

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>DIN EN 60825-4<br/>(VDE 0837-4)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>DIN</b> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Diese Norm ist zugleich eine <b>VDE-Bestimmung</b> im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden. | <b>VDE</b> |
| <p>ICS 31.260</p> <p>Ersatz für<br/><b>DIN EN 60825-4<br/>(VDE 0837-4):2007-07</b><br/>Siehe jedoch Beginn der Gültigkeit</p> <p><b>Sicherheit von Lasereinrichtungen –<br/>Teil 4: Laserschutzwände<br/>(IEC 60825-4:2006 + A1:2008);<br/>Deutsche Fassung EN 60825-4:2006 + A1:2008</b></p> <p>Safety of laser products –<br/>Part 4: Laser guards<br/>(IEC 60825-4:2006 + A1:2008);<br/>German version EN 60825-4:2006 + A1:2008</p> <p>Sécurité des appareils à laser –<br/>Partie 4: Protectors pour lasers<br/>(CEI 60825-4:2006 + A1:2008);<br/>Version allemande EN 60825-4:2006 + A1:2008</p> <p>Gesamtumfang 78 Seiten</p> <p>DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |            |

## **Beginn der Gültigkeit**

Die von CENELEC am 2006-10-01 angenommene EN 60825-4 gilt zusammen mit der am 2008-09-01 angenommenen Änderung A1 als DIN-Norm ab 2009-06-01.

Daneben darf **DIN EN 60825-4 (VDE 0837-4):2007-07** noch bis 2011-09-01 angewendet werden.

## **Nationales Vorwort**

*Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 60825-4/A1 (VDE 0837-4/A1):2007-08.*

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium GK 841 „Optische Strahlungssicherheit und Lasereinrichtungen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE ([www.dke.de](http://www.dke.de)) zuständig.

Die Änderung 1 dieser Norm ist mit einem Strich am linken Seitenrand gekennzeichnet.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 76 „Optical radiation safety and laser equipment“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (maintenance result date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Anwender dieser Norm sollten sich der Tatsache bewusst sein, dass in nationalen Rechtsvorschriften Richtlinien für den Benutzer von Lasereinrichtungen festgelegt sind. Dazu gehören insbesondere die Unfallverhütungsvorschriften der gewerblichen Berufsgenossenschaften. Diese haben in jedem Fall Vorrang vor den in dieser Norm definierten Anforderungen.

Die Anleitung für Anordnung und Installation von Laserschutzanlagen im Anhang E richtet sich an den Hersteller und/oder an solche Betreiber, die Lasermaterialbearbeitungsanlagen selbst zusammenstellen und somit erstmals in Verkehr bringen.

## **Änderungen**

Gegenüber **DIN EN 60825-4 (VDE 0837-4):2007-07** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) es wurde der Anhang G „Strahlführungssysteme“ hinzugefügt;
- b) im Rahmen einer redaktionellen Überarbeitung wurden Schreibfehler beseitigt.

## **Frühere Ausgaben**

**DIN EN 60825-4 (VDE 0837-4): 1998-09, 2003-11, 2004-06, 2007-07**

## Nationaler Anhang NA (informativ)

### Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

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.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

**Tabelle NA.1**

| Europäische Norm                                    | Internationale Norm                                       | Deutsche Norm                                                   | Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| EN 60204-1                                          | IEC 60204-1                                               | DIN EN 60204-1<br>(VDE 0113-1)                                  | VDE 0113-1                             |
| EN 61310-3                                          | IEC 61310-3                                               | DIN EN 61310-3<br>(VDE 0113-103)                                | VDE 0113-103                           |
| CLC/TS 61496-2                                      | IEC 61496-2                                               | –                                                               | –                                      |
| CLC/TS 62046                                        | IEC 62046                                                 | DIN CLC/TS 62046<br>(VDE V 0113-211)                            | VDE V 0113-211                         |
| Normen der Reihe<br>EN 60825                        | Normen der Reihe<br>IEC 60825                             | Normen der Reihe<br>DIN EN 60825 (VDE 0837)                     | Normen der Reihe<br>VDE 0837           |
| EN 60825-1:1994<br>+ A1:2002<br>+ A2:2001           | IEC 60825-1:1993<br>+ A1:1997<br>+ A2:2001                | DIN EN 60825-1<br>(VDE 0837-1):2003-10                          | VDE 0837-1                             |
| –                                                   | IEC/TR 60825-14                                           | DIN EN 60825 Beiblatt 14<br>(VDE 0837 Beiblatt 14)              | VDE 0837 Beiblatt 14                   |
| EN 775:1992<br>ersetzt durch<br>EN ISO 10218-1:2006 | ISO 10218:1992, mod.<br>ersetzt durch<br>ISO 10218-1:2006 | DIN EN 775:1993-08<br><br>DIN EN ISO 10218-1<br>in Vorbereitung | –                                      |
| EN ISO 11553-1:2005                                 | ISO 11553-1:2005                                          | DIN EN ISO 11553-1:2005-05                                      | –                                      |
| EN ISO 12100-1:2003                                 | ISO 12100-1:2003                                          | DIN EN ISO 12100-1:2004-04                                      | –                                      |
| EN ISO 12100-2:2003                                 | ISO 12100-2:2003                                          | DIN EN ISO 12100-2:2004-04                                      | –                                      |
| EN 954-1                                            | ISO 13849-1                                               | DIN EN 954-1                                                    | –                                      |
| EN 14120:2003                                       | ISO 14120                                                 | DIN EN 14120                                                    | –                                      |
| EN 1050                                             | ISO 14121                                                 | DIN EN 1050                                                     | –                                      |
| –                                                   | ISO 15532-3                                               | –                                                               | –                                      |

## Nationaler Anhang NB (informativ)

### Literaturhinweise

**DIN CLC/TS 62046 (VDE V 0113-211)**, *Sicherheit von Maschinen – Anwendung von Schutzausrüstungen zur Anwesenheitserkennung von Personen*

DIN EN 775:1993-08, *Industrieroboter – Sicherheit (ISO 10218:1992, modifiziert)*; Deutsche Fassung EN 775:1992 + AC:1993

DIN EN 954-1, *Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze*

DIN EN 1050, *Sicherheit von Maschinen – Leitsätze zur Risikobeurteilung*

DIN EN 14120, *Schutzkleidung – Handgelenk-, Handflächen-, Knie- und Ellenbogenschützer für Benutzer von Rollsportgeräten – Anforderungen und Prüfverfahren*

DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1), *Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

Normen der Reihe

DIN EN 60825 (VDE 0837), *Sicherheit von Lasereinrichtungen*

**DIN EN 60825-1 (VDE 0837-1):2003-10**, *Sicherheit von Laser-Einrichtungen – Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien (IEC 60825-1:1993 + A1:1997 + A2:2001)*; Deutsche Fassung EN 60825-1:1994 + A1:2002 + A2:2001

**DIN EN 60825 Beiblatt 14 (VDE 0837 Beiblatt 14)**, *Sicherheit von Lasereinrichtungen – Teil 14: Ein Leitfaden für Benutzer*

**DIN EN 61310-3 (VDE 0113-103)**, *Sicherheit von Maschinen – Anzeigen, Kennzeichen und Bedienen – Teil 3: Anforderungen an die Anordnung und den Betrieb von Bedienteilen (Stellteilen)*

DIN EN ISO 10218-1, *Industrieroboter – Sicherheitsanforderungen – Teil 1: Roboter*

DIN EN ISO 11553-1:2005-05, *Sicherheit von Maschinen – Laserbearbeitungsmaschinen – Teil 1: Allgemeine Sicherheitsanforderungen (ISO 11553-1:2005)*; Deutsche Fassung EN ISO 11553-1:2005

DIN EN ISO 12100-1:2004-04, *Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie (ISO 12100-1:2003)*; Deutsche Fassung EN ISO 12100-1:2003

DIN EN ISO 12100-2:2004-04, *Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 2: Technische Leitsätze (ISO 12100-2:2003)*; Deutsche Fassung EN ISO 12100-2:2003

**Sicherheit von Lasereinrichtungen –  
Teil 4: Laserschutzwände**  
(IEC 60825-4:2006 + A1:2008)

Safety of laser products –  
Part 4: Laser guards  
(IEC 60825-4:2006 + A1:2008)

Sécurité des appareils à laser –  
Partie 4: Protecteurs pour lasers  
(CEI 60825-4:2006 + A1:2008)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2006-10-01 und die A1 am 2008-09-01 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, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

## CENELEC

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

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

© 2006 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 60825-4:2006 + A1:2008 D

## **Vorwort**

Der Text des Schriftstücks 76/342/FDIS, zukünftige 2. Ausgabe von IEC 60825-4, ausgearbeitet von dem IEC/TC 76 „Optical radiation safety and laser equipment“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2006-10-01 als EN 60825-4 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 60825-4:1997 + A1:2002 + A2:2003.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2007-07-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2009-10-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

## **Anerkennungsnotiz**

Der Text der Internationalen Norm IEC 60825-4:2006 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

- |              |           |                                                           |
|--------------|-----------|-----------------------------------------------------------|
| IEC 60204-1  | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 60204-1:2006 (modifiziert).           |
| IEC 61310-3  | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 61310-3:1999 (nicht modifiziert).     |
| IEC 61496-2  | ANMERKUNG | Harmonisiert als CLC/TS 61496-2:2006 (nicht modifiziert). |
| IEC/TS 62046 | ANMERKUNG | Harmonisiert als CLC/TS 62046:2005 (nicht modifiziert).   |
| ISO 10218    | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 775:1992 (modifiziert).               |

## Vorwort A1

Der Text des Schriftstücks 76/383/FDIS, zukünftige Änderung 1 zu IEC 60825-4:2006, ausgearbeitet von dem IEC/TC 76 „Optical radiation safety and laser equipment“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2008-09-01 als Änderung A1 zu EN 60825-4:2006 angenommen.

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): 2009-06-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der Änderung entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2011-09-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

## Anerkennungsnotiz

Der Text der Änderung 1:2008 zur Internationalen Norm IEC 60825-4:2006 wurde von CENELEC als Änderung zur Europäischen Norm ohne irgendeine Abänderung angenommen.

## Inhalt

## Seite

|                                                                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Vorwort.....                                                                                                                                                             | 2  |
| Vorwort A1.....                                                                                                                                                          | 3  |
| Einleitung.....                                                                                                                                                          | 7  |
| 1 Anwendungsbereich .....                                                                                                                                                | 8  |
| 2 Normative Verweisungen.....                                                                                                                                            | 8  |
| 3 Begriffe.....                                                                                                                                                          | 8  |
| 4 Laserbearbeitungsmaschinen.....                                                                                                                                        | 10 |
| 4.1 Konstruktionsanforderungen.....                                                                                                                                      | 10 |
| 4.2 Leistungsanforderungen .....                                                                                                                                         | 10 |
| 4.3 Bewertung.....                                                                                                                                                       | 11 |
| 4.4 Information für den Benutzer .....                                                                                                                                   | 12 |
| 5 Laserschutzwände mit festgelegter Schutzwirkung.....                                                                                                                   | 12 |
| 5.1 Konstruktionsanforderungen.....                                                                                                                                      | 12 |
| 5.2 Leistungsanforderungen .....                                                                                                                                         | 12 |
| 5.3 Anforderungen an die Spezifikation.....                                                                                                                              | 12 |
| 5.4 Prüfanforderungen.....                                                                                                                                               | 13 |
| 5.5 Anforderungen an die Beschilderung .....                                                                                                                             | 13 |
| 5.6 Information für den Benutzer .....                                                                                                                                   | 13 |
| Anhang A (informativ) Allgemeine Richtlinien für Konstruktion und Auswahl von Laserschutzwänden.....                                                                     | 15 |
| Anhang B (informativ) Ermittlung der vorhersehbaren Maximalbestrahlung (VMB).....                                                                                        | 17 |
| Anhang C (informativ) Erläuterung definierter Begriffe.....                                                                                                              | 24 |
| Anhang D (normativ) Prüfen von Laserschutzwänden mit festgelegter Schutzwirkung .....                                                                                    | 26 |
| Anhang E (informativ) Richtlinien für die Anordnung und Installation von Laserschutzanlagen .....                                                                        | 28 |
| Anhang F (informativ) Richtlinie zur Eignungsbeurteilung von Laserabschirmungen .....                                                                                    | 37 |
| Anhang G (normativ) Strahlführungssysteme.....                                                                                                                           | 63 |
| Literaturhinweise .....                                                                                                                                                  | 73 |
| Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen.....                                    | 74 |
| Bild B.1 – Berechnung diffuser Reflexionen .....                                                                                                                         | 18 |
| Bild B.2 – Berechnung von spiegelnden Reflexionen.....                                                                                                                   | 18 |
| Bild B.3 – Einige Beispiele für vorhersehbare Fehlerbedingungen .....                                                                                                    | 19 |
| Bild B.4 – Vier Beispiele für vagabundierende Laserstrahlen, die eventuell durch eine temporäre Laserschutzwand unter Servicebedingungen abgeschirmt werden müssen ..... | 20 |
| Bild B.5 – Darstellung der Bestrahlung einer Laserschutzwand bei wiederholten Maschinenzyklen.....                                                                       | 21 |
| Bild B.6 – Zwei Beispiele für bestätigte Bestrahlungsdauern .....                                                                                                        | 22 |
| Bild B.7 – Bestätigte Bestrahlungsdauer für Maschine ohne Sicherheitsüberwachung.....                                                                                    | 23 |
| Bild C.1 – Darstellung des Schutzes um eine Laserbearbeitungsmaschine .....                                                                                              | 24 |

|                                                                                                                                                                                                                            | Seite |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Bild C.2 – Darstellung der Parameter einer aktiven Laserschutzwand .....                                                                                                                                                   | 25    |
| Bild D.1 – Vereinfachte Darstellung des Prüfaufbaues .....                                                                                                                                                                 | 26    |
| Bild F.1 – Widerstandsfähigkeit eines 1 mm dicken verzinkten Stahlbleches, ermittelt bei einer 10-s-Exposition durch einen defokussierten Strahl während Experimenten mit einem Dauerstrich-CO <sub>2</sub> -Laser .....   | 53    |
| Bild F.2 – Widerstandsfähigkeit eines 1 mm dicken verzinkten Stahlbleches, ermittelt bei einer 100-s-Exposition durch einen defokussierten Strahl während Experimenten mit einem Dauerstrich-CO <sub>2</sub> -Laser .....  | 54    |
| Bild F.3 – Widerstandsfähigkeit eines 2 mm dicken verzinkten Stahlbleches, ermittelt bei einer 10-s-Exposition durch einen defokussierten Strahl während Experimenten mit einem Dauerstrich-CO <sub>2</sub> -Laser .....   | 54    |
| Bild F.4 – Widerstandsfähigkeit eines 2 mm dicken verzinkten Stahlbleches, ermittelt bei einer 100-s-Exposition durch einen defokussierten Strahl während Experimenten mit einem Dauerstrich-CO <sub>2</sub> -Laser .....  | 54    |
| Bild F.5 – Widerstandsfähigkeit eines 3 mm dicken verzinkten Stahlbleches, ermittelt bei einer 10-s-Exposition durch einen defokussierten Strahl während Experimenten mit einem Dauerstrich-CO <sub>2</sub> -Laser .....   | 55    |
| Bild F.6 – Widerstandsfähigkeit eines 3 mm dicken verzinkten Stahlbleches, ermittelt bei einer 100-s-Exposition durch einen defokussierten Strahl während Experimenten mit einem Dauerstrich-CO <sub>2</sub> -Laser .....  | 55    |
| Bild F.7 – Widerstandsfähigkeit eines 2 mm dicken Aluminiumbleches, ermittelt bei einer 10-s-Exposition durch einen defokussierten Strahl während Experimenten mit einem Dauerstrich-CO <sub>2</sub> -Laser .....          | 56    |
| Bild F.8 – Widerstandsfähigkeit eines 2 mm dicken Aluminiumbleches, ermittelt bei einer 100-s-Exposition durch einen defokussierten Strahl während Experimenten mit einem Dauerstrich-CO <sub>2</sub> -Laser .....         | 56    |
| Bild F.9 – Widerstandsfähigkeit eines 1 mm dicken rostfreien Stahlbleches, ermittelt bei einer 10-s-Exposition durch einen defokussierten Strahl während Experimenten mit einem Dauerstrich-CO <sub>2</sub> -Laser .....   | 56    |
| Bild F.10 – Widerstandsfähigkeit eines 1 mm dicken rostfreien Stahlbleches, ermittelt bei einer 100-s-Exposition durch einen defokussierten Strahl während Experimenten mit einem Dauerstrich-CO <sub>2</sub> -Laser ..... | 57    |
| Bild F.11 – Widerstandsfähigkeit einer 6 mm dicken Polycarbonatplatte, ermittelt bei einer 10-s-Exposition durch einen defokussierten Strahl während Experimenten mit einem Dauerstrich-CO <sub>2</sub> -Laser .....       | 57    |
| Bild F.12 – Widerstandsfähigkeit einer 6 mm dicken Polycarbonatplatte, ermittelt bei einer 100-s-Exposition durch einen defokussierten Strahl während Experimenten mit einem Dauerstrich-CO <sub>2</sub> -Laser .....      | 57    |
| Bild F.13 – Widerstandsfähigkeit eines 1 mm dicken verzinkten Stahlbleches, ermittelt bei einer 10-s-Exposition durch einen defokussierten Strahl während Experimenten mit einem Dauerstrich-Nd:YAG-Laser.....             | 58    |
| Bild F.14 – Widerstandsfähigkeit eines 1 mm dicken verzinkten Stahlbleches, ermittelt bei einer 100-s-Exposition durch einen defokussierten Strahl während Experimenten mit einem Dauerstrich-Nd:YAG-Laser.....            | 58    |
| Bild F.15 – Widerstandsfähigkeit eines 2 mm dicken verzinkten Stahlbleches, ermittelt bei einer 10-s-Exposition durch einen defokussierten Strahl während Experimenten mit einem Dauerstrich-Nd:YAG-Laser.....             | 59    |

|                                                                                                                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bild F.16 – Widerstandsfähigkeit eines 2 mm dicken verzinkten Stahlbleches, ermittelt bei einer 100-s-Exposition durch einen defokussierten Strahl während Experimenten mit einem Dauerstrich-Nd:YAG-Laser ..... | 59 |
| Bild F.17 – Widerstandsfähigkeit eines 3 mm dicken verzinkten Stahlbleches, ermittelt bei einer 10-s-Exposition durch einen defokussierten Strahl während Experimenten mit einem Dauerstrich-Nd:YAG-Laser .....  | 60 |
| Bild F.18 – Widerstandsfähigkeit eines 3 mm dicken verzinkten Stahlbleches, ermittelt bei einer 100-s-Exposition durch einen defokussierten Strahl während Experimenten mit einem Dauerstrich-Nd:YAG-Laser ..... | 60 |
| Bild F.19 – Widerstandsfähigkeit eines 2 mm dicken Aluminiumbleches, ermittelt bei einer 10-s-Exposition durch einen defokussierten Strahl während Experimenten mit einem Dauerstrich-Nd:YAG-Laser .....         | 61 |
| Bild F.20 – Widerstandsfähigkeit eines 2 mm dicken Aluminiumbleches, ermittelt bei einer 100-s-Exposition durch einen defokussierten Strahl während Experimenten mit einem Dauerstrich-Nd:YAG-Laser .....        | 61 |
| Bild F.21 – Widerstandsfähigkeit eines 1 mm dicken rostfreien Stahlbleches, ermittelt bei einer 10-s-Exposition durch einen defokussierten Strahl während Experimenten mit einem Dauerstrich-Nd:YAG-Laser .....  | 62 |
| Bild F.22 – Widerstandsfähigkeit eines 1 mm dicken rostfreien Stahlbleches, ermittelt bei einer 100-s-Exposition durch einen defokussierten Strahl während Experimenten mit einem Dauerstrich-Nd:YAG-Laser ..... | 62 |
| Tabelle D.1 – Klassifikation der Laserschutzwände .....                                                                                                                                                          | 27 |
| Tabelle F.1 – Anwendung von ALARP .....                                                                                                                                                                          | 40 |
| Tabelle G.1 – Freiraum-Strahlführungssysteme .....                                                                                                                                                               | 68 |
| Tabelle G.2 – Strahlführungssysteme mit faseroptischen Kabeln .....                                                                                                                                              | 70 |

## Einleitung

Bei niedrigen Werten der Bestrahlungsstärke oder Bestrahlung wird die Auswahl eines Materials zur Abschirmung von Laserstrahlung sowie dessen Stärke hauptsächlich durch das Erfordernis einer ausreichenden optischen Abschwächung bestimmt. Bei höheren Strahlungspegeln ist dagegen zusätzlich die Fähigkeit der Laserstrahlung zu berücksichtigen, Material von der Laserschutzwand entfernen zu können. Dies geschieht durch Schmelzen, Oxidation oder Abtragung; Prozesse, die dazu führen können, dass der Laserstrahl ein normalerweise undurchsichtiges Material durchdringt.

**IEC 60825-1** behandelt Grundlagen für Laserschutzwände einschließlich der Zugänglichkeit für Personen, Schutzverriegelungen und Beschilderung und gibt allgemeine Anleitungen für Schutzgehäuse und Schutzabdeckungen für Hochleistungslaser.

Dieser Teil der IEC 60825 behandelt nur den Schutz gegen Laserstrahlung. Gefährdungen durch Sekundärstrahlung, die während der Materialbearbeitung entstehen kann, werden nicht behandelt.

Laserschutzwände können auch nach den Anforderungen von Normen für Laser-Augenschutz ausgelegt sein, aber dies ist nicht immer ausreichend, um die Anforderungen dieser Norm zu erfüllen.

Wenn der Begriff „Bestrahlungsstärke“ verwendet wird, ist „Bestrahlungsstärke oder Bestrahlung“ – je nachdem, welcher Ausdruck zutreffend ist – gemeint.

## 1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 60825 legt die Anforderungen für Laserschutzwände fest, die den Prozessbereich einer Laserbearbeitungsmaschine dauernd oder zeitweise (z. B. für Wartung) umschließen, und spezifiziert Anforderungen für Laserschutzwände mit festgelegter Schutzwirkung.

Diese Norm gilt für alle Bauteile einer Laserschutzwand, einschließlich durchsichtiger Abschirmungen und Sichtfenster, Bedienungsflächen, Laservorhängen und Wänden. Anforderungen an Komponenten im Strahlengang, Strahlfänger und die Teile eines Schutzgehäuses eines Lasergerätes, die den Prozessbereich nicht umschließen, sind in IEC 60825-1 festgelegt.

Zusätzlich legt dieser Teil der IEC 60825 fest:

- a) wie die Schutzeigenschaften einer Laserschutzwand festgelegt und ermittelt werden können und
- b) wie eine Laserschutzwand ausgewählt werden kann.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60825-1:2007, *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements*

ISO 11553-1:2005, *Safety of machinery – Laser processing machines – Part 1: General safety requirements*

ISO 12100-1:2003, *Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 1: Basic terminology, methodology*

ISO 12100-2:2003, *Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 2: Technical principles*

ISO 13849-1:2006, *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design*

ISO 14121-1:2007, *Safety of machinery – Risk assessment – Part 1: Principles*

## 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60825-1 und die folgenden Begriffe.

### 3.1

#### **Schutzdauer einer aktiven Laserschutzwand**

bei einer vorgegebenen Bestrahlung auf der Vorderseite einer aktiven Laserschutzwand vom Aussenden des Abschaltsignals an gemessene Mindestdauer, für die die aktive Laserschutzwand sicherstellt, dass auf der Rückseite keine größere als den Grenzwerten der Klasse 1 entsprechende Bestrahlung entsteht

### 3.2

#### **Abschaltsignal einer aktiven Laserschutzwand**

Signal, das von einer aktiven Laserschutzwand als Antwort auf eine grenzwertüberschreitende Bestrahlung auf seiner Vorderseite abgegeben wird, das zu einer automatischen Beendigung der Laserstrahlung führen soll

ANMERKUNG Die Aktivierung einer Sicherheits-Verriegelung bei Leitungsunterbrechung wird in diesem Zusammenhang als „Signal“ angesehen.

### 3.3

#### **aktive Laserschutzwand**

Laserschutzwand, die Teil eines Sicherheitssystems ist. Das Sicherheitssystem erzeugt das Abschaltsignal einer aktiven Laserschutzwand als Reaktion auf die Auswirkung der Laser-Bestrahlung auf der Vorderseite der Laserschutzwand.

### 3.4

#### **vorhersehbare Maximalbestrahlung**

##### **VMB**

[en: **foreseeable exposure limit**]

maximale Laser-Bestrahlung auf der Vorderseite der Laserschutzwand, die im Wartungsintervall unter normalen Bedingungen und unter vernünftigerweise vorhersehbaren Fehlerbedingungen ermittelt wird

### 3.5

#### **Vorderseite**

Fläche der Laserschutzwand, die für die Laser-Bestrahlung vorgesehen ist

### 3.6

#### **Laserschutzwand**

physikalische Barriere, die eine Gefahrenzone dadurch begrenzt, dass auf der Rückseite keine größere als den Grenzwerten der Klasse 1 entsprechende Bestrahlung entsteht

### 3.7

#### **Laserbearbeitungsmaschine**

Maschine, die Laser zur Materialbearbeitung verwendet und in den Anwendungsbereich der ISO 11553-1 fällt

### 3.8

#### **Laserabschaltzeit**

maximale Zeitspanne, die nach Erzeugen des Abschaltsignals der aktiven Laserschutzwand benötigt wird, die Laserstrahlung abzuschalten

ANMERKUNG Die Laser-Abschaltzeit bezieht sich nicht auf die Reaktion der aktiven Laserschutzwand, sondern auf die Reaktion der Laserbearbeitungsmaschine, insbesondere auf die Laser-Sicherheitsabschaltung.

### 3.9

#### **Wartungsintervall**

Zeit zwischen aufeinanderfolgenden Sicherheitsinspektionen einer Laserschutzwand

### 3.10

#### **passive Laserschutzwand**

Laserschutzwand, die den Schutz im Betrieb nur durch ihre physikalischen Eigenschaften sicherstellt

### 3.11

#### **Prozessbereich**

Bereich, in dem der Laserstrahl mit dem Material, das bearbeitet werden soll, in Wechselwirkung tritt

### 3.12

#### **Laserschutzwand mit festgelegter Schutzwirkung**

passive oder aktive Laserschutzwand, die von ihrem Hersteller als eine Laserschutzwand mit einer spezifizierten Schutzgrenzbestrahlung angeboten wird

### 3.13

#### **Schutzgrenzbestrahlung**

##### **SGB**

[en: **protective exposure limit**]

maximale Laserbestrahlung auf der Vorderseite der Laserschutzwand, die spezifiziert ist, um zu verhindern, dass auf der Rückseite die zugängliche Strahlung die Grenzwerte der Klasse 1 übersteigt

ANMERKUNG 1 In der Praxis kann es mehr als eine Schutzgrenzbestrahlung geben.

ANMERKUNG 2 Unterschiedliche SGB-Werte dürfen für unterschiedliche Bereiche einer Laserschutzwand gelten, falls diese Bereiche eindeutig identifiziert werden können (z. B. ein Beobachtungsfenster als Bestandteil einer Laserschutzwand).

### 3.14

#### **Rückseite**

jede beliebige Oberfläche einer Laserschutzwand, die auf der der Bestrahlung abgewandten Seite ist und üblicherweise für den Benutzer zugänglich ist

### 3.15

#### **vernünftigerweise vorhersehbar**

Ereignis (oder Bedingung), das (die) vorstellbar ist oder deren Wahrscheinlichkeit für das Auftreten (oder Bestehen) nicht vernachlässigt werden kann

### 3.16

#### **Wartungs-Inspektion**

dokumentierte Inspektion, die entsprechend der Anweisung des Herstellers durchgeführt wird

### 3.17

#### **temporäre Laserschutzwand**

aktive oder passive Laserschutzwand, die als Ersatz oder Ergänzung die räumliche Ausdehnung des Gefahrenbereichs während des Service einer Laserbearbeitungsmaschine begrenzen soll

## 4 Laserbearbeitungsmaschinen

Dieser Abschnitt legt die Anforderungen für Laserschutzwände fest, die den Prozessbereich umschließen und vom Hersteller der Laserbearbeitungsmaschine geliefert werden.

### 4.1 Konstruktionsanforderungen

Eine Laserschutzwand muss die Anforderungen der ISO 12100-2 erfüllen in Bezug auf allgemeine Anforderungen für Schutzwände und die speziellen Anforderungen zur räumlichen Anordnung und Befestigung. Zusätzlich müssen die folgenden, auf Laser bezogenen Anforderungen erfüllt werden.

#### 4.1.1 Allgemeine Anforderungen

Wenn sie an ihrem vorgesehenen Aufstellungsort ihrer vorhersehbaren Maximalbestrahlung ausgesetzt wird, darf eine Laserschutzwand an oder hinter ihrer Rückseite keine zusätzlichen Gefährdungen verursachen.

ANMERKUNG 1 Beispiele für zusätzliche Gefährdungen sind unter anderem: hohe Temperatur, Freisetzung giftiger Materialien, Feuer, Explosion, elektrische Spannung.

ANMERKUNG 2 Siehe [Anhang B](#) für die Ermittlung der vorhersehbaren Maximalbestrahlung.

#### 4.1.2 Verschleißteile von Laserschutzwänden

Für den Austausch von Teilen der Laserschutzwand, die gegen Beschädigung durch Laserstrahlung anfällig sind, muss Vorsorge getroffen werden.

ANMERKUNG Ein Beispiel dafür wäre ein Opferschirm oder ein auswechselbarer Schirm.

### 4.2 Leistungsanforderungen

#### 4.2.1 Allgemeines

Wenn die Vorderseite der Laserschutzwand mit Laserstrahlung der vorhersehbaren Maximalbestrahlung bestrahlt wird, muss die Laserschutzwand verhindern, dass die auf der Rückseite zugängliche Strahlung zu keiner Zeit innerhalb des Wartungsintervalls die Grenzwerte der Klasse 1 übersteigt. Für automatische Laserbearbeitungsmaschinen muss das Wartungsintervall mindestens 8 Stunden betragen.

Diese Anforderung muss über die vorgesehene Lebensdauer der Laserschutzwand unter den erwarteten Betriebsbedingungen eingehalten werden.

ANMERKUNG 1 Diese Anforderung bezieht sich sowohl auf niedrige Transmission von Laserstrahlung als auch auf Beständigkeit gegen Beschädigungen durch Laser.

ANMERKUNG 2 Einige Materialien können ihre Schutzeigenschaften durch Alterung, Bestrahlung mit UV-Strahlung, bestimmte Gase, Temperatur, Feuchtigkeit und andere Umgebungsbedingungen verlieren. Zusätzlich werden einige Materialien unter hoher Laserbestrahlung durchlässig, selbst wenn keine sichtbare Beschädigung vorliegt (z. B. reversibles Bleichen).

#### 4.2.2 Aktive Laserschutzwände

- a) Die Schutzdauer einer aktiven Laserschutzwand muss bis zu der vorhersehbaren Maximalbestrahlung größer als die Laserabschaltzeit sein.
- b) Die Auslösung eines Abschaltsignals einer aktiven Laserschutzwand muss mit einem sichtbaren oder hörbaren Warnsignal verbunden sein. Bevor die Laseremission wieder beginnen kann, ist ein von Hand ausführbarer Rücksetzbefehl erforderlich.

ANMERKUNG Siehe [C.2](#) für die Erläuterung der Begriffe.

### 4.3 Bewertung

Wenn der Hersteller einer Laserbearbeitungsmaschine sich zum Bau einer Laserschutzwand entschließt, muss deren Hersteller bestätigen, dass die Laserschutzwand mit den Konstruktionsanforderungen von [4.1](#) übereinstimmt und die Leistungsanforderungen von [4.2](#) erfüllt.

ANMERKUNG Siehe [Anhang A](#) für Richtlinien für die Konstruktion und die Auswahl von Laserschutzwänden.

#### 4.3.1 Bewertung der Leistungsmerkmale

**4.3.1.1** Die komplette Laserschutzwand oder ein geeignetes Muster des Konstruktionsmaterials der Laserschutzwand muss bei jeder festgestellten vorhersehbaren Maximalbestrahlung (VMB) geprüft werden.

ANMERKUNG 1 Eine Tabelle mit vorgegebenen Schutzgrenzwerten SGB für übliche Kombinationen von Lasern und Materialien für Schutzwände wird zusammen mit angemessenen Prüfverfahren als informativer Anhang in einer zukünftigen Änderung dieser Norm veröffentlicht werden. Dies könnte eine vereinfachte Alternative zur direkten Prüfung in der Mehrzahl der Fälle bringen.

ANMERKUNG 2 Siehe [Anhang B](#) für die Ermittlung von VMB.

**4.3.1.2** Für Prüfzwecke muss die VMB erreicht werden, entweder

- a) durch Berechnung oder Messung der Bestrahlung und Nachstellen der Bedingungen oder,
- b) ohne den Wert für VMB zu ermitteln, durch Einstellen von Maschinenbedingungen, durch die die VMB erzeugt wird.

Die Testbedingungen für eine Laserschutzwand oder ein Muster müssen die physikalischen Bedingungen an der Vorderseite reproduzieren, wie sie im Anwendungsbereich der Anweisungen für die Routine-Inspektionen und während der Standzeit der Schutzwand, in der sich die Schutzeigenschaften der Laserschutzwand verringern (z. B. Abnutzung und Beschädigung und Verschmutzung der Oberfläche), zugelassen sind (siehe [4.4.2](#)).

## 4.4 Information für den Benutzer

**4.4.1** Der Hersteller muss das Wartungsintervall für die Laserschutzwand sowie Einzelheiten zu Inspektion und Prüfverfahren, zur Reinigung, zu Ersatz oder Reparatur beschädigter Teile zusammen mit Angaben über Einschränkungen der Benutzung dokumentieren und dem Benutzer übergeben.

**4.4.2** Der Hersteller muss die Anleitungen, dass nach jeder Aktivierung eines Sicherheitssystems einer aktiven Laserschutzwand die Ursache ermittelt werden muss und Prüfungen auf Beschädigungen und Maßnahmen zur Wiederherstellung durchgeführt werden müssen, bevor das Sicherheitssystem zurückgesetzt werden darf, dokumentieren und dem Benutzer übergeben.

## 5 Laserschutzwände mit festgelegter Schutzwirkung

Dieser Abschnitt legt die Anforderungen fest, die von Lieferanten von Laserschutzwänden mit festgelegter Schutzwirkung erfüllt werden müssen.

### 5.1 Konstruktionsanforderungen

Eine Laserschutzwand mit festgelegter Schutzwirkung darf an ihrem vorgesehenen Aufstellungsort an oder hinter ihrer Rückseite keine zusätzlichen Gefährdungen verursachen, wenn sie bis zu ihrer Schutzgrenzbestrahlung (SGB), wie in der Bedienungsanleitung angegeben, bestrahlt wird (siehe 5.6).

### 5.2 Leistungsanforderungen

Wenn die Vorderseite der Laserschutzwand mit Laserstrahlung der Schutzgrenzbestrahlung (SGB) bestrahlt wird, muss die Laserschutzwand verhindern, dass die auf der Rückseite zugängliche Strahlung zu keiner Zeit innerhalb des Wartungsintervalls die Grenzwerte der Klasse 1 übersteigt. Für eine aktive Laserschutzwand gilt diese Anforderung für die zugängliche Laserstrahlung während der Schutzdauer einer aktiven Laserschutzwand, gemessen von dem Zeitpunkt, an dem das Abschaltsignal abgegeben wurde.

Diese Anforderung muss für die beabsichtigte Lebensdauer der Laserschutzwand unter den erwarteten Betriebsbedingungen erfüllt werden.

### 5.3 Anforderungen an die Spezifikation

Die vollständige Spezifikation eines Schutzgrenzwertes SGB muss folgende Informationen enthalten:

- a) die Größe und die zeitliche Änderung der Bestrahlungsstärke oder Bestrahlung an der Vorderseite der Laserschutzwand (in den Einheiten  $\text{Wm}^{-2}$  beziehungsweise  $\text{Jm}^{-2}$ ), dabei ist eine obere Grenze der bestrahlten Fläche anzugeben;
- b) die Gesamtdauer der Bestrahlung unter diesen Bedingungen;
- c) die Wellenlänge, für die diese Schutzgrenzbestrahlung (SGB) gilt;
- d) den Auftreffwinkel und (falls von Bedeutung) die Polarisierung der auftreffenden Laserstrahlung;
- e) die kleinsten Abmessungen für die bestrahlte Fläche (z. B. könnte bei einer aktiven Laserschutzwand mit diskreten Sensorelementen ein Laserstrahl mit kleinem Durchmesser so zwischen den Sensorelementen hindurchgehen, dass er unentdeckt bleibt);
- f) für eine aktive Laserschutzwand die Schutzdauer der aktiven Laserschutzwand.

ANMERKUNG 1 Siehe B.1 für die Erläuterung von Begriffen.

ANMERKUNG 2 In allen Fällen darf ein Bereich oder eine Liste von Werten anstelle eines einzelnen Wertes angegeben werden.

ANMERKUNG 3 Eine Darstellung als Diagramm ist ausreichend (z. B. Bestrahlung über der Bestrahlungsdauer, wobei alle anderen Parameter konstant sind).

## 5.4 Prüfanforderungen

### 5.4.1 Allgemeines

Die Prüfung muss an der kompletten Laserschutzwand oder einem geeigneten Muster des Konstruktionsmaterials der Laserschutzwand durchgeführt werden. Auf alle Fälle müssen die Bedingungen für die Laserschutzwand oder die Muster die ungünstigsten physikalischen Bedingungen an der Oberfläche der Vorderseite reproduzieren oder überschreiten, einschließlich verringerter Reflexion an der Oberfläche und Beschädigungen, wie sie nach den Anweisungen für wiederholte Inspektionen zulässig sind (siehe 5.6).

Die Bestrahlung der Oberfläche der Vorderseite muss entweder der Schutzgrenzbestrahlung (SGB) oder beim Prüfen eines Musters der in 5.4.2 festgelegten entsprechen.

Wenn die Oberfläche der Vorderseite mit Strahlung des Schutzgrenzwertes SGB bestrahlt wird, darf die zugängliche Strahlung, die auf der Rückseite der Laserschutzwand gemessen wird, die Grenzwerte für Laser der Klasse 1 nicht übersteigen (Prüfung wie in [Abschnitt 8 der IEC 60825-1](#) beschrieben). Diese Anforderung gilt für die mit der Schutzgrenzbestrahlung (SGB) spezifizierte Bestrahlungsdauer oder bei einer aktiven Laserschutzwand für die Schutzdauer einer aktiven Laserschutzwand, gemessen vom Erzeugen des Abschaltsignals der aktiven Laserschutzwand.

**ANMERKUNG** In Fällen, in denen für die Wellenlänge(n) des Lasers undurchsichtige Materialien verwendet werden (z. B. Metalle), wird die durchgelassene Strahlung nur dann die Grenzwerte für die Klasse 1 erreichen, wenn das Material auf dem Weg zur Rückseite vollständig (oder nahezu vollständig) abgetragen wurde. In diesen Fällen wird deshalb der Anstieg vom Wert Null der durchgelassenen Strahlung zu Werten hoch über den Grenzwerten der Klasse 1 sehr schnell sein und ein empfindlicher Detektor für die Strahlung nicht erforderlich sein.

### 5.4.2 Prüfung von Mustern

Das Prüfen von Proben der Schutzeinrichtung muss durch Bestrahlung der Vorderseite des Schutzmaterials unter Benutzung der Methode – wie im [Anhang D](#) spezifiziert – erfolgen.

## 5.5 Anforderungen an die Beschilderung

**5.5.1** Alle Schilder müssen auf der Rückseite der Laserschutzwand angebracht werden.

**5.5.2** Die Rückseite der Laserschutzwand muss eindeutig gekennzeichnet sein, falls die Ausrichtung der Laserschutzwand von Bedeutung ist.

**5.5.3** Falls nur ein Teil der Vorderseite der Schutzwand eine Laserschutzwand darstellt, ist diese Fläche deutlich durch eine fett gedruckte farbige Umrandung zu kennzeichnen sowie mit einem Text, der auf die äußere Umrandung der Laserschutzwand hinweist.

**5.5.4** Die Beschilderung muss die vollständige Spezifikation des Schutzgrenzwertes SGB wiedergeben.

**5.5.5** Der Name des Herstellers, Datum und Ort der Herstellung entsprechend ISO 11553-1 und eine Bestätigung der Übereinstimmung mit dieser Norm müssen angebracht sein.

## 5.6 Information für den Benutzer

Zusätzlich zu den in [5.3](#) aufgeführten Spezifikationen müssen folgende Informationen dem Benutzer einer proprietären Laserschutzwand vom Hersteller übergeben werden:

- eine Beschreibung der zulässigen Verwendung der Laserschutzwand;
- eine Beschreibung der Montage und Verbindung der Laserschutzwand;
- Informationen zur Installation der Laserschutzwand – bei aktiven Laserschutzwänden müssen die Anforderungen zur Verbindungstechnik und Stromversorgung eingeschlossen sein;
- Anforderungen an die Wartung, einschließlich z. B. Einzelheiten der Inspektion und Prüfverfahren, Reinigung, Austausch oder Reparatur beschädigter Teile;

- e) Anweisungen, dass nach jeder Auslösung des Sicherheitssystems einer aktiven Laserschutzwand die Ursache ermittelt werden muss, Prüfungen auf Beschädigungen durchzuführen sind, und die notwendigen Maßnahmen zur Wiederherstellung, bevor das Sicherheitssystem zurückgesetzt werden darf;
- f) die Schilder in 5.5 und ihre Anordnung. Wenn nur ein Teil der Oberfläche der Vorderseite der Schutzwand eine Laserschutzwand ist, muss dieser Bereich gekennzeichnet sein;
- g) eine Bestätigung der Übereinstimmung mit dieser Norm.

## Anhang A (informativ)

### Allgemeine Richtlinien für Konstruktion und Auswahl von Laserschutzwänden

#### A.1 Konstruktion von Laserschutzwänden

##### A.1.1 Passive Laserschutzwände

Beispiele für passive Laserschutzwände sind unter anderem:

- a) eine Metallplatte, deren Wirkung auf ihrer Wärmeleitfähigkeit beruht, die, falls erforderlich, durch Druckluft- oder Wasserkühlung unterstützt wird, um die Oberflächentemperatur unterhalb des Schmelzpunktes unter normalen Betriebsbedingungen und bei vorhersehbaren Fehlerbedingungen zu halten;
- b) eine transparente Platte, die für die Laserwellenlänge undurchlässig ist und die bei niedrigen Werten von Laserbestrahlungen im normalem Betrieb nicht verändert wird.

##### A.1.2 Aktive Laserschutzwände

Beispiele für aktive Laserschutzwände sind unter anderem:

- a) eine Laserschutzwand mit einzeln eingebauten Temperaturfühlern, die Überhitzung feststellen;  
ANMERKUNG Der Abstand zwischen den Temperaturfühlern sollte sich nach dem kleinsten Maß eines vagabundierenden Laserstrahles richten.
- b) eine Laserschutzwand, die aus zwei Platten besteht, deren Zwischenraum eine Flüssigkeit oder ein Gas unter Druck enthält, mit einem druckempfindlichen Sensor, der den Druckabfall nach der Perforation der Vorderseite detektieren kann.

##### A.1.3 Anzeige der Gefährdung (passive Laserschutzwand)

Wenn möglich, sollte eine Bestrahlung der Laserschutzwand in gefährlicher Größenordnung sichtbar angezeigt werden (z. B. durch Auftragen einer geeigneten Farbschicht auf beide Seiten der Laserschutzwand).

##### A.1.4 Stromversorgung (aktive Laserschutzwand)

Falls für die richtige Funktion einer aktiven Laserschutzwand eine Stromversorgung notwendig ist, sollte die Stromversorgung so eingerichtet werden, dass ohne diese Stromversorgung der Betrieb des Lasers nicht möglich ist.

#### A.2 Auswahl von Laserschutzwänden

Ein einfacher Auswahlprozess ist wie folgt:

- a) Man identifiziere die bevorzugte Position der Laserschutzwand und schätze die VMB an dieser Stelle ab. [Anhang B](#) gibt eine Anleitung zur Abschätzung von VMB-Werten.
- b) Falls notwendig, minimiere man die VMB im Fehlerfall, vorzugsweise dadurch, dass man eine automatische Überwachung in die Maschine einbaut, die den Fehlerzustand erkennt und die Bestrahlungsdauer begrenzt. Alternative Beispiele schließen ein:
  - Man stelle sicher, dass die Laserschutzwand weit genug vom Strahlbrennpunkt entfernt ist, der durch fokussierende Optiken erzeugt wird;
  - man installiere empfindliche Teile der Laserschutzwand (wie z. B. Sichtfenster) außerhalb solcher Zonen, die hoher Bestrahlungsstärke ausgesetzt sein könnten;
  - man stelle die Laserschutzwand weiter von der Laserbearbeitungszone auf;

- zusätzliche Anforderungen in den wesentlichen Wartungsdokumenten für temporäre Laserschutzwände, wie:
  - die Anwesenheit einer oder mehrerer Personen, um den Zustand der Vorderseite der Laserschutzwand zu überwachen, um die abgeschätzte Bestrahlungsdauer der passiven Schutzwand zu reduzieren;
  - eine Steuerung mit Betriebsunterbrechungs-Funktion, die von der (den) Person(en) benutzt werden soll, die den Zustand der Vorderseite der Laserschutzwand überwachen, um die abgeschätzte Bestrahlungsdauer der passiven Schutzwand zu reduzieren;
  - die Benutzung von zusätzlichen lokalen, temporären Schutzwänden, Blenden und Strahlfallen, um jegliche starke, vagabundierende Laserstrahlung zu absorbieren;
  - die Begrenzung der Gefahrenzone durch Bauteile, die vor vagabundierender Strahlung warnen, und die Aufstellung der Schutzwand außerhalb dieser Zone, um die abgeschätzte Bestrahlungsdauer zu reduzieren;
- falls temporäre Laserschutzwände benutzt werden sollen, sind bei der Auslegung der Maschine Strahlkontrollmöglichkeiten einzubauen, um eine verbesserte Kontrolle des Laserstrahls bei Wartungsarbeiten zu ermöglichen, wie zum Beispiel:
  - Halter für den präzisen Einbau zusätzlicher strahlformender Bauteile (z. B. Drehspiegel), die während der Wartung benötigt werden;
  - Aufbauten, die den Bereich für die Strahlauslenkung begrenzen.

Drei Optionen sind im Folgenden aufgeführt. Mit deren Reihenfolge soll keine Rangfolge ausgedrückt werden.

#### **A.2.1 Option 1: passive Laserschutzwand**

Dies ist die einfachste Option.

**ANMERKUNG** Konstruktion und Qualitätskontrolle sind besonders wichtig, wenn die Absorption bei der Laserwellenlänge durch eine Fremdstoffbeimischung bestimmt ist, wie z. B. einem Farbstoff im Kunststoff. In solchen Fällen, in denen Materialhersteller die Konzentration des absorbierenden Materials oder dessen Dämpfung bei der Laserwellenlänge nicht spezifizieren, sollten zuerst Materialproben der gleichen Charge geprüft werden, wie in [4.3.1](#) beschrieben.

#### **A.2.2 Option 2: aktive Laserschutzwand**

Wenn die VMB nicht auf einen Wert reduziert werden kann, bei dem die allgemein bekannten Abschirmmaterialien in der Form einer passiven Laserschutzwand noch ausreichend Schutz bieten, kann in jedem Fall eine aktive Laserschutzwand benutzt werden.

#### **A.2.3 Option 3: Laserschutzwand mit festgelegter Schutzwirkung**

Eine Laserschutzwand mit festgelegter Schutzwirkung kann dann benutzt werden, wenn die festgelegten VMB-Werte kleiner sind als die vom Hersteller der Laserschutzwand angegebene Schutzgrenzbestrahlung (SGB).

## Anhang B (informativ)

### Ermittlung der vorhersehbaren Maximalbestrahlung (VMB)

#### B.1 Allgemeines

Werte der vorhersehbaren Maximalbestrahlung (VMB) können entweder durch Messung oder durch Berechnung (siehe unten) ermittelt werden.

Der Norm-Entwurf ISO 14121 gibt eine allgemeine Methode zur Risikoanalyse an. Die Analyse soll nach Möglichkeit Überlegungen zur Gesamtbestrahlung bei normalem Betrieb (z. B. während der Teile-Bearbeitungszeit der Maschine) über das Wartungsintervall mit einschließen.

Aufgrund dieser Bewertung soll nach Möglichkeit die kritischste Kombination aus Bestrahlung, bestrahlter Fläche und Bestrahlungsdauer herausgefunden werden. Es ist durchaus wahrscheinlich, dass mehrere VMB-Werte identifiziert werden, z. B. kann bei einer Bedingung die Bestrahlungsdauer bei vergleichsweise kleiner Bestrahlungsstärke maximal sein, wohingegen bei einer anderen die Bestrahlungsstärke bei einer kürzeren Bestrahlungsdauer maximal sein kann.

Die gesamte Spezifikation der VMB umfasst die folgenden Informationen.

- a) Die höchste Bestrahlungsstärke auf der Vorderseite der Laserschutzwand.  
ANMERKUNG Bestrahlungsstärke wird ausgedrückt als Gesamtleistung oder -energie dividiert durch die Fläche der Vorderseite der Schutzwand oder eine spezifizierte begrenzte Fläche, je nachdem, was zutrifft.
- b) Jede obere Grenze der bestrahlten Fläche der Vorderseite bei diesem Bestrahlungspegel.  
ANMERKUNG Für den Fall des Schutzes gegen Streustrahlung wäre keine Grenzangabe für die Fläche notwendig, wohingegen für den Fall der direkten Laserbestrahlung eine obere Grenze der bestrahlten Fläche anzugeben wäre.
- c) Die zeitlichen Eigenschaften der Bestrahlung, d. h., ob die Laserstrahlung kontinuierlich oder gepulst ist, und im letzteren Fall die Impulsdauer und Impulsfolgefrequenz.
- d) Die gesamte Dauer der Bestrahlung.  
ANMERKUNG Siehe B.4 für die Erläuterung dieses Begriffes.
- e) Die Wellenlänge der Strahlung.
- f) Der Einfallswinkel und (falls relevant) der Polarisationszustand der Strahlung.  
ANMERKUNG 1 Die Feststellung des Einfallswinkels ist besonders wichtig für Laserschutzwände, bei denen Interferenzschichten benutzt werden, um einfallende Laserstrahlung zu reflektieren.  
ANMERKUNG 2 VORSICHT: Beim Brewsterschen Einfallswinkel wird parallel polarisierte Strahlung stark in die Oberfläche der Schutzwand eingekoppelt.
- g) Alle kleinsten Abmessungen für die bestrahlte Fläche (z. B. könnte bei einer aktiven Laserschutzwand mit diskreten Sensorelementen ein Laserstrahl mit kleinem Durchmesser so zwischen den Sensorelementen hindurchgehen, dass er unentdeckt bleibt).
- h) Die Schutzdauer der aktiven Schutzwand, falls es sich um eine aktive Schutzwand handelt.

## B.2 Reflexion der Laserstrahlung

### B.2.1 Diffuse Reflexionen

Unter der Voraussetzung eines Lambertschen Reflektors mit 100 % Reflexionsgrad ist:

$$E_A = \frac{P_o}{\pi} \cdot \frac{\cos \theta}{R^2} \cdot \cos \varphi$$

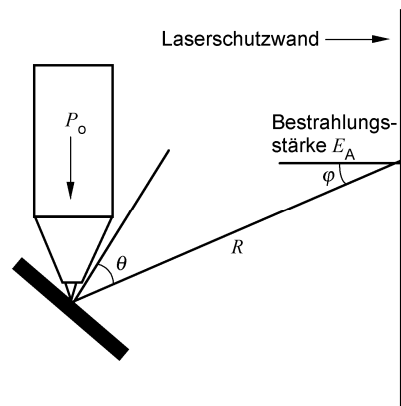


Bild B.1 – Berechnung diffuser Reflexionen

### B.2.2 Spiegelnde Reflexionen

Es ist schwierig, allgemeine Aussagen über spiegelnde Reflexionen zu treffen.

Für einen kreissymmetrischen Laserstrahl mit Gaußscher Verteilung, der Leistung  $P_o$  und dem Durchmesser  $d_{63}$  an der Fokussierlinse, der Brennweite  $f$  ist die maximale Bestrahlung (im Zentrum der Gaußschen Verteilung) auf einer dazu senkrechten Fläche im Abstand  $R$  vom Brennpunkt:

$$E_{AA'} = \frac{4 P_o \rho}{\pi d_{63}^2} \left( \frac{f}{R} \right)^2$$

Dabei ist  $\rho$  der Reflexionsfaktor der Oberfläche des Werkstücks.

**Achtung:** Bestimmte gekrümmte Oberflächen können die Gefährdung durch Reflexion verstärken.

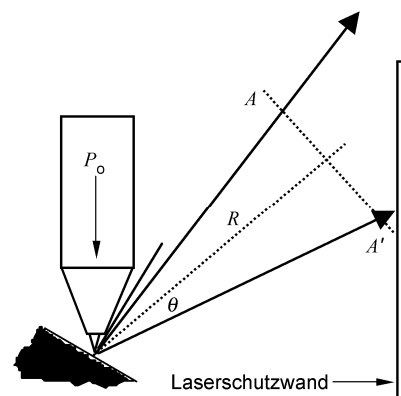


Bild B.2 – Berechnung von spiegelnden Reflexionen

## B.3 Beispiele für Bestätigungsbedingungen

Die VMBs sollen nach Möglichkeit bei der (den) im schlimmsten Fall gültigen, vernünftigerweise vorhersehbaren Kombination(en) von verfügbaren Laserparametern, Werkstückmaterialien, Geometrien und Prozessen ermittelt werden, die im normalen Betrieb wahrscheinlich auftreten können (IEC/TR 60825-14 beinhaltet Richtlinien für Benutzer).

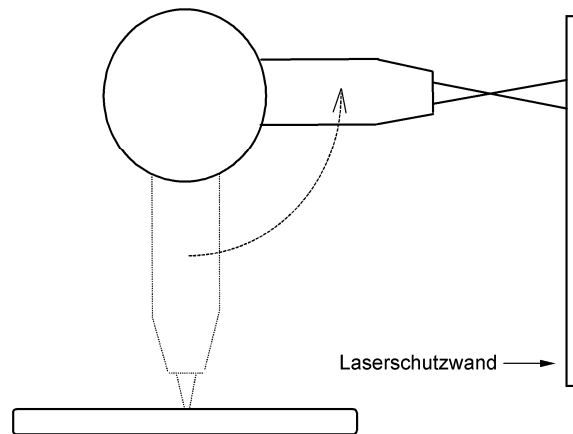


**Bild B.3a – Software-Fehler**

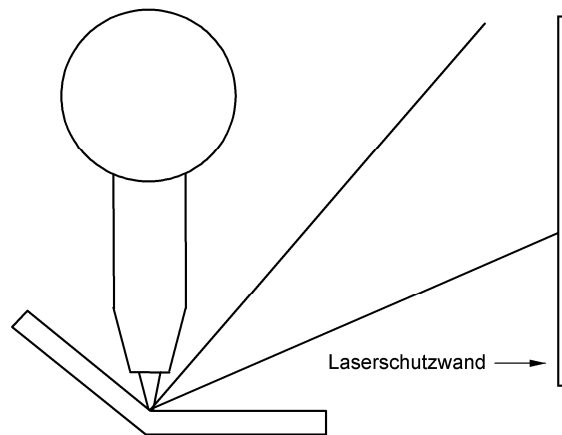


**Bild B.3b – Das Werkstück biegt sich oder ist nicht ausreichend eingespannt**

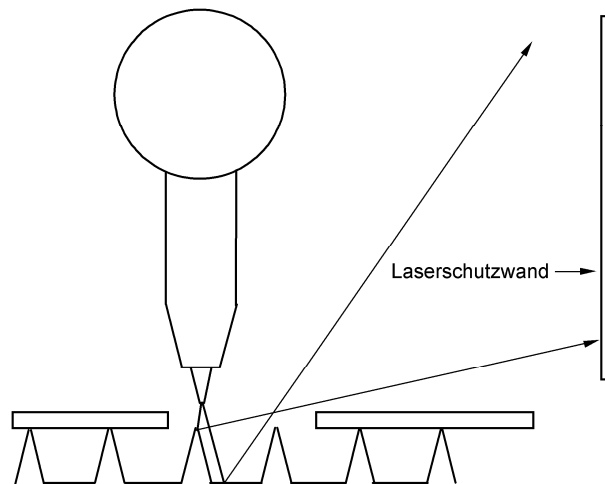


**Bild B.3c – Werkstück fehlt**

**Bild B.3 – Einige Beispiele für vorhersehbare Fehlerbedingungen**

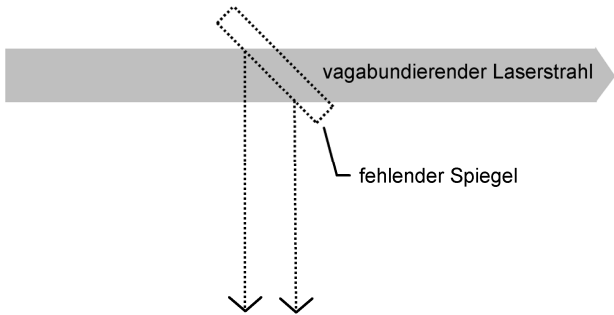


Bild B.4a – Der Laser wird mit fehlendem Drehspiegel betrieben

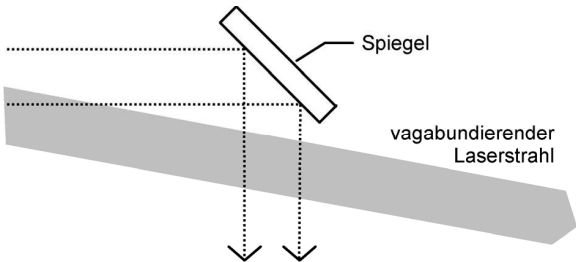


Bild B.4b – Der Laserstrahl ist während des Justierens nicht auf den Spiegel eingestellt

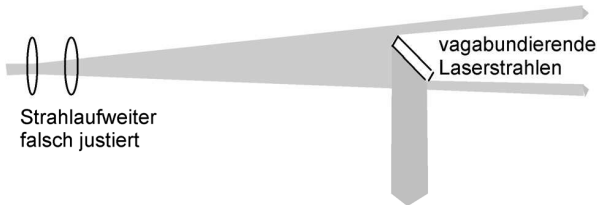


Bild B.4c – Der Laserstrahl ist über den Bereich der Optik ausgedehnt

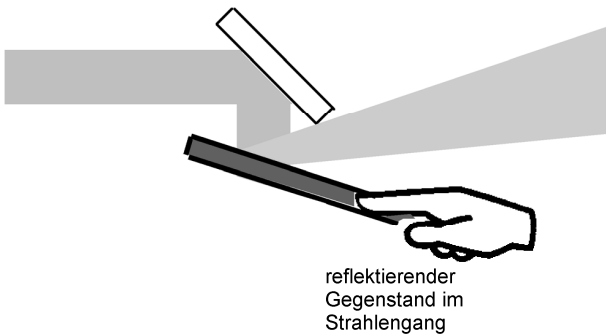


Bild B.4d – Reflektierende Gegenstände unterbrechen den Laserstrahl

Bild B.4 – Vier Beispiele für vagabundierende Laserstrahlen, die eventuell durch eine temporäre Laserschutzwand unter Servicebedingungen abgeschirmt werden müssen