

	Strahlungssicherheit von Laser-Einrichtungen, Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien (IEC 825:1984 + A1:1990, modifiziert) Deutsche Fassung EN 60825:1991	DIN EN 60825
VDE	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden.	Klassifikation VDE 0837
Radiation safety of laser products, equipment classification, requirements and user's guide (IEC 825:1984 + A1:1990, modified) German version EN 60825:1991 Sécurité du rayonnement des appareils laser, classification des matériels, prescriptions et guide de l'utilisateur (CEI 825:1984 + A1:1990, modifié) Version allemande EN 60825:1991 Die Europäische Norm EN 60825:1991 hat den Status einer Deutschen Norm. Beginn der Gültigkeit Die EN 60825 gilt seit 15. März 1991. DIN Norm-Entwürfe waren veröffentlicht als DIN VDE 0837 Teil 100/10.88 und DIN VDE 0837 Teil 100 A1/06.91. Nationales Vorwort Diese Norm enthält die Deutsche Fassung der Europäischen Norm EN 60825:1991. Diese Norm wurde im IEC TC 76 „Laser equipment“ erarbeitet und durch Umfrage in den CENELEC-Mitgliedsländern modifiziert und vom CENELEC/TC 76 „Laser equipment“ in dieser Form verabschiedet. Sie wurde vom BT/CENELEC im März 1991 ratifiziert. Fortsetzung Seite 2 und 63 Seiten EN-Schriftstück Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)		

Im Normtext sind die ursprüngliche IEC 825:1984, das IEC 825 Amendment 1:1990 und gemeinsame CENELEC-Abänderungen in einer eingearbeiteten Form dargestellt. Durch das Amendment 1 wurden bei IEC für die Klassen 3A und 3B mit Leistung kleiner als 5mal dem Grenzwert der Klasse 2 im Wellenlängenbereich 400 bis 700 nm Erleichterungen der Anforderungen festgeschrieben. Durch die gemeinsamen CENELEC-Abänderungen wurden im wesentlichen redaktionelle Verbesserungen und Klarstellungen vorgenommen.

Bei IEC sind bereits weitere Änderungen zur IEC 825 in Arbeit. So soll z. B. in Zukunft auf eine Kennzeichnung der ungefährlichen Laser Klasse 1 ganz verzichtet werden. Die Grenzwerte für ausgedehnte Quellen sollen verschärft werden. Der Anwendungsbereich der IEC 825 soll in Zukunft bei im wesentlichen gleichen Text auch für LEDs gelten. Die bisherige Publikation IEC 820:1986 soll durch ein Schriftstück abgelöst werden, das auch Aussagen zur Sicherheit vor mechanischen und chemischen Gefahren beinhaltet. für die elektrische Sicherheit wird darin auf IEC 1010-1:1990 verwiesen.

Der Zusammenhang zwischen den in dieser Norm zitierten IEC/ISO-Publikationen und den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben:

IEC 27-1:1971	siehe DIN 1304 Teil 1
IEC 550(845):1987	–
ISO 1000:1981	siehe DIN 1301 Teil 1 DIN 1301 Teil 2

Zitierte Normen

–in der Deutschen Fassung:

IEC 27-1:1971	Letter symbols to be used in electrical technology. Part 1: General
IEC 50 (845):1987	International electrotechnical vocabulary; chapter 845: lighting
ISO 1000:1981	SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units

– in den nationalen Zusätzen:

IEC 820:1986	Electrical safety of laser equipment and installations
IEC 1010-1:1990	Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use; Part 1: General requirements
DIN 1301 Teil 1	Einheiten, Einheitennamen, Einheitenzeichen
DIN 1301 Teil 2	Einheiten; Allgemein angewendete Teile und Vielfache
DIN 1304 Teil 1	Formelzeichen; Allgemeine Formelzeichen

Internationale Patentklassifikation

H 01 S
A 61 N 005/06
B 23 K 026/00
A 61 B 017/36
A 61 C 001/08
H 04 B 010/12
G 12 B 017/04
G 01 J 001/00

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 60825

September 1991

DK: 621.375.826:620.1:614.8

Deskriptoren: Lasergeräte, Strahlungssicherheit, Geräteklassifizierung, Anforderungen, Richtlinien für den Benutzer

Deutsche Fassung

**Strahlungssicherheit von Laser-Einrichtungen,
Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen
und Benutzer-Richtlinien
(IEC 825:1984 + A1:1990, modifiziert)**

Radiation safety of laser products,
equipment classification, requirements
and user's guide
(IEC 825:1984 + A1:1990, modified)

Sécurité du rayonnement des
appareils laser, classification des matériels,
prescriptions et guide de l'utilisateur
(CEI 825:1984 + A1:1990, modifié)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 15. März 1991 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European
Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart, 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Vorschlag, die internationale Norm IEC 825:1984 und die zugehörige Änderung 1:1990 nach dem einstufigen Annahmeverfahren anzunehmen wurde im September 1989 den CENELEC-Mitgliedsländern vorgelegt. Die Ergebnisse wurden dem Technischen Büro auf seiner 64. Sitzung vorgelegt. Sie wurden an das Berichter-Sekretariat SR 76 weitergeleitet, um einen Vorschlag für gemeinsame Abänderungen vorzubereiten. Dieser Vorschlag wurde im August 1990 den CENELEC-Mitgliedsländern zur zweiten Abstimmung vorgelegt.

Die Bezugsschriftstücke wurden zusammen mit den gemeinsamen Abänderungen als EN 60825 am 15. März 1991 ratifiziert.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum der Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm(dop): 01. 03. 1992
- spätestes Datum für die Zurückziehung entgegenstehender nationaler Normen(dow): 01. 03. 1992

Für Produkte, die vor dem 01. März 1992 die Anforderungen der entsprechenden nationalen Norm erfüllt haben, wie durch den Hersteller oder eine Zertifizierungsstelle nachgewiesen wurde, darf diese frühere nationale Norm noch bis zum 01. 03. 1997 für die Produktion angewendet werden.

Anhänge, die als „normativ“ gekennzeichnet sind, sind Bestandteil der Norm. In dieser Norm ist dies der Anhang ZA.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 825:1984 und deren Änderung 1:1990, durch zwei senkrechte Linien am linken Seitenrand gekennzeichnet, wurde von CENELEC als Europäische Norm genehmigt mit vereinbarten gemeinsamen Abänderungen, die im Text durch eine senkrechte Linie am Seitenrand gekennzeichnet sind.

Inhalt

Seite

Abschnitt

Hauptabschnitte eins: Allgemeines

1	Anwendungsbereich	5
2	Zweck	5
3	Begriffe	5

Hauptabschnitt zwei: Anforderungen für die Herstellung

4	Konstruktions-Merkmale	11
4.1	Allgemeine Bemerkungen	11
4.2	Schutzgehäuse	11
4.3	Abdeckplatten von Schutzgehäusen und Sicherheitsverriegelungen	12
4.4	Steckverbinder für fernbediente Sicherheitsverriegelung	12
4.5	Schlüsselschalter	12
4.6	Emissions-Warneinrichtung	12
4.7	Strahlfänger oder -abschwächer	13
4.8	Steuer- und Bedieneinrichtungen	13
4.9	Beobachtungsoptiken	13
4.10	Sicherheitsvorrichtungen bei richtungsveränderlicher Strahlung	13
5	Beschilderung	13
5.1	Allgemeines	13
5.2	Klasse 1	13
5.3	Klasse 2	13
5.4	Klasse 3A	14
5.5	Klasse 3B	14
5.6	Klasse 4	14
5.7	Schild an der Strahlaustrittsöffnung	14
5.8	Kennzeichnung der abgegebenen Strahlung und der Norm	14
5.9	Schilder für Abdeckungen	14
5.10	Warnung vor unsichtbarer Laserstrahlung	15
5.11	Warnung vor sichtbarer Laserstrahlung	15
6	Weitere erforderliche Angaben	15
6.1	Information für den Benutzer	15
6.2	Kauf- und Service-Unterlagen	15
7	Zusätzliche Anforderungen an besondere Laser-Einrichtungen	16
7.1	Laser-Einrichtungen für medizinische Zwecke	16
7.2	Laser-Lichtleiter-Übertragungssysteme	16
8	Prüfungen	16
8.1	Allgemeines	16
8.2	Messungen der Laserstrahlung zur Klassifizierung	16
9	Klassifizierung	17
9.1	Einführung	17
9.2	Beschreibung von Laser-Klassen	18
9.3	Vorgehensweise bei der Klassifizierung	18
9.4	Wiederholt gepulste oder modulierte Laser	19

Hauptabschnitt drei: Richtlinien für den Benutzer

10	Sicherheitsvorkehrungen	23
10.1	Allgemeines	23
10.2	Benutzung des Steckverbinders für fernbediente Sicherheitsverriegelung	23
10.3	Schlüsselschalter	23
10.4	Strahlfänger oder -abschwächer	23
10.5	Warnzeichen	23
10.6	Strahlwege	23
10.7	Spiegelnde Reflexion	24
10.8	Augenschutz	24
10.9	Schutzkleidung	25
10.10	Ausbildung	25
10.11	Medizinische Überwachung	25

11	Gefahren, die mit dem Betrieb von Lasern verbunden sein können	25
11.1	Luftverschmutzung	25
11.2	Gefahren durch Begleitstrahlung	25
11.3	Elektrische Gefahren	25
11.4	Kühlmittel	26
11.5	Andere Gefahrenquellen	26
12	Vorgehensweise zur Abwendung von Gefahren	26
12.1	Allgemeines	26
12.2	Gefahrenabschätzung bei Lasern der Klasse 3B und Klasse 4 bei Benutzung im Freien	26
12.3	Persönliche Schutzvorkehrungen	26
12.4	Laser-Einrichtungen für Vorführzwecke, Anzeigezwecke und Ausstellungen	27
12.5	Laser-Einrichtungen in Labors und Arbeitsstätten	27
12.6	Laser-Einrichtungen auf Baustellen und zur Benutzung im Freien	28
13	Maximal zulässige Bestrahlung	29
13.1	Allgemeine Bemerkungen	29
13.2	Grenzblenden	29
13.3	Wiederholt gepulste oder modulierte Laser	29
13.4	Meßbedingungen	30
Bilder		34-42
Anhang A	Berechnungsbeispiele	43
Anhang B	Medizinische Betrachtungen	52
Anhang C	Literaturverzeichnis	58
Anhang D	Zusammenfassende Tabellen	59
Anhang ZA	(normativ)	63

Strahlungssicherheit von Laser-Einrichtungen, Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien

Hauptabschnitt eins – Allgemeines

1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist auf die von Laser-Einrichtungen ausgehende Strahlung anzuwenden. Zur Erleichterung wurde diese Norm in drei getrennte Hauptabschnitte gegliedert: Hauptabschnitt 1 (Allgemeines) und die Anhänge (für alle Beteiligten von Interesse); Hauptabschnitt 2 (Anforderungen an die Herstellung); und Hauptabschnitt 3 (Richtlinien für den Benutzer)¹⁾. Die Anforderungen an die elektrische Sicherheit sind in der Norm IEC 820 *oder in einer anderen zutreffenden IEC Norm festgelegt*.

Eine Laser-Einrichtung darf aus einem einzigen Laser – mit oder ohne getrenntem Versorgungsgerät – bestehen oder darf einen oder mehrere Laser in einem komplexen optischen, elektrischen oder mechanischen System umfassen. Laser-Einrichtungen werden typischerweise zur Demonstration physikalischer und optischer Erscheinungen, zur Materialbearbeitung, zum Lesen von Daten und deren Speicherung, zur Übertragung und Anzeige von Informationen usw. eingesetzt. Solche Systeme werden in der Industrie, im kaufmännischen Bereich, im Unterhaltungssektor, in der Forschung, Ausbildung und in der Medizin benutzt. Laser-Einrichtungen, die an andere Hersteller als Komponenten für beliebige Systeme zum Weiterverkauf geliefert werden, sind nicht Gegenstand dieser Norm, weil das Endprodukt selbst Gegenstand dieser Norm sein wird.

Die MZB-Werte (maximal zulässige Bestrahlung) dieser Norm wurden für Laserstrahlung festgelegt und schließen Begleitstrahlung nicht ein. Die MZB-Werte gelten nicht für Patienten, die zum Zweck medizinischer Behandlung der Laserstrahlung ausgesetzt werden.

ANMERKUNG: Die Anhänge A bis D sind zur allgemeinen Anleitung und Erläuterung zahlreicher typischer Fälle aufgenommen worden. Die Anhänge dürfen nicht als endgültig oder vollständig betrachtet werden, und es sollte stets auf die entsprechenden Abschnitte in den Hauptabschnitten 1 bis 3 Bezug genommen werden.

2 Zweck

2.1 Der Schutz von Personen vor Laserstrahlung im Wellenlängenbereich von 180 nm bis 1 mm²⁾ durch Angabe sicherer Arbeitsgrenzwerte für Laserstrahlung und durch Einführung eines auf den Grad der Gefährdung bezogenen Klassifizierungsschemas für Laser-Einrichtungen.

2.2 Anforderungen an Benutzer und Hersteller festzuschreiben, Vorgehensweisen festzulegen und Angaben zu liefern, damit angemessene Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden können.

2.3 Sicherstellung der angemessenen Warnung von Personen durch Zeichen, Aufschriften und Anweisungen über die Gefährdungen, die mit der zugänglichen Strahlung von Laser-Einrichtungen verbunden sind.

2.4 Die Herabsetzung der Verletzungsmöglichkeiten durch Verringerung von unnötiger zugänglicher Strahlung und durch verbesserte Kontrolle der Laserstrahlung, durch Schutzvorrichtungen und Vorsorge für sichere Benutzung durch Angabe von Kontrollmaßnahmen für den Benutzer.

3 Begriffe³⁾

Für die Zwecke dieser Norm gelten die folgenden Begriffe:

3.1 Abdeckung

Ein Teil des Schutzgehäuses oder einer Umschließung, der den Zugang zu Laserstrahlung ermöglicht, wenn er abgenommen oder verschoben wird.

3.2 Grenzwerte der zugänglichen Strahlung (GZS)

Der Maximalwert zugänglicher Strahlung, der innerhalb einer bestimmten Klasse zugelassen ist (en AEL: Accessible emission limit).

1) In einigen Ländern bestehen von dieser Norm abweichende Anforderungen. Daher sollte bezüglich dieser Anforderungen Verbindung mit den zuständigen nationalen Stellen aufgenommen werden.

2) In dieser Norm bedeutet ein Wellenlängenbereich von λ_1 bis λ_2 den Bereich $\lambda_1 \leq \lambda < \lambda_2$ (z. B. 180 nm bis 1 mm bedeutet 180 nm $\lambda < 1$ mm).

3) Angeordnet in der alphabetischen Reihenfolge der englischen Begriffe. Abweichungen von IEC-Publikation 50(845) (1987) Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch (IEV), Kapitel 845: Lighting (Beleuchtung), sind beabsichtigt und angegeben.

3.3 Organisatorische Sicherheitsmaßnahmen

Sicherheitsmaßnahmen nicht konstruktiver Art, wie z. B. Schlüsselberechtigung, Sicherheitsschulung des Personals, Warnhinweise, Betriebsvorbereitungsabläufe (count down) und bereichsbezogene Sicherheitskontrollen.

3.4 Vermessungslaser

Eine Laser-Einrichtung, die zu einem der folgenden Zwecke konstruiert, hergestellt, vorgesehen oder in diesem Sinne vorgeschlagen wird:

- a) Bestimmen oder Zeichnen der Form, der Ausdehnung oder Lage eines Punktes, eines Körpers oder einer Fläche durch Winkelmessungen,
- b) Positionieren oder Justieren von Teilen in richtige Beziehung zueinander,
- c) Festlegen einer Ebene, eines Niveaus, einer Höhe oder einer geraden Linie.

3.5 Alpha min ($\alpha_{\min}$)

Siehe Grenzwinkel (Abschnitt 3.39).

3.6 Austrittsöffnung, Meßblende

Eine Austrittsöffnung ist jede Öffnung im Schutzgehäuse oder einer anderen Umschließung einer Laser-Einrichtung, durch die Laserstrahlung austritt, wodurch die Strahlung für Personen zugänglich wird.

Eine Meßblende ist eine Öffnung, die dazu dient, die Fläche zu definieren, über die die Strahlung gemessen wird.

3.7 Scheinbare Quelle

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

Man beachte, daß diese Definition benutzt wird, um den scheinbaren Ursprung der Laserstrahlung im Wellenlängenbereich von 400 bis 1 400 nm zu bestimmen, unter der Annahme, daß sich die scheinbare Quelle im Akkomodationsbereich des Auges (≥ 100 mm) befindet. Im Grenzfall verschwindender Divergenz, d. h. im Fall des ideal kollimierten Strahls, liegt die scheinbare Quelle im Unendlichen.

3.8 Strahldivergenz (Gaußsches Strahlenbündel)

Zur Abschätzung der Gefährdung durch Strahlung ist dies der Flächenwinkel des mittleren Strahlenkegels, der in jedem Querschnitt 63 % der gesamten Strahlungsleistung (oder -energie) umfaßt. Der Durchmesser des Kreises in jedem Querschnitt ist der Strahldurchmesser an diesem Punkt. Der Kreis ist die Trennung der Punkte, wo die Leistungs-(oder Energie-)dichte auf $1/e$ ihres zentralen Spitzenwertes fällt. Sind die Strahldurchmesser d_1 und d_2 in Metern an den Stellen die x Meter auseinanderliegen, dann errechnet sich die Strahldivergenz in Radianten aus:

$$\frac{(d_2 - d_1)}{x}$$

3.9 Strahlaufweiter

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

3.10 Laser-Einrichtung der Klasse 1

Jede Laser-Einrichtung, deren zugängliche Strahlung die Grenzwerte (GZS) der Klasse 1 für die zutreffenden Wellenlängen und Emissionsdauern nicht überschreitet (siehe Abschnitt 9.2).

3.11 Laser-Einrichtung der Klasse 2

Jede Laser-Einrichtung, deren

- a) zugängliche Strahlung die Grenzwerte (GZS) der Klasse 1 übersteigt, aber im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm die Grenzwerte (GZS) der Klasse 2 nicht überschreitet.
- b) zugängliche Strahlung die Grenzwerte (GZS) für Klasse 1 bei anderen Wellenlängen nicht überschreitet (siehe Abschnitt 9.2).

3.12 Laser-Einrichtung der Klassen 3A und 3B

Jede Laser-Einrichtung, deren zugängliche Strahlung die Grenzwerte (GZS) der Klasse 1 bzw. Klasse 2 übersteigt, aber deren zugängliche Strahlung die Grenzwerte (GZS) der Klasse 3A bzw. Klasse 3B für beliebige Emissionsdauern und Wellenlängen nicht überschreitet (siehe Abschnitt 9.2).

3.13 Laser-Einrichtung der Klasse 4

Jede Laser-Einrichtung, deren zugängliche Strahlung die Grenzwerte (GZS) der Klasse 3B übersteigt (siehe Abschnitt 9.2).

3.14 Begleitstrahlung

Jede elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich zwischen 180 nm und 1 mm, mit Ausnahme von Laserstrahlung, die von Laser-Einrichtungen als Ergebnis oder aufgrund physikalischer Notwendigkeit für den Betrieb eines Lasers ausgeht.

3.15 Gebündelter Strahl

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

3.16 Dauerstrich-Laser (engl. continuous wave: CW)

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

3.17 Laser-Einrichtungen für Vorführzwecke

Jede Laser-Einrichtung, die zum Zwecke der Vorführung, Unterhaltung, Werbung, Anzeige oder der künstlerischen Darstellung hergestellt, konstruiert oder vorgesehen ist, oder die für diesen Zweck vorgeschlagen wird. Der Begriff „Laser-Einrichtungen für Vorführzwecke“ ist nicht anwendbar auf Laser-Einrichtungen, die für andere Anwendungen konstruiert oder vorgesehen sind, obwohl sie zur Vorführung dieser Anwendung benutzt werden können.

3.18 Diffuse Reflexion

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

ANMERKUNG: Diese Definition ist abweichend von IEC 845-04-47.

3.19 Gekapselte Laser-Einrichtung

Im Sinne dieser Norm eine Laser-Einrichtung, die aufgrund von Konstruktionsmerkmalen, die die zugängliche Strahlung begrenzen, einer niedrigeren Klasse zugeordnet ist, als es den eigentlichen Werten des eingebauten Lasers entspricht.

3.20 Emissionsdauer

Die Dauer eines Impulses, einer Impulsfolge oder des Dauerbetriebes, in der der Zugang zu Laserstrahlung möglich ist, wenn die Laser-Einrichtung betrieben, gewartet oder instandgesetzt wird.

3.21 Einwirkungsdauer

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

3.22 Blick auf 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 Grenzwinkel $\alpha_{\min}$ ist.

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

3.23 Ausfallsicher

Die Konstruktionsmaßnahme, bei der das Versagen eines Bauteils die Gefährdung nicht erhöht. Im gestörten Betrieb muß die Einrichtung abgeschaltet werden oder ungefährlich bleiben.

3.24 Sicherheitsverriegelung (ausfallsicher)

Verriegelung, die im gestörten Betrieb die beabsichtigte Wirkung nicht aufhebt, z. B. eine Verriegelung, die zwangsläufig in die AUS-Stellung geht, sobald eine klappbare Abdeckung sich zu öffnen beginnt oder bevor eine abnehmbare Abdeckung entfernt worden ist und die zwangsläufig in der AUS-Stellung gehalten wird, bis die klappbare Abdeckung geschlossen oder die abnehmbare Abdeckung in der geschlossenen Stellung verriegelt ist.

3.25 Zugängliche Strahlung (Human access)

Laserstrahlung, die in der Lage ist, einen Teil des menschlichen Körpers zu treffen und zu gefährden. Diese Strahlung kann entweder durch eine Blende, infolge Ablenkung mittels eines Reflektors bzw. eines Lichtleiters austreten. Die Bestrahlung kann auch durch Hineinbringen von Teilen des Körpers durch Öffnungen im Gehäuse oder im Fall eines einfachen Fehlers der Laser-Einrichtung entstehen.

3.26 Zeitliches Integral der Strahldichte

Das Integral der Strahldichte über eine gegebene Einwirkungsdauer, ausgedrückt als Strahlungsenergie je strahlende Oberfläche und je Raumwinkel der Strahlung (üblicherweise angegeben in $\text{J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$).

3.27 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.

3.28 Bestrahlungsstärke

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

|| Formelzeichen: E $E = \frac{d\Phi}{dA}$

SI Einheit: Watt je Quadratmeter ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)

3.29 Laser

|| Jedes Gerät, das dazu benutzt werden kann, elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von 180 nm bis 1 mm, primär durch den Vorgang der kontrollierten stimulierten Emission zu erzeugen oder zu verstärken.

ANMERKUNG: Diese Definition ist abweichend von IEC 845-04-39

3.30 Laser-Überwachungsbereich

Ein Bereich, in dem das Betreten und die Tätigkeit von Personen zum Zwecke des Schutzes vor Laserstrahlungsgefährdung überwacht und kontrolliert wird.

3.31 Laser-Energieversorgung

Jedes Gerät, das in Verbindung mit einem Laser dafür vorgesehen ist, die Energie für die Anregung von Elektronen, Ionen oder Molekülen zu liefern. Allgemeine Energiequellen, wie elektrische Netzversorgung oder Batterien, sind keine Laser-Energieversorgung im Sinne dieser Norm.

3.32 Laser-Gefahrenbereich

Siehe Laserbereich (NOHA) (Abschnitt 3.46).

3.33 Laser-Lichtleiter-Übertragungssystem

Ein System, das aus einer oder mehreren Laserquellen und einem zugehörigen optischen Faserkabel besteht.

3.34 Laser-Einrichtung

Jede Einrichtung oder jede Zusammenstellung von Bauteilen, die einen Laser oder ein Lasersystem darstellen, enthalten oder später enthalten sollen, die nicht an einen anderen Hersteller zur Nutzung als Bauteil (oder als Ersatz eines solchen Bauteils) einer Einrichtung verkauft werden.

3.35 Laserstrahlung

|| Jede elektromagnetische Strahlung zwischen 180 nm und 1 mm, die von einer Laser-Einrichtung emittiert wird und als Ergebnis kontrollierter stimulierter Emission entsteht.

3.36 Laserschutzbeauftragter

Eine Person, die das Fachwissen hat, Gefährdungen durch Laser abzuschätzen und zu beherrschen, sowie die Verantwortung für die Überwachung der Schutzmaßnahmen gegen Lasergefährdung trägt.

3.37 Lasersystem

Ein Laser in Kombination mit einer passenden Laser-Energieversorgung, mit oder ohne weitere eingebaute Bauteile.

3.38 Nivellier-Laser

Siehe Vermessungslaser (Abschnitt 3.4).

3.39 Grenzwinkel ($\alpha_{\min}$)

|| Der Sehwinkel, unter dem die scheinbare Quelle (einschließlich diffuser Reflexionen) dem Auge des Betrachters erscheint. Er wird benutzt, um zwischen dem direkten Blick in den Strahl und dem Blick auf eine ausgedehnte Quelle zu unterscheiden. Siehe Bild 8 und Abschnitt 9.3 e). Dieses Konzept wird in Hauptabschnitt B des Anhangs A erläutert.

3.40 Grenzblende (Grenzapertur)

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

3.41 Wartung

Die Durchführung jener Justierungen oder Vorgänge, die in den vom Hersteller mit der Laser-Einrichtung gelieferten Informationen für den Benutzer beschrieben sind und vom Benutzer ausgeführt werden, um die vorgesehene Funktion der Einrichtung sicherzustellen. Betrieb oder Service sind darin nicht enthalten.

3.42 Maximale Ausgangsstrahlung

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

3.43 Maximal zulässige Bestrahlung (MZB) (Maximum permissible exposure (MPE))

Der Grenzwert von Laserstrahlung, dem Personen unter üblichen Umständen ausgesetzt werden dürfen, ohne daß schädliche Folgen eintreten. Die MZB-Werte stellen die maximalen Grenzwerte dar, denen das Auge oder die Haut ausgesetzt werden können, ohne daß damit Verletzungen unmittelbar oder nach einer langen Zeit verbunden sind. Die MZB ist verknüpft mit: der Wellenlänge der Strahlung, der Impulsdauer oder der Einwirkdauer, der Art der exponierten Organe und der Größe des Bildes auf der Netzhaut, bei Strahlung im sichtbaren und im nahen Infrarot-Bereich (400 bis 1 400 nm). Die MZB-Werte sind in Abschnitt 13 (entsprechend dem derzeitigen Erkenntnisstand) angegeben. Anhang A gibt Beispiele für die Berechnung von MZB-Werten.

3.44 Laser-Einrichtungen für medizinische Zwecke

Jede Laser-Einrichtung, die zu dem Zweck der diagnostischen, chirurgischen oder therapeutischen Laserbestrahlung von Teilen des menschlichen Körpers in vivo hergestellt oder konstruiert, oder deren Einsatz für diesen Zweck beabsichtigt oder vorgeschlagen wird.

3.45 Modenkopplung

Ein Mechanismus oder eine Erscheinung innerhalb eines Laserresonators, der zur Erzeugung einer Folge 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.

3.46 Laserbereich (Nominal Ocular Hazard Area: NOHA)

Der Bereich, in dem die Bestrahlungsstärke oder die Bestrahlung die geltende maximal zulässige Bestrahlung der Hornhaut des Auges (MZB) übertreffen, einschließlich der Möglichkeit einer zufälligen Ablenkung des Laserstrahles. Schließt man die Möglichkeit der Betrachtung mittels optischer Hilfsmittel ein, so wird der entsprechende Bereich „erweiterter Laserbereich“ genannt.

3.47 Sicherheitsabstand (Nominal Ocular Hazard Distance: NOHD)

Die Entfernung, bei der 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.

3.48 Normalbetrieb

Der Betrieb einer Laser-Einrichtung im gesamten vorgesehenen Funktionsbereich. Wartung und Service sind darin nicht enthalten.

3.49 Optische Dichte

Briggscher Logarithmus der reziproken Wertes des Transmissionsgrades (IEV 845-04-66).

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

3.50 Schutzabdeckung

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

3.51 Schutzgehäuse

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

3.52 Impulsdauer

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

3.53 Impulslaser

Ein Laser, der seine Energie in Form eines Einzelimpulses oder einer Impulsfolge abgibt. In dieser Norm ist die Dauer eines Impulses kleiner als 0,25 s.

3.54 Strahldichte

Die Strahlungsleistung je Flächeneinheit der strahlenden Oberfläche und je Raumwinkel der Strahlung.

Formelzeichen: L
$$L = \frac{d^2\Phi}{d\Omega \cdot dA \cdot \cos\theta}$$

SI-Einheit: Watt je Quadratmeter und Steradian ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$)

ANMERKUNG: Diese Definition ist eine vereinfachte Abwandlung der IEV 845-01-34, die für Zwecke dieser Norm ausreichend ist. In Zweifelsfällen gilt die IEV-Definition.

3.55 Strahlungsenergie

Zeitintegral der Strahlungsleistung über eine bestimmte Zeitdauer Δt (IEV 845-01-27).

Formelzeichen: Q
$$Q = \int_{\Delta t} \Phi \, dt$$

SI-Einheit: Joule (J)

3.56 Bestrahlung

An einem Punkt der Oberfläche der Quotient aus Strahlungsenergie, die auf ein Flächenelement trifft, das diesen Punkt enthält und der Fläche dieses Elements (üblicherweise $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$)

Formelzeichen: H
$$H = \frac{dQ}{dA} = \int E \, dt$$

SI-Einheit: Joule je Quadratmeter ($\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$)

3.57 Strahlungsleistung

In Form von Strahlung ausgesandte, durchgelassene oder empfangene Leistung (IEV 845-01-24).

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

SI-Einheit: Watt (W)

3.58 Reflexionsgrad

Verhältnis der zurückgeworfenen Strahlungsleistung zur auffallenden Strahlungsleistung unter gegebenen Bedingungen (IEV 845-04-58).

Formelzeichen: ρ

SI-Einheit: 1

3.59 Steckverbinder für fernbediente Sicherheitsverriegelung

Ein Steckverbinder, der es ermöglicht, externe Steuerelemente abzuschließen, die von anderen Bauteilen der Laser-Einrichtung getrennt aufgestellt sind (siehe Abschnitt 4.4).

3.60 Sicherheitsverriegelung

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

3.61 Richtungsveränderliche Laserstrahlung

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

3.62 Service

Die Durchführung der Tätigkeiten oder Justierarbeiten, die in den Service-Unterlagen des Herstellers beschrieben sind, die in irgendeiner Art die Leistungsfähigkeit der Einrichtung beeinflussen können. Wartung und Betrieb der Einrichtung sind darin nicht eingeschlossen.

3.63 Service-Verbindung

Eine Zugangsstelle in einem Laser-Lichtleiter-Übertragungssystem, die für den Service vorgesehen ist und zu deren Trennung ein Werkzeug benötigt wird.

3.64 Service-Abdeckung

Eine Abdeckplatte, die beim Service entfernt oder verschoben wird.

3.65 Spiegelnde Reflexion

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

3.66 Positionierlaser

Siehe Vermessungslaser (Abschnitt 3.4)

3.67 Werkzeug

Beinhaltet einen Schraubendreher, eine Münze oder einen anderen Gegenstand, der benutzt werden kann, um eine Schraube oder ähnliche Befestigungsmittel zu betätigen.

3.68 Transmissionsgrad

Verhältnis der durchgelassenen Strahlungsleistung zur auffallenden Strahlungsleistung unter gegebenen Bedingungen (IEV 845-04-59).

Formelzeichen: τ

SI-Einheit: 1

3.69 Sichtbare Strahlung: Licht

Jede optische Strahlung, die unmittelbar eine Gesichtsempfindung hervorzurufen vermag (IEV 845-01-03).

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

Hauptabschnitt zwei: Anforderungen für die Herstellung

4 Konstruktions-Merkmale

4.1 Allgemeine Bemerkungen

Laser-Einrichtungen benötigen, abhängig von der Klasse, der sie vom Hersteller zugeordnet worden sind, bestimmte eingebaute Sicherheitseinrichtungen. Die Anforderungen für diese sind in den Abschnitten 4.2 bis 4.10 niedergelegt. Der Hersteller hat sicherzustellen, daß diejenigen Personen, die für die Klassifizierung der Laser-Einrichtungen und Systeme verantwortlich sind, die Kenntnisse besitzen, die für das Verständnis der Zusammenhänge des Klassifizierungs-Schemas notwendig sind.

4.1.1 Modifizierung

Für den Fall, daß die Modifizierung einer im Rahmen dieser Norm bereits klassifizierten Laser-Einrichtung in irgendeiner Hinsicht die Daten oder die vorgesehene Funktionsweise der Einrichtung berührt, so ist diejenige Person bzw. Organisation, die eine solche Änderung vornimmt, dafür verantwortlich, daß die erneute Klassifizierung und neue Beschilderung der Laser-Einrichtung sichergestellt ist.

4.2 Schutzgehäuse

4.2.1 Allgemeines

Jede Laser-Einrichtung muß ein Schutzgehäuse haben, das im installierten Zustand den Zugang zu Laserstrahlung von mehr als der Klasse 1 verhindert, die nicht von Laser-Austrittsöffnungen herrührt.

4.2.2 Service

Jeder Teil des Gehäuses oder der Abdeckung einer Laser-Einrichtung (einschließlich gekapselter Laser-Einrichtung), der zum Zwecke des Service abgenommen oder in seiner Lage verändert werden kann, und der einen Zugang zu Laserstrahlung, die die zugeordneten Grenzwerte (GZS) überschreitet, gestatten würde und der keine Sicherheitsverriegelung besitzt (siehe Abschnitt 4.3), muß so gesichert werden, daß zu dessen Abnahme oder Verlagerung Werkzeug benutzt werden muß.

4.2.3 Herausnehmbares Lasergerät

Wenn eine gekapselte Laser-Einrichtung oder ein Lasersystem aus ihrem/seinem Schutzgehäuse oder der Schutzabdeckung herausgenommen und ohne Modifizierung betrieben werden kann, dann muß der Laser den Anforderungen für die Herstellung nach Abschnitt 4 und 5, die für seine Klasse gelten, genügen. Ausgenommen davon sind Laser-Einrichtungen, die an andere Hersteller als Bauteile für beliebige Systeme zum Weiterverkauf geliefert werden, die nicht Gegenstand dieser Norm sind, weil das Endprodukt selbst Gegenstand dieser Norm sein wird.

4.3 Abdeckplatten von Schutzgehäusen und Sicherheitsverriegelungen

4.3.1 Eine Sicherheitsverriegelung muß an Abdeckplatten von Schutzgehäusen angebracht sein, wenn alle folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- a) die Abnahme oder Lageveränderung der Abdeckplatte während der Wartung oder während des Betriebs ist vorgesehen,
- b) durch die Abnahme der Abdeckplatte wird die Laserstrahlung des gekapselten Lasers zugänglich, und
- c) die folgende Tabelle zeigt (X) die Notwendigkeit einer Sicherheitsverriegelung an.

Geräte-Klasse	Zugängliche Strahlung während die Abdeckplatte abgenommen ist:					
	1	2	3A	3B*	3B**	4
1	—	—	—	x	x	x
2	—	—	—	x	x	x
3A	—	—	—	x	x	x
3B*	—	—	—	—	x	x
3B**	—	—	—	—	—	x
4	—	—	—	—	—	—

ANMERKUNG: 3B*: Lasergeräte der Klasse 3B mit weniger als fünfmal der GZS der Klasse 2 im Wellenlängenbereich von 400 bis 700 nm.

3B**: Lasergeräte der Klasse 3B mit Ausnahme der 3B*-Geräte.

Nach Abnehmen der Abdeckplatte darf durch die Öffnung keine Strahlung austreten, die die GZS der Klasse 3A übersteigt. *Die durch die Öffnung zugängliche Strahlung, z. B. durch Einfügen eines Reflektors, darf nicht die Grenzwerte der zugeordneten Klasse übersteigen.* Die Sicherheitsverriegelung muß so konstruiert sein, daß die betreffende Abdeckplatte nicht abgenommen werden kann, solange die Werte der maximal zugänglichen Strahlung nicht niedriger liegen als die Grenzwerte der zulässigen Strahlung für die zugeordnete Klasse; unabsichtliches Zurücksetzen der Sicherheitsverriegelung darf nicht allein schon die Strahlung über die Strahlungsgrenzwerte (GZS) der zugeordneten Klasse steigen lassen.

4.3.2 Falls ein Überbrückungsmechanismus vorgesehen ist, muß der Hersteller auch angemessene Vorschriften über sichere Arbeitsmethoden liefern. Es darf nicht möglich sein, den Überbrückungsmechanismus funktionsfähig zu halten, wenn die Abdeckplatte in ihre übliche Stellung zurückgebracht ist. Die Sicherheitsverriegelung muß klar mit einem Schild nach Abschnitt 5.9.2 in Verbindung stehen. Die Benutzung der Überbrückung muß immer dann eine deutlich sichtbare oder hörbare Warnung verursachen, wenn der Laser mit Energie versorgt bzw. die Kondensatorbänke nicht vollkommen entladen sind, unabhängig davon, ob die Abdeckplatte entfernt oder verschoben ist, oder nicht. Sichtbare Warnungen müssen durch Augenschutzmittel, die zweckentsprechend konstruiert und für die Wellenlänge(n) der zugänglichen Laser-Strahlung spezifiziert sind, deutlich erkennbar sein.

4.4 Steckverbinder für fernbedienbare Sicherheitsverriegelung

Jede Laser-Einrichtung, die zu einer der folgenden Klassen gehört, muß einen Steckverbinder für fernbedienbare Sicherheitsverriegelung besitzen: Klasse 4 und Klasse 3B, außer der Klasse 3B mit nicht mehr als fünfmal den Strahlungsgrenzwerten (GZS) der Klasse 2 im Wellenlängenbereich von 400 bis 700 nm. Wenn die Kontakte des Steckverbinders der anzuschließenden Endgeräte offen sind, darf die zugängliche Strahlung des Lasers die Strahlungsgrenzwerte (GZS) für Klasse 1, Klasse 2 und Klasse 3A nicht überschreiten.

4.5 Schlüsselschalter

Jede Laser-Einrichtung, die zu einer der folgenden Klassen gehört, muß einen schlüsselbetätigten Hauptschalter besitzen: Klasse 4 und Klasse 3B, außer der Klasse 3B mit nicht mehr als fünfmal den Strahlungsgrenzwerten (GZS) der Klasse 2 im Wellenlängenbereich von 400 bis 700 nm. Der Schlüssel muß abziehbar sein, und Laserstrahlung darf nicht zugänglich sein, wenn der Schlüssel abgezogen ist. In dieser Norm schließt der Begriff „Schlüssel“ jede andere Steuer- und Bedieneinrichtung, wie Magnetkarten, Ziffernkombinationen usw. ein.

4.6 Emissions-Warneinrichtung

Jede Laser-Einrichtung, die zu einer der folgenden Klassen gehört, muß eine hörbare oder sichtbare Warnung abgeben, wenn die *Energieversorgung aktiviert* ist oder wenn die Kondensatorbänke gepulster Laser geladen werden oder nicht vollständig entladen wurden: Klasse 4 und Klasse 3B, außer der Klasse 3B mit nicht mehr als fünfmal den Strahlungsgrenzwerten (GZS) der Klasse 2 im Wellenlängenbereich von 400 bis 700 nm. Die Warneinrichtung muß ausfallsicher oder redundant sein. Jede sichtbare Warnvorrichtung muß durch Augen-

schutzmittel, die spezifisch für die Wellenlänge(n) der abgegebenen Laserstrahlung ausgelegt sind, deutlich sichtbar sein. Wenn der Laser und seine Energieversorgung getrennte Gehäuse besitzen und wenn die beiden Teile mit einem Abstand von mehr als 2 m betrieben werden können, dann müssen beide mit hörbaren oder sichtbaren Warnvorrichtungen ausgerüstet sein. Die sichtbare(n) Warnvorrichtung(en) müssen so angebracht sein, daß man sie sehen kann, ohne sich einer Laserstrahlung über den Strahlungsgrenzwerten (GZS) für Klasse 1 und Klasse 2 auszusetzen.

4.7 Strahlfänger oder -abschwächer

Jede Laser-Einrichtung, die zu einer der folgenden Klassen gehört, muß eine oder mehrere dauernd befestigte Vorrichtungen enthalten (Strahlfänger oder Abschwächer, unabhängig von dem Schalter für die Laser-Energieversorgung, dem Hauptsteckverbinder oder dem Schlüsselschalter): Klasse 4 und Klasse 3B, außer der Klasse 3B mit nicht mehr als fünfmal den Strahlungsgrenzwerten (GZS) der Klasse 2 im Wellenlängenbereich von 400 bis 700 nm. Der Strahlfänger oder Abschwächer muß in der Lage sein, zugängliche Strahlung über den Grenzwerten (GZS) für die Klassen 1, 2 und 3A zu verhindern.

4.8 Steuer- und Bedieneinrichtungen

Die Steuer- und Bedienelemente einer jeden Laser-Einrichtung müssen so angebracht sein, daß Tätigkeiten des Einstellens und es Betreibens durchgeführt werden können, ohne sich Laserstrahlung über den Grenzwerten (GZS) für Klasse 1 und Klasse 2 auszusetzen.

4.9 Beobachtungsoptiken

Alle Beobachtungsoptiken, Beobachtungsöffnungen oder Anzeigeschirme, die in einer Laser-Einrichtung eingebaut sind, müssen eine Strahldämpfung enthalten, die ausreicht, um zugängliche Strahlung über den Grenzwerten (GZS) für Klasse 1 zu verhindern; für Strahlunterbrecher oder verstellbare Strahlabschwächer in der Beobachtungsoptik, Beobachtungsöffnung oder in dem Anzeigeschirm, müssen gerätetechnische Vorkehrungen getroffen sein, die

- a) zugängliche Strahlung über den Grenzwerten (GZS) für Klasse 1 verhindern, wenn der Strahlunterbrecher geöffnet ist oder der Strahlabschwächer verstellt ist;
- b) das Öffnen des Strahlunterbrechers oder das Verstellen des Strahlabschwächers verhindern, wenn zugängliche Strahlung über den Grenzwerten (GZS) für Klasse 1 möglich ist.

4.10 Sicherheitsvorrichtung bei richtungsveränderlicher Strahlung

Laser-Einrichtungen, die richtungsveränderliche Strahlung aussenden und auf dieser Grundlage klassifiziert sind, dürfen nicht infolge Versagens der Ablenkung oder durch Änderung entweder der Ablenkgeschwindigkeit oder der Amplitude, zugängliche Strahlung über den Grenzwerten (GZS) der zugeordneten Klasse zulassen.

5 Beschilderung

5.1 Allgemeines

Jede Laser-Einrichtung muß Schilder tragen, die entsprechend den Anforderungen der folgenden Abschnitte beschriftet sind. Die Schilder müssen ihrem Zweck entsprechend dauerhaft angebracht, lesbar und während des Betriebes und der Service- und Wartungsarbeiten deutlich sichtbar sein. Die Schilder müssen so angebracht sein, daß man sie lesen kann, ohne daß es notwendig ist, sich Laserstrahlung über dem Strahlungsgrenzwert (GZS) für Klasse 1 auszusetzen. Text, Umrandung und Symbole müssen schwarz auf gelbem Untergrund erscheinen, mit Ausnahme der Klasse 1, wo diese Farbkombination nicht benutzt werden muß.

Sollte wegen Größe und Aufbau der Einrichtung eine Beschilderung praktisch nicht möglich sein, dann muß das Schild den Benutzerunterlagen beigelegt oder an der Verpackung angebracht werden.

5.2 Klasse 1

Jede Laser-Einrichtung der Klasse 1 muß mit einem Hinweisschild (siehe Bild 15) versehen sein, mit der Aufschrift

LASER KLASSE 1

5.3 Klasse 2

An jeder Laser-Einrichtung der Klasse 2 muß ein Laser-Warnzeichen (siehe Bild 14) und ein Hinweisschild (siehe Bild 15) angebracht sein, mit der Aufschrift

LASERSTRAHLUNG
NICHT IN DEN STRAHL BLICKEN
LASER KLASSE 2

5.4 Klasse 3A

An jeder Laser-Einrichtung der Klasse 3A muß ein Laser-Warnzeichen (siehe Bild 14) und ein Hinweisschild (siehe Bild 15) angebracht sein, mit der Aufschrift

LASERSTRAHLUNG
NICHT IN DEN STRAHL BLICKEN
AUCH NICHT MIT OPTISCHEN INSTRUMENTEN
LASER KLASSE 3A

5.5 Klasse 3B

An jeder Laser-Einrichtung der Klasse 3B muß ein Laser-Warnzeichen (siehe Bild 14) und ein Hinweisschild (siehe Bild 15) angebracht sein, mit der Aufschrift

LASERSTRAHLUNG
NICHT DEM STRAHL AUSSETZEN
LASER KLASSE 3B

5.6 Klasse 4

An jeder Laser-Einrichtung der Klasse 4 muß ein Laser-Warnschild (siehe Bild 14) und ein Hinweisschild (siehe Bild 15) angebracht sein, mit der Aufschrift

LASERSTRAHLUNG
BESTRAHLUNG VON AUGE ODER HAUT
DURCH DIREKTE ODER STREUSTRAHLUNG VERMEIDEN
LASER KLASSE 4

5.7 Schild an der Strahlaustrittsöffnung

An jeder Laser-Einrichtung der Klasse 3B und der Klasse 4 muß ein Schild nahe jeder Öffnung angebracht sein, durch die Laser-Strahlung mit mehr als den Grenzwerten (GZS) der Klasse 1 oder Klasse 2 austritt. Die Beschriftung(en) muß (müssen) lauten

AUSTRITTSÖFFNUNG FÜR LASERSTRAHLUNG

oder

BESTRAHLUNG VERMEIDEN
AUSTRITT VON LASERSTRAHLUNG

5.8 Kennzeichnung der abgegebenen Strahlung und der Norm

Jede Laser-Einrichtung (ausgenommen jene der Klasse 1) muß auf einem Hinweisschild (siehe Bild 15) durch Angabe der maximalen Ausgangswerte der Laserstrahlung, der Impulsdauer (falls zutreffend) und der ausgesandte(n) Wellenlänge(n) beschrieben werden. Die Bezeichnung und das Datum der Veröffentlichung der Norm, nach der das Produkt klassifiziert wurde, muß auf dem Hinweisschild oder nahe daran auf dem Produkt angebracht werden.

5.9 Schilder für Abdeckungen**5.9.1 Schilder für Abdeckungen**

Können Verbindungen, Abdeckungen von Schutzgehäusen oder Abdeckplatten von Schutzabdeckungen entfernt oder in ihrer Lage so verändert werden, daß dadurch stärkere Laserstrahlung zugänglich wird als den Grenzwerten (GZS) der Klasse 1 entspricht, so müssen diese Hinweisschilder tragen. Die Beschriftung muß lauten:

VORSICHT
LASERSTRAHLUNG, WENN ABDECKUNG GEÖFFNET

Zusätzlich muß dieses Schild folgende Worte tragen:

a) NICHT IN DEN STRAHL BLICKEN

wenn die zugängliche Strahlung die Grenzwerte (GZS) für Klasse 2 nicht überschreitet,

b) NICHT IN DEN STRAHL BLICKEN

AUCH NICHT MIT OPTISCHEN INSTRUMENTEN

wenn die zugängliche Strahlung die Grenzwerte (GZS) für Klasse 3A nicht überschreitet,

c) NICHT DEM STRAHL AUSSETZEN

wenn die zugängliche Strahlung die Grenzwerte (GZS) für Klasse 3B nicht überschreitet,

d) BESTRAHLUNG VON AUGE ODER HAUT

DURCH DIREKTE ODER STREUSTRAHLUNG VERMEIDEN

wenn die zugängliche Strahlung die Grenzwerte (GZS) für Klasse 3B bei irgendeiner Wellenlänge übertrifft.

5.9.2 Schilder für Sicherheitsverriegelungen

Jeder Sicherheitsverriegelung, die einfach überbrückbar ist und zu zugänglicher Strahlung führt, die die Grenzwerte (GZS) der Klasse 1 übertrifft, müssen entsprechende Schilder deutlich zugeordnet sein. Solche Schilder müssen vor und während der Überbrückung der Schutzverriegelung sichtbar sein und sich in unmittelbarer Nähe zu der Öffnung befinden, die durch die Abnahme des Schutzgehäuses entsteht. Die Beschriftung dieses Schildes muß lauten:

VORSICHT
LASERSTRAHLUNG, WENN ABDECKUNG GEÖFFNET UND
SICHERHEITSVERRIEGELUNG ÜBERBRÜCKT

Zusätzlich muß dieses Schild die in Abschnitt 5.9.1, Aufzählungen a), b), c) und d) festgelegte Beschriftung tragen.

5.10 Warnung vor unsichtbarer Laserstrahlung

In vielen Fällen schließt der für Hinweisschilder vorgeschriebene Wortlaut das Wort „Laserstrahlung“ ein. Falls die vom Laser ausgesandte Strahlung außerhalb des Wellenlängenbereiches von 400 nm bis 700 nm liegt, müssen die Worte so geändert werden, daß es heißt: „unsichtbare Laserstrahlung“. Falls die ausgesandte Strahlung Wellenlängen besitzt, die innerhalb und außerhalb des genannten Wellenlängenbereiches liegen, muß es heißen: „sichtbare und unsichtbare Laserstrahlung“.

5.11 Warnung vor sichtbarer Laserstrahlung

Die Bezeichnung „Laserstrahlung“ auf dem Hinweisschild darf in „Laserlicht“ abgeändert werden, wenn der Laser Strahlung im (sichtbaren) Wellenlängenbereich von 400 bis 700 nm erzeugt.

6 Weitere erforderliche Angaben

6.1 Information für den Benutzer

Hersteller von Laser-Einrichtungen müssen dafür sorgen, daß folgende Hinweise als integrale Bestandteile der Betriebsanweisung bzw. des Bedienungshandbuchs für den Benutzer, die der Laser-Einrichtung beigelegt werden, geliefert werden:

- a) ausreichende Anweisungen für den richtigen Zusammenbau, die Wartung und den sicheren Betrieb einschließlich deutlicher Warnungen, die Vorkehrungen betreffen, um mögliche schädigende Strahlungsexpositionen zu vermeiden.
- b) Die Angabe der Strahldivergenz für gebündelte Strahlen, der Impulsdauer(n) und der maximalen Ausgangswerte der Laserstrahlung in geeigneten Einheiten einschließlich der aufsummierten Meßunsicherheiten und jeglicher, nach der Herstellung erwarteter Anstieg der Meßwerte, der zu den Werten, die bei der Herstellung gemessen wurden, hinzuaddiert werden muß. (Die Dauer von Impulsen, die auf unbeabsichtigter Modenkopplung beruhen, müssen nicht angegeben werden; jedoch müssen die (Betriebs-) Bedingungen der Einrichtung angegeben werden, bei denen es bekannt ist, daß es zu unbeabsichtigter Modenkopplung kommen kann).
- c) Lesbare Reproduktionen (wahlweise in Farbe) aller erforderlichen Hinweisschilder und Warnschilder, die an der Laser-Einrichtung befestigt werden müssen oder dieser beigelegt werden. Die zu jedem Schild gehörigen Befestigungsorte an der Einrichtung müssen beschrieben sein. Falls die Schilder der Laser-Einrichtung beigelegt sind, muß angegeben sein, daß die Schilder an der Einrichtung nicht befestigt werden konnten, aber mit ihr geliefert werden; ferner muß angegeben werden, in welcher Form und Weise sie geliefert werden.
- d) Ein deutlicher Hinweis im Handbuch auf die Lage von allen Laserstrahl-Austrittsöffnungen.
- e) Eine Aufzählung von Bedienungs-, Justiereinrichtungen und Verfahrensweisen bei Betrieb und Wartung, einschließlich der Warnung: „Vorsicht – wenn andere als die hier angegebenen Bedienungs- oder Justiereinrichtungen benutzt oder andere Verfahrensweisen ausgeführt werden, kann dies zu gefährlicher Strahlungsexposition führen“.
- f) Wenn die Laser-Einrichtung die Laser-Energieversorgung nicht enthält, die für die Laseremission notwendig ist, so ist die Spezifikation der Laser-Energieversorgung anzugeben, die notwendig ist, um die Sicherheit sicherzustellen.

6.2 Kauf- und Service-Unterlagen

Hersteller von Laser-Einrichtungen müssen liefern oder für die Lieferung sorgen:

- a) In allen Katalogen, Datenblättern und beschreibenden Broschüren, die zu jeder Laser-Einrichtung gehören: Eine lesbare Reproduktion (wahlweise in Farbe) der benötigten und zu befestigenden Hinweisschilder, die die Klasse der Laser-Einrichtung (Abschnitte 5.3 bis 5.6) bezeichnen.
- b) An Händler, die den Service vornehmen, an Distributoren und auf Verlangen an andere: Ausreichende Anweisungen über Justierungen und Verfahrensweisen in Zusammenhang mit dem Service für jede Laser-Einrichtung. Eingeschlossen sind deutliche Warnungen und Beschreibung von Vorsichtsmaßnahmen, die

getroffen werden müssen, um mögliche Strahlenexposition zu vermeiden, sowie ein Zeitplan für die Wartung, die notwendig ist, um die Anlage in einem sicheren Betriebszustand zu erhalten. In allen Service-Anweisungen muß eine Auflistung der Einflußmöglichkeiten und Verfahrensweisen enthalten sein, die ein anderer als der Hersteller oder seine Vertreter ausführen könnten, um die Stärke der zugänglichen Strahlung zu erhöhen. Es ist eine deutliche Beschreibung der Lage abnehmbarer Teile des Schutzgehäuses beizufügen, wenn dadurch zugängliche Strahlung über den Grenzwerten (GZS) der Tabellen I, II, III und IV ermöglicht wird. In den Anweisungen müssen für das mit dem Service betraute Personal sichere Verfahrensweisen beschrieben werden und lesbare Reproduktionen (wahlweise in Farbe) der benötigten Hinweisschilder und Warnzeichen enthalten sein.

7 Zusätzliche Anforderungen an besondere Laser-Einrichtungen

7.1 Laser-Einrichtungen für medizinische Zwecke

Jede medizinische Laser-Einrichtung muß allen anwendbaren Anforderungen genügen, die an eine Laser-Einrichtung ihrer Klasse gestellt werden. Zusätzlich muß der Hersteller:

- a) bei Laser-Einrichtungen der Klasse 3B oder der Klasse 4 in jeder medizinischen Laser-Einrichtung eine Meßvorrichtung einbauen, die die Stärke der Laserstrahlung, die zur Bestrahlung des menschlichen Körpers gedacht ist, mit nicht mehr als $\pm 20\%$ Meßunsicherheit mißt. Die Anzeige des Meßwerts muß in Einheiten des internationalen Maßsystems (SI) erfolgen.
- b) mit jeder medizinischen Laser-Einrichtung eine Bedienungsanweisung mitliefern, die Verfahrensweise und Zeitintervalle zur Kalibrierung des Meßsystems festlegt.
- c) für Laser-Einrichtungen der Klasse 3B oder der Klasse 4 eine Vorrichtung zur Anzeige des Auftreffpunkts mitliefern.

7.2 Laser-Lichtleiter-Übertragungssystem

Laser-Einrichtungen, die Lichtleiter-Übertragung verwenden, müssen Kabelstecker haben, zu deren Trennung ein Werkzeug benutzt werden muß, falls die Strahlungsgrenzwerte (GZS) für Klasse 1, Klasse 2 und Klasse 3A überschritten werden und wenn solche Kabelverbindungen einen Teil des Schutzgehäuses bilden.

Es sollte auch der Einbau mechanischer Strahlabschwächer bei der (Steck-)Verbindung in Betracht gezogen werden, falls die Instandsetzung in einem unüberwachten Bereich vorgenommen werden muß. Eine Vorrichtung, die in der Lage ist, eine Unterbrechung der optischen Verbindung festzustellen, sollte in den Klassen 4 und 3B vorhanden sein. Diese Vorrichtung sollte die Laserstrahlung sofort abschalten und gleichzeitig eine hörbare oder sichtbare Warnung abgeben.

8 Prüfungen

8.1 Allgemeines

Die Prüfungen müssen allen Ungenauigkeiten und statistischen Unsicherheiten im Prüfprozeß sowie der alterungsbedingten Zunahme der Emission und Verschlechterung der Strahlungssicherheit Rechnung tragen.

Anforderungen wegen besonderen Gebrauchs können zusätzliche Prüfungen für besondere Anwendungen notwendig machen.

Die Prüfungen jeder anwendbaren Anforderung müssen während des Betriebs, der Wartung oder des Service je nach Erfordernis unter der Voraussetzung eines beliebigen einzelnen Fehlers durchgeführt werden.

Gleichwertige Prüfungen oder Vorgehensweisen sind zulässig.

8.2 Messungen der Laserstrahlung zur Klassifizierung

Um eine Laser-Einrichtung nach Abschnitt 9.1 zu klassifizieren, kann es notwendig sein, Laserstrahlungsgrößen zu messen. Messungen sind unnötig, wenn man aufgrund der physikalischen Eigenschaften und Begrenzungen der Laserquelle die Laser-Einrichtung oder den Laseraufbau eindeutig in eine bestimmte Klasse einordnen kann. Messungen müssen unter folgenden Bedingungen ausgeführt werden:

- a) unter solchen Bedingungen und unter Anwendung von Verfahrensweisen, die zu maximalen zugänglichen Strahlungswerten führen, einschließlich Einschaltvorgängen, stabilisierter Emission und Abschaltvorgängen der Laser-Einrichtung;
- b) wenn alle Bedienelemente und Justierungen, die in Betriebs-, Wartungs- und Serviceanweisungen aufgeführt sind, so aufeinander abgestimmt sind, daß der Maximalwert zugänglicher Strahlung erreicht wird;

c) an Stellen im Raum, die während des Betriebs zugänglich sind, Messung der Größe zugänglicher Strahlung (z. B. wenn der Betrieb das Abnehmen von Teilen des Schutzgehäuses und das Überbrücken von Sicherheitsverriegelungen erfordert, sind Messungen an Stellen durchzuführen, die in dieser Konfiguration der Einrichtung zugänglich sind);

d) dabei ist der Strahlungsempfänger des Meßinstruments relativ zu der Laser-Einrichtung so aufgestellt und ausgerichtet, daß die maximale Strahlungsaufnahme durch das Meßinstrument sichergestellt ist;

e) eine Laser-Einrichtung ohne eigene Laser-Energieversorgung wird an der Laser-Energieversorgung angeschlossen, die vom Hersteller der Laser-Einrichtung als geeignet angegeben ist und die die maximale Emission zugänglicher Strahlung der Einrichtung erzeugt;

f) Messung von Werten der Strahlungsleistung (W) oder Strahlungsenergie (J) mit einer kreisförmigen Meßblende mit 50 mm Durchmesser (um die Sammelwirkung eines stationären Laserstrahls durch ein optisches Instrument zu simulieren);

g) Messung von Werten der Bestrahlungsstärke ($W \cdot m^{-2}$) und Bestrahlung ($J \cdot m^{-2}$), gemittelt über eine kreisförmige Meßblende entsprechend den Grenzblenden der Tabelle VI.

Für den Fall des direkten Blicks in den Strahl werden in dieser Norm zwei Meßorte für die Messung der Bestrahlungsstärke ($W \cdot m^{-2}$) bzw. der Bestrahlung ($J \cdot m^{-2}$) benutzt:

i) grundsätzlich wird die Messung am Punkt der höchsten zugänglichen Bestrahlungsstärke oder Bestrahlung ausgeführt;

und

ii) im Wellenlängenbereich von 400 bis 1400 nm darf ein Mindestmeßabstand von 100 mm zwischen der scheinbaren Quelle und der kreisförmigen Meßblende dann benutzt werden, wenn aufgrund von Konstruktion und Anwendung der Lasereinrichtung kleinere Abstände als 100 mm von der scheinbaren Quelle zum menschlichen Auge nicht beabsichtigt sind. Wenn für die Klassifizierung ein Mindestmeßabstand von 100 mm benutzt wird, so muß der Meßabstand auf dem Hinweisschild vermerkt sein.

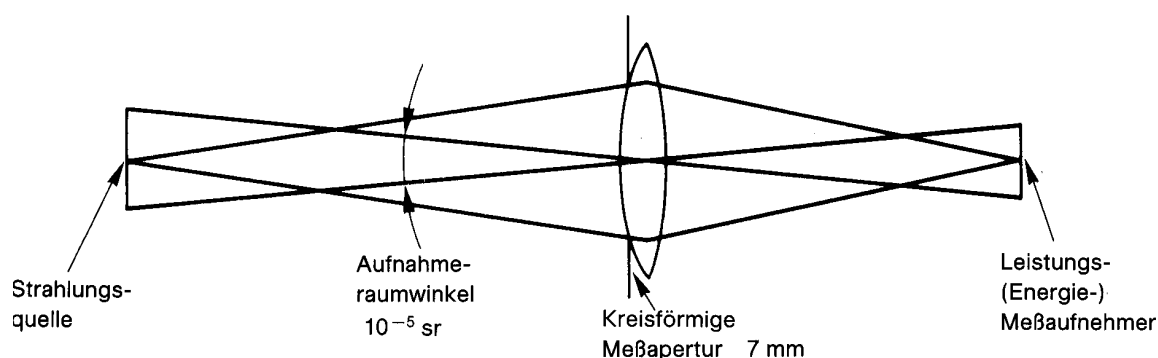
h) Messung von Werten der Strahldichte ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$) oder des zeitlichen Integrals ($J \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$) der Strahldichte durch Messung der Strahlungsleistung (W) oder der Strahlungsenergie (J), die durch eine kreisförmige Meßblende von 7 mm Durchmesser tritt und mit einem effektiven Aufnahmeraumwinkel von 10^{-5} sr, wie im folgenden Diagramm erläutert. Der Meßabstand zwischen der scheinbaren Quelle und der kreisförmigen Meßblende muß mindestens 100 mm betragen.

ANMERKUNG: Um die Strahldichte oder das zeitliche Integral der Strahldichte zu berechnen, dividiere man die gemessene Strahlungsleistung oder die Strahlungsenergie durch die Fläche der Meßblende und den Aufnahmeraumwinkel.

i) an richtungsveränderlicher Laserstrahlung innerhalb einer stillstehenden Meßblende mit 7 mm Durchmesser (die entstehende zeitliche Änderung der aufgenommenen Strahlung ist als Impuls oder als Impulsfolge zu betrachten);

j) bei Wellenlängen im Bereich von 400 nm bis 1400 nm innerhalb eines effektiven Aufnahmeraumwinkels von 5×10^{-4} sr, mit Ausnahme der Messung der Strahldichte oder des zeitlichen Integrals der Strahldichte;

k) Um den Einfluß von Begleitstrahlung bei der Messung zu vermeiden oder zu beseitigen, sind geeignete Maßnahmen zu treffen.



9 Klassifizierung

9.1 Einführung

Da ein weiter Bereich für Wellenlänge, Energieinhalt und Impuls-Charakteristiken eines Laserstrahls möglich ist, variieren bei seiner Anwendung die auftretenden Gefahren stark. Es ist unmöglich, Lasergeräte als eine einheitliche Gruppe zu betrachten, für die gemeinsame Sicherheitsgrenzen anwendbar sind.

9.2 Definition der Laser-Klassen

Laser-Einrichtungen sind in vier allgemeine Klassen eingeteilt; für jede dieser Klassen sind Grenzwerte (GZS) festgelegt.

Klasse-1-Laser sind solche, die inhärent sicher (eigensicher) sind (so daß die maximal erlaubte Bestrahlung unter keinen Umständen übertroffen werden kann) oder solche, die wegen ihres technischen Aufbaus sicher sind. Die Grenzwerte sind in Tabelle I angegeben und wurden aus den am meisten begrenzenden MZB-Werten abgeleitet.

Klasse-2-Laser sind Geräte niedriger Leistung, die sichtbare Strahlung aussenden (im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm) und die entweder in Dauerstrich- oder Impulsbetrieb arbeiten können. Die Ausgangsleistung oder -energie dieser Geräte ist für Bestrahlungsdauern bis zu 0,25 s auf die Grenzwerte (GZS) für Klasse 1 beschränkt. Für einen Dauerstrichlaser beträgt die Grenze 1 mW.

ANMERKUNG: Diese Laser sind zwar nicht wirklich sicher, der Augenschutz ist jedoch üblicherweise durch Abwendungsreaktionen einschließlich des Lidschlußreflexes sichergestellt.

Klasse-3A-Laser sind solche, bei denen die Ausgangsleistung bis zu 5 mW im Falle von Dauerstrichlasern oder das fünffache der Grenzwerte der Klasse 2 im Falle von richtungsveränderlichen und wiederholt gepulsten Lasern für den Spektralbereich von 400 nm bis 700 nm beträgt. Dennoch darf die Bestrahlungsstärke an keinem Ort im sichtbaren Strahl $25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ übertreffen (siehe Tabelle III). Für andere Spektralbereiche darf die Laserstrahlung das 5fache der Grenzwerte (GZS) für Klasse 1 nicht übertreffen; ferner darf die angegebene Bestrahlungsstärke oder Bestrahlung laut Tabelle III ebenfalls nicht übertroffen werden.

ANMERKUNG: Ein direktes Blicken in den Strahl unter Benutzung optischer Hilfsmittel (z. B. Binocularfernrohre) kann bei Klasse-3A-Lasern gefährlich sein. Für Laser, die im Bereich von 400 nm bis 700 nm strahlen, wird der Schutz des Auges (ohne optische Hilfsmittel) durch Abwendungsreaktionen einschließlich des Lidschlußreflexes sichergestellt.

Klasse-3B-Laser dürfen sichtbare und/oder unsichtbare Strahlung mit Werten aussenden, die die Grenzwerte (GZS) nach Tabelle IV nicht übertreffen. Dauerstrichlaser dürfen 0,5 W nicht überschreiten und die Bestrahlung durch Impulslaser muß gering sein als $105 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$.

ANMERKUNG: Das direkte Blicken in den Strahl in der Nähe dieser Geräte ist immer gefährlich. Betrachtung diffuser Reflexionen von unfokussierter Impulslaserstrahlung ist nicht gefährlich; unter bestimmten Bedingungen können Dauerstrichlaserstrahlen mit Hilfe eines diffusen Reflektors sicher betrachtet werden. Diese Bedingungen sind:

- a) ein Mindestbetrachtungsabstand von 13 cm;
- b) eine maximale Beobachtungszeit von 10 s;

Wenn eine dieser Bedingungen nicht erfüllt ist, muß die Möglichkeit der Gefährdung durch diffuse Reflexion sorgfältig untersucht werden.

Klasse-4-Laser sind Hochleistungsgeräte, deren Ausgangsleistungen die Strahlungsgrenzwerte (GZS) für Klasse 3B, die in Tabelle IV festgelegt sind, übertreffen.

ANMERKUNG: Alle Klasse-4-Laser sind in der Lage, gefährliche diffuse Reflexionen zu erzeugen. Sie können Verletzungen der Haut verursachen und könnten auch eine Feuergefahr darstellen. Sie sind mit äußerster Vorsicht zu benutzen.

9.3 Vorgehensweise bei der Klassifizierung

Der Hersteller oder sein Vertreter ist verantwortlich dafür, die Laser-Einrichtung in die richtige Klasse einzuordnen. Die Einrichtung muß auf der Grundlage derjenigen Kombination von Ausgangsleistung(en) und Wellenlänge(n) der zugänglichen Laserstrahlung über den vollen Bereich der Betriebsmöglichkeiten zu jeder Zeit nach der Herstellung, die zu ihrer Einordnung in die höchstmögliche Klasse fährt, klassifiziert werden. Die Grenzwerte (GZS) der Klasse 1, Klasse 2, Klasse 3A und Klasse 3B (aufgeführt in der Reihenfolge des zunehmenden Gefährdungsgrades) sind in den Tabellen I, II, III und IV jeweils angegeben.

Die Werte der vier verwendeten Korrekturfaktoren sind in den Anmerkungen zu den Tabellen I bis IV als Funktion der Wellenlänge und Emissionsdauer angegeben.

Für die Einteilung von Laser-Einrichtungen in eine bestimmte Klasse gelten folgende Regeln:

- a) Strahlung einer einzelnen Wellenlänge

Eine Laser-Einrichtung, die nur Strahlung einer einzelnen Wellenlänge emittiert, wird einer Klasse zugeordnet, die dadurch bestimmt ist, daß die Laserstrahlung, die aus der Austrittsöffnung tritt, die Grenzwerte (GZS) aller niedrigeren Klassen übertrifft, aber nicht diejenigen der zugeordneten Klasse.

- b) Strahlung mehrerer Wellenlängen

1. Eine Laser-Einrichtung, die zwei oder mehrere Wellenlängen in Spektralgebieten emittiert, die nach Tabelle V als additiv aufgezeigt sind, wird einer Klasse zugeordnet, wenn die Summe der Quotienten aus der durch die Austrittsöffnung tretenden Laserstrahlung und den Grenzwerten (GZS) für diese Wellenlängen größer als eins ist für alle niedrigeren Klassen, aber für die zugeordnete Klasse nicht größer als eins ist.