

	Sicherheit von Laser-Einrichtungen Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien (IEC 825-1:1993) Deutsche Fassung EN 60825-1:1994 + A11:1996	DIN EN 60825-1
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 Teil 1
ICS 13.280; 31.260 Ersatz für Ausgabe 1994-07 Deskriptoren: Lasereinrichtung, Sicherheit, Klassifizierung, Anforderung, Benutzung Safety of laser products – Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide; (IEC 825-1:1993); German version EN 60825-1:1994 + A11:1996 Sécurité des appareils à laser – Partie 1: Classification des matériels, prescriptions et guide de l'utilisateur; (CEI 825-1:1993); Version allemande EN 60825-1:1994 + A11:1996 Die Europäische Norm EN 60825-1:1994 mit der Änderung A11:1996 hat den Status einer Deutschen Norm. Beginn der Gültigkeit Die EN 60825-1 wurde am 1994-07-01 angenommen. Die Änderung A11 wurde am 1996-10-01 angenommen. Übergangsfrist: Siehe Abschnitt „Vorwort“ der EN. Der Entwurf war veröffentlicht als E DIN EN 60825-1/A11 (VDE 0837 Teil 1/A11):1996-07. Fortsetzung Seite 2 bis 4 und 77 Seiten EN Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)		

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält die Deutsche Fassung der Europäischen Norm EN 60825-1:1994. Diese Norm wurde im IEC/TC 76 „Optical radiation safety and laser equipment“ erarbeitet. Sie wurde vom BT/CENELEC im September 1993 ratifiziert. Die Änderung A11 wurde im Oktober 1996 ratifiziert.

Der Titel wurde von „Lasersicherheit“ in der Ausgabe 1993-07 in „Sicherheit“ geändert, da jetzt auch Aussagen zur elektrischen Sicherheit (früher in DIN 57836 (VDE 0836)) und zur Abwendung von anderen Gefährdungen mit aufgenommen wurden. Obwohl im Titel weiterhin von „Laser-Einrichtungen“ gesprochen wird, gelten die gleichen Anforderungen auch für Licht emittierende Dioden (LED).

Zu den im Abschnitt 1.1 der EN 60825-1 genannten abweichenden Anforderung in einigen Ländern zum Hauptabschnitt drei (Richtlinien für den Benutzer) ist in Deutschland auf die Unfallverhütungsvorschrift VBG 93 in der Fassung vom 1. Januar 1993 hinzuweisen.

Die Bearbeitung der EN 60825-1 erfolgt in Zusammenarbeit mit den im zuständigen GK 841 „Optische Strahlungssicherheit und Lasereinrichtungen“ vertretenen Berufsgenossenschaften, die die Durchführungsanweisungen zur VBG 93 an den aktuellen Stand der Normung anpassen.

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium GK 841 „Optische Strahlungssicherheit und Lasereinrichtungen“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) zuständig.

Durch die Änderung A11 wurde auf die Stellungnahme in bezug auf die zu einschränkende Einordnung von LEDs und Infrarotdioden bei der Klassifizierung eingegangen, indem die Meßverfahren überarbeitet wurden. Die Änderung A11 unterscheidet sich von dem entsprechenden internationalen Vorschlag im wesentlichen durch Hinzufügen der Tabelle 01 im Abschnitt 8.2h).

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 27-1:1992	–	–
–	IEC 50(845):1987	–	–
EN 60601-2-22:1992	IEC 601-2-22:1992	DIN EN 60601-2-22 (VDE 0750 Teil 2-22):1993-08	VDE 0750 Teil 2-22
EN 60825-2:1994	IEC 825-2:1993	DIN EN 60825-2 (VDE 0837 Teil 2):1994-07	VDE 0837 Teil 2
EN 61010-1:1993	IEC 1010:1990	DIN EN 61010-1 (VDE 0411 Teil 1):1994-04	VDE 0411 Teil 1
EN 61040:1992	IEC 1040:1990	DIN EN 61040 (VDE 0835):1993-08	VDE 0835

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60825-1 (VDE 0837 Teil 1):1994-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Korrekturen im Text.
- Einarbeitung der Änderung A11.

Frühere Ausgaben

DIN EN 60825-1 (VDE 0837 Teil 1):1994-07;

DIN EN 60825 (VDE 0837):1993-07;

DIN 57836 (VDE 0836):1977-02

Internationale Patentklassifikation

H 01 S

B 23 K 026/06

G 01 J 001/00

A 61 B 006/10

A 61 B 017/36

Nationaler Anhang NA (informativ)**Literaturhinweise**

DIN EN 60601-2-22 (VDE 0750 Teil 2-22):1993-08	Medizinische elektrische Geräte – Teil 2: Besondere Festlegungen für die Sicherheit von diagnostischen und therapeutischen Lasergeräten (IEC 601-2-22:1992); Deutsche Fassung EN 60601-2-22:1992
DIN EN 60825-2 (VDE 0837 Teil 2):1994-07	Sicherheit von Laser-Einrichtungen – Teil 2: Sicherheit von Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen (IEC 825-2:1993); Deutsche Fassung EN 60825-2:1994
DIN EN 61010-1 (VDE 0411 Teil 1):1994-04	Sicherheitsbestimmungen für elektrische Meß-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 1010-1:1990 + A1:1992, modifiziert); Deutsche Fassung EN 61010:1993
DIN EN 61040 (VDE 0835):1993-08	Empfänger, Meßgeräte und Anlagen zur Messung von Leistung und Energie von Laserstrahlen (IEC 1040:1990); Deutsche Fassung EN 61040:1992

Da im Normtext die Begriffe in der alphabetischen Reihenfolge der englischen Begriffe angeordnet sind, ist im folgenden zur Erleichterung der Anwendung eine Liste der Begriffe in der Reihenfolge der deutschen Begriffe aufgeführt.

Liste der Begriffe

Begriff	Abschnitt	Seite
Abdeckung	3.1	6
Alpha min.	3.5	6
Ausfallsicher	3.30	7
Austrittsöffnung, Meßblende	3.7	6
Begleitstrahlung	3.19	4
Bestrahlung	3.64	10
Bestrahlungsstärke	3.35	8
Blick in eine ausgedehnte Quelle	3.29	7
Dauerstrich.	3.21	7
Definierter Strahlengang	3.22	7
Diffuse Reflexion	3.24	7
Direkter Blick in den Strahl (Punktquellenbetrachtung)	3.34	8
Einfehler-Bedingung	3.73	10
Einwirkungsdauer	3.28	7
Emissionsdauer	3.26	7
Energiedichte	3.64	10
Gebündelter Strahl	3.20	7
Gekapselte Laser-Einrichtung	3.25	7
Grenzblende	3.47	8
Grenzwerte der zugänglichen Strahlung (GZS)	3.2	6
Größter Grenzwinkel	3.49	8
Impulsdauer	3.60	9
Impulslaser	3.61	9
Kleinster Grenzwinkel	3.53	9
Komponente im Strahlengang	3.13	7
Laser	3.36	8
Laser-Einrichtung	3.41	8
Laser-Einrichtung der Klasse 1	3.15	7
Laser-Einrichtung der Klasse 2	3.16	7
Laser-Einrichtung der Klasse 4	3.18	7
Laser-Einrichtungen der Klassen 3A und 3B	3.17	7
Laser-Einrichtungen für medizinische Zwecke	3.52	9
Laser-Einrichtungen für Vorführzwecke	3.23	7

Begriff	Abschnitt	Seite
Laser-Energieversorgung	3.38	8
Laser-Gefahrenbereich	3.39	8
Laser-Lichtwellenleiter-Übertragungssystem	3.40	8
Laser-Überwachungsbereich	3.37	8
Laserbereich	3.55	9
Laserschutzbeauftragter	3.43	8
Laserstrahlung	3.42	8
Lasersystem	3.44	8
Licht	3.79	10
Licht emittierende Diode	3.46	8
Maximal zulässige Bestrahlung	3.51	9
Maximale Ausgangsstrahlung	3.50	9
Modenkopplung	3.54	9
Nivellier-Laser	3.45	8
Normalbetrieb	3.57	9
Optische Dichte bei Transmission	3.78	10
Organisatorische Sicherheitsmaßnahmen	3.3	6
Positionierlaser	3.75	10
Punktquellenbetrachtung	3.34	8
Reflexionsgrad	3.66	10
Richtungsveränderliche Laserstrahlung	3.69	10
Scheinbare Quelle	3.8	6
Schutzabdeckung	3.58	9
Schutzgehäuse	3.59	9
Service	3.70	10
Service-Abdeckung	3.72	10
Service-Verbindung	3.71	10
Sicherheitsabstand	3.56	9
Sicherheitsverriegelung	3.68	10
Sicherheitsverriegelung (ausfallsicher)	3.31	8
Sichtbare Strahlung	3.79	10
Spiegelnde Reflexion	3.74	10
Steckverbinder für fernbediente Sicherheitsverriegelung	3.67	10
Strahlabschwächer	3.9	6
Strahlaufweiter	3.12	7
Strahldichte	3.62	9
Strahldivergenz	3.11	7
Strahldurchmesser (Strahlbreite)	3.10	6
Strahlfänger	3.14	7
Strahlungsenergie	3.63	9
Strahlungsleistung	3.65	10
Transmissionsgrad	3.77	10
Vagabundierende Laserstrahlung	3.27	7
Vermessungslaser	3.4	6
Wartung	3.48	8
Werkstück	3.80	10
Werkzeug	3.76	10
Winkelausdehnung	3.6	6
Zeitliches Integral der Strahldichte	3.33	8
Zugänglichkeit	3.32	8

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 60825-1

März 1994

+ A11

Oktober 1996

DK 621.375.826:620.1:614.8

Ersatz für EN 60825:1991

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

Deutsche Fassung

Sicherheit von Laser-Einrichtungen

Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien
(IEC 825-1:1993)
(Enthält Änderung A11:1996)

Safety of laser products –
Part 1: Equipment classification, requirements
and user's guide
(IEC 825-1:1993)
(Includes amendment A11:1996)

Sécurité des appareils à laser –
Partie 1: Classification des matériels, prescriptions
et guide de l'utilisateur
(CEI 825-1:1993)
(Inclut l'amendement A11:1996)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 1993-09-22 und die Änderung A11 am 1996-10-01 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 Text der Schriftstücke 76(CO)28 und 28B, wie ausgearbeitet vom Technischen Komitee der IEC Nr. 76: Laser equipment, wurde 1992-11 der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 1993-09-22 als Änderung A2 zu EN 60825:1991 angenommen.

Im November 1993 hat IEC die erste Ausgabe der IEC 825-1 veröffentlicht.

Nachdem CLC/TC 76 bestätigte, daß

- IEC 825-1:1993 mit IEC 825:1984 + A1:1990 + Schriftstücke 76(CO)28 und 28B übereinstimme,
- die für EN 60825:1991 (IEC 825:1984 + A1:1990) angenommenen gemeinsamen Abänderungen von der neuen IEC-Publikation abgedeckt sind,

haben die ständigen Delegierten des Technischen Büros von CENELEC die Ratifizierung von IEC 825-1:1993 als EN 60825-1 bestätigt.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum der Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm (dop): 1995-03-01
- spätestes Datum für die Zurückziehung entgegenstehender nationaler Normen (dow): 1995-03-01

Für Erzeugnisse, die vor 1995-03-01 der EN 60825:1991 entsprochen haben, wie durch den Hersteller oder durch eine Zertifizierungsstelle nachgewiesen, darf diese vorhergehende Norm für die Fertigung bis 2000-03-01 noch weiter angewendet werden.

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt. Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen. In dieser Norm ist Anhang ZA normativ, die Anhänge A, B, C, D, E und F sind informativ.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 825-1:1993 wurde von CENELEC als Europäische Norm ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort der Änderung A11

Der Text dieser Änderung A11 wurde ausgearbeitet vom Technischen Komitee CENELEC TC 76 Laser-Einrichtungen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die Änderung auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muß (dop): 1997-01-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der Änderung entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 1997-01-01

Geänderte Texte sind durch eine senkrechte Linie am Seitenrand gekennzeichnet.

Inhalt

	Seite
Hauptabschnitt eins – Allgemeines	5
1 Anwendungsbereich und Zweck	5
1.1 Anwendungsbereich	5
1.2 Zweck	5
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
Hauptabschnitt zwei – Anforderungen für die Herstellung	11
4 Konstruktionsanforderungen	11
4.1 Allgemeine Bemerkungen	11
4.2 Schutzgehäuse	11
4.3 Abdeckplatten von Schutzgehäusen und Sicherheitsverriegelungen	11
4.4 Steckverbinder für fernbedienbare Sicherheitsverriegelung	12
4.5 Schlüsselschalter	12
4.6 Emissions-Warneinrichtung	12
4.7 Strahlfänger oder -abschwächer	12
4.8 Steuer- und Bedieneinrichtungen	12
4.9 Beobachtungsoptiken	12
4.10 Sicherheitsvorrichtung bei richtungsveränderlicher Strahlung	13
4.11 Justierhilfen	13
4.12 Zugang durch Hineingehen	13
4.13 Umgebungsbedingungen	13
4.14 Schutz gegen andere Gefährdungen	13
5 Beschilderung	13
5.1 Allgemeines	13
5.2 Klasse 1	14
5.3 Klasse 2	14
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
5.12 Warnung vor Licht emittierender Dioden-Strahlung	15
6 Weitere erforderliche Angaben	15
6.1 Information für den Benutzer	15
6.2 Kauf- und Service-Unterlagen	16
7 Zusätzliche Anforderungen an besondere Laser-Einrichtungen	16
7.1 Laser-Einrichtungen für medizinische Zwecke	16
7.2 Laser-Lichtwellenleiter-Übertragungssystem	16
8 Prüfungen	16
8.1 Allgemeines	16
8.2 Messungen der Laserstrahlung zur Klassifizierung	17
9 Klassifizierung	18
9.1 Einführung	18

	Seite
9.2 Beschreibung der Laser-Klassen	18
9.3 Vorgehensweise bei der Klassifizierung	18
9.4 Wiederholt gepulste oder modulierte Laser	19
Hauptabschnitt drei – Richtlinien für den Benutzer	24
10 Sicherheitsvorkehrungen	24
10.1 Allgemeines	24
10.2 Benutzung des Steckverbinders für fernbediente Sicherheitsverriegelung	24
10.3 Schlüsselschalter	24
10.4 Strahlfänger oder -abschwächer.	24
10.5 Warnzeichen	24
10.6 Strahlwege	24
10.7 Spiegelnde Reflexion	25
10.8 Augenschutz	25
10.9 Schutzkleidung	26
10.10 Ausbildung	26
10.11 Medizinische Überwachung	26
11 Gefahren, die mit dem Betrieb von Lasern verbunden sein können	26
11.1 Luftverschmutzung	26
11.2 Gefahren durch Begleitstrahlung	26
11.3 Elektrische Gefahren	27
11.4 Kühlmittel	27
11.5 Materialbearbeitung	27
11.6 Andere Gefahrenquellen.	27
12 Vorgehensweise zur Abwendung von Gefahren	27
12.1 Allgemeines	27
12.2 Gefahrenabschätzung bei Lasern der Klasse 3B und Klasse 4 bei Benutzung im Freien	27
12.3 Persönliche Schutzvorkehrungen.	28
12.4 Laser-Einrichtungen für Vorführzwecke, Anzeigezwecke und Ausstellungen	28
12.5 Laser-Einrichtungen in Labors und Arbeitsstätten	28
12.6 Laser-Einrichtungen auf Baustellen und zur Benutzung im Freien.	29
13 Maximal zulässige Bestrahlung	30
13.1 Allgemeine Bemerkungen.	30
13.2 Grenzblenden.	30
13.3 Wiederholt gepulste oder modulierte Laser	31
13.4 Meßbedingungen	31
13.5 Laser als ausgedehnte Quellen	31
Anhang A (informativ) Berechnungsbeispiele.	44
Anhang B (informativ) Medizinische Betrachtungen.	65
Anhang C (informativ) Literaturverzeichnis	70
Anhang D (informativ) Zusammenfassende Tabellen.	71
Anhang E (informativ) Betrachtungen für Laser großer Leistung speziell für die Materialbearbeitung durch Laser	74
Anhang F (informativ) Zitierte IEC-Normen	76
Anhang ZA (normativ) Andere in dieser Norm zitierte internationale Publikationen mit den Verweisungen auf die entsprechenden europäischen Publikationen	77

Hauptabschnitt eins – Allgemeines

1 Anwendungsbereich und Zweck

1.1 Anwendungsbereich

IEC 825-1 ist für die Sicherheit von Laser-Einrichtungen anzuwenden. Zur Erleichterung wurde diese Norm in drei getrennte Hauptabschnitte gegliedert: Hauptabschnitt eins (Allgemeines) und die Anhänge; Hauptabschnitt zwei (Anforderungen für die Herstellung) und Hauptabschnitt drei (Richtlinien für den Benutzer)*).

Eine Laser-Einrichtung kann aus einem einzigen Laser – mit getrenntem oder ohne getrenntes Versorgungsgerät – bestehen oder kann 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 Unterhaltungsbereich, in der Forschung, der 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.

In diesem gesamten Teil 1 sind jeweils Licht emittierende Dioden (LEDs) eingeschlossen, wenn das Wort „Laser“ verwendet wird.

Laser-Einrichtungen sind von den Anforderungen dieses Teils 1 ausgenommen, wenn

- die Klassifikation durch den Hersteller nach den Abschnitten 3, 8 und 9 ergibt, daß die abgestrahlte Leistung unter allen Betriebsbedingungen, während Wartung, Service oder im Fehlerfall nicht die Grenzwerte (GZS) für Laser Klasse 1 übersteigt und
- die Laser-Einrichtungen keine gekapselten Laser oder gekapselten LEDs enthalten.

Zusätzlich zu den Gefährdungen durch Laserstrahlung können von Lasergeräten auch noch Gefährdungen wie Feuer oder elektrischer Schlag ausgehen.

Dieser Teil 1 beschreibt die Mindestanforderungen.

Wenn ein Lasersystem in eine Einrichtung eingebaut ist, für die in bezug auf Sicherheit noch andere IEC-Normen gelten (z. B. medizinische Einrichtungen (IEC 601-2-22), Büromaschinen (IEC 950), Audio- und Videogeräte (IEC 65), Geräte in gefährlicher Atmosphäre), gilt dieser Teil 1 für die Sicherheit des Lasers zusätzlich zu den Geräte-Sicherheitsnormen. Wenn das Lasersystem jedoch aus der Einrichtung ausgebaut betrieben werden kann, gelten die Anforderungen dieses Teils 1 für diesen ausbaubaren Teil.

Wenn es keine Geräte-Sicherheitsnorm für ein Gerät gibt, ist IEC 1010-1 anzuwenden.

Die MZB-Werte (maximal zulässige Bestrahlung) dieses Teils 1 wurden für Laserstrahlung festgelegt und gelten nicht für Begleitstrahlung.

Falls Bedenken bestehen, daß die Begleitstrahlung gefährlich sein könnte, dürfen die MZB-Werte für Laser angewendet werden, um Risiken sicher abschätzen zu können.

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.

1.2 Zweck

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

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

1.2.3 Sicherstellen angemessener Warnung von Personen durch Zeichen, Aufschriften und Anweisungen über die Gefährdungen, die mit der zugänglichen Strahlung von Laser-Einrichtungen verbunden sind.

1.2.4 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.

1.2.5 Schutz von Personen gegen andere Gefährdungen, die von Betrieb und Anwendung des Lasergerätes ausgehen.

*) In einigen Ländern bestehen vom Hauptabschnitt drei dieses Teils 1 abweichende Anforderungen. Daher sollte bezüglich dieser Anforderungen Verbindung mit den zuständigen nationalen Stellen aufgenommen werden.

**) In diesem Teil 1 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 $180 \text{ nm} \leq \lambda < 1 \text{ mm}$).

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Normen enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil dieses Teils der IEC 825 sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm gelten die angegebenen Ausgaben. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung, und Anwender dieser Norm werden gebeten, die jeweils neueste Ausgabe der im folgenden genannten Normen anzuwenden. Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gültigen Internationalen Normen.

IEC 27-1:1992	<i>Letter symbols to be used in electrical technology – Part 1: General</i>
IEC 50(845):1987	<i>International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 845: Lighting</i>
IEC 601-2-22:1992	<i>Medical electrical equipment – Part 2: Particular requirements for the safety of diagnostic and therapeutic laser equipment</i>
IEC 825-2:1993	<i>Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems</i>
IEC 1010-1:1990	<i>Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use – Part 1: General requirements Amendment 1, 1992</i>
IEC 1040:1990	<i>Power and energy measuring detectors, instruments and equipment for laser radiation</i>
ISO 1000:1992	<i>SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units</i>

3 Begriffe*)

Für die Zwecke dieser Norm gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Abdeckung: 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): Maximalwert zugänglicher Strahlung, der innerhalb einer bestimmten Klasse zugelassen ist (engl.: AEL – Accessible emission limit).

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: 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 Winkelausdehnung (3.6).

3.6 Winkelausdehnung (α): Betrachtungswinkel, unter dem die scheinbare Quelle (einschließlich diffuser Reflexion) dem Auge des Beobachters oder vom Meßpunkt aus erscheint (siehe auch „größter Grenzwinkel“ (3.49) oder „kleinster Grenzwinkel“ (3.53)). Diese Definition wird im Abschnitt A.3 näher erläutert.

3.7 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.

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

ANMERKUNG: Die Definition der scheinbaren Quelle wird verwendet, um den scheinbaren Ursprung der Laserstrahlung im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 1400 nm zu bestimmen, unter der Annahme, daß sich die scheinbare Quelle im Akkomodationsbereich des Auges (≥ 100 mm) befindet. Im Grenzfall verschwindender Divergenz, d. h. im Fall des ideal kollimierten Strahls, liegt die scheinbare Quelle im Unendlichen.

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

3.9 Strahlabschwächer: Gerät, das die Laserstrahlung auf oder unter einen festgelegten Wert abschwächt.

3.10 Strahldurchmesser (Strahlbreite): Der Strahldurchmesser d_u an einem Punkt im Raum ist der Durchmesser des kleinsten Kreises, der u % der gesamten Strahlungsleistung (oder Energie) umfaßt. In dieser Norm wird d_{63} benutzt.

*) Angeordnet in der alphabetischen Reihenfolge der englischen Begriffe. Abweichungen von IEC-Publikationen 50(845) sind beabsichtigt und angegeben. Es wird die Nummer der Definition im Kapitel 845 der IEC 50 als Bezug angegeben.

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

3.11 Strahldivergenz: Die Strahldivergenz ist der ebene Winkel im Fernfeld, der durch den Kegel des Strahldurchmessers festgelegt ist. Wenn die Strahldurchmesser (siehe 3.10) an zwei im Abstand L voneinander liegenden Punkten d_{63} und d'_{63} betragen, ist die Divergenz:

$$\arctan [(d_{63} - d'_{63}) / L]$$

SI-Einheit: rad

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

3.13 Komponente im Strahlengang: Optische Komponente, die im definierten Strahlengang liegt (z. B. ein Spiegel zur Steuerung des Strahlengangs oder eine Sammellinse).

3.14 Strahlfänger: Gerät, das den Strahlengang am Ende abschließt.

3.15 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 9.2).

3.16 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 9.2).

3.17 Laser-Einrichtungen 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 9.2).

3.18 Laser-Einrichtung der Klasse 4: Jede Laser-Einrichtung, deren zugängliche Strahlung die Grenzwerte (GZS) der Klasse 3B übersteigt (siehe 9.2).

3.19 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 Erfordernis für den Betrieb eines Lasers ausgeht.

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

3.21 Dauerstrich (engl.: continuous wave – CW): 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.

3.22 Definierter Strahlengang: Beabsichtigter Strahlenweg für den Laserstrahl innerhalb der Laser-Einrichtung.

3.23 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.

3.24 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.

3.25 Gekapselte Laser-Einrichtung: Im Sinne dieses Teils 1 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.

3.26 Emissionsdauer: Zeitliche Dauer eines Impulses, einer Impulsfolge oder des Dauerbetriebes, in der der Zugang zu Laserstrahlung möglich ist, wenn die Laser-Einrichtung betrieben, gewartet oder instand gesetzt wird.

3.27 Vagabundierende Laserstrahlung: Laserstrahlung, die vom definierten Strahlengang abweicht. Zu dieser Art Strahlung gehören unerwünschte Sekundärreflexionen von Komponenten im Strahlengang, durch falsch justierte oder beschädigte Komponenten abgelenkte Strahlung und Reflexionen vom Werkstück.

3.28 Einwirkungsdauer: Die Zeitdauer eines Impulses, einer Impulsfolge oder Daueremission von Laserstrahlung, die auf den menschlichen Körper einwirkt.

3.29 Blick in eine ausgedehnte Quelle: 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.

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

3.31 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.

3.32 Zugänglichkeit:

a) Möglichkeit, einen Körperteil einer gefährlichen Laserstrahlung, die von einer Blende ausgeht, auszusetzen, oder die Möglichkeit für einen geraden Prüfkörper mit 12 mm Durchmesser und bis 80 mm Länge, Laserstrahlung der Klasse 2, 3A oder 3B mit nicht mehr als fünfmal den GZS-Werten der Klasse 2 im Wellenlängenbereich von 400 bis 700 nm zu empfangen, oder

b) für Laserstrahlung in einem Gehäuse mit höheren Werten als in a) die Möglichkeit, für einen Teil des Körpers der Gefahr einer gefährlichen Strahlung aus dem Inneren des Gehäuses durch Öffnungen im Schutzgehäuse ausgesetzt zu sein, die an einer eingeführten glatten Oberfläche reflektiert wird.

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

3.34 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.

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

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

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

3.36 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.

3.37 Laser-Überwachungsbereich: Bereich, in dem der Aufenthalt und die Tätigkeit von Personen zum Zwecke des Schutzes vor Laserstrahlungsgefährdung überwacht und kontrolliert wird.

3.38 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 dürfen nicht als Laser-Energieversorgung angesehen werden.

3.39 Laser-Gefahrenbereich: Siehe Laserbereich (NOHA) (3.55).

3.40 Laser-Lichtwellenleiter-Übertragungssystem: System, das aus einer oder mehreren Laserquellen und einem zugehörigen optischen Faserkabel besteht.

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

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

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

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

3.45 Nivellier-Laser: Siehe Vermessungslaser (3.4).

3.46 Licht emittierende Diode (LED): Halbleiter-Bauteil mit einem pn-Übergang, das entworfen wurde, um elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von 180 nm bis 1 mm durch strahlende Rekombination in einem Halbleiter zu erzeugen. (Die Strahlung wird hauptsächlich durch den Prozeß der spontanen Emission erzeugt, obwohl auch stimulierte Emission daran beteiligt sein kann.)

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

3.48 Wartung: 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.

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

3.50 Maximale Ausgangsstrahlung: Maximale Strahlungsleistung bzw. die maximale Strahlungsenergie pro 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.

3.51 Maximal zulässige Bestrahlung (MZB) (engl.: Maximum permissible exposure – MPE): Grenzwert von Laserstrahlung, dem Personen unter normalen Umständen ausgesetzt werden dürfen, ohne daß schädliche Folgen eintreten. Die MZB-Werte stellen die maximalen Werte 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 Einwirkungsdauer, der Art der exponierten Organe und der Größe des Bildes auf der Netzhaut, bei Strahlung im sichtbaren und im nahen Infrarot-Bereich 400 nm bis 1400 nm. Die MZB-Werte sind in Abschnitt 13 (entsprechend dem derzeitigen Kenntnisstand) angegeben. Anhang A gibt Beispiele für die Berechnung von MZB-Werten.

3.52 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 ist oder deren Einsatz für diesen Zweck beabsichtigt oder vorgeschlagen wird.

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

3.54 Modenkopplung: Mechanismus oder 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.

3.55 Laserbereich (Nominal Ocular Hazard Area – NOHA): Bereich, in dem die Bestrahlungsstärke oder die Bestrahlung die geltende maximal zulässige Bestrahlung der Hornhaut des Auges (MZB) übertrifft, einschließlich der Möglichkeit einer zufälligen Ablenkung des Laserstrahls. Schließt man die Möglichkeit der Betrachtung mittels optischer Hilfsmittel ein, so wird der entsprechende Bereich „Erweiterter Laserbereich“ genannt.

3.56 Sicherheitsabstand (Nominal Ocular Hazard Distance – NOHD): 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.

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

3.58 Schutzabdeckung: 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.

3.59 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).

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

3.61 Impulslaser: Laser, der seine Energie in Form eines Einzelimpulses oder einer Impulsfolge abgibt. In diesem Teil 1 ist die Zeitdauer eines Impulses kleiner als 0,25 s.

3.62 Strahldichte: Physikalische Größe, definiert durch die Gleichung

$$L = \frac{d\Phi}{dA \cdot \cos \theta \cdot d\Omega}$$

Hierbei ist

$d\Phi$ die Strahlungsleistung in einem elementaren Bündel, das durch den gegebenen Punkt geht und sich in dem Raumwinkel $d\Omega$, der die gegebene Richtung enthält, ausbreitet;

dA die Fläche dieses Bündels, die den gegebenen Punkt enthält;

θ der Winkel zwischen der Senkrechten der Querschnittsfläche und der Richtung des Bündels.

Symbol: L

Einheit: $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$

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

3.63 Strahlungsenergie: Zeitintegral der Strahlungsleistung über eine bestimmte Zeitdauer Δt (IEV 845-01-27):

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

SI-Einheit: Joule (J)

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

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

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

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

Symbol: Φ, P $\Phi = \frac{dQ}{dt}$

SI-Einheit: Watt (W)

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

Symbol: ρ

SI-Einheit: 1

3.67 Steckverbinder für fernbediente Sicherheitsverriegelung: Steckverbinder, der es ermöglicht, externe Steuerelemente anzuschließen, die von anderen Bauteilen der Laser-Einrichtung getrennt aufgestellt sind (siehe 4.4).

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

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

3.70 Service: 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.

3.71 Service-Verbindung: Zugangsstelle in einem Laser-Lichtwellenleiter-Übertragungssystem, die für den Service vorgesehen ist und zu deren Trennung ein Werkzeug benötigt wird.

3.72 Service-Abdeckung: Abdeckplatte, die beim Service entfernt oder verschoben wird.

3.73 Einfehler-Bedingung: Jeder einzelne Fehler, der in einer Einrichtung auftreten könnte, und die direkten Auswirkungen dieses Fehlers.

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

3.75 Positionierlaser: Siehe Vermessungslaser (3.4).

3.76 Werkzeug: Bezeichnet einen Schraubendreher, eine Münze oder einen anderen Gegenstand, der benutzt werden kann, um eine Schraube oder ähnliche Befestigungsmittel zu betätigen.

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

Symbol: τ

SI-Einheit: 1

3.78 Optische Dichte bei Transmission: Briggscher Logarithmus des reziproken Wertes des Transmissionsgrades (IEV 845-04-66).

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

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

ANMERKUNG: In diesem Teil 1 bedeutet dies die elektromagnetische Strahlung, deren monochromatische Komponenten im Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 700 nm liegen.

3.80 Werkstück: Ein Gegenstand, der durch Laser bearbeitet werden soll.

Hauptabschnitt zwei – Anforderungen für die Herstellung**4 Konstruktionsanforderungen****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 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 die neue Beschilderung der Laser-Einrichtung sichergestellt sind.

4.2 Schutzgehäuse**4.2.1 Allgemeines**

Jede Laser-Einrichtung muß ein Schutzgehäuse haben, das im installierten Zustand Zugang zur Laserstrahlung (einschließlich vagabundierender Strahlung) über den Grenzwerten der Klasse 1 verhindert, es sei denn, der Zugang ist notwendig, um die beabsichtigte(n) Funktion(en) der Einrichtung auszuführen. (Siehe Anhang E als Richtlinie für diese Anforderung für Laser großer Leistung.)

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 zur Abnahme oder Verlagerung des Gehäuseteils oder der Abdeckung Werkzeug benutzt werden muß.

4.2.3 Herausnehmbares Lasergerät

Wenn eine gekapselte Laser-Einrichtung oder ein Laser-System aus ihrem/seinem Schutzgehäuse oder der Schutzabdeckung herausgenommen und ohne Modifizierung betrieben werden kann, dann muß der Laser den Anforderungen für die Herstellung nach den Abschnitten 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 die beiden folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- a) das Entfernen oder Verschieben der Abdeckplatte ist während des Betriebs vorgesehen, und
- b) durch das Entfernen der Abdeckplatten wird der Zugang zu Strahlung mit GZS-Werten über der Klasse 3A möglich; trotzdem ist eine Sicherheitsverriegelung nicht erforderlich für eine Laser-Einrichtung der Klassen 3B oder 4, wenn die im Gehäuse zugängliche Strahlung der Klasse 3B entspricht, im Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 700 nm liegt und kleiner als die fünffachen GZS-Werte der Klasse 2 ist.

Die untenstehende Tabelle gibt (durch X) die Notwendigkeit einer Sicherheitsverriegelung an.

Klasse der Einrichtung	Zugängliche Strahlung, während die Abdeckplatte entfernt ist				
	1	2	3A	3B	4
1	–	–	–	X	X
2	–	–	–	X	X
3A	–	–	–	X*)	X
3B	–	–	–	X*)	X
4	–	–	–	X*)	X

*) Nicht erforderlich, wenn die im Gehäuse zugängliche Strahlung der Klasse 3B entspricht, im Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 700 nm liegt und kleiner als die fünffachen GZS-Werte der Klasse 2 ist.

Nach Abnehmen der Abdeckplatte darf durch die Öffnung keine Strahlung austreten, die die GZS der Klasse 3A übersteigt.

Die Sicherheitsverriegelung muß so konstruiert sein, daß die Abdeckplatte nicht entfernt werden kann, solange die Strahlungswerte nicht niedriger liegen als die GZS-Werte der zugeordneten Klasse, aber auf jeden Fall unter den in 4.3.1 b) festgelegten Grenzwerten. Unbeabsichtigtes Zurücksetzen der Sicherheitsverriegelung darf nicht allein die Strahlung über die GZS-Werte der zugeordneten Klasse oder der nach 4.3.1 b) festgelegten Werte 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 normale 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*

Jedes Laser-System, das 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 nm 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*

Jedes Laser-System, das 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 nm 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*

4.6.1 Jedes Laser-System, das zu einer der folgenden Klasse gehört, muß eine hörbare oder sichtbare Warnung abgeben, wenn es eingeschaltet 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 nm bis 700 nm. Die Warneinrichtung muß ausfallsicher oder redundant sein. Jede sichtbare Warneinrichtung muß durch Augenschutzmittel, die spezifisch für die Wellenlänge(n) der abgegebenen Laserstrahlung ausgelegt sind, deutlich sichtbar sein. Die sichtbare(n) Warneinrichtung(en) muß (müssen) so angebracht sein, daß man sie sehen kann, ohne sich einer Laserstrahlung über den Strahlungsgrenzwerten (GZS) der Klasse 1 oder Klasse 2 aussetzen zu müssen.

4.6.2 Jede Bedieneinrichtung und jede Laser-Austrittsöffnung, die 2 oder mehr Meter von der Warneinrichtung entfernt werden kann, muß mit einer Strahlungs-Warneinrichtung ausgestattet sein. Die Warneinrichtung muß deutlich sichtbar oder hörbar sein für Personen in der Nähe der Bedieneinrichtung oder Laser-Austrittsöffnung.

4.6.3 Wenn die Laser-Strahlung an mehr als einer Austrittsöffnung auftreten kann, dann muß eine sichtbare Warneinrichtung deutlich anzeigen, an welcher oder welchen Austrittsöffnungen die Laserstrahlung nach Abschnitt 4.6.1 auftreten kann.

4.7 *Strahlfänger oder -abschwächer*

Jedes Laser-System, das 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 den fünffachen Strahlungsgrenzwerten (GZS) der Klasse 2 im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm. Der Strahlfänger oder -abschwächer muß in der Lage sein, Personen den Zugang zu Laserstrahlung über den Strahlungsgrenzwerten (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 des Betriebens 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 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 infolge Versagens der Ablenkung oder durch Änderung entweder der Ablenkgeschwindigkeit oder der Amplitude keine zugängliche Strahlung über den Grenzwerten (GZS) der zugeordneten Klasse zulassen.

4.11 Justierhilfen

Wenn die übliche Wartung die Justierung von Komponenten im Strahlengang erfordert, dann muß ein sicheres Hilfsmittel dafür vorhanden sein.

4.12 Zugang durch Hineingehen

Wenn ein Schutzgehäuse mit Zugangsöffnungen versehen ist, die einen Zugang durch Hineingehen ermöglichen, dann muß

- a) dafür gesorgt werden, daß jede Person, die das Schutzgehäuse betritt, die unbeabsichtigte Aktivierung der Laserstrahlung verhindern kann, außer für Klasse 1, Klasse 2, Klasse 3A oder Klasse 3B mit weniger als den fünffachen GZS-Werten der Klasse 2 im Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 700 nm;
- b) eine Emissions-Warneinrichtung so aufgestellt sein, daß jede Person, die im Schutzgehäuse sein könnte, angemessen gewarnt wird vor Strahlung über den GZS-Werten der Klasse 3A und der Klasse 3B mit weniger als den fünffachen GZS-Werten der Klasse 2 im Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 700 nm.

4.13 Umgebungsbedingungen

Die Laser-Einrichtung muß die Sicherheitsanforderungen dieser Norm unter allen zu erwartenden Betriebsbedingungen für die beabsichtigte Anwendung der Einrichtung erfüllen. Dabei sind zu beachten:

- klimatische Bedingungen (z. B. Temperatur, relative Feuchte);
- Schwingungen und Stöße.

Falls in der Geräte-Sicherheitsnorm dazu keine Aussagen getroffen sind, sind die zutreffenden Unterabschnitte der IEC 1010-1 anzuwenden.

ANMERKUNG: Anforderungen bezüglich EMV sind in Vorbereitung.

4.14 Schutz gegen andere Gefährdungen

4.14.1 Die Anforderungen der zutreffenden Geräte-Sicherheitsnorm sind zu erfüllen während des Normalbetriebs und für die Einfehler-Bedingung in bezug auf:

- elektrische Gefährdungen;
- erhöhte Temperatur;
- Erzeugung von Feuer durch die Einrichtung;
- Schall und Ultraschall;
- gefährliche Flüssigkeiten;
- Explosion.

Falls in der Geräte-Sicherheitsnorm dazu keine Aussagen getroffen sind, sind die zutreffenden Unterabschnitte der IEC 1010-1 anzuwenden.

ANMERKUNG: In vielen Ländern gibt es besondere Vorschriften für die Überwachung von Schadstoffen. Diese Anforderungen sind bei der zuständigen nationalen Behörde zu erfragen.

4.14.2 Begleitstrahlung

Das Schutzgehäuse schützt üblicherweise auch gegen Gefährdungen durch Begleitstrahlung (z. B. UV-Strahlung, Licht, IR-Strahlung).

Falls jedoch Bedenken bestehen, daß die Begleitstrahlung gefährlich sein könnte, dürfen die MZB-Werte für eine vorsichtige Abschätzung dieses Risikos verwendet werden.

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 soll 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

Statt dessen darf dieser Hinweis auch, nach Wahl des Herstellers, in die Bedienungsanleitung aufgenommen werden.

5.3 Klasse 2

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

LASERSTRAHLUNG
BESTRAHLUNG VON AUGEN 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
AUSSTRITT 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 ausgesandten 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), spezifizierte 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 nm bis 700 nm erzeugt.

5.12 Warnung vor Licht emittierender Dioden-Strahlung

Für Licht emittierende Dioden-Strahlung ist das Wort „Laser“ in Hinweisschildern nach Abschnitt 5 durch „Licht emittierende Diode“ zu ersetzen.

6 Weitere erforderliche Angaben

6.1 Information für den Benutzer

Hersteller von Laser-Einrichtungen müssen dafür sorgen, daß folgende Hinweise als integrale Bestandteile der Betriebsanleitung bzw. des Bedienungshandbuchs für den Benutzer, die bzw. das der Laser-Einrichtung beigelegt wird, 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.)
Zusätzlich ist bei gekapselten Laser-Einrichtungen und anderen eingebauten Laser-Einrichtungen für ähnliche Hinweise zur Beschreibung der eingebauten Laser-Einrichtung zu sorgen. Die Hinweise müssen auch angemessene Sicherheitshinweise für den Anwender enthalten, um zu vermeiden, daß er sich unbeabsichtigt gefährlicher Laser-Strahlung aussetzt.
- c) Lesbare Reproduktionen (wahlweise in Farbe) aller erforderlichen Hinweisschilder und Warnzeichen, 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 zu gewährleisten.

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 muß die Sicherheitsklassifizierung jeder Laser-Einrichtung angegeben werden.
- 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 Bestrahlung und andere Gefährdungen 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 1, 2, 3 und 4 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 gilt:

- a) Jede Laser-Einrichtung der Klasse 3B oder der Klasse 4 für medizinische Zwecke muß der Norm IEC 601-2-22 entsprechen.
- b) Der Hersteller muß mit jeder medizinischen Laser-Einrichtung eine Bedienungsanweisung mitliefern, die Verfahrensweise und Zeitintervalle zur Kalibrierung des Meßsystems festlegt.

7.2 Laser-Lichtwellenleiter-Übertragungssystem

Laser-Einrichtungen, die Lichtwellenleiter-Übertragung verwenden, müssen Kabelstecker haben, zu deren Trennung ein Werkzeug benutzt werden muß, falls beim Trennen dieser Kabelverbindungen die Grenzwerte der zugänglichen Strahlung (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 soll. 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.

Für die Sicherheit von Lichtwellenleiter-Übertragungssystemen gilt IEC 825-2.

8 Prüfungen

8.1 Allgemeines

Die Prüfungen müssen allen Ungenauigkeiten und statistischen Unsicherheiten im Prüfprozeß (siehe IEC 1040) sowie der alterungsbedingten Zunahme der Emission und Verschlechterung der Strahlungssicherheit Rechnung tragen.

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

Prüfungen während des Betriebs sind für die Klassifizierung der Laser-Einrichtung auszuführen. Prüfungen während des Betriebs, der Wartung oder des Service müssen je nach Erfordernis durchgeführt werden, um die

Gleichwertige Prüfungen oder Vorgehensweisen sind zulässig.

Um eine Laser-Einrichtung nach Abschnitt 9.1 zu klassifizieren, kann es notwendig sein, Laserstrahlung 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.

a) Unter solchen Bedingungen und unter Anwendung von Verfahrensweisen, die zu maximalen zugänglichen Strahlungswerten führen, einschließlich Einschaltvorgängen, stabilisierter Emission und Abschaltvorgängen der Laser-Einrichtung.

c) Messung der Größe zugänglicher Strahlung an Stellen im Raum, die während des Betriebs zugänglich sind (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).

Im Wellenlängenbereich zwischen 302,5 nm und 4000 nm darf die kleinste Entfernung der Meßblende nicht unter 100 mm von der scheinbaren Strahlenquelle sein, mit Ausnahme der in den Absätzen 8.2 f) und 8.2 h) beschriebenen Fälle.

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

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

f) Die Winkelausdehnung α , unter der eine scheinbare Quelle erscheint, wird im Abstand von 100 mm gemessen. Jede Winkelausdehnung, die größer als $\alpha_{\max}$ ist, muß durch $\alpha_{\max}$ begrenzt werden, jede Winkelausdehnung, die kleiner 1,5 mrad ist, muß durch 1,5 mrad begrenzt werden.

g) Messung von Werten der Bestrahlungsstärke ($W \cdot m^{-2}$) und Bestrahlung ($J \cdot m^{-2}$), gemittelt über eine kreisförmige Meßblende entsprechend den in Tabelle 7 auf das Auge anwendbaren Grenzblenden.

h) Für Werte, die als Strahlungsleistung (W) oder Strahlungsenergie (J) angegeben werden, sind die Meßbedingungen in folgender Tabelle zusammengefaßt:

Winkelausdehnung α der Quelle	Durchmesser der Meßblende d und Meßabstand r im Wellenlängenbereich		
	< 302,5 nm und > 4000 nm	≥ 400 nm bis 1400 nm	$\geq 302,5$ nm bis 400 nm und ≥ 1400 nm bis 4000 nm
$\alpha \leq 1,5$ mrad	d wie in Tabelle 7 angegeben	$d = 50$ mm $r = 100$ mm	$d = 50$ mm
$\alpha > 1,5$ mrad		$d = \left(7 \sqrt{\frac{\alpha_{\max}}{\alpha + 0,46 \text{ mrad}}} \right) \text{ mm}$ $r = 100$ mm	
		oder	
		$d = 7$ mm $r = \left(100 \sqrt{\frac{\alpha + 0,46 \text{ mrad}}{\alpha_{\max}}} \right) \text{ mm}$	
	für r siehe 8.2 d)		

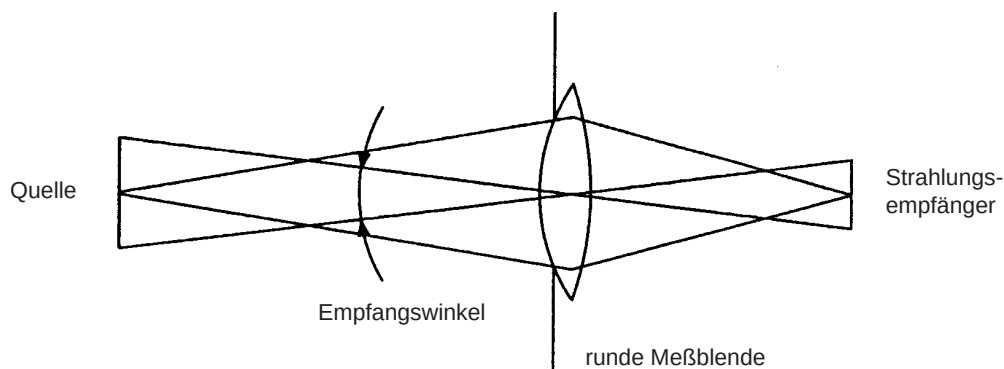
In Fällen, bei denen eine scheinbare Quelle im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 1400 nm, die unter einer Winkelausdehnung von $\alpha \leq 1,5$ mrad erscheint, aufgrund der Konstruktion um mehr als 14 mm zurückgesetzt ist, muß der Abstand r der 50-mm-Meßblende von der scheinbaren Quelle 7,14mal dem Abstand der scheinbaren Quelle zu dem nächsten zugänglichen Punkt sein (um eine 7-mm-Meßblende, die im nächsten

zugänglichen Punkt angeordnet ist, unter Beibehaltung der Numerischen Apertur für die Sammlung der Strahlung zu simulieren).

Für kollimierte Strahlen, die eine Divergenz kleiner als 5 mrad haben, darf die 50-mm-Meßblende im Abstand von 2 m zum Strahlenausgang aufgestellt werden, um das Sammeln von vagabundierender Streustrahlung auszuschließen.

Für Laserstrahlung, bei der die scheinbare Quelle aus mehreren Punkten besteht oder eine Linie mit einer Winkelausdehnung größer als $\alpha_{\min}$ im Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 1400 nm bildet, müssen die Messungen oder Bewertungen für jeden einzelnen erforderlichen Punkt ausgeführt werden, um sicherzustellen, daß die Quelle weder die GZS für jedes mögliche α , das jedem Teilbereich mit $\alpha_{\min} \leq \alpha \leq \alpha_{\max}$ entspricht, übersteigt, noch für die ganze Anordnung, für die höchstens ein Empfangswinkel $\alpha_{\max}$ verwendet wird.

Für die Berechnung der GZS wird die Winkelausdehnung einer rechteckigen oder linienförmigen Quelle durch den arithmetischen Mittelwert der beiden Abmessungen der Quelle bestimmt. Jede Winkelausdehnung, die größer als $\alpha_{\max}$ oder kleiner als 1,5 mrad ist, muß durch $\alpha_{\max}$ oder entsprechend durch 1,5 mrad begrenzt werden, bevor der Mittelwert berechnet wird.



i) Bei richtungsveränderlicher Laserstrahlung innerhalb einer runden, stillstehenden Meßblende mit 7 mm Durchmesser (die entstehende zeitliche Änderung der aufgenommenen Strahlung ist als Impuls oder als Impulsfolge zu behandeln).

j) Der Empfangswinkel ist $\alpha_{\max}$ (0,1 rad) für den Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 4000 nm. Jedoch kann der Winkel kleiner sein, um die Strahlung eines einzelnen Elements einer Anordnung zu bestimmen (siehe h) oben).

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 Beschreibung der Laser-Klassen

Klasse 1: Laser, die unter vernünftigerweise vorhersehbaren Betriebsbedingungen sicher sind.

Klasse 2: Laser, die sichtbare Strahlung im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm aussenden. Der Schutz des Auges wird üblicherweise durch Abwendungsreaktionen einschließlich des Lidschlußreflexes bewirkt.

Klasse 3A: Laser, die für die Betrachtung mit dem Auge ohne Hilfsmittel sicher sind. Für Laser im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm wird der Schutz durch Abwendungsreaktionen einschließlich des Lidschlußreflexes bewirkt. Für andere Wellenlängenbereiche ist die Gefährdung des Auges ohne Hilfsmittel nicht größer als bei Klasse 1. Direkter Blick in den Strahl mit optischen Hilfsmitteln (wie z. B. Ferngläsern, Fernrohren, Mikroskopen) kann gefährlich sein.

Klasse 3B: Direkter Blick in den Strahl in der Nähe dieser Laser ist immer gefährlich. Die Beobachtung von diffusen Reflexionen ist üblicherweise sicher.

Klasse 4: Laser, die gefährlich sind. Diese Laser können gefährliche diffuse Reflexionen erzeugen. Sie können Verletzungen der Haut verursachen und zu Brandgefahren führen. Ihre Anwendung erfordert äußerste Vorsicht.

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 führt, klassifiziert werden. Die Grenzwerte (GZS) der Klasse 1, Klasse 2, Klasse 3A und Klasse 3B (aufgeführt in der Reihenfolge des zunehmenden Gefährdungs-grades) sind in den Tabellen 1, 2, 3 und 4 jeweils angegeben.

Die Werte der verwendeten Korrekturfaktoren sind in den Anmerkungen zu den Tabellen 1 bis 4 als Funktion der Wellenlänge, der Emissionsdauer, der Anzahl der Impulse und der Winkelausdehnung 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 5 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.

2) Eine Laser-Einrichtung, die zwei oder mehrere Wellenlängen ausstrahlt, die in Tabelle 5 nicht als additiv aufgezeigt sind, wird einer Klasse zugeordnet, die dadurch bestimmt ist, daß die durch die Austrittsöffnung tretende Laserstrahlung die Grenzwerte (GZS) aller niedrigeren Klassen für mindestens eine Wellenlänge übersteigt, aber nicht die Grenzwerte der zugeordneten Klasse (GZS) bei irgendeiner Wellenlänge.

c) Betrachtungen der Zugangsmöglichkeit bei der Klassifizierung: Schutzgehäuse

Wenn durch irgendeine Öffnung im Schutzgehäuse Einwirkungen von Laserstrahlung auf einen Körperteil infolge gestörten Betriebs oder Einbringen von einem Körperteil möglich sind, muß die Laser-Einrichtung entsprechend der an dieser Stelle herrschenden Strahlung klassifiziert, gekennzeichnet und behandelt werden.

d) Strahlung von ausgedehnten Quellen

Eine Quelle wird als ausgedehnte Quelle betrachtet, wenn die scheinbare Quelle eine ebene Winkelausdehnung von größer als $\alpha_{\min}$ hat (im Gegensatz zu den meisten Laserquellen).

$$\alpha_{\min} = 1,5 \text{ mrad} \quad \text{für } t < 0,7 \text{ s}$$

$$\alpha_{\min} = 2 t^{3/4} \text{ mrad} \quad \text{für } 0,7 \text{ s} \leq t < 10 \text{ s}$$

$$\alpha_{\min} = 11 \text{ mrad} \quad \text{für } t \geq 10 \text{ s}.$$

Für eine ausgedehnte Quelle muß die gemessene Leistung oder Energie unter der erlaubten Leistung oder Energie für die GZS-Werte dieser Klasse als Funktion des Winkels liegen.

α muß errechnet (oder gemessen) werden in der kürzest möglichen Entfernung zur scheinbaren Quelle, aber nicht unter 100 mm.

Für Quellen, die eine Winkelausdehnung kleiner oder gleich $\alpha_{\min}$ haben, sind die GZS- und MZB-Werte unabhängig von der Winkelausdehnung der Quelle.

e) Zeitbasis

In dieser Norm werden die folgenden Zeitbasen verwendet:

- a) 0,25 s für Laserstrahlung der Klassen 2 und 3A im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm wie in den Tabellen 2 oder 3 festgelegt;
- b) 100 s für Laserstrahlung mit Wellenlängen größer als 400 nm mit den in a) und c) aufgeführten Ausnahmen;
- c) 30000 s für Laserstrahlung mit Wellenlängen kleiner oder gleich 400 nm und für Laserstrahlung mit Wellenlängen größer als 400 nm, wenn die absichtliche und langzeitige Beobachtung für die Konstruktion oder die Funktion der Laser-Einrichtung Voraussetzung ist.

9.4 Wiederholt gepulste oder modulierte Laser

Da es nur wenige Daten über die Bestrahlung mit Mehrfachimpulsen gibt, muß man bei der Abschätzung der zulässigen Bestrahlung durch wiederholt gepulste Strahlung Vorsicht walten lassen. Die folgenden Verfahren müssen benutzt werden, um die bei wiederholt gepulster Laserstrahlung anzuwendenden Grenzwerte (GZS) zu bestimmen.

Der Strahlungsgrenzwert (GZS) für Wellenlängen von 400 nm bis 10^6 nm wird durch Anwendung derjenigen nachfolgenden Anforderungen a), b) und c) bestimmt, die die größte Einschränkung darstellt. Bei anderen Wellenlängen wird der Strahlungsgrenzwert (GZS) durch Anwendung derjenigen nachfolgenden Anforderungen a) und b) bestimmt, die die größte Einschränkung darstellt.

a) Die Bestrahlung durch jeden Einzelimpuls einer Impulsfolge darf nicht den Grenzwert (GZS) für einen Einzelimpuls überschreiten.

b) Die mittlere Leistung für eine Impulsfolge der Dauer T darf die Leistung entsprechend dem Grenzwert (GZS) nach Tabellen 1, 2, 3 und 4 für einen einzelnen Impuls der Dauer T nicht überschreiten.

Tabelle 1: Grenzwerte zugänglicher Strahlung (GZS) für Laser-Einrichtungen der Klasse 1

Emissions- dauer t s Wellen- länge λ nm		10^{-9} bis 10^{-7}	10^{-7} bis $1,8 \times 10^{-5}$	$1,8 \times 10^{-5}$ bis 5×10^{-5}	5×10^{-5} bis 1×10^{-3}	1×10^{-3} bis 3	3 bis 10	10 bis 10^3	10^3 bis 10^4	10^4 bis 3×10^4	
180 bis 302,5	$2,4 \times 10^4$ W	$2,4 \times 10^{-5}$ J									
302,5 bis 315		$7,9 \times 10^{-7} C_2$ J ($t > T_1$)							$7,9 \times 10^{-7} C_2$ J		
315 bis 400		$7,9 \times 10^{-7} C_1$ J							$7,9 \times 10^{-3}$ J	$7,9 \times 10^{-6}$ W	
400 bis 550	$200 C_6$ W	$2 \times 10^{-7} C_6$ J	$7 \times 10^{-4} t^{0,75} C_6$ J					$3,9 \times 10^{-3} C_6$ J		$3,9 \times 10^{-7} C_6$ W	
550 bis 700								$3,9 \times 10^{-3} C_3 C_6$ J ($t > T_2$) $7 \times 10^{-4} t^{0,75} C_6$ J ($t < T_2$)		$3,9 \times 10^{-7} C_3 C_6$ W	
700 bis 1050	$200 C_4 C_6$ W	$2 \times 10^{-7} C_4 C_6$ J	$7 \times 10^{-4} t^{0,75} C_4 C_6$ J						$1,2 \times 10^{-4} C_4 C_6$ W		
1050 bis 1400	$2 \times 10^3 C_6 C_7$ W	$2 \times 10^{-6} C_6 C_7$ J			$3,5 \times 10^{-3} t^{0,75} C_6 C_7$ J					$6 \times 10^{-4} C_6 C_7$ W	
1400 bis 1500	8×10^5 W	8×10^{-4} J				$4,4 \times 10^{-3} t^{0,25}$ J	$5,4 \times 10^{-2} t^{0,25}$ J	10^{-2} W			
1500 bis 1800	8×10^6 W	8×10^{-3} J				0,1 J					
1800 bis 2600	8×10^5 W	8×10^{-4} J				$4,4 \times 10^{-3} t^{0,25}$ J	$5,4 \times 10^{-2} t^{0,25}$ J				
2600 bis 4000	8×10^4 W	8×10^{-5} J	$4,4 \times 10^{-3} t^{0,25}$ J								
4000 bis 10^6	10^{11} W · m ⁻²	100 J · m ⁻²	$5,6 \times 10^3 t^{0,25}$ J · m ⁻²					10^3 W · m ⁻²			
Für Korrekturfaktoren und Einheiten siehe „Anmerkungen zu den Tabellen 1 bis 4“.											

c) Die Bestrahlung durch jeden Einzelimpuls einer Impulsfolge darf den Grenzwert (GZS) des Einzelimpulses multipliziert mit dem Korrekturfaktor C_5 nicht übersteigen:

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

Dabei bedeutet:

$GZS_{\text{Impulsfolge}}$ GZS für jeden Einzelimpuls in der Folge

$GZS_{\text{Einzelimpuls}}$ GZS für einen Einzelimpuls

C_5 $N^{-1/4}$

N Anzahl der Impulse während der anwendbaren Zeitbasis

In manchen Fällen kann dieser Wert unter den GZS-Wert für Dauerbetrieb fallen, der bei gleicher Spitzenleistung und gleicher Zeitbasis gültig wäre. Unter diesen Voraussetzungen darf der GZS-Wert für Dauerbetrieb verwendet werden.

Tabelle 2: Grenzwerte zugänglicher Strahlung (GZS) für Laser-Einrichtungen der Klasse 2

Wellenlänge λ nm	Emissionsdauer t s	GZS der Klasse 2
400 bis 700	$t < 0,25$ $t \geq 0,25$	GZS wie Klasse 1 $C_6 \times 10^{-3} \text{ W}^*)$
*) Für den Korrekturfaktor und Einheiten siehe „Anmerkungen zu den Tabellen 1 bis 4“.		

Tabelle 4: Grenzwerte zugänglicher Strahlung (GZS) für Laser-Einrichtungen der Klasse 3B

Wellenlänge λ nm Emissionsdauer t s	$< 10^{-9}$	10^{-9} bis 0,25	0,25 bis 3×10^4
180 bis 302,5	$3,8 \times 10^5 \text{ W}$	$3,8 \times 10^{-4} \text{ J}$	$1,5 \times 10^{-3} \text{ W}$
302,5 bis 315	$1,25 \times 10^4 C_2 \text{ W}$	$1,25 \times 10^{-5} C_2 \text{ J}$	$5 \times 10^{-5} C_2 \text{ W}$
315 bis 400	$1,25 \times 10^8 \text{ W}$	0,125 J	0,5 W
400 bis 700	$3 \times 10^7 \text{ W}$	0,03 J für $t < 0,06 \text{ s}$ 0,5 W für $t \geq 0,06 \text{ s}$	0,5 W
700 bis 1050	$3 \times 10^7 C_4 \text{ W}$	0,03 C_4 J für $t < 0,06 C_4 \text{ s}$ 0,5 W für $t \geq 0,06 C_4 \text{ s}$	0,5 W
1050 bis 1400	$1,5 \times 10^8 \text{ W}$	0,15 J	0,5 W
1400 bis 10^6	$1,25 \times 10^8 \text{ W}$	0,125 J	0,5 W
Für Korrekturfaktoren und Einheiten siehe „Anmerkungen zu den Tabellen 1 bis 4“.			

*) C_5 ist nur anwendbar für Impulsdauern kürzer als 0,25 s.