

BG-Vorschrift

Unfallverhütungsvorschrift

# Laserstrahlung

vom 1. Oktober 1988 in der  
Fassung vom 1. Januar 1997  
mit Durchführungsanweisungen  
vom Oktober 1995



VBG

Verwaltungs-Berufsgenossenschaft  
die Berufsgenossenschaft  
der Banken, Versicherungen, Verwaltungen,  
freien Berufe und besonderer Unternehmen

---

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 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 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.

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>I. Geltungsbereich</b>	
§ 1 Geltungsbereich . . . . .	5
<b>II. Begriffsbestimmungen</b>	
§ 2 Begriffsbestimmungen . . . . .	7
<b>III. Bau und Ausrüstung</b>	
§ 3 Allgemeines . . . . .	11
§ 4 Lasereinrichtungen . . . . .	12
<b>IV. Betrieb</b>	
<b>A. Gemeinsame Bestimmungen</b>	
§ 5 Anzeige . . . . .	15
§ 6 Laserschutzbeauftragte . . . . .	16
§ 7 Abgrenzung und Kennzeichnung von Laserbereichen	18
§ 8 Schutzmaßnahmen beim Betrieb von Lasereinrichtungen . . . . .	22
§ 9 Instandhaltung von Lasereinrichtungen. . . . .	29
§ 10 Nebenwirkungen der Laserstrahlung . . . . .	30
§ 11 Beschäftigungsbeschränkung . . . . .	32
§ 12 Ärztliche Versorgung bei Augenschäden . . . . .	32
<b>B. Zusätzliche Bestimmungen für besondere Anwendungen</b>	
§ 13 Lasereinrichtungen für Vorführ- und Anzeigezwecke .	33
§ 14 Lasereinrichtungen für Leitstrahlverfahren und Vermessungsarbeiten . . . . .	33
§ 15 Lasereinrichtungen für Unterrichtszwecke . . . . .	35
§ 16 Lasereinrichtungen für medizinische Anwendung . . .	36
§ 17 Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecken in Fernmelde- anlagen und Informationsverarbeitungsanlagen mit Lasersendern . . . . .	37

## **B 2**

<b>V. Ordnungswidrigkeiten</b>	
§ 18 Ordnungswidrigkeiten . . . . .	39
<b>VI. Übergangs- und Ausführungsbestimmungen</b>	
§ 19 Übergangs- und Ausführungsbestimmungen . . . . .	40
<b>VII. In-Kraft-Treten</b>	
§ 20 In-Kraft-Treten . . . . .	40
<b>Anhang 1</b> . . . . .	42
<b>Anhang 2</b> . . . . .	47
<b>Anhang 3</b> . . . . .	63
<b>Anhang 4A</b> . . . . .	65
<b>Anhang 4B</b> . . . . .	69
<b>Anhang 5</b> . . . . .	71
<b>Anhang 6</b> . . . . .	77

# I. Geltungsbereich

## § 1

### Geltungsbereich

**Diese Unfallverhütungsvorschrift gilt für die Erzeugung, Übertragung und Anwendung von Laserstrahlung. Die Vorschriften der Medizin-  
geräteverordnung bleiben unberührt.**

#### **DA 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 erzeugen. 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 Satz 2 schließt die Strahlung von Licht emittierenden Dioden (LEDs/IREs) nicht nachdrücklich ein; im Gegensatz zu DIN EN 60 825-1 „Sicherheit von Laser-Einrichtungen; Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien“. Für die Strahlung von LEDs/IREDs können die Regelungen dieser Unfallverhütungsvorschrift aber sinngemäß herangezogen werden.*

## B 2

Laserspezifische Regelungen sind z. B. enthalten in:

DIN EN 207	„Persönlicher Augenschutz; Filter und Augenschutz gegen Laserstrahlung (Laserschutzbrillen)“,
DIN EN 208	„Persönlicher Augenschutz; Brillen für Justierarbeiten an Lasern und Laseraufbauten (Laser-Justierbrillen)“,
E DIN EN 31 553	„Optik und optische Instrumente; Laser und Laseranlagen; Sicherheit von Maschinen zur Materialbearbeitung mit Laserstrahlung; Anforderungen bei Gefährdungen durch Laserstrahlung“,
DIN EN ISO 11 145	„Optik und optische Instrumente; Laser und Laseranlagen; Begriffe und Formelzeichen“,
DIN EN 60 601-2-22	„Medizinische elektrische Geräte; Teil 2: Besondere Festlegungen für die Sicherheit von diagnostischen und therapeutischen Lasergeräten“,
DIN EN 60 825-1	„Sicherheit von Laser-Einrichtungen; Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien“,
DIN EN 60 825-2	„Sicherheit von Laser-Einrichtungen; Teil 2: Sicherheit von Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen“,
DIN EN 61 040	„Empfänger, Messgeräte und Anlagen zur Messung von Leistung und Energie von Laserstrahlen“,
DIN 4844-1	„Sicherheitskennzeichnung; Begriffe, Grundsätze und Sicherheitszeichen“,
E DIN 5335	„Abschirmungen an Laserarbeitsplätzen; Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung“,
DIN V 18 734	„Laser und Laseranlagen; Medizinisch-Therapeutische Lasergeräte; Qualitäts- und sicherheitstechnische Anforderungen“,

- DIN V 18 735 „Laser und Laseranlagen; Zubehör für medizinische Lasergeräte; Lasergeeignete Oberfläche für chirurgische Instrumente“,
- E DIN 56 912 „Showlaser und Showlaseranlagen; Anforderungen und Prüfung“,

Berufsgenossenschaftliche Regel für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit (BG-Regel) „Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit – Explosionsschutz-Regeln – (EX-RL)“ (BGR 104),

Merkblatt „Lasergeräte in Diskotheken und bei Show-Veranstaltungen“,  
Merkblatt „Disco-Laser“.

Berufsgenossenschaftliche Information (BG-Information) „Merkblatt: Schutzmaßnahmen bei Radio- und Fernsehreparaturarbeiten sowie bei Antennenmontage“ (BGI 654).

## **II. Begriffsbestimmungen**

### **§ 2**

#### **Begriffsbestimmungen**

**(1) Lasereinrichtungen im Sinne dieser Unfallverhütungsvorschrift sind Geräte, Anlagen oder Versuchsaufbauten, mit denen Laserstrahlung erzeugt, übertragen oder angewendet wird.**

**(2) Laserstrahlung im Sinne dieser Unfallverhütungsvorschrift ist jede elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen im Bereich zwischen 100 nm und 1 mm, die als Ergebnis kontrollierter stimulierter Emission entsteht.**

**(3) Die Klasse einer Lasereinrichtung im Sinne dieser Unfallverhütungsvorschrift kennzeichnet das durch die zugängliche Laserstrahlung bedingte Gefährdungspotential nach Maßgabe folgender Bedingungen:**

- 1. Klasse 1: Die zugängliche Laserstrahlung ist ungefährlich.**
- 2. Klasse 2: Die zugängliche Laserstrahlung liegt nur im sichtbaren Spektralbereich (400 bis 700 nm). Sie ist bei kurzzeitiger Bestrahlungsdauer (bis 0,25 s) ungefährlich auch für das Auge.**

## B 2

3. Klasse 3 A: Die zugängliche Laserstrahlung wird für das Auge gefährlich, wenn der Strahlungsquerschnitt durch optische Instrumente verkleinert wird. Ist dies nicht der Fall, ist die ausgesandte Laserstrahlung im sichtbaren Spektralbereich (400 bis 700 nm) bei kurzzeitiger Bestrahlungsdauer (bis 0,25 s), in den anderen Spektralbereichen auch bei Langzeitbestrahlung, ungefährlich.
4. Klasse 3 B: Die zugängliche Laserstrahlung ist gefährlich für das Auge und in besonderen Fällen auch für die Haut.
5. 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- oder Explosionsgefahr verursachen.

(4) Der Grenzwert der zugänglichen Strahlung (GZS) im Sinne dieser Unfallverhütungsvorschrift ist der Maximalwert, der für eine bestimmte Klasse nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik zulässig ist.

(5) Die maximal zulässige Bestrahlung (MZB) im Sinne dieser Unfallverhütungsvorschrift stellt den Grenzwert für eine ungefährliche Bestrahlung des Auges oder der Haut dar.

(6) Der Laserbereich im Sinne dieser Unfallverhütungsvorschrift ist der Bereich, in welchem die Werte für die maximal zulässige Bestrahlung überschritten werden können.

### DA zu § 2:

Weitere Begriffsbestimmungen siehe Anhang 1.

### DA 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“.

**DA zu § 2 Abs. 3 Nr. 1:**

Lasereinrichtungen der Klasse 1 enthalten meistens eingebaute Laser höherer Klassen, deren Strahlung aber so abgeschirmt oder abgeschwächt wird, dass die bei bestimmungsgemäßer Verwendung auftretende Laserstrahlung ungefährlich ist. Bei der Instandhaltung von Lasereinrichtungen der Klasse 1 ändert sich deshalb oft die Klasse der Lasereinrichtung; es sind dann die Schutzmaßnahmen für die auftretende Klasse zu treffen; siehe § 9.

Lasereinrichtungen der Klasse 1 mit einer Zeitbasis von 100 s sind nur bei bestimmungsgemäßigem Betrieb sicher. Das heißt, dass ein längeres Hineinschauen gefährlich werden kann.

Die Anwendung dieser Zeitbasis ist deshalb bei bestimmungsgemäßigem Hineinschauen in den Strahl nicht erlaubt.

**DA zu § 2 Abs. 3 Nr. 2:**

Bei Lasereinrichtungen der Klasse 2 ist das Auge bei zufälligem, kurzzeitigem Hineinschauen in die Laserstrahlung durch den Lidschlussreflex geschützt. Lasereinrichtungen der Klasse 2 dürfen deshalb ohne weitere Schutzmaßnahmen eingesetzt werden, wenn sichergestellt ist, dass weder ein absichtliches Hineinschauen über längere Zeit als 0,25 s noch wiederholtes Hineinschauen in die Laserstrahlung bzw. direkt reflektierte Laserstrahlung erforderlich ist.

Für kontinuierlich strahlende Laser der Klasse 2 beträgt der Grenzwert der zugänglichen Strahlung (GZS) 1 mW.

**DA zu § 2 Abs. 3 Nr. 3:**

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

**DA zu § 2 Abs. 3 Nr. 4:**

Die Betrachtung diffuser Reflexionen der unfokussierten Laserstrahlung von Lasereinrichtungen der Klasse 3 B, die im sichtbaren Bereich emittieren, ist ungefährlich bei einem Betrachtungsabstand von mehr als 13 cm und einer Beobachtungszeit von weniger als 10 s.

## **B 2**

Eine Gefährdung der Haut durch die zugängliche Laserstrahlung kann bei Lasereinrichtungen der Klasse 3 B im oberen Leistungsbereich bestehen, wenn die Werte der maximal zulässigen Bestrahlung (MZB) nach Anhang 2 Tabelle IV überschritten werden.

Bei der Anwendung von Lasern der Klasse 3 B können unter Umständen Brand- und Explosionsgefahren bestehen.

### **DA zu § 2 Abs. 3 Nr. 5:**

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

### **DA zu § 2 Abs. 4:**

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

### **DA zu § 2 Abs. 5:**

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

### **DA 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 begrenzt.

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

### **III. Bau und Ausrüstung**

#### **§ 3**

#### **Allgemeines**

(1) Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Lasereinrichtungen entsprechend den Bestimmungen dieses Abschnittes III. beschaffen sind.

(2) Für Lasereinrichtungen, die unter den Anwendungsbereich der Richtlinie des Rates vom 14. Juni 1989 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Maschinen (89/392/EWG), zuletzt geändert durch die Richtlinie des Rates vom 20. Juni 1991 (91/368/EWG), und der Richtlinie des Rates vom 30. November 1989 über Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Benutzung von Arbeitsmitteln durch Arbeitnehmer bei der Arbeit (89/655/EWG) fallen, gelten die folgenden Bestimmungen.

(3) Für Lasereinrichtungen, die unter den Anwendungsbereich der Richtlinie 89/392/EWG fallen und nach dem 31. Dezember 1992 erstmals in Betrieb genommen werden, gelten anstatt der Beschaffenheitsanforderungen dieses Abschnittes die Beschaffenheitsanforderungen des Anhangs I der Richtlinie. Der Unternehmer darf diese Einrichtungen erstmals nur in Betrieb nehmen, wenn ihre Übereinstimmung mit den Bestimmungen der Richtlinie durch eine EG-Konformitätserklärung nach Anhang II sowie das EG-Zeichen nach Anhang III der Richtlinie nachgewiesen ist.

## B 2

(4) Absatz 3 gilt nicht für Lasereinrichtungen, die den Anforderungen dieses Abschnittes entsprechen und bis zum 31. Dezember 1994 in den Verkehr gebracht worden sind.

(5) Lasereinrichtungen, die nicht unter Absatz 3 fallen, müssen spätestens am 1. Januar 1997 mindestens den Anforderungen der Richtlinie 89/655/EWG entsprechen.

### § 4

#### Lasereinrichtungen

(1) Lasereinrichtungen müssen den Klassen 1 bis 4 zugeordnet und entsprechend gekennzeichnet sein. Bei Änderung von Zuordnungsvoraussetzungen muss eine Änderung von Klassenzuordnung und -kennzeichnung vorgenommen werden.

(2) Lasereinrichtungen müssen entsprechend ihrer Klasse und Verwendung mit den für einen sicheren Betrieb erforderlichen Schutzeinrichtungen ausgerüstet sein.

(3) Lasereinrichtungen der Klassen 2 bis 4 müssen so eingerichtet sein, dass unbeabsichtigtes Strahlen verhindert ist.

(4) Optische Einrichtungen zur Beobachtung oder Einstellung an Lasereinrichtungen müssen so beschaffen sein, dass der Grenzwert der zugänglichen Strahlung für die Klasse 1 nicht überschritten wird.

(5) Optische Geräte, die vom Hersteller als Vorsatzgeräte für Lasereinrichtungen bestimmt sind, müssen, sofern sie nicht in einer klassifizierten Lasereinrichtung fest eingebaut sind, mit Angaben versehen sein, anhand deren die Änderung der Strahl- und Expositionsdaten einer Laserstrahlenquelle durch das Vorsatzgerät beurteilt werden kann.

(6) Lasereinrichtungen der Klassen 1 bis 3 A müssen so beschaffen sein, dass keine Vorsatzgeräte angebracht werden können, durch die sich Lasereinrichtungen der Klassen 3 B oder 4 ergeben würden.

#### DA zu § 4 Abs. 1:

Diese Forderung ist erfüllt, wenn die Klassenzuordnung und -kennzeichnung durch den Hersteller nach DIN EN 60 825-1 „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 5 enthalten.

Hinsichtlich der Änderung der Zuordnungsvoraussetzungen ist diese Forderung 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.

#### **DA zu § 4 Abs. 2:**

Diese Forderung ist für eine Lasereinrichtung einer bestimmten Klasse 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 und 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 im 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. Eine solche Lasereinrichtung unterliegt der Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen (Röntgenverordnung – RöV). Für die Gefährdung durch HF-Strahlung ist die E DIN VDE 0848-2 „Sicherheit in elektromagnetischen Feldern; Schutz von Personen im Frequenzbereich von 30 kHz bis 300 GHz“ (Entwurf Oktober 1991) zu beachten.

Diese Forderung ist für medizinische Lasereinrichtungen erfüllt, wenn diese Lasereinrichtungen zusätzlich DIN EN 60 601-2-22 „Medizini-

## **B 2**

sche elektrische Geräte; Teil 2: Besondere Festlegungen für die Sicherheit von diagnostischen und therapeutischen Lasergeräten“, entsprechen.

Für Lasereinrichtungen, die in Diskotheken eingesetzt werden, ist diese Forderung erfüllt, wenn diese Lasereinrichtungen zusätzlich den Merkblättern „Disco-Laser“ und „Lasergeräte in Diskotheken und bei Show-Veranstaltungen“ entsprechen.

Für Lasereinrichtungen, die auf Bühnen und in Studios eingesetzt werden, ist diese Forderung erfüllt, wenn diese Lasereinrichtungen zusätzlich DIN EN 56 912 „Showlaser und Showlaseranlagen; Anforderungen und Prüfung“ entsprechen.

### **DA 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 Durchführungsanweisungen zu § 11 Abs. 3 UVV „Kraftbetriebene Arbeitsmittel“ (VBG 5).

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 erfüllt, wenn beim Loslassen des Handstücks der Austritt der Laserstrahlung unterbrochen wird oder ein vergleichbares Sicherheitsniveau durch andere Maßnahmen erreicht wird.

### **DA zu § 4 Abs. 4:**

Diese Forderung ist 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 Strahlenverschluss versehen werden, der während des Laserbetriebs in der Schutzstellung verriegelt ist.

**DA zu § 4 Abs. 5:**

Vorsatzgeräte sind z. B. Teleskopvorsätze, die den Laserstrahl aufweiten, Filtervorsätze, die den Laserstrahl abschwächen, Lichtleiter, 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.

**DA zu § 4 Abs. 6:**

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

## **IV. Betrieb**

### **A. Gemeinsame Bestimmungen**

#### **§ 5**

#### **Anzeige**

**(1) Der Unternehmer hat den Betrieb von Lasereinrichtungen der Klassen 3 B oder 4 der Berufsgenossenschaft und der für den Arbeitsschutz zuständigen Behörde vor der ersten Inbetriebnahme anzuzeigen.**

**(2) Für den mobilen Einsatz von Lasereinrichtungen nach § 14 Abs. 1 genügt eine einmalige Anzeige.**

**DA 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.

## **B 2**

Sofern Lasereinrichtungen der Klassen 3 B 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 3 A 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.

### **§ 6**

#### **Laserschutzbeauftragte**

**(1) Der Unternehmer hat für den Betrieb von Lasereinrichtungen der Klassen 3 B oder 4 Sachkundige als Laserschutzbeauftragte schriftlich zu bestellen.**

**(2) Der Unternehmer hat dem Laserschutzbeauftragten folgende Aufgaben zu übertragen:**

- 1. Überwachung des Betriebs der Lasereinrichtungen,**
- 2. Unterstützung des Unternehmers hinsichtlich des sicheren Betriebs und der notwendigen Schutzmaßnahmen,**
- 3. Zusammenarbeit mit den Fachkräften für Arbeitssicherheit bei der Erfüllung ihrer Aufgaben einschließlich Unterrichtung über wichtige Angelegenheiten des Laserstrahlenschutzes.**

**(3) Absatz 1 gilt nicht, wenn der Unternehmer der Berufsgenossenschaft nachweist, dass er selbst die erforderliche Sachkunde besitzt, und den Betrieb der Lasereinrichtungen selbst überwacht.**

#### **DA zu § 6 Abs. 1:**

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

Der Laserschutzbeauftragte gilt als Sachkundiger, wenn er aufgrund 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 den Berufsgenossenschaften aufgestellten Anforderungen entspricht. Die Anforderungen für solche Kurse sind im Anhang 3 A aufgeführt.

Der Unternehmer kann dem Laserschutzbeauftragten durch eine Pflichtenübertragung gemäß § 12 Unfallverhütungsvorschrift „Allgemeine Vorschriften“ (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 § 39 Unfallverhütungsvorschrift „Allgemeine Vorschriften“ (BGV A 1).

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.

### **DA 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 § 39 Unfallverhütungsvorschrift „Allgemeine Vorschriften“ (BGV A 1),

## **B 2**

- 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 § 12 Unfallverhütungsvorschrift „Allgemeine Vorschriften“ (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,
- Abstellen von Mängeln, gegebenenfalls Stillsetzung von Anlagen,
- Veranlassung von ärztlichen Untersuchungen bei vermuteten Laserunfällen gemäß § 12,
- Anzeigeverfahren gegenüber Berufsgenossenschaft und Behörden.

### **§ 7**

#### **Abgrenzung und Kennzeichnung von Laserbereichen**

**(1) Verläuft der Laserstrahl von Lasereinrichtungen der Klassen 2 oder 3 A im Arbeits- oder Verkehrsbereich, hat der Unternehmer dafür zu sorgen, dass der Laserbereich deutlich erkennbar und dauerhaft gekennzeichnet wird.**

**(2) Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Laserbereiche von Lasereinrichtungen der Klassen 3 B oder 4 während des Betriebes abgegrenzt und gekennzeichnet sind. Er hat außerdem dafür zu sorgen,**

dass in geschlossenen Räumen der Betrieb von Lasereinrichtungen der Klasse 4 an den Zugängen zu den Laserbereichen durch Warnleuchten angezeigt wird.

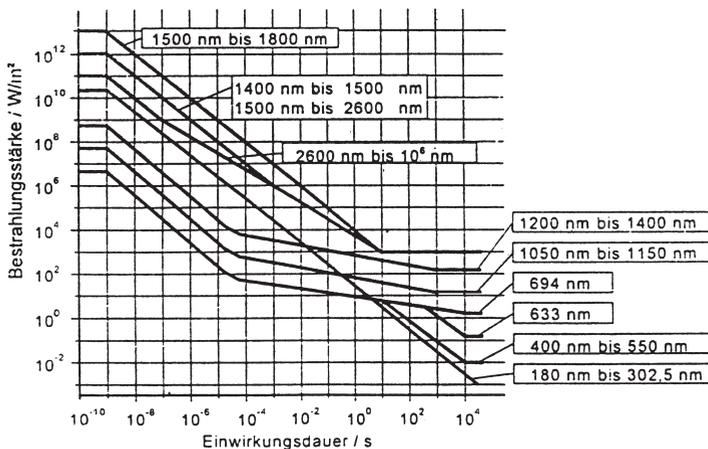
(3) Von den Absätzen 1 und 2 darf beim Einsatz von Laserstrahlung über größere Entfernung und im Freien abgewichen werden, wenn durch andere technische oder organisatorische Maßnahmen sichergestellt wird, dass Personen keiner Laserstrahlung oberhalb der maximal zulässigen Bestrahlung ausgesetzt sind.

**DA 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.

Bild 1 gibt dazu eine Überblick. Bei Impulsfolgen ist Vorsicht geboten. In diesen Fällen sind genaue Berechnungen der MZB-Werte nach Anhang 2 durchzuführen.



**Bild 1:** Maximal zulässige Bestrahlung der Hornhaut des Auges für einige ausgewählte Wellenlängen nach DIN EN 60 825-1

## B 2

In der folgenden Tabelle 1 wird ein vereinfachter Zahlenansatz gemäß Anhang A.1 DIN EN 207 verwendet, der mit diesen Grenzwerten entweder übereinstimmt oder auf der sicheren Seite liegt.

Wellenlängenbereich in nm	Bestrahlungsstärke $E$				Bestrahlung $H$	
	Impulsdauer in s	$W/m^2$	Impulsdauer in s	$W/m^2$	Impulsdauer in s	$J/m^2$
180 – 315	$\geq 30\,000$	0,001	$< 10^{-9}$	$3 \cdot 10^{10}$	$10^{-9}$ bis $3 \cdot 10^{-4}$	30
315 – 1400	$> 5 \cdot 10^{-4}$ bis 10	10	$< 10^{-9}$	$5 \cdot 10^6$	$10^{-9}$ bis $5 \cdot 10^{-4}$	0,005
1400 – $10^6$	$> 0,1$ bis 10	1000	$10^{-9}$	$10^{11}$	$10^{-9}$ bis 0,1	100

**Tabelle 1:** Vereinfachte maximal zulässige Bestrahlungswerte auf der Hornhaut des Auges (MZB-Werte)

### DA zu § 7 Abs. 1:

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

Für Lasereinrichtungen der Klasse 2 für Unterrichtszwecke gilt § 15.

### DA zu § 7 Abs. 1 und 2:

Die Forderung nach Kennzeichnung ist erfüllt, wenn das Warnzeichen W 10 „Warnung vor Laserstrahl“ nach Anlage 2 der Unfallverhütungsvorschrift „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz“ (BGV A 8) angebracht ist.

### DA 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 Ein-

richtungen oder Maßnahmen auf befugte Personen zu begrenzen, die vor der Einwirkung von Laserstrahlung geschützt sind.

Je nach dem Grad der Gefahr, der 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 Rettungswege und Notausgänge entsprechend § 30 Unfallverhütungsvorschrift „Allgemeine Vorschriften“ (BGV A 1) sind dabei zu beachten; Maßnahmen der Ersten Hilfe entsprechend Unfallverhütungsvorschrift „Erste Hilfe“ (BGV A 5), insbesondere die sofortige Leistung Erster Hilfe nach einem Arbeitsunfall, müssen trotz der genannten Einrichtungen möglich sein.

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

### **DA zu § 7 Abs. 3:**

Dies kann z. B. in Diskotheken der Fall sein, wenn der Laserbereich außerhalb des Arbeits- und Verkehrsbereiches verläuft und im Übrigen das Merkblatt „Disco-Laser“ 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 E DIN 56 912 „Showlaser und Showlaseranlagen; Anforderungen und Prüfung“ eingehalten ist.

Für Lasereinrichtungen der Klassen 3 B 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, Strahlenachsensiche-

## B 2

zung oder andere geeignete Vorrichtungen oder Maßnahmen ist sicherzustellen, dass Personen, die keine persönliche Schutzausrüstung 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 Strahlwege 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 gut reflektierenden 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 3 B oder 4 auf Ausstellungen oder Messen ist diese Forderung erfüllt, wenn sichergestellt ist, dass keine unkontrolliert reflektierte Strahlung auftreten kann und der Laserbereich um die Lasereinrichtungen durch mit Laserwarzeichen gekennzeichnete Abschränkungen oder Verdeckungen räumlich so eng begrenzt wird, dass er Personen nicht zugänglich ist.

### § 8

#### **Schutzmaßnahmen beim Betrieb von Lasereinrichtungen**

**(1) Der Unternehmer hat durch technische oder organisatorische Maßnahmen dafür zu sorgen, dass eine Bestrahlung oberhalb der maximal zulässigen Bestrahlung, auch durch reflektierte oder gestreute Laserstrahlung, verhindert wird.**

**(2) Ist dies in Laserbereichen von Lasereinrichtungen der Klassen 3 B oder 4 nicht möglich, so hat der Unternehmer zum Schutz der Augen oder der Haut geeignete Augenschutzgeräte, Schutzkleidung oder Schutzhandschuhe zur Verfügung zu stellen.**

**(3) Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Versicherte, die Lasereinrichtungen der Klassen 2 bis 4 anwenden oder die sich in Laserbereichen von Lasereinrichtungen der Klassen 3 B oder 4 aufhalten, über das zu beachtende Verhalten unterwiesen worden sind.**

**(4) Die für einen sicheren Betrieb erforderlichen Schutzeinrichtungen und die persönlichen Schutzausrüstungen nach Absatz 2 sind von den Versicherten zu benutzen.**

#### **DA 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.

Laserstrahlung, die von Lasereinrichtungen der Klassen 2, 3 A, 3 B 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 Nutzenfernung 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 ober- oder unterhalb der Augenhöhe.

## B 2

In Räumen, die zum Betrieb von Lasereinrichtungen der Klassen 3 B 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.

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.

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

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.

Lasereinrichtungen der Klassen 3 A, 3 B 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 3 B oder 4 sind zu vermeiden; spiegelnde oder glänzende Gegenstände oder Flächen sind aus der Umgebung des Laserstrahls soweit wie möglich fern zu halten, zu entfernen oder abzudecken.

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.

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.

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

Für Grundjustierungen sollen in Labors möglichst keine stärkeren Laser als Klasse 3 A verwendet werden. Bei Verwendung abstimmbarer 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.

Die ungeschirmte Laserstrahlung von Lasereinrichtungen der Klasse 3 B 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 getroffen werden können.

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 E DIN 5335 „Abschirmungen an Laserarbeitsplätzen; Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung“ 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 E DIN 5335 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.

## B 2

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

Beim Einschalten einer Lasereinrichtung der Klassen 3 B 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.

### **DA zu § 8 Abs. 2:**

Eine Gefährdung durch Laserstrahlung kann ausgeschlossen werden, wenn z. B. beim Betrieb von Lasereinrichtungen der Klassen 3 B 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 3 B 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 Augenschutzgeräte ist jedoch der Blick in den direkten Strahl zu vermeiden.

Geeignete Augenschutzgeräte sind z. B. Laserschutzbrillen, die DIN EN 207 „Persönlicher Augenschutz; Filter und Augenschutz gegen Laserstrahlung (Laserschutzbrillen)“ entsprechen. Sonderanfertigungen müssen den wesentlichen technischen Anforderungen der Norm DIN EN 207 entsprechen.

Laserschutzbrillen müssen eine deutliche Kennzeichnung aufweisen. Sie enthält die Wellenlänge oder den Wellenlängenbereich, gegen die die Brille schützt, den Grad der Abschwächung (Schutzstufe), Kennbuchstaben des Herstellers, Kennzeichen für eine bestimmte Laserbetriebsart und gegebenenfalls Kennzeichen für die mechanische Festigkeitsstufe.

*Hinweis: Zusätzlich muss die CE-Kennzeichnung angebracht sein.*

Die Schutzfilter und die Tragkörper müssen der betreffenden Laserstrahlung entsprechend DIN EN 207 standhalten.

Laserschutzbrillen, die der bisherigen Norm DIN 58 215 „Laserschutzfilter und Laserschutzbrillen; Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen“ und deren Berechnungsgrundlagen entsprechen, gelten ebenfalls als geeignet und dürfen weiter benutzt werden.

Die Schutzstufen der Laserschutzfilter werden über den spektralen Transmissionsgrad  $\tau$  für die Laserwellenlänge definiert. Der Zusammenhang zwischen der Schutzstufe und dem maximalen spektralen Transmissionsgrad  $\tau$  kann der Tabelle VI im Anhang 4A entnommen werden.

Empfehlungen für die Auswahl von Laserschutzbrillen entsprechend dem Lasertyp und den Einsatzbedingungen, insbesondere zur Ermittlung der Schutzstufe, enthält der Anhang 4A.

Sollen in einem Laserbereich Laserstrahlen unterschiedlicher Wellenlänge gleichzeitig erzeugt werden, gelten nur solche Schutzbrillen als geeignet, deren Schutzwirkung für alle auftretenden Strahlungen ausreichend ist. Da eine ausreichende Schutzwirkung bei Laserschutzbrillen im Allgemeinen nur in einem schmalen Wellenlängenbereich vorhanden ist, lässt sich diese Anforderung häufig nur dadurch erfüllen, dass Laser unterschiedlicher Wellenlänge nicht gleichzeitig oder aber in getrennten Laserbereichen betrieben werden. Besonders wichtig ist die Verwendung der jeweils geeigneten Schutzbrillen bei Lasern, die unterschiedliche Wellenlängen ausstrahlen können.

Zum Einsatz bei Justierarbeiten an Lasereinrichtungen der Klassen 3 B oder 4, die nur im sichtbaren Spektralbereich zwischen 400 nm und 700 nm strahlen, gelten auch Laser-Justierbrillen als geeignete Augenschutzmittel, wenn diese DIN EN 208 „Persönlicher Augenschutz; Brillen für Justierarbeiten an Lasern und Laseraufbauten (Laser-Justierbrillen)“ entsprechen. Die Laserstrahlung wird bei Verwendung von Laser-Justierbrillen am Auge auf Werte abgeschwächt, die denen von Lasereinrichtungen der Klasse 2 entsprechen. Die Benutzung dieser Brillen gewährt keinen vollständigen Schutz. Dafür sind Brillen nach DIN EN 207 zu verwenden. Das Auge ist nur dann gegen Schäden geschützt, wenn der Lidschlussreflex eintritt; dieser Reflex darf nicht unterdrückt werden.

Die Kennzeichnung von Laser-Justierbrillen ist in DIN EN 208 geregelt. Sie enthält das Wort „Justierbrille“, den Kennbuchstaben des Herstellers, Wellenlänge bzw. Wellenlängenbereich und die maximal zulässige Laserleistung.

*Hinweis: Zusätzlich muss die CE-Kennzeichnung angebracht sein.*

## B 2

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

Laser-Justierbrillen nach der bisherigen Norm DIN 58 219 gelten weiterhin als geeignet und dürfen weiter benutzt werden.

Empfehlungen für die Verwendung von Laser-Justierbrillen, insbesondere zur Ermittlung der erforderlichen Schutzstufe, enthält der Anhang 4B.

Vor der Benutzung der Augenschutzmittel oder der Schutzkleidung hat sich der Versicherte zu vergewissern, dass sie für den jeweiligen Anwendungsfall geeignet sind und keine offensichtlichen Mängel aufweisen. Im Zweifelsfall ist der Laserschutzbeauftragte hinzuzuziehen.

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.

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.

### **DA zu § 8 Abs. 3:**

Die Unterweisungen sind entsprechend § 7 Abs. 2 Unfallverhütungsvorschrift „Allgemeine Vorschriften“ (BGV A 1) mindestens einmal jährlich zu wiederholen.

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 Laserstrahlen 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 Schadenfall.

Es wird empfohlen, über die Unterweisungen Aufzeichnungen zu führen.

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

**DA zu § 8 Abs. 4:**

Diese Forderung ist erfüllt, wenn

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

*Hinweis: Für Lasereinrichtungen der Klasse 3 B, 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.*

**§ 9****Instandhaltung von Lasereinrichtungen**

**Ändert sich während der Instandhaltung die Klasse von Lasereinrichtungen, so hat der Unternehmer dafür zu sorgen, dass die Bestimmungen dieses Abschnittes für die höhere Klasse eingehalten werden.**

**DA 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, Bearbeitungs-

## B 2

laser, Laser-Entfernungsmessgeräte, Laser-Platten- und Bildplattenspieler, Laser-Kopierer, Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecken mit Lasersendern.

Für die Instandhaltung von CD-Plattenspielern enthält das Merkblatt „Schutzmaßnahmen bei Rundfunk- und Fernsehreparaturarbeiten sowie bei Antennenmontage“ eine Zusammenstellung der erforderlichen Schutzmaßnahmen.

Für die erforderlichen Schutzmaßnahmen und für die schriftliche Bestellung eines Laserschutzbeauftragten nach § 6 hat der Unternehmer zu sorgen, der die Instandhaltung durchführt. Auf die Pflicht zur Koordinierung entsprechend § 6 Unfallverhütungsvorschrift „Allgemeine Vorschriften“ (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 Lichtleitern, sind die Beschäftigten, die die Instandhaltung durchzuführen haben, so auszurüsten, dass sie gegen die maximal mögliche Laserstrahlung geschützt sind.

### § 10

#### Nebenwirkungen der Laserstrahlung

**(1) Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Schutzmaßnahmen getroffen sind, sofern die Energie- oder Leistungsdichte der Laserstrahlung eine Zündung brennbarer Stoffe oder explosionsfähiger Atmosphäre herbeiführen kann.**

**(2) Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Schutzmaßnahmen getroffen sind, sofern durch Einwirkung von Laserstrahlung gesundheitsgefährdende Gase, Dämpfe, Stäube, Nebel, explosionsfähige Gemische oder Sekundärstrahlungen entstehen können.**

#### DA zu § 10:

Siehe auch §§ 43 bis 45 Unfallverhütungsvorschrift „Allgemeine Vorschriften“ (BGV A 1) und § 4 der Unfallverhütungsvorschrift „Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren“ (BGV D 1).

**DA zu § 10 Abs. 1:**

Diese Forderung ist 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 Verordnung über gefährliche Stoffe (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) sowie sonstige brennbare Materialien, wie Holz, Papier, Textilien, Kunststoffe. Siehe BG-Regel „Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit – Explosionsschutz-Regeln – (EX-RL)“ (BGR 104), insbesondere Abschnitte E 2.3.9 und E 2.3.10.

**DA 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 (GefStoffV) und Technische Regeln für Gefahrstoffe, z.B. TRGS 900 „Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz; Luftgrenzwerte“ (CHV 15).

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.

## **B 2**

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.

### **§ 11**

#### **Beschäftigungsbeschränkung**

**(1) Der Unternehmer darf Jugendliche in Laserbereichen, in denen Lasereinrichtungen der Klasse 3 B oder 4 betrieben werden, nicht beschäftigen.**

**(2) Absatz 1 gilt nicht für die Beschäftigung Jugendlicher über 16 Jahre, soweit**

- 1. dies zur Erreichung ihres Ausbildungszieles erforderlich ist und**
- 2. ihr Schutz durch Aufsicht eines Fachkundigen gewährleistet ist.**

### **§ 12**

#### **Ärztliche Versorgung bei Augenschäden**

**Besteht Grund zu der Annahme, dass durch Laserstrahlung ein Augenschaden eingetreten ist, hat der Unternehmer dafür zu sorgen, dass der Versicherte unverzüglich einem Augenarzt vorgestellt wird.**

#### **DA 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 Unfallverhütungsvorschrift „Erste Hilfe“ (BGV A 5) bei anderen Verletzungen durch Laserstrahlung wird hingewiesen.

## **B. Zusätzliche Bestimmungen für besondere Anwendungen**

### **§ 13**

#### **Lasereinrichtungen für Vorführ- und Anzeigezwecke**

(1) Bei Lasereinrichtungen, die für Vorführungen, Anzeigen, Schau- stellungen und Darstellungen von Lichteffekten verwendet werden, hat der Unternehmer den Versicherten Anweisungen zu erteilen, wie die zugängliche Bestrahlung möglichst niedrig gehalten werden kann. Die Versicherten haben diese Anweisungen zu befolgen.

(2) Bei Lasereinrichtungen nach Absatz 1, bei denen Laserbereiche entstehen, hat der Unternehmer dafür zu sorgen, dass sich in diesen Bereichen nur Versicherte aufhalten, deren Anwesenheit dort erforderlich ist.

#### **DA zu § 13:**

Für den Betrieb von Lasereinrichtungen, die in Diskotheken eingesetzt werden, siehe auch Merkblatt „Disco-Laser“.

Für den Betrieb von Showlasern siehe DIN EN 56 912 „Showlaser und Showlaseranlagen; Anforderungen und Prüfung“.

### **§ 14**

#### **Lasereinrichtungen für Leitstrahlverfahren und Vermessungsarbeiten**

(1) Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass für Leitstrahlverfahren und Vermessungsarbeiten nur folgende Lasereinrichtungen verwendet werden:

1. Lasereinrichtungen der Klassen 1, 2 oder 3 A,
2. Lasereinrichtungen der Klasse 3 B, die nur im sichtbaren Wellenlängenbereich (400 bis 700 nm) strahlen, eine maximale Ausgangsleistung von 5 mW haben und bei denen Strahlachse oder Strahlfläche so eingerichtet und gesichert sind, dass eine Gefährdung der Augen verhindert wird.

(2) Von Absatz 1 darf abgewichen werden, wenn der Unternehmer die beabsichtigte Verwendung stärkerer Lasereinrichtungen und die hierbei zu treffenden Sicherheitsmaßnahmen der Berufsgenossenschaft mindestens 14 Tage vor Aufnahme der Arbeiten unter Angabe der Gründe schriftlich mitteilt und die Berufsgenossenschaft nicht widerspricht.

## B 2

### DA zu § 14 Abs. 1 Nr. 1:

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

### DA zu § 14 Abs. 1 Nr. 2:

Bei der Verwendung von Lasereinrichtungen der Klasse 3 B mit maximal 5 mW Ausgangsleistung im sichtbaren Wellenlängenbereich (400 nm bis 700 nm), 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 Laserwarnschildern 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 Nutzenfernung 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 100 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.

## **§ 15**

### **Lasereinrichtungen für Unterrichtszwecke**

**(1) Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass für Unterrichtszwecke nur Lasereinrichtungen der Klassen 1 oder 2 verwendet werden.**

**(2) Beim Betrieb von Lasereinrichtungen der Klasse 2 für Unterrichtszwecke hat der Unternehmer dafür zu sorgen, dass besondere Schutzmaßnahmen getroffen werden, insbesondere durch zusätzliche Leistungsbegrenzung, Abgrenzung, Kennzeichnung, spezielle Unterweisung und Unterrichtung.**

**(3) Die Absätze 1 und 2 gelten nicht für Lasereinrichtungen, die in der Lehre in Hochschulen, bei der individuellen Ausbildung und in der Erwachsenenbildung verwendet werden.**

#### **DA zu § 15 Abs. 2:**

Diese Forderung ist 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 Klasse 2 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,

## **B 2**

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.

### **§ 16**

#### **Lasereinrichtungen für medizinische Anwendung**

**(1) Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass bei der medizinischen Anwendung von Laserstrahlung im Bereich von Organen, Körperhöhlen und Tuben, die brennbare Gase oder Dämpfe enthalten können, Schutzmaßnahmen gegen Brand- und Explosionsgefahr getroffen werden.**

**(2) Müssen Instrumente bei medizinischer Anwendung in den Strahlengang gebracht werden, so hat der Unternehmer solche Instrumente zur Verfügung zu stellen, die durch Formgebung und Material gefährliche Reflexionen weitgehend ausschließen.**

**(3) Wird Laserstrahlung zu medizinischen Zwecken eingesetzt, so hat der Unternehmer dafür zu sorgen, dass dabei verwendete optische Einrichtungen zur Beobachtung oder Einstellung mit geeigneten Schutzfiltern ausgerüstet sind, sofern die maximal zulässige Bestrahlung überschritten werden kann.**

**(4) Der Unternehmer hat bei der medizinischen Anwendung der Laserstrahlung von Lasereinrichtungen der Klasse 4 mittels freibeweglichen Lichtleiterendes oder Handstücks dafür zu sorgen, dass Hilfsgeräte und Abdeckmaterialien, die dem Laserstrahl versehentlich ausgesetzt werden können, mindestens schwer entflammbar sind.**

#### **DA zu § 16 Abs. 1:**

Diese Forderung ist erfüllt, wenn z. B. 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.

#### **DA zu § 16 Abs. 2:**

Diese Forderung ist 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; siehe DIN V 18 735 „Laser und Laseranlagen; Zubehör für medizinische Lasergeräte; Lasergeeignete Oberfläche für chirurgische Instrumente“.

**DA zu § 16 Abs. 3:**

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

Diese Forderung ist 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.

**DA zu § 16 Abs. 4:**

Diese Forderung ist 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.

**§ 17****Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecken in Fernmeldeanlagen  
und Informationsverarbeitungsanlagen mit Lasersendern**

**(1) Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass auch bei einer nicht bestimmungsgemäßen Trennung des Übertragungsweges von Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecken Versicherte keiner Laserstrahlung oberhalb der maximal zulässigen Bestrahlung ausgesetzt werden.**

## B 2

**(2) Kann bei der Errichtung, beim Einmessen, bei der Erprobung und bei der Instandhaltung von Lichtwellenleiter-Übertragungssystemen Laserstrahlung oberhalb der Werte der maximal zulässigen Bestrahlung austreten, darf der Unternehmer mit diesen Arbeiten nur Versicherte beauftragen, die für den Umgang mit diesen Systemen besonders unterwiesen sind.**

### **DA 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.

### **DA zu § 17 Abs. 1:**

Diese Forderung gilt als erfüllt, wenn an allen Verwendungsorten mit uneingeschränktem Zugang der Gefährdungsgrad eines Lichtwellenleiter-Kommunikationssystems gemäß DIN EN 60 825-2 „Sicherheit von Laser-Einrichtungen; Teil 2: Sicherheit von Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen“ höchstens 3 A beträgt. Damit ist sichergestellt, dass die MZB-Werte ohne Benutzung von optischen Hilfsmitteln nicht überschritten werden. Zu den Verwendungsorten mit uneingeschränktem Zugang gehören z. B. Büros, Besprechungsräume, Kantinen, Schulungsräume sowie Baustellen.

Können diese Bedingungen nicht eingehalten werden, sind besondere Schutzmaßnahmen erforderlich, z. B. automatisches Abschalten des Lasers bei Unterbrechung der Übertragungsstrecke, konstruktive Maßnahmen bei Stecksystemen.

Eine Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecke entspricht im zusammengesetzten Zustand der Klasse 1, da in der Regel aus dem Gesamtsystem (optischer Sender, angeschlossene Fasern und Kabel, Stecker, feste Verbindungen sowie gegebenenfalls weitere zusammengeschnittene Komponenten) keine Laserstrahlung austritt.

Bei nicht bestimmungsgemäßer Trennung des Übertragungsweges, z. B. bei Kabelriss durch Bagger, unzulässigem Öffnen einer Steckverbindung, tritt im Allgemeinen divergente Laserstrahlung aus, deren Leistungsdichte mit dem Quadrat der Entfernung von der Austrittsstelle abnimmt.

An Verwendungsorten, an denen während Service oder Wartung höhere Strahlungsleistungen als der Klasse 3A entsprechend auftreten dür-

fen, z. B. an Verwendungsorten mit kontrolliertem Zugang gemäß DIN EN 60 825-2, ist angemessener Augenschutz zur Verfügung zu stellen.

**DA zu § 17 Abs. 2:**

Die Unterweisung hat alle notwendigen Schutzmaßnahmen nach § 8 zu behandeln.

Schutzmaßnahmen können gegebenenfalls schon dann erforderlich sein, wenn abweichend von den Durchführungsanweisungen zu § 17 Abs. 1 die MZB-Werte für Augenbestrahlung überschritten werden, z. B. bei der Benutzung von optischen Hilfsmitteln, wie Mikroskopen, Lupen.

Weitere Hinweise sind in DIN EN 60 825-2 „Sicherheit von Laser-Einrichtungen; Teil 2: Sicherheit von Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen“ enthalten.

## **V. Ordnungswidrigkeiten**

### **§ 18**

#### **Ordnungswidrigkeiten**

**Ordnungswidrig im Sinne des § 209 Abs. 1 Nr. 1 Siebtes Buch Sozialgesetzbuch (SGB VII) handelt, wer vorsätzlich oder fahrlässig den Bestimmungen**

- des § 3 Abs. 1 in Verbindung mit  
§ 3 Abs. 3 Satz 2,  
§ 4,
- der § 5 Abs. 1,  
§ 6 Abs. 1 oder 2,  
§ 7 Abs. 1 oder 2,  
§§ 8 bis 10,  
§ 11 Abs. 1,  
§§ 12, 13 Abs. 2,  
§ 14 Abs. 1,  
§ 15 Abs. 1 oder 2,  
§ 16

## **B 2**

oder

§ 17

zuwiderhandelt.

## **VI. Übergangs- und Ausführungsbestimmungen**

§ 19

Übergangs- und Ausführungsbestimmungen

§ 4 Abs. 2 gilt nicht für Lasereinrichtungen, die vor dem In-Kraft-Treten dieser Unfallverhütungsvorschrift in Betrieb waren.

## **VII. In-Kraft-Treten**

§ 20

In-Kraft-Treten

Diese Unfallverhütungsvorschrift tritt am 1. Oktober 1988 in Kraft. Gleichzeitig tritt die Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlen“ (VBG 93) vom 1. April 1973 in der Fassung vom 1. April 1985 außer Kraft.

### **G e n e h m i g u n g**

Die vorstehende Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ (BGV B 2) wird genehmigt.

Bonn, den 03. August 1988

Az.: III b 6 - 35 480 - 3 - (13) 34 124 - 2

Der Bundesminister für Arbeit  
und Sozialordnung

(Siegel)

Im Auftrag  
(gez. Kaiser)

Veröffentlicht im Bundesanzeiger Nr. 176 vom 20.09.1988.

**G e n e h m i g u n g**

Der vorstehende 1. Nachtrag zur Unfallverhütungsvorschrift „**Laserstrahlung**“ (**BGV B 2**) wird genehmigt.

Bonn, den 16. November 1992

Az.: III b 2 - 35 480 - 3 - (43) - 34 124 - 2

Der Bundesminister für Arbeit  
und Sozialordnung

Im Auftrag  
(gez. Irlenkaeuser)

(Siegel)

Veröffentlicht im Bundesanzeiger Nr. 244 vom 30. Dezember 1992.

**G e n e h m i g u n g**

Der vorstehende 2. Nachtrag zur Unfallverhütungsvorschrift „**Laserstrahlung**“ (**BGV B 2**) wird genehmigt.

Bonn, den 2. Dezember 1996

Az.: III b 2 - 34 120 - 1 - (31) - 34 124 - 2

Das Bundesministerium für Arbeit  
und Sozialordnung

Im Auftrag  
(gez. Streffer)

(Siegel)

Veröffentlicht im Bundesanzeiger Nr. 233 vom 12. Dezember 1996.

## B 2

### Anhang 1

#### Begriffsbestimmungen

Die folgenden Begriffsbestimmungen sind DIN EN 60 825-1 „Sicherheit von Laser-Einrichtungen, Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien“ entnommen, ausgenommen die Begriffe im Zusammenhang mit Instandhaltung, die 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:

**Bestrahlung:** Die Strahlungsenergie, welche auf ein Oberflächen-element trifft, geteilt durch den Flächeninhalt dieses Elements.

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

Einheit: Joule pro Quadratmeter,  $J \cdot m^{-2}$

**Bestrahlungsstärke:** Die Strahlungsleistung, die auf ein Oberflächen-element trifft, geteilt durch den Flächeninhalt dieses Elements.

$$\text{Symbol E} \quad E = \frac{d\Phi}{dA}$$

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

**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  $\alpha_{\min}$  ist. Beispiele sind der Blick auf bestimmte diffuse Reflexionen und auf bestimmte Anordnungen von Laserdioden.

**Dauerstrich-Laser (kontinuierlich strahlender Laser):** In dieser Unfallverhütungsvorschrift wird ein Laser, welcher über mehr als einen Zeitraum von 0,25 s andauernd strahlt, als Dauerstrichlaser betrachtet.

**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.

**Einwirkungsdauer:** Die Zeitdauer eines Impulses, einer Impulsfolge oder einer Daueremission von Laserstrahlung, welche auf den menschlichen Körper einfällt.

**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 instand gesetzt wird.

**Fernbedienbarer Verriegelungsanschluss:** Ein Steckverbinder, welcher es ermöglicht, externe Steuerelemente anzuschließen, die von anderen Komponenten der Lasereinrichtung getrennt aufgestellt sind.

**Gebündelter Strahl:** Ein „paralleles“ Strahlenbündel mit sehr geringer Winkeldivergenz oder -konvergenz.

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

**Größter Grenzwinkel ( $\alpha_{\max}$ ):** Der Wert der Winkelausdehnung der scheinbaren Quelle von dem ab die MZB- und GZS-Werte als unabhängig von der Größe der Strahlenquelle angesehen werden.

**Impulsdauer:** Das Zeitintervall zwischen den Halbwerten der Spitzenleistung der ansteigenden und abfallenden Flanke eines Impulses.

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

**Inspektion:** Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Istzustandes.

**Instandhaltung:** Gesamtheit der Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustandes sowie zur Feststellung und Beurteilung des Istzustandes.

**Instandsetzung:** Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes.

**Kleinster Grenzwinkel ( $\alpha_{\min}$ ):** Der Wert der Winkelausdehnung der scheinbaren Quelle, von der ab die Quelle als ausgedehnte Quelle angesehen wird. Die MZB- und GZS-Werte sind unabhängig von der Größe der Strahlenquelle für Winkelausdehnung, die kleiner als  $\alpha_{\min}$  sind.

## B 2

**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.

**Messblende:** Eine Öffnung, die dazu dient, die Fläche zu definieren, über welche Strahlung gemessen wird.

**Modenkopplung:** Ein 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 „selbständige Modenkopplung“ vorkommen. Die dabei auftretenden Spitzenleistungen können beträchtlich höher sein als die mittlere Leistung.

**Optische Dichte:** Logarithmus zur Basis 10 des Reziprokwertes des Transmissionsgrades.

Symbol D  $D = -\log_{10} T$

**Direkter Blick in den Strahl (Punktquellenbetrachtung):** Alle Sehbedingungen, unter denen das Auge der Laserstrahlung ausgesetzt ist, ausgenommen Betrachtung ausgedehnter Quellen. Beispiele sind der Blick in einen kollimierten Strahl und der Blick auf eine punktförmige Quelle.

**Reflexionsgrad:** Das Verhältnis der reflektierten Strahlungsleistung zur einfallenden Strahlungsleistung.

Symbol:  $\rho$

**Richtungsveränderliche Laserstrahlung (scanning):** Laserstrahlung, die bezüglich eines festen Bezugssystems eine mit der Zeit variierende Richtung, einen zeitlich veränderlichen Ursprungsort oder zeitlich veränderliche Ausbreitungsparameter hat.

**Scheinbare Quelle:** Das wirkliche oder scheinbare Objekt, das das kleinstmögliche Bild auf der Netzhaut erzeugt.

Anmerkung: Diese Definition wird benutzt, um den scheinbaren Ausgangspunkt der Laserstrahlung im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 1400 nm zu bestimmen, unter der Annahme, dass sich die scheinbare Quelle im Akkomodationsbereich des Auges ( $\geq 100$  mm) befindet. Im Grenzfall des ideal kollimierten Strahls, liegt die scheinbare Quelle im Unendlichen.

Die Definition der scheinbaren Quelle wird im erweiterten Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 4000 nm verwendet, da eine Bündelung durch übliche Linsen in diesem Bereich möglich sein könnte.

**Schutzabdeckung:** Eine Vorrichtung, die verhindert, dass Menschen Laserstrahlung ausgesetzt werden, ausgenommen die Fälle, in denen der Zugang für die vorgesehene Funktion der Anlage notwendig ist.

**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).

**Sicherheitsabstand (nominal ocular hazard distance – NOHD):** Die Entfernung, bei welcher die Bestrahlungsstärke oder die Bestrahlung gleich dem entsprechenden Grenzwert der maximal zulässigen Bestrahlung der Hornhaut des Auges (MZB) ist. Schließt man beim Sicherheitsabstand auch die Möglichkeit der Betrachtung mit optischen Hilfsmitteln ein, so wird vom „Erweiterten Sicherheitsabstand“ gesprochen.

**Sichtbare Strahlung (Licht):** Jede Strahlung, die direkte Lichtempfindungen im Auge hervorrufen kann.

*Anmerkung: In dieser Unfallverhütungsvorschrift bedeutet dies die elektromagnetische Strahlung, deren monochromatische Komponenten im Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 700 nm liegen.*

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

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

**Strahldurchmesser (Strahlbreite):** Der Strahldurchmesser  $d_0$  an einen Punkt im Raum ist der Durchmesser des kleinsten Kreises der  $u$  % der gesamten Strahlungsleistung (oder Energie) umfasst. In der Norm DIN EN 60 825-1 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.*

**Strahlungsenergie:** Zeitintegral der Strahlungsleistung über eine bestimmte Zeitdauer  $\Delta t$

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

Einheit: Joule, J

## B 2

**Strahlungsleistung:** Leistung, die in Form von Strahlung emittiert, übertragen oder empfangen wird

Symbol:  $\Phi$ , P       $\Phi = \frac{dQ}{dt}$

Einheit: Watt, W

Transmissionsgrad: Das Verhältnis der durchgelassenen Strahlungsleistung zur einfallenden Strahlungsleistung

Symbol:  $\tau$

**Wartung:** Maßnahmen zur Bewahrung des Sollzustandes.

**Winkelausdehnung ( $\alpha$ ):** Der Betrachtungswinkel, unter dem die scheinbare Quelle (einschließlich diffuser Reflexion) dem Auge des Beobachters oder vom Messpunkt erscheint (siehe auch „größter Grenzwinkel“ oder „kleinster Grenzwinkel“).

**Zugängliche Strahlung:** Laserstrahlung, die in der Lage ist, einen Teil des menschlichen Körpers zu treffen und zu gefährden. Die Strahlung kann entweder durch eine Öffnung, durch Ablenkung mittels eines Reflektors oder durch einen Lichtleiter austreten. Die Exposition kann auch durch Hineinbringen von Teilen des Körpers durch Öffnungen im Gehäuse erfolgen oder im gestörten Betrieb der Lasereinrichtung auftreten.

## **Anhang 2**

Der Anhang 2 ist sachlich übernommen aus Abschnitt 13 DIN EN 60 825-1 „Sicherheit von Laser-Einrichtungen; Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien“.

### **Maximal zulässige Bestrahlung (MZB)**

#### **1 Allgemeine Bemerkungen**

Die Werte für die maximal zulässige Bestrahlung sind in den Tabellen III und IV für die Benutzer so festgelegt, dass sie unterhalb der bekannten Gefahrenpegel liegen. Sie basieren auf den besten zur Verfügung stehenden Informationen aus experimentellen Studien. Die MZB-Werte sind als Richtwerte bei der Kontrolle von Bestrahlungen anzusehen; sie stellen keine präzise definierte Abgrenzung zwischen sicheren und gefährlichen Pegeln dar. Wenn ein Laser Strahlung bei einigen sehr unterschiedlichen Wellenlängen emittiert oder wenn einer kontinuierlichen Strahlung Impulse überlagert sind, können die Berechnungen der Gefährdung komplex sein.

Bei Einwirkungen mehrerer Wellenlängen ist ein additiver Effekt auf einer proportionalen Basis der spektralen Wirksamkeit entsprechend den MZB-Werten von Tabelle III oder IV anzunehmen, wenn

- a) die Impulsbreite oder Einwirkungszeit von der gleichen Größenordnung sind  
und
- b) die Spektralbereiche in Tabelle I – 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.

## B 2

**Tabelle I:** Additivität der Wirkungen am Auge (a) und an der Haut (h) in verschiedenen spektralen Bereichen.

Spektralbereich	UC-C und UV-B 180 nm bis 315 nm	UV-A 315 nm bis 400 nm	Sichtbares 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 bis 315 nm	a h			
UV-A 315 bis 400 nm		a h	h	a h
Sichtbar und IR-A 400 bis 1400 nm		h	a h	h
IR-B und IR-C 1400 bis $10^6$ nm		a h	h	a h

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 Impulsdauer 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 Punktquellen beschränken sich in den meisten Fällen auf das Betrachten von diffusen Reflexionen, obwohl sie in manchen Fällen auch auf Laser-Anordnungen oder ausgedehnte Quellen bei diffusen Laserstrahlaustritten angewendet werden könnten.

Für Laser-Strahlung aus ausgedehnten Quellen (z. B. Beobachten von diffusen Reflexionen) im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 1400 nm können die MZB-Werte für den direkten Blick in den Strahl um den Faktor  $C_\delta$  erhöht werden, unter der Voraussetzung, dass die Winkelausdehnung  $\alpha$  der Quelle (gemessen vom Auge des Betrachters) größer als  $\alpha_{\min}$  ist.

Hierbei sind

$$\begin{aligned}\alpha_{\min} &= 1,5 \text{ mrad} && \text{für } t < 0,7 \text{ s} \\ \alpha_{\min} &= 2 t^{3/4} \text{ mrad} && \text{für } 0,7 \text{ s} \leq t \leq 10 \text{ s} \\ \alpha_{\min} &= 11 \text{ mrad} && \text{für } t \geq 10 \text{ s}\end{aligned}$$

Der Korrekturfaktor  $C_6$  wird berechnet durch:

$$\begin{aligned}C_6 &= 1 && \text{für } \alpha \leq \alpha_{\min} \\ C_6 &= \alpha / \alpha_{\min} && \text{für } \alpha_{\min} < \alpha \leq \alpha_{\max} \\ C_6 &= \alpha_{\max} / \alpha_{\min} && \text{für } \alpha > \alpha_{\max} \\ \alpha_{\max} &= 0,1 \text{ rad}\end{aligned}$$

### 3 Wiederholt gepulste oder modulierte Laser

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

Der MZB-Wert für Wellenlängen von  $400 \text{ nm} \leq \lambda < 10^6 \text{ nm}$  wird durch Anwendungen derjenigen nachfolgenden Forderungen a), b) und c) bestimmt, die die größte Einschränkung darstellt. Für andere Wellenlängen wird der MZB-Wert durch die Anwendung derjenigen nachfolgenden Forderungen a) und b) bestimmt, die die größte Einschränkung darstellt:

- Die Bestrahlung durch jeden Einzelimpuls einer Impulsfolge darf nicht den MZB-Wert für einen Einzelimpuls überschreiten,
- die mittlere Bestrahlungsstärke für eine Impulsfolge der Dauer T darf nicht den MZB-Wert (Tabelle III, IV) für einen einzelnen Impuls der Dauer T übersteigen,
- die Bestrahlung durch jeden einzelnen Impuls in der Impulsfolge darf die MZB des Einzelimpulses multipliziert mit dem Korrekturfaktor  $C_5$  nicht übersteigen.

$$\text{MZB}_{\text{Impulsfolge}} = \text{MZB}_{\text{Einzelimpuls}} \times C_5^*)$$

\*)  $C_5$  ist nur anwendbar für Impulsdauern kürzer 0,25 s

## B 2

Dabei bedeuten:

$MZB_{\text{Impulsfolge}}$  = MZB für jeden Einzelimpuls in der Folge

$MZB_{\text{Einzelimpuls}}$  = MZB für einen Einzelimpuls

$C_5$  =  $N^{-1/4}$

$N$  = Anzahl der Impulse während der Bestrahlung

In manchen Fällen könnte dieser Wert unter den MZB-Wert fallen, der für kontinuierliche Bestrahlung gelten würde. Unter diesen Umständen wird der MZB-Wert für kontinuierliche Bestrahlung angewendet.

### 4 Grenzblenden, Messblenden, Messbedingungen

4.1 Für alle Messungen und Berechnungen der MZB-Werte für Augen- oder Hautbestrahlung ist eine geeignete Blende, die so genannte Grenzblende 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 Durchmesser sind in der folgenden Tabelle II angegeben.

Für die Bestrahlung durch wiederholt gepulste Laser im Wellenlängenbereich zwischen 1400 nm und  $10^5$  nm wird die 1-mm-Blende für die Bestimmung der Gefährdung aus einem einzelnen Puls verwendet; dagegen wird die 3,5-mm-Blende zur Bestimmung der maximal zulässigen Bestrahlung für Bestrahlungen länger als 3 s verwendet.

**Tabelle II:** Durchmesser für Messblenden zur Messung von Bestrahlungsstärke und Bestrahlung

Wellenlängenbereich	Einwirkungszeit	Durchmesser der Messblende für	
		Auge	Haut
nm	s	mm	mm
180 bis 400	$t \leq 3 \cdot 10^4$	1	1
400 bis 1400	$t \leq 3 \cdot 10^4$	7	3,5
1400 bis $10^5$	$t \leq 3$	1	1
1400 bis $10^5$	$t > 3$	3,5	3,5
$10^5$ bis $10^6$	$t \leq 3 \cdot 10^4$	11	11

*Anmerkung: Die MZB-Werte für Augen-Bestrahlung mit Strahlung im sichtbaren oder nahen Infrarotbereich sind über eine 7-mm-Blende (Pupille) gemessen. Der MZB-Wert darf nicht angepasst werden, um kleinere Pupillendurchmesser zu berücksichtigen.*

4.2 Die folgenden **Messbedingungen** müssen angewendet werden, um die tatsächliche Bestrahlung zu bestimmen.

4.2.1 Die Werte der Bestrahlungsstärke und der Bestrahlung müssen über eine kreisförmige Messblende entsprechend den Grenzblenden der Tabelle II gemittelt werden. Im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 1400 nm muss ein minimaler Messabstand von 100 mm von der scheinbaren Quelle benutzt werden.

4.2.2 Für die Messung der Bestrahlungsstärke oder der Bestrahlung, die ausgehen von scheinbaren Quellen mit einer Winkelausdehnung  $\alpha$  größer als  $\alpha_{\min}$  im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 1400 nm, ist eine runde Messblende mit einem Durchmesser von 7 mm und ein effektiver Aufnahmewinkel  $\alpha$  zur Bestimmung der MZB-Werte anzuwenden. Ist jedoch  $\alpha > \alpha_{\max}$ , so muss der Aufnahmewinkel  $\alpha_{\max}$  verwendet werden.

Falls die scheinbare Quelle aus mehreren Punkten besteht oder eine Linienquelle mit einer Winkelausdehnung größer als  $\alpha_{\min}$  darstellt und im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 1400 nm liegt, sind Messungen oder Berechnungen durchzuführen, um sicherzustellen, dass die Bestrahlung weder die MZB-Werte für jeden möglichen Winkel  $\alpha$  überschreitet, der von jeder Teilfläche gebildet wird, wobei  $\alpha_{\min} \leq \alpha \leq \alpha_{\max}$  ist, noch die MZB-Werte für die gesamte Quelle bei einem Aufnahmewinkel von höchstens  $\alpha_{\max}$ .

Für die Berechnung des MZB-Wertes, der als Bestrahlungsstärke oder Bestrahlung angegeben ist, wird der Wert des Aufnahmewinkels einer Linienquelle durch die kleinste Abmessung der Quelle bestimmt.

4.3 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).

## **B 2**

### **5 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.



## B 2

**Tabelle IV:** Maximal zulässige Bestrahlung (MZB) für die Einwirkung von Laserstrahlung auf die Haut <sup>1) 2)</sup>

Wellenlänge $\lambda$ , nm	Emissionsdauer $t$ , s	$< 10^{-9}$	$10^{-9}$ bis $10^{-7}$	$10^{-7}$ bis 10	10 bis $10^3$	$10^3$ bis $3 \times 10^4$
180 bis 302,5		$30 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$				
302,5 bis 315		$C_2 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} (t > T_{11})$				
315 bis 400		$C_1 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} (t < T_{11})$				
400 bis 700		$200 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$1,1 \times 10^4 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
700 bis 1400		$2 \times 10^{11} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$200 C_4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$1,1 \times 10^4 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$2000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$2000 C_4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
1400 bis $10^6$		$2 \times 10^{11} C_4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$100 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5600 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$2000 C_4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2,3)}$

<sup>1)</sup> Für Korrekturfaktoren und Einheiten siehe „Anmerkungen zu den Tabellen I bis IV.“  
<sup>2)</sup> Es gibt nur wenig Erfahrung über die Wirkung bei Bestrahlungsdauern unter  $10^{-9}$  s. Die MZB-Werte für diese Bestrahlungsdauern wurden abgeleitet von der Bestrahlung bei  $10^{-9}$  s.  
<sup>3)</sup> Für bestrahlte Hautflächen größer als  $0,1 \text{ m}^2$  wird der MZB-Wert  $100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  verringert. Zwischen  $0,01 \text{ m}^2$  und  $0,1 \text{ m}^2$  verändert sich der MZB-Wert umgekehrt proportional zur bestrahlten Hautfläche.

**Hinweise zu den Tabellen III und IV**

1. Es gibt nur ein begrenztes Wissen über Effekte von Bestrahlungszeiten, die kleiner sind als  $10^{-9}$ s. Die MZB-Werte für diese Bestrahlungszeiten 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  $T_1$  und  $T_2$ , die in den Tabellen III und IV verwendet werden, sind durch die folgenden Beziehungen definiert (siehe Tabelle V) und in den Bildern 1 bis 11 dargestellt.
3. In den Formeln in den Tabellen III und V muss die Wellenlänge  $\lambda$  in nm und die Einwirkungsdauer  $t$  in s eingesetzt werden.

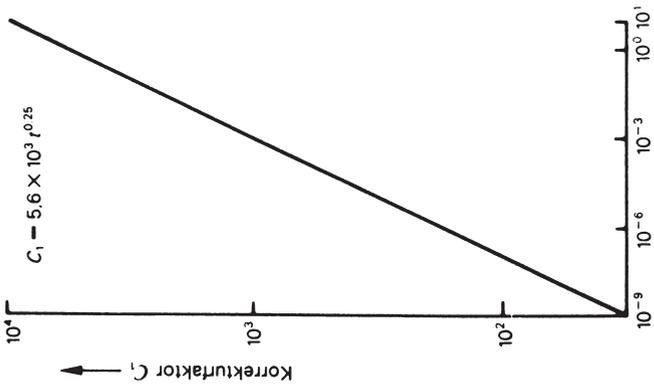
**Tabelle V:** Definition der Korrekturfaktoren

Parameter	Wellenlängenbereich/nm	Bilder
$C_1 = 5,6 \times 10^3 t^{0,25}$	302,5 bis 400	1
$T_1 = 10^{0,8 (\lambda-295)} \times 10^{-15}$ s	302,5 bis 315	2
$C_2 = 10^{0,2 (\lambda-295)}$	302,5 bis 315	3
$T_2 = 10 \times 10^{0,02 (\lambda-550)}$ s	550 bis 700	4
$C_3 = 10^{0,015 (\lambda-550)}$	550 bis 700	5
$C_4 = 10^{0,002 (\lambda-700)}$	700 bis 1050	6
$C_4 = 5,0$	1050 bis 1400	6*
$C_5 = N^{-1/4^{**}}$	400 bis $10^6$	–
$C_6 = 1,0$ für $\alpha \leq \alpha$	400 bis 1400	–
$C_6 = \alpha / \alpha_{\min}$ für $\alpha_{\min} \leq \alpha \leq \alpha_{\max}$	400 bis 1400	–
$C_6 = \alpha_{\max} / \alpha_{\min}$ für $\alpha > \alpha_{\max}$	400 bis 1400	–
$C_7 = 1,0$	1050 bis 1150	8
$C_7 = 10^{0,018 (\lambda-1150)}$	1150 bis 1200	8
$C_7 = 8$	1200 bis 1400	8

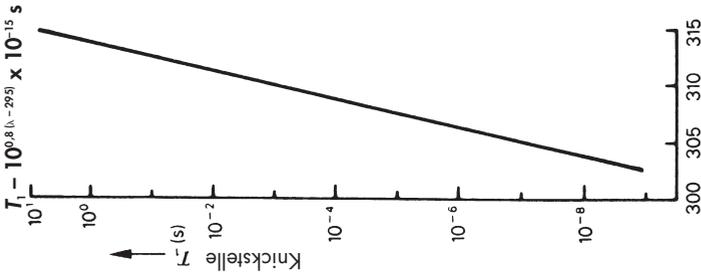
\* Siehe MZB-Werte für die Haut

\*\*  $C_5$  ist nur für Impulsdauern kürzer 0,25 s anwendbar

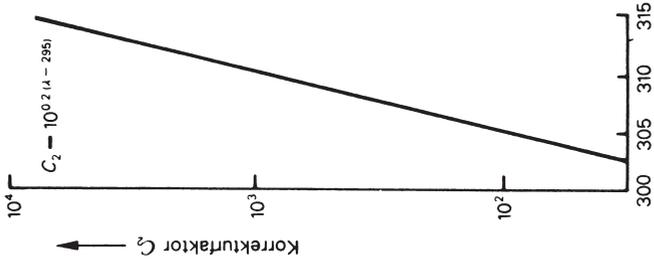
# B 2



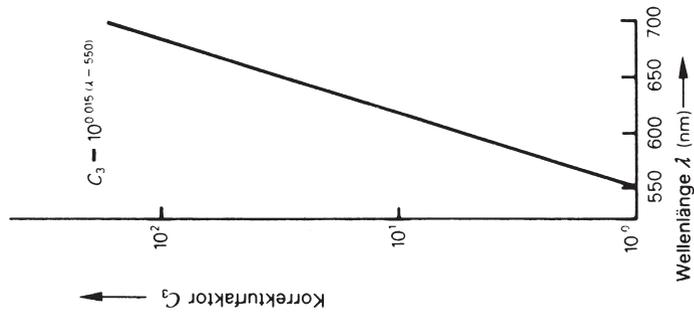
**Bild 1:** Korrekturfaktor  $C_1$   
 für Emissionsdauern  
 von  $10^{-9}$  s bis 10 s



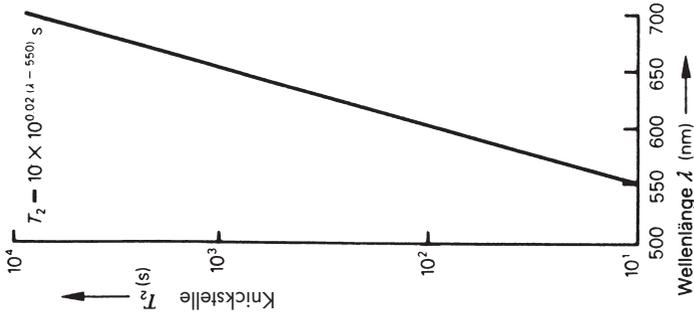
**Bild 2:** Knickstelle  $T_1$   
 für  $\lambda = 302,5$  nm bis  
 315 nm



**Bild 3:** Korrekturfaktor  $C_2$   
 für  $\lambda = 302,5$  nm bis  
 315 nm

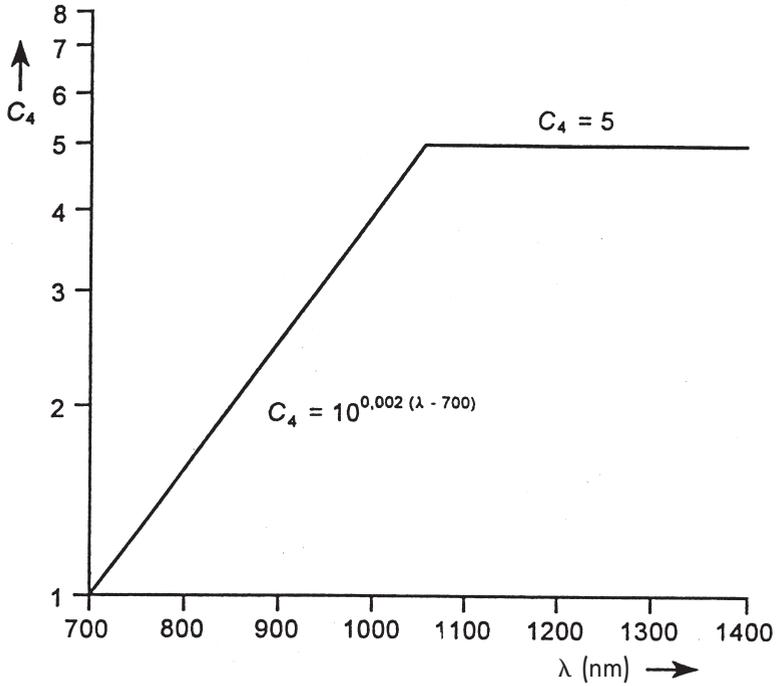


**Bild 5:** Korrekturfaktor  $C_3$  für  $\lambda = 550$  nm bis 700 nm

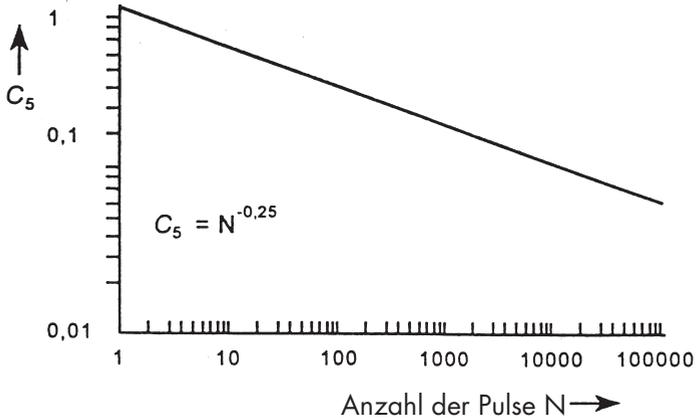


**Bild 4:** Knickstelle  $T_2$  für  $\lambda = 550$  nm bis 700 nm

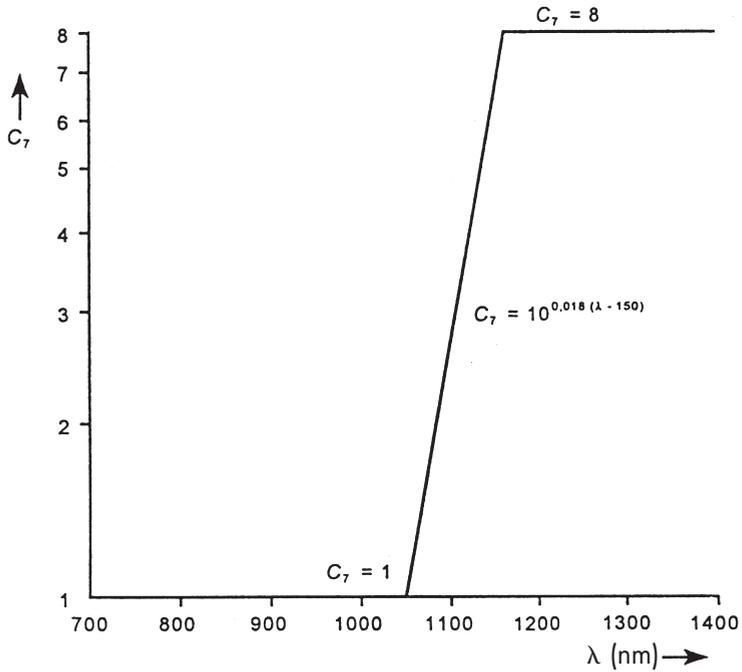
## B 2



**Bild 6:** Korrekturfaktor  $C_4$  für  $\lambda = 700$  nm bis 1400 nm

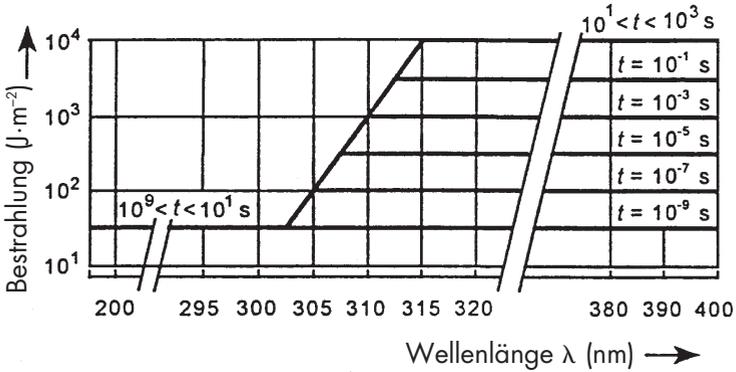


**Bild 7:** Korrekturfaktor  $C_5$  für  $N$  (Anzahl der Pulse) dargestellt zwischen 1 und 100 000

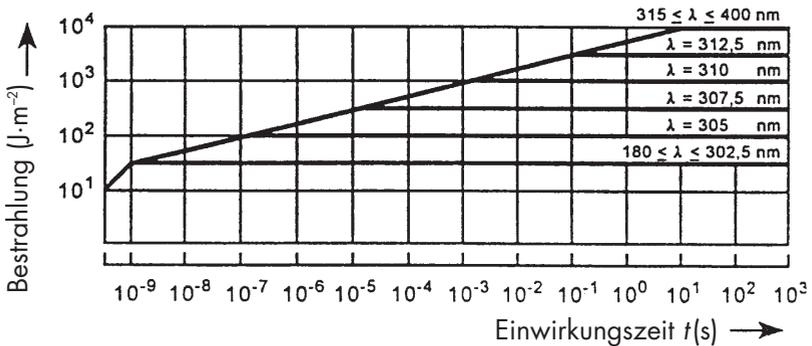


**Bild 8:** Korrekturfaktor  $C_7$  für  $\lambda = 1050$  nm bis 1400 nm

## B 2

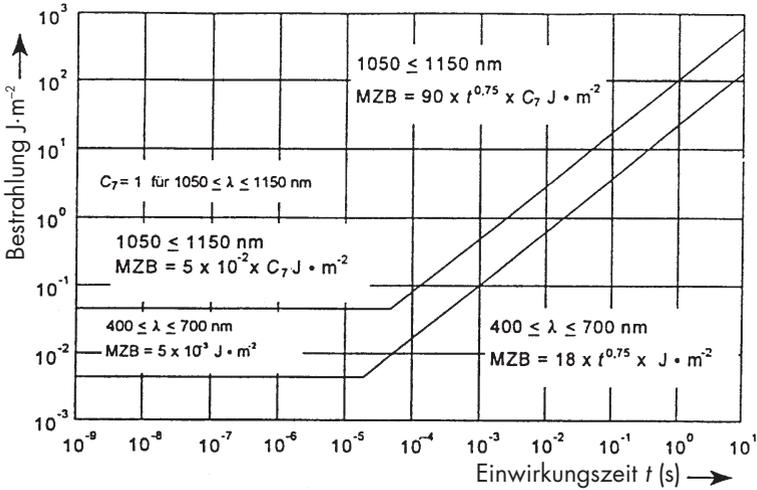


**Bild 9a:** MZB für direkte Bestrahlung des Auges durch UV-Strahlung bei ausgewählten Emissionsdauern von  $10^{-9}$  bis  $10^3 \text{ s}$

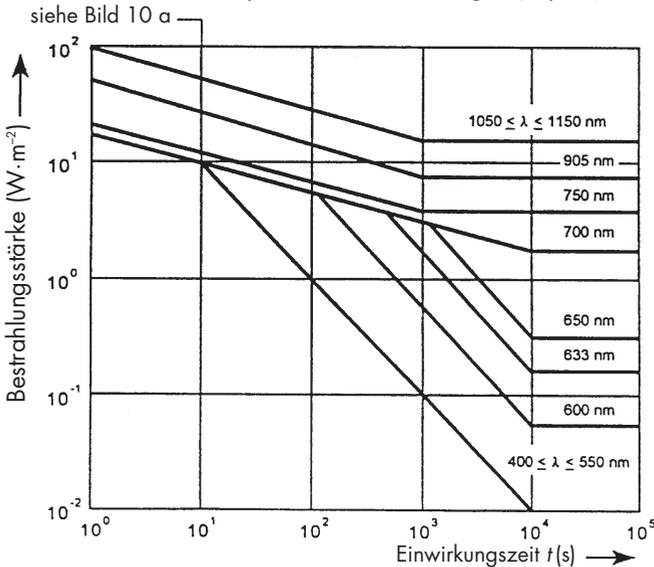


**Bild 9b:** MZB für direkte Bestrahlung des Auges durch UV-Strahlung für Expositionsdauern bei ausgewählten Wellenlängen

siehe Bild 10 b

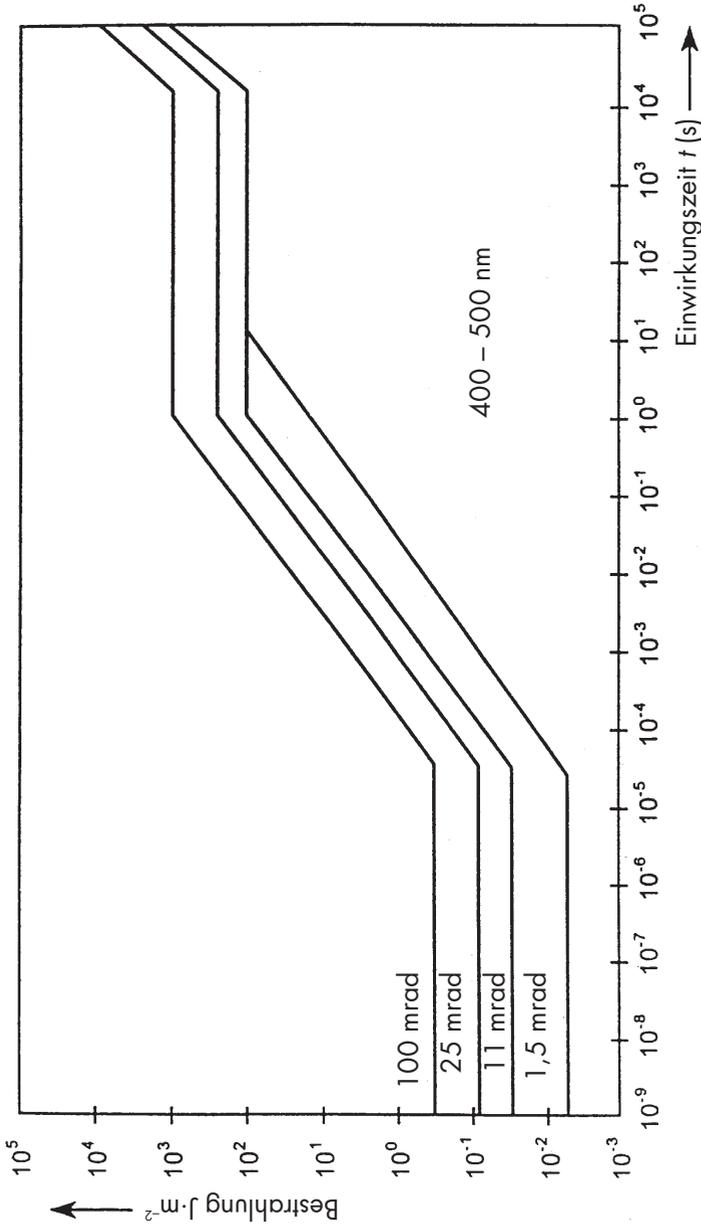


**Bild 10a:** MZB für direkte Bestrahlung des Auges ( $C_6 = 1$ ) durch sichtbare ( $400 \text{ nm} \leq \lambda < 700 \text{ nm}$ ) und ausgewählte Infrarot-Strahlung ( $1050 \text{ nm} \leq \lambda < 1150 \text{ nm}$ ), direkter Blick in den Strahl, für Einzelimpulse oder Bestrahlungen (Expositionen)



**Bild 10b:** MZB für direkte Bestrahlung des Auges ( $C_6 = 1$ ) für Expositionsdauern über 1 s für ausgewählte Wellenlängen zwischen 400 nm und 1150 nm

B 2



**Bild 11:** MZB für Bestrahlung des Auges ( $\lambda = 400$  nm bis 550 nm) direkte Bestrahlung mit Einzelimpulsen und für Dauerstrich-Bestrahlungen mit ausgewählten Winkelausdehnungen der Quelle

### **Anhang 3**

#### **Anforderungen an die Inhalte von anerkannten Kursen zur Ausbildung von Laserschutzbeauftragten**

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

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.

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.

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

- Theorie ( $\frac{1}{3}$ )
- praktische Anwendung ( $\frac{1}{3}$ )
- Lasersicherheit ( $\frac{1}{3}$ )

Der Umfang für den Seminarblock „Lasersicherheit“ sollte sechs Lehreinheiten umfassen. Als Mindestumfang für diesen Seminarblock werden vier Lehreinheiten für erforderlich angesehen.

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

## **B 2**

- Sicherheitseinrichtungen, -vorkehrungen und Warneinrichtungen
- Laserschutzbrillen
- Lasersicherheitsvorschriften und -bestimmungen
- Auswirkungen der Verordnung über die Sicherheit medizinisch-technischer Geräte (Medizingeräteverordnung – MedGV) 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“
- Verordnung über die Sicherheit medizinisch-technischer Geräte (Medizingeräteverordnung – MedGV) (nur bei medizinischen Anwendungen).

## Anhang 4A

Der Anhang 4A ist sachlich übernommen aus DIN EN 207 „Persönlicher Augenschutz; Filter und Augenschutz gegen Laserstrahlung (Laserschutzbrillen)“.

### Empfehlung für die Verwendung von Laserschutzbrillen

Dieser Anhang gibt Empfehlungen für die Auswahl von Laserschutzbrillen entsprechend dem Lasertyp und den Einsatzbedingungen.

#### 1 Laserarten

Hinsichtlich ihrer Betriebsdauer bzw. Impulslänge kann man verschiedene Laserarten unterscheiden. Die Grenzen zwischen den einzelnen Laserarten sind weder durch physikalische noch durch biologische Faktoren scharf zu ziehen und daher nur als Richtwerte anzusehen.

#### 2 Bestimmung der Schutzstufe

##### 2.1 Allgemeines

Bei den folgenden Berechnungen der Leistungs- oder Energiedichte ist der tatsächliche Strahldurchmesser (kleinster Kreis, der 63 % der Laserleistung bzw. -energie enthält) zu verwenden. Bei nicht kreisförmigen Querschnitten ist analog zu verfahren und das kleinste Rechteck zu verwenden, das 63 % der Laserleistung bzw. -energie enthält.

Bei divergenter Laserstrahlung, z. B. von Lichtwellenleiterenden oder Diodenlasern, kann der Strahldurchmesser in 10 cm Abstand vom Divergenzpunkt den Berechnungen der Leistungs- bzw. Energiedichte zugrunde gelegt werden.

##### 2.2 Dauerstrichlaser (D)

Die Leistungsdichte  $E$  des Laserstrahls errechnet sich aus der Laserleistung  $P$  und dem Strahlquerschnitt (bzw. der Grenzfläche)  $A$  wie folgt:

$$E = \frac{P}{A}$$

Anschließend kann die erforderliche Schutzstufe aus der Spalte D von Tabelle VI, die der Wellenlänge des Lasers entspricht, entnommen werden.

## B 2

### 2.3 Gepulste Laser (I und R)

Die Energiedichte  $H$  des Laserstrahls errechnet sich aus der Impulsenergie  $Q$  und dem Strahlquerschnitt (bzw. der Grenzfläche)  $A$  wie folgt:

$$H = \frac{Q}{A}$$

Für Laser im Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 1400 nm ist die Energiedichte  $H$  zusätzlich wie folgt zu korrigieren:

Ist die Impulswiederholfrequenz des Lasers  $\nu$  (in Hertz), dann ist die Gesamtzahl  $N$  der Impulse innerhalb der betrachteten Zeitbasis von 10 s

$$N = 10s \cdot \nu$$

Dann ist der Wert für die errechnete Energiedichte mit  $N^{1/4}$  zu multiplizieren:

$$H' = H \cdot N^{1/4}$$

Anschließend kann für  $H'$  die erforderliche Schutzstufe aus der Wellenlänge und Art des Lasers entsprechenden Spalte I, R (Tabelle VI) entnommen werden. Ferner ist für alle Impulsfolgen die mittlere Bestrahlungsstärke zu berechnen und eine Berechnung nach Abschnitt 2.2 durchzuführen. Ergibt sich dabei eine höhere Schutzstufe, ist diese zu verwenden.

### 2.4 Modengekoppelte Laser (M)

Die Berechnung kann wie unter Abschnitt 2.2 erfolgen, als Laserleistung  $P$  verwendet man die Spitzenleistung in den Einzelimpulsen. Ferner ist wie in Abschnitt 2.3 für Laser im Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 1400 nm  $H'$  zu berechnen und anschließend die erforderliche Schutzstufe abzulesen.

## 3 Zeitbasis

Die Laserschutzbrillen nach Tabelle VI sind nicht für dauernden Blick in einen Laserstrahl geeignet. Der Schutz ist im Hinblick auf die Transmission (Abschwächung des Laserstrahls) für Wellenlängen im Wellenlängenbereich über 400 nm auf 10 s, sonst auf 30 000 s angelegt. Die Beständigkeit gegen Laserstrahlung wird in beiden Fällen für 10 s geprüft.

Möchte ein Anwender in Sonderfällen auch für Wellenlängen > 400 nm eine Zeitbasis zugrunde legen, die größer als 10 s ist, so muss er unter Beachtung der zulässigen Grenzwerte in DIN EN 60 825-1 entsprechend höhere Schutzstufen auswählen.

# B 2

**Tabelle VI:** Schutzstufen und Verwendung der Laserschutzfilter bzw. Laserbrillen

Schutzstufe	Maximale Energie- bzw. Leistungsdichte im Wellenlängenbereich										
	180 nm bis 315 nm			über 315 nm bis 1400 nm				über 1400 nm bis 1000 µm			
	für die Laserbetriebsart / Betriebsdauer in s										
Maximaler spektraler Transmissionsgrad bei den Laserwellenlängen $\tau(\lambda)$	D	I, R	M	D	I, R	M	D	I, R	D	I, R	M
	$\geq 3 \cdot 10^4$ E W/m <sup>2</sup>	$10^{-9}$ bis $3 \cdot 10^4$ H J/m <sup>2</sup>	$< 10^{-9}$ E W/m <sup>2</sup>	$> 5 - 10^4$ E W/m <sup>2</sup>	$10^{-9}$ bis $5 \cdot 10^{-4}$ H J/m <sup>2</sup>	$< 10^{-9}$ E W/m <sup>2</sup>	$> 0,1$ E W/m <sup>2</sup>	$10^{-9}$ bis 0,1 H J/m <sup>2</sup>	$> 0,1$ E W/m <sup>2</sup>	$10^{-9}$ bis 0,1 H J/m <sup>2</sup>	$< 10^{-9}$ E W/m <sup>2</sup>
L 1	$10^{-1}$	$3 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^{11}$	$10^2$	0,05	$5 \cdot 10^7$	$10^4$	$10^3$	$10^4$	$10^3$	$10^{12}$
L 2	$10^{-2}$	$3 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^{12}$	$10^3$	0,5	$5 \cdot 10^8$	$10^5$	$10^4$	$10^5$	$10^4$	$10^{13}$
L 3	$10^{-3}$	$3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^{13}$	$10^4$	5	$5 \cdot 10^9$	$10^6$	$10^5$	$10^6$	$10^5$	$10^{14}$
L 4	$10^{-4}$	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^{14}$	$10^5$	50	$5 \cdot 10^{10}$	$10^7$	$10^6$	$10^7$	$10^6$	$10^{15}$
L 5	$10^{-5}$	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^{15}$	$10^6$	$5 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^{11}$	$10^8$	$10^7$	$10^8$	$10^7$	$10^{16}$
L 6	$10^{-6}$	$3 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^{16}$	$10^7$	$5 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^{12}$	$10^9$	$10^8$	$10^9$	$10^8$	$10^{17}$
L 7	$10^{-7}$	$3 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^{17}$	$10^8$	$5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^{13}$	$10^{10}$	$10^9$	$10^{10}$	$10^9$	$10^{18}$
L 8	$10^{-8}$	$3 \cdot 10^9$	$3 \cdot 10^{18}$	$10^9$	$5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^{14}$	$10^{11}$	$10^{10}$	$10^{11}$	$10^{10}$	$10^{19}$
L 9	$10^{-9}$	$3 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^{19}$	$10^{10}$	$5 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^{15}$	$10^{12}$	$10^{11}$	$10^{12}$	$10^{11}$	$10^{20}$
L 10	$10^{-10}$	$3 \cdot 10^{11}$	$3 \cdot 10^{20}$	$10^{11}$	$5 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^{16}$	$10^{13}$	$10^{12}$	$10^{13}$	$10^{12}$	$10^{21}$

Die Bedeutung der Symbole D, I, R und M kann den Abschnitten 2.2 bis 2.4 entnommen werden.

## Anhang 4B

Der Anhang 4B ist sachlich übernommen aus DIN EN 208 „Persönlicher Augenschutz; Brillen für Justierarbeiten an Lasern und Laseraufbauten (Laser-Justierbrillen)“.

### Empfehlung für die Verwendung von Laser-Justierbrillen

Laser-Justierbrillen werden für Justierarbeiten an Lasern im sichtbaren Spektralbereich zwischen 400 nm und 700 nm benutzt, bei denen man den Strahlverlauf sehen muss. Dies erlauben Brillen nach DIN EN 207 im Allgemeinen nicht. Laser-Justierbrillen dürfen jedoch nicht für einen bewussten Blick in den Laserstrahl verwendet werden. Für einen besseren Schutz bei derartigen Gefährdungen muss man Schutzbrillen benutzen, die den Anforderungen von DIN EN 207 entsprechen.

Bei Benutzung von Laser-Justierbrillen ist das Auge, ähnlich wie bei Lasern der Klasse 2 (1 mW für Dauerstrichlaser), nur dann gegen Schäden aufgrund eines zufälligen, direkten Blicks in den Strahl geschützt, wenn sich das Lid innerhalb von 0,25 s schließt (Lidschlussreflex). Wird dieser Reflex unterdrückt oder ist er verzögert (medizinische Behandlung, Krankheit), ist dieser Schutz nicht mehr gewährleistet. Ist ein längerer Blick in den Strahl möglich, sind Filter nach DIN EN 207 zu verwenden.

#### 1 Dauerstrichlaser

Die bestimmungsgemäße Verwendung der Laser-Justierbrillen bei Dauerstrichlasern fasst die 2. Spalte von Tabelle VII zusammen. Die angegebene Leistung bzw. Energie bezieht sich dabei auf Durchmesser des Laserbündels von maximal 7 mm. Ist das Laserbündel wesentlich größer, so kann bei der Auswahl der Bruchteil der Leistung zugrunde gelegt werden, der durch eine 7-mm-Blende fallen würde.

**Tabelle VII:** Verwendung von Laser-Justierbrillen

Schutzstufe	Maximale momentane Laserleistung für Dauerstrichlaser W	Maximale Energie für Impulslaser J
R 1	0,01	$2 \cdot 10^{-6}$
R 2	0,1	$2 \cdot 10^{-5}$
R 3	1	$2 \cdot 10^{-4}$
R 4	10	$2 \cdot 10^{-3}$
R 5	100	$2 \cdot 10^{-2}$

## B 2

Die Verwendung einer Laser-Justierbrille höherer Schutzstufen, als nach Tabelle VII erforderlich, verringert die Helligkeit der diffusen Streubilder. Deshalb wird empfohlen, die Laser-Justierbrillen sorgfältig nach dieser Tabelle auszuwählen.

### 2 **Gepulste Laser**

#### 2.1 **Allgemeines**

Für gepulste und quasikontinuierliche Laser fordert DIN EN 60 825-1, dass für Zeiten unter 0,25 s die Grenzwerte der Klasse 1 eingehalten werden. Die bestimmungsgemäße Verwendung von Laser-Justierbrillen bei Impulslasern mit Impulsdauern größer als  $2 \cdot 10^{-4}$  s fasst die 3. Spalte von Tabelle VII zusammen.

#### 2.2 **Langsame Impulsfolgen (Frequenz unter $0,1 \text{ s}^{-1}$ )**

Für langsame Impulsfolgen und Impulslängen zwischen  $10^{-9}$  und  $2 \cdot 10^{-4}$  s können die Filter nach Spalte 3 von Tabelle VII ausgewählt werden.

#### 2.3 **Laser im Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 700 nm**

Ist die Impulswiederholfrequenz des Lasers  $\nu$  (in Hertz), dann ist die Gesamtzahl  $N$  der Impulse innerhalb der betrachteten Zeitbasis von 10 s

$$N = 10 \text{ s} \cdot \nu.$$

Dann ist der Wert für die Energie  $Q$  mit  $N^{1/4}$  zu multiplizieren:

$$Q' = Q \cdot N^{1/4}$$

Anschließend kann für  $Q'$  die erforderliche Schutzstufe aus der entsprechenden Spalte aus Tabelle VII entnommen werden.

Ferner ist für alle Impulsfolgen die mittlere Leistung zu berechnen und die Schutzstufe aus Tabelle VII abzulesen. Ergibt sich dabei eine höhere Schutzstufe, so ist diese zu verwenden.

## Anhang 5

### Beispiele für die Kennzeichnung der Laserklassen (nach Abschnitt 5 DIN EN 60 825-1)

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

Nach Abschnitt 5.8 DIN EN 60 825-1 müssen 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 „EN 60 825-1:1994“ verwendet.

Die technischen Zusatzangaben werden wie folgt benutzt:

$E$	$W \cdot m^{-2}$	Bestrahlungsstärke
$F$	Hz	Impulswiederholfrequenz
$P_o$	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
$\lambda$	nm	Wellenlänge der Laserstrahlung

## B 2

### Laser Klasse 1

a) Zeitbasis 30 000 s



Hersteller darf bei Lasern der Klasse 1 oder statt dessen diesen Hinweis in die Benutzerinformation aufnehmen.

b) Zeitbasis 100 s



Lasereinrichtungen der Klassen 2 bis 4 müssen nach Abschnitt 5.8 EN 60 825-1 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.

**Laser Klasse 2**

oder

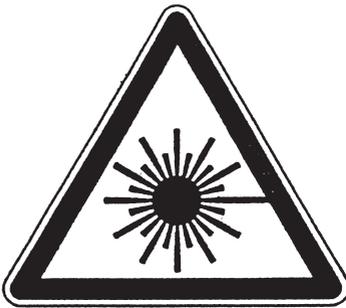


## B 2

### Laser der Klasse 3 A

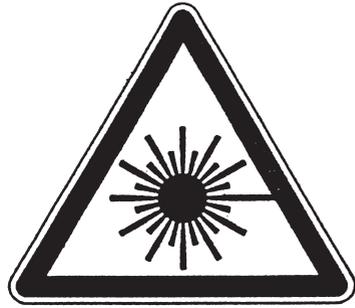
a) sichtbare Laserstrahlung  
(z. B. Dauerstrichlaser)

b) unsichtbare Laserstrahlung  
(z. B. Impulslaser)



LASERSTRAHLUNG  
NICHT IN DEN STRAHL BLICKEN  
AUCH NICHT MIT OPTISCHEN INSTRUMENTEN  
LASER KLASSE 3A  
NACH EN 60 825-1:94

$P_0 \leq 5 \text{ mW}$   
 $\lambda = 632,8 \text{ nm}$   
 $E \leq 25 \text{ W/m}^2$



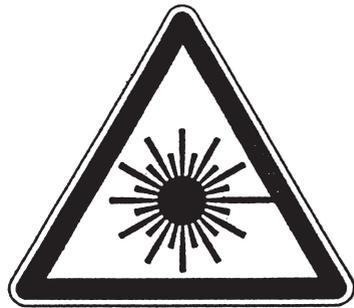
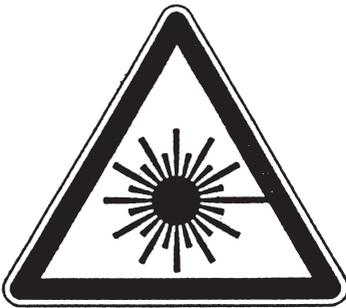
UNSICHTBARE LASERSTRAHLUNG  
NICHT IN DEN STRAHL BLICKEN  
AUCH NICHT MIT OPTISCHEN INSTRUMENTEN  
LASER KLASSE 3A  
NACH EN 60 825-1:94

$P_0 = \_\_\_\text{W}$   
 $P_p = \_\_\_\text{W}$   
 $f = \_\_\_\text{s}$   
 $F = \_\_\_\text{Hz}$   
 $\lambda = \_\_\_\text{nm}$

Laser der Klasse 3 B

a) sichtbare Laserstrahlung  
(z. B. Dauerstrichlaser)

b) unsichtbare Laserstrahlung  
(z. B. Impulslaser)



LASERSTRAHLUNG  
NICHT DEM STRAHL AUSSETZEN  
LASER KLASSE 3B  
NACH EN 60 825-1:94

UNSICHTBARE LASERSTRAHLUNG  
NICHT DEM STRAHL AUSSETZEN  
LASER KLASSE 3B  
NACH EN 60 825-1:94

$P_0 = \_\_ \text{W}$   
 $\lambda = \_\_ \text{nm}$

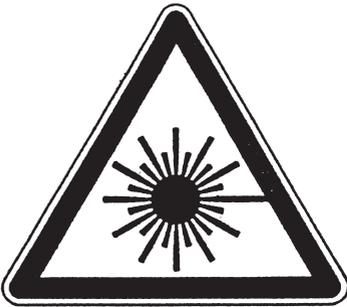
$P_0 = \_\_ \text{W}$   
 $P_p = \_\_ \text{W}$   
 $t = \_\_ \text{s}$   
 $F = \_\_ \text{Hz}$   
 $\lambda = \_\_ \text{nm}$

## B 2

### Laser der Klasse 4

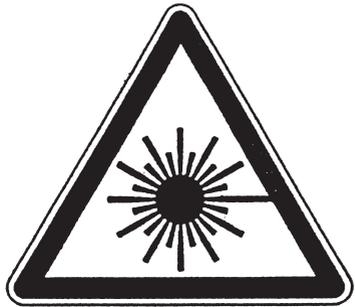
a) sichtbare Laserstrahlung  
(z. B. Dauerstrichlaser)

b) unsichtbare Laserstrahlung  
(z. B. Impulslaser)



LASERSTRAHLUNG  
BESTRAHLUNG VON AUGE ODER HAUT DURCH  
DIREKTE ODER STREUSTRALUNG VERMEIDEN  
LASER KLASSE 4  
NACH EN 60 825-1:94

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



UNSICHTBARE LASERSTRAHLUNG  
BESTRAHLUNG VON AUGE ODER HAUT DURCH  
DIREKTE ODER STREUSTRALUNG VERMEIDEN  
LASER KLASSE 4  
NACH EN 60 825-1:94

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

## **Anhang 6**

### **Bezugsquellenverzeichnis**

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

#### **1. Gesetze / Verordnungen**

Bezugsquelle: Buchhandel  
oder  
Carl Heymanns Verlag KG,  
Luxemburger Straße 449, 50939 Köln

#### **2. Unfallverhütungsvorschriften**

Bezugsquelle: Carl Heymanns Verlag KG,  
Luxemburger Straße 449, 50939 Köln

#### **3. Richtlinien, Sicherheitsregeln, Regeln, Grundsätze, Merkblätter und andere berufsgenossenschaftliche Schriften für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit**

Bezugsquelle: Carl Heymanns Verlag KG,  
Luxemburger Straße 449, 50939 Köln

##### **für Merkblatt „Disco-Laser“**

Bezugsquelle: Berufsgenossenschaft  
Nahrungsmittel und Gaststätten,  
Dynamostraße 7-9, 68165 Mannheim

#### **4. DIN-Normen**

Bezugsquelle: Beuth Verlag GmbH,  
Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin

#### **5. VDE Bestimmungen**

Bezugsquelle: VDE-Verlag GmbH,  
Bismarckstraße 33, 10625 Berlin

#### **6. Merkblatt „Lasengeräte in Diskotheken und bei Show-Veranstaltungen“ Nr. 00/12/55**

Bezugsquelle: Bayerisches Staatsministerium für Arbeit  
und Sozialordnung,  
Postfach 132, 80900 München

