mrad: } 18 C_4 C_6 C_7 T_2^{-0,25} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$				
1050 bis 1400	$(t \leq T_2)$ $18 t^{0,75} C_4 C_6 C_7 \text{ J m}^{-2}$				
1400 bis 1500	1000 W · m ⁻²				
1500 bis 1800					
1800 bis 2600					
2600 bis 10 ⁶					

Tabelle 6b: Maximal zulässige Bestrahlung (MZB) der Hornhaut bei direkter Bestrahlung durch Laserstrahlung^{abc} (Einwirkungsdauer von 10 s bis $3 \cdot 10^4$ s)

- a Für Korrekturfaktoren und Einheiten siehe Tabelle 8
- b Die MZB für Einwirkungsauern unter 10^{-9} und für Wellenlängen unter 400 nm sowie größer als 1400 nm wurden abgeleitet, indem die äquivalente Bestrahlungsstärke aus den MZB-Werten, die für 10^{-9} s gelten, berechnet wurde. Die MZB für Einwirkungsauern unter 10^{-13} s sind der äquivalenten Bestrahlungsstärke gleichzusetzen, die für die MZB bei 10^{-13} s gelten.
- c Der Winkel φ ist der Grenzempfangswinkel für das Messinstrument.
- d Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 600 nm gelten zweierlei Grenzwerte, und die Bestrahlung darf keinen der geltenden MZB-Werte überschreiten. Normalerweise gelten die MZB-Werte für fotochemische Netzhautgefährdung für Einwirkungsauern über 10 s; der MZB-Wert von $100 \cdot C_3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ für fotochemische Gefährdung ist jedoch für Wellenlängen zwischen 400 nm und 484 nm und für große scheinbare Quellen zwischen 1,5 mrad und 82 mrad bei Einwirkungsauern über 1 s zu verwenden.

M
U
S
T
E
R
-
U
V
V

M U S T E R - U V V

Einwirkungs- dauer t in s	$< 10^9$	10^{-9} bis 10^{-7}	10^{-7} bis 10^{-3}	10^{-3} bis 10	10 bis 10^3	10^3 bis $3 \cdot 10^4$
Wellenlänge λ in nm	$30 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$					
180 bis 302,5	$30 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$					
302,5 bis 315	$3 \cdot 10^{10} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$C_1 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} (t \leq T_1)$		$C_2 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} (t > T_1)$		$C_2 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$
315 bis 400		$C_1 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$				
400 bis 700	$2 \cdot 10^{11} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$200 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$1,1 \cdot 10^4 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			$10^4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$
700 bis 1400	$2 \cdot 10^{11} C_4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$200 C_4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$1,1 \cdot 10^4 C_4 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			$10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
1400 bis 1500	$10^{12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5 600 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			$2 000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
1500 bis 1 800	$10^{13} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$				$1 000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2 3)}$
1800 bis 2600	$10^{12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5 600 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			
2600 bis 10^6	$10^{11} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$100 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5 600 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			

Tabelle 7: Maximal zulässige Bestrahlung (MZB) für die Einwirkung von Laserstrahlung auf die Haut ^{1), 2) 3)}

- 1) Für Korrekturfaktoren und Einheiten siehe Tabelle 8.
- 2) Es gibt nur wenig Erfahrung über die Wirkung bei Einwirkungsdauern unter 10^{-9} s. Die MZB-Werte für diese Einwirkungsdauern wurden abgeleitet von der Bestrahlung bei 10^{-9} s.
- 3) Für bestrahlte Hautflächen größer als $0,1 \text{ m}^2$ wird der MZB-Wert auf $100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ verringert. Zwischen $0,01 \text{ m}^2$ und $0,1 \text{ m}^2$ verändert sich der MZB-Wert umgekehrt proportional zur bestrahlten Hautfläche.

Anmerkungen zu den Tabellen 6 und 7

1. Es gibt nur ein begrenztes Wissen über Effekte von Einwirkungsdauern, die kleiner sind als 10^{-9} s. Die MZB-Werte für diese Einwirkungsdauern sind aus den Werten abgeleitet worden, die sich für die Bestrahlungsstärke für 10^{-9} s ergeben.
2. Die speziellen Korrekturfaktoren C_1 bis C_7 und die Knickstellen T_1 bis T_2 , die in den Tabellen 6 und 7 verwendet werden, sind durch die folgenden Beziehungen definiert (siehe Tabelle 8).
3. In den Formeln in den Tabellen 6 und 7 muss die Wellenlänge λ in nm und die Einwirkungsdauer t in s eingesetzt werden.

Parameter	Spektralbereich nm
$C_1 = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$	302,5 bis 400
$T_1 = 10^{0,8 (\lambda-295)} \cdot 10^{-15s}$	302,5 bis 315
$C_2 = 10^{0,2 (\lambda-295)}$	302,5 bis 315
$T_2 = 10 \cdot 10^{[(\alpha-1,5\text{mrad})/98,5]} s^*$	400 bis 1400
$C_3 = 1,0$	400 bis 450
$C_3 = 10^{0,02(\lambda-450)}$	450 bis 600
$C_4 = 10^{0,002 (\lambda-700)}$	700 bis 1050
$C_4 = 5$	1050 bis 1400
$C_5 = N \cdot \frac{1}{4} **$	400 bis 106
$C_6 = 1$ für $\alpha \leq \alpha_{\min} ***$	400 bis 1400
$C_6 = \alpha / \alpha_{\min}$ für $\alpha_{\min} < \alpha \leq \alpha_{\max} ***$	400 bis 1400
$C_6 = \alpha_{\max} / \alpha_{\min} = 66,7$ für $\alpha > \alpha_{\max} ****/***$	400 bis 1400
$C_7 = 1$	700 bis 1150
$C_7 = 10^{0,018 (\lambda-1150)}$	1150 bis 1200
$C_7 = 8$	1200 bis 1400

* $T_2 = 10$ s für $\alpha < 1,5$ mrad und $T_2 = 100$ s für $\alpha > 100$ mrad

** C_5 gilt nur für Impulsdauern unter 0,25 s

*** C_6 gilt nur für gepulste Laser und für Dauerstrichlaser, mit dominierender thermischer Gefährdung (siehe Tabelle 6)

**** Der Grenzempfangswinkel γ_p muss gleich α_{\max} sein $\alpha_{\min} = 1,5$ mrad $\alpha_{\max} = 100$ mrad

N ist die Zahl der Impulse während der anzuwendenden Zeitdauer

Tabelle 8: Definition der Parameter

Anhang 3

Anforderungen an die Inhalte von anerkannten Kursen zur Ausbildung von Laserschutzbeauftragten

V Solche Kurse sollen die Teilnehmer in die Lage versetzen, die Aufgaben des Laserschutzbeauftragten nach § 6 Abs. 2 der Unfallverhütungsvorschrift „Lasersstrahlung“ (BGV B 2) wahrzunehmen.

V Veranstalter solcher Kurse haben sicherzustellen, dass die nachfolgenden Anforderungen für die vorgesehenen Anwendungen berücksichtigt werden und dass für die Kurse geeignete Referenten zur Verfügung stehen.

U Je nach Anwendungserfordernis können solche Kurse umfassender oder auch sehr speziell ausgerichtet sein. Bei Kursen, die nur für spezielle Anwendungen vorgesehen sind, ist dies in der Teilnahmebestätigung klar herauszustellen. Solche Kurse sind z. B. auch durch Hersteller der Lasereinrichtungen möglich.

R Die Kursdauer sollte aber mindestens einen Tag betragen und sich generell in folgende Themenbereiche aufteilen (Zeitanteile in Klammern):

- Theorie (1/3)
- praktische Anwendung (1/3)
- Lasersicherheit (1/3)

T Der Seminarblock „Lasersicherheit“ sollte mindestens 6 Lehreinheiten zu je 45 min Dauer umfassen. In keinem Fall sollten hier 4 Lehreinheiten unterschritten werden.

S Die erfolgreiche Lehrgangsteilnahme sollte durch eine Prüfung nachgewiesen werden. Im Seminarblock „Lasersicherheit“ sind folgende Lehrinhalte zu vermitteln:

- Gefährdung durch direkte, reflektierte oder gestreute Laserstrahlung
- Schädigung der Augen
- Schädigung der Haut
- Laserklassen
- Grenzwerte für ungefährliche Laserstrahlung
- Feuer- und Explosionsgefahren
- Entflammbarkeit durch Laserstrahlung

- chemische und toxische Gefährdung
- Entstehung und Absaugung von Gefahrstoffen
- Sicherheitseinrichtungen, -vorkehrungen und Warneinrichtungen
- Laserschutzbrillen
- Lasersicherheitsvorschriften und -bestimmungen
- Auswirkungen des Medizinproduktegesetz auf den Betrieb von Lasern (nur bei medizinischen Anwendungen)
- Aufgaben und Pflichten des Laserschutzbeauftragten.

Als Arbeitsunterlagen müssen mindestens zur Verfügung stehen:

- Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ (BGV B 2)
- DIN EN 60 825-1 „Sicherheit von Laser-Einrichtungen; Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien“
- Medizinproduktegesetz (nur bei medizinischen Anwendungen).

Anhang 4

Beispiele für die Kennzeichnung der Laserklassen (nach Abschnitt 5 der DIN EN 60825-1 [VDE 0837 Teil 1]:2003-10)

Form, Farbe und Gestaltung der Zeichen siehe Bilder 14 und 15 DIN EN 60 825-1.

Nach Abschnitt 5.8 DIN EN 60 825-1 muss die Bezeichnung und das Datum der Veröffentlichung der Norm, nach der das Produkt klassifiziert wurde, auf dem Hinweisschild oder in der Nähe am Produkt angebracht werden. In den folgenden Beispielen wird die allgemeine Form „DIN EN 60 825-1:2003-10“ verwendet.

Anmerkung 1:

In der Lichtwellenleitertechnik nach DIN EN 60825-2 werden die gleichen Hinweisschilder zur Kennzeichnung der Gefährdungsgrade an lösbaren Steckverbinder verwendet. Anstelle des Wortes „Laserklasse“ wird hier der Begriff „Gefährdungsgrad“ verwendet.

Anmerkung 2:

Die Kennzeichnung der Laser muss der Ausgabe der Norm entsprechen, nach der der Laser hergestellt bzw. in Verkehr gebracht wurde.

Die Symbole bei den technischen Zusatzangaben sind wie folgt definiert:

E	$W \cdot m^{-2}$	Bestrahlungsstärke
F	Hz	Impulswiederholfrequenz
P_0	W	Gesamt-Strahlungsleistung, ausgestrahlt von einem Dauerstrichlaser, oder mittlere Strahlungsleistung eines wiederholt gepulsten Lasers
P_p	W	Strahlungsleistung, ausgestrahlt innerhalb eines Impulses eines gepulsten Lasers
t	s	Dauer eines Einzelimpulses
λ	nm	Wellenlänge der Laserstrahlung

1 **Beispiel einer Kennzeichnung eines Lasers der Klasse 1**



2 **Beispiel einer Kennzeichnung eines Lasers der Klasse 1M**



Anmerkung:

Der Hersteller kann bei Lasern der Klasse 1 und 1M auf die Kennzeichnung auf den Lasereinrichtungen verzichten und diese Aussagen nur in die Benutzerinformation aufnehmen. Die Laser sind dann nicht gekennzeichnet.

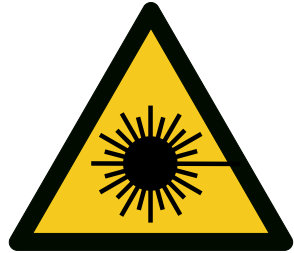
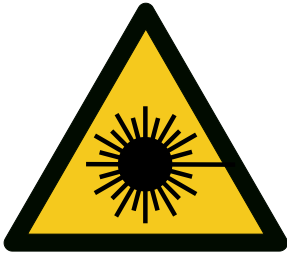
Lasereinrichtungen der Klassen 2 bis 4 müssen nach Abschnitt 5.8 DIN EN 60825-1 auf einem Hinweisschild durch Angaben über die maximalen Ausgangswerte der Laserstrahlung, der Impulsdauer (falls zutreffend) und der ausgesandten Wellenlänge(n) beschrieben werden. Diese Angaben können in einem Hinweisschild zusammen mit der Angabe der Klasse oder in einem separaten Hinweisschild aufgenommen werden.

3 Beispiel einer Kennzeichnung eines Lasers der Klasse 2

a)

oder

b)



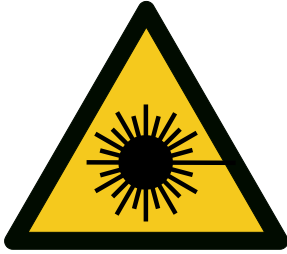
Laserstrahlung
Nicht in den Strahl blicken
Laser Klasse 2
nach DIN EN 60825-1:2003-10

Laserstrahlung
Nicht in den Strahl blicken
Laser Klasse 2
nach DIN EN 60825-1:2003-10
 $P \leq 1 \text{ mW}$
 $\lambda = 650 \text{ nm}$

$P \leq 1 \text{ mW}$
 $\lambda = 650 \text{ nm}$

M U S T E R - U V V

4 Beispiel einer Kennzeichnung eines Lasers der Klasse 2 M



Laserstrahlung
Nicht in den Strahl blicken oder
direkt mit optischen
Instrumenten betrachten
Laser Klasse 2M
nach DIN EN 60825-1:2003-10

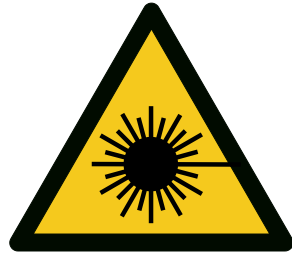
$\lambda = 650 \text{ nm}$
 $H \leq 25 \text{ W/m}^2$

M U S T E R - U V V

5 Beispiele einer Kennzeichnung von Lasern der Klasse 3R

a) Wellenlängenbereich
von 400 nm bis 700 nm

b) Wellenlängen
< 400 nm oder > 700 nm



Laserstrahlung
Direkte Bestrahlung der Augen
vermeiden
Laser Klasse 3R
nach DIN EN 60825-1:2003-10

Unsichtbare Laserstrahlung
Nicht dem Strahl aussetzen
Laser Klasse 3R
nach DIN EN 60825-1:2003-10

$P_0 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ W}$
 $\lambda = \underline{\hspace{2cm}} \text{ nm}$

$P_0 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ W}$
 $\lambda = \underline{\hspace{2cm}} \text{ nm}$

M U S T E R - U V V

6 Beispiele einer Kennzeichnung eines Lasers der Klasse 3b

a) sichtbare Strahlung
(z.B. Dauerstrichlaser)

b) unsichtbare Strahlung
(z.B. Impulslaser)

Laserstrahlung
Nicht dem Strahl aussetzen
Laser Klasse 3B
nach DIN EN 60825-1:2003-10

Unsichtbare Laserstrahlung
Nicht dem Strahl aussetzen
Laser Klasse 3B
nach DIN EN 60825-1:2003-10

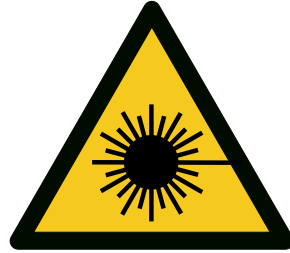
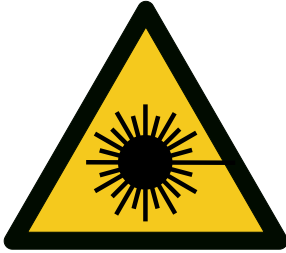
$P_0 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ W}$
 $\lambda = \underline{\hspace{2cm}} \text{ nm}$

$P_0 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ W}$
 $P_p = \underline{\hspace{2cm}} \text{ W}$
 $t = \underline{\hspace{2cm}} \text{ s}$
 $F = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Hz}$
 $\lambda = \underline{\hspace{2cm}} \text{ nm}$

7 Beispiele einer Kennzeichnung eines Lasers der Klasse 3B

a) sichtbare Laserstrahlung
(z.B. Dauerstrichlaser)

b) unsichtbare Laserstrahlung
(z.B. Impulslaser)



Laserstrahlung
Bestrahlung von Auge oder Haut
durch direkte oder
Streustrahlung vermeiden
Laser Klasse 4
Nach DIN EN 60825-1:2003-10

Unsichtbare Laserstrahlung
Bestrahlung von Auge oder
Haut durch direkte oder
Streustrahlung vermeiden
Laser Klasse 4
Nach DIN EN 60825-1:2003-10

$P_0 = _ 20 \text{ W}$
 $\lambda = 457 \text{ nm} - 514 \text{ nm}$

$P_0 = 100 \text{ W}$
 $P_p = \leq 5,5 \text{ kW}$
 $t = 0,1 \text{ ms} - 20 \text{ ms}$
 $F = \text{Einzelimpuls bis } 300 \text{ Hz}$
 $\lambda = 1064 \text{ nm}$

Anhang 5

Muster für eine Laseranzeige gemäß Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ (BGV B2)

Laseranzeige gemäß Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ (BGV B2)

Anmeldender Betrieb: _____

(Betrieb, Straße, PLZ, Ort) _____

Telefon: _____ Telefax: _____

Mitgliedsnummer: _____

Betreff: Laseranmeldung

Herstellerfirma: _____

Laser Produktbezeichnung: _____

Laserart mit Angabe der Wellenlänge λ : _____

Leistung bei gepulsten Lasern: P_{EI} _____ Impulswiederholfrequenz $F =$ _____

Leistung bei CW-Lasern: $P_{MAX} =$ _____

Laserklasse in der Produktion: _____

Laserklasse in der Wartung: _____

Betriebsort: Abteilung _____

Ort: _____

Für Laser, die der Maschinenrichtlinie unterliegen: Die Konformitätserklärung wird als Anlage in Kopie beigelegt.

Zum Laserschutzbeauftragten wurde _____ bestellt.

Voraussichtliche Inbetriebnahme der Lasereinrichtung: _____

Ort/Datum

Unterschrift (und Name in Druckbuchstaben)

M U S T E R - U V V

Anhang 6

Auswahl von Abschirmungen für Laserarbeitsplätze zum Schutz gegen zufällige Bestrahlung nach DIN EN 12 254

1 Allgemeines

Vor der Auswahl einer geeigneten Abschirmung sollte eine Gefährdungsanalyse durchgeführt werden, um die maximal auftretende Bestrahlung zu bestimmen (siehe auch Anhang B der DIN EN 12 254).

Die folgenden Empfehlungen für die Verwendung von Abschirmungen für Laserarbeitsplätze setzen regelmäßige Beobachtungen der Abschirmungen voraus, deren zeitlicher Abstand sich aus der Gefährdungsanalyse ergibt.

Die Auswahl der Abschirmungen ist in Tabelle 1 angegeben, die Bedeutung der Symbole D, I, R und M zeigt Tabelle 2.

M
U
S
T
E
R
-
U
V
V

Schutzstufe	Maximaler spektraler Transmissionsgrad bei den Laserwellenlängen $\tau(\lambda)$	Verwendung bis zu einer maximalen mittleren Leistungs- und Energiedichte im Wellenlängenbereich											
		180 nm bis 315 nm		> 315 nm bis 1 050 nm		1 050 nm bis 1400 nm		> 1400 nm bis 10 ⁶ nm					
		D	I, R	M	D	E _D	E _D	D	I, R	M	D	I, R	M
A 1	10 ⁻¹	$> 0,25$	$> 10^{-9}$	$\leq 10^{-9}$	$> 5 \cdot 10^{-3}$	$> 2 \cdot 10^{-3}$	$> 2 \cdot 10^{-3}$	$> 2 \cdot 10^{-3}$	$> 10^{-9}$	$\leq 10^{-9}$	$> 0,1$	$> 10^{-9}$	$\leq 10^{-9}$
A 2	10 ⁻²	E_D W/m ²	$H_{I,R}$ J/m ²	E_M W/m ²	E_D W/m ²	E_D W/m ²	E_D W/m ²	$H_{I,R}$ J/m ²	$H_{I,R}$ J/m ²	H	E_D W/m ²	$H_{I,R}$ J/m ²	E_M W/m ²
A 3	10 ⁻³	0,01	$3 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^{11}$	10	$2,5 \cdot 10^2$	$2,5 \cdot 10^2$	0,05	0,0015	0,0015	10 ⁴	10 ³	10 ¹²
A 4	10 ⁻⁴	0,1	$3 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^{12}$	10 ²	$2,5 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	0,5	0,015	0,015	10 ⁵	10 ⁴	10 ¹³
A 5	10 ⁻⁵	1	$3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^{13}$	10 ³	$2,5 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	5	0,15	0,15	10 ⁶	10 ⁵	10 ¹⁴
A 6	10 ⁻⁶	10	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^{14}$	10 ⁴	$2,5 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^5$	50	1,5	1,5	10 ⁷	10 ⁶	10 ¹⁵
A 7	10 ⁻⁷	10 ²	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^{15}$	10 ⁵	$2,5 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^2$	15	15	10 ⁸	10 ⁷	10 ¹⁶
A 8	10 ⁻⁸	10 ³	$3 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^{16}$	10 ⁶	$2,5 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^2$	10 ⁹	10 ⁸	10 ¹⁷
A 9	10 ⁻⁹	10 ⁴	$3 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^{17}$	10 ⁷	$2,5 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$	10 ¹⁰	10 ⁹	10 ¹⁸
A 10	10 ⁻¹⁰	10 ⁵	$3 \cdot 10^9$	$3 \cdot 10^{18}$	10 ⁸	$2,5 \cdot 10^9$	$2,5 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	10 ¹¹	10 ¹⁰	10 ¹⁹
		10 ⁶	$3 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^{19}$	10 ⁹	$2,5 \cdot 10^{10}$	$2,5 \cdot 10^{10}$	$5 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^5$	10 ¹²	10 ¹¹	10 ²⁰
		10 ⁷	$3 \cdot 10^{11}$	$3 \cdot 10^{20}$	10 ¹⁰	$2,5 \cdot 10^{11}$	$2,5 \cdot 10^{11}$	$5 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^6$	10 ¹³	10 ¹²	10 ²¹

Tabelle 1: Schutzstufen für Laserabschirmungen

2 Gepulste Laser

Für gepulste Laser mit Wellenlängen größer oder gleich 400 nm sollte die Gesamtanzahl N der Impulse für 100 s bestimmt werden.

Danach ist die für den Einzelimpuls errechnete Energiedichte H des einzelnen Impulses mit $N^{1/4}$ zu multiplizieren ($H^* = H \cdot N^{1/4}$). Mit dem so berechneten Wert H^* kann die erforderliche Schutzstufe aus Tabelle 1 entnommen werden.

Für gepulste Laser mit Wellenlängen kleiner als 400 nm sollte die Energiedichte des Einzelimpulses für die Auswahl der Abschirmung verwendet werden.

Ferner sollte für alle Impulsfolgen die mittlere Leistung berechnet und mit den Werten der zutreffenden Spalte von Tabelle 2, die mit D gekennzeichnet ist, verglichen werden. Ergibt sich dabei eine höhere Schutzstufe, so muss diese verwendet werden.

Symbol	Laserbezeichnung	Typische Impulsdauer in s
D	Dauerstrichlaser (CW)	> 0,25
I	Impulslaser	10^{-6} bis 0,25
R	Riesenimpulslaser	10^{-9} bis 10^{-6}
M	Modengekoppelter Impulslaser	$<10^{-9}$

Tabelle 2: Erläuterung der Symbole D, I, R, M

V
V
U
R
E
S
U
M

Anhang 7

Bezugsquellenverzeichnis

Nachstehend sind die Bezugsquellen der in den Durchführungsanweisungen aufgeführten Vorschriften und Regeln zusammengestellt:

1. Gesetze, Verordnungen

Bezugsquelle:

Buchhandel und Internet: z. B. www.gesetze-im-internet.de

2. DGUV Regelwerk für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

Bezugsquelle:

*Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger
und unter www.dguv.de/publikationen*

3. DIN-Normen/VDE-Bestimmungen

Bezugsquelle:

*Beuth Verlag GmbH,
Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin,
bzw.
VDE-Verlag GmbH,
Bismarckstraße 33, 10625 Berlin*

**Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)**

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

M U S T E R - U V V