



# Achtung, Laserstrahl

Diese Publikation informiert Sie über die Besonderheiten und Gefahren der Laserstrahlung, die Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen an Lasereinrichtungen sowie die Pflichten der Inverkehrbringer und Betreiber.

Diese Publikation hilft Ihnen, mit der komplexen Materie der Lasersicherheit schnell vertraut zu werden. Es ist möglich, dass die vereinfachenden Aussagen und Interpretationen dieser Publikation nicht alle Situationen, die in der Praxis vorkommen, korrekt abdecken. Im Zweifelsfall gelten die Originalsicherheitsbestimmungen, die unter Ziffer 9 erwähnt sind. Meldungen von Unstimmigkeiten nimmt der Autor gern entgegen.

Suva  
Arbeitsicherheit  
Postfach, 6002 Luzern

Für Auskünfte:  
Tel. 041 419 51 11

Für Bestellungen:  
[www.suva.ch/waswo](http://www.suva.ch/waswo)  
Fax 041 419 59 17  
Tel. 041 419 58 51

**Achtung, Laserstrahl**  
**Informationsblatt über Laser**

Autor: Bruno J. Müller, Bereich Physik

Nachdruck mit Quellenangaben gestattet.  
1. Auflage – April 1992  
9., überarbeitete Auflage – Juni 2007

**Bestellnummer: 66049.d**

## Grundsätze

Inverkehrbringer von Lasereinrichtungen sind von Gesetzes wegen verpflichtet, auf alle Gefahren aufmerksam zu machen, die ihr Produkt in sich birgt. Der Betreiber hat seinerseits die Pflicht, die mitgelieferte Betriebsanleitung mit den Sicherheitshinweisen gründlich zu studieren, bevor er eine Lasereinrichtung in Betrieb setzt.

Die Bestimmungen der Arbeitssicherheit verpflichten jeden Betrieb, alle erforderlichen Massnahmen betreffend Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz zu treffen, diese zu dokumentieren und deren Einhaltung periodisch zu kontrollieren.

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Gefährdung</b> . . . . .	6
1.1	Gefährdungspotenzial der einzelnen Laserklassen . . . . .	6
1.2	Gefährdungsgrad bei Glasfaserkabelnetzen . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Internationale Lasernorm</b> . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Pflichten des Inverkehrbringers</b> . . . . .	7
3.1	Klassifizierung . . . . .	7
3.2	Kennzeichnung . . . . .	8
3.3	Konformitätserklärung . . . . .	9
3.4	Zertifikate und CE-Kennzeichnung . . . . .	10
3.5	Betriebsanleitung . . . . .	10
3.6	Maschinen mit eingebauten Lasern . . . . .	10
3.7	Medizinprodukteverordnung (MepV) . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Pflichten des Betreibers</b> . . . . .	11
4.1	Klassenbezogene Sicherheitsvorkehrungen . . . . .	11
4.2	Sicherheitsregel . . . . .	12
4.3	Instruktion . . . . .	12
4.4	Laserschutzbeauftragter . . . . .	12
4.5	Ausbildung des Laserschutzbeauftragten . . . . .	12
4.6	Meldepflicht . . . . .	12
4.7	Lasermaschinen in offenen Hallen . . . . .	12
4.8	Datenübertragung in Glasfasernetzen . . . . .	13
4.9	Lightshows mit Laserstrahlen . . . . .	14
4.10	Einsatz im Freien . . . . .	14
4.11	Demonstrationsexperimente mit Laserstrahlen . . . . .	14
4.12	Lasereinrichtungen im privaten Gebrauch . . . . .	14
4.13	Anwendung am Menschen . . . . .	15
<b>5</b>	<b>Laserschutzbrillen</b> . . . . .	15
5.1	Für jeden Laser die richtige Schutzbrille . . . . .	15
5.2	Kennzeichnung der Laserschutzbrillen . . . . .	16
5.3	Augenkontrollen . . . . .	16
5.4	Schutzbrillen bei der Materialbearbeitung . . . . .	16
<b>6</b>	<b>Weitere Gefahren</b> . . . . .	17
<b>7</b>	<b>Grundlegendes über Licht und Laser</b> . . . . .	18
7.1	Laser . . . . .	18
7.2	Ausbreitung des Lichts . . . . .	18
7.3	Qualität des Laserlichts . . . . .	18
7.4	Besondere Gefahr für das Auge . . . . .	18
7.5	Unsichtbare Laserstrahlung . . . . .	18

<b>8</b>	<b>Laserklassen</b> . . . . .	19
8.1	Klasse 1 . . . . .	19
8.2	Klasse 1M . . . . .	19
8.3	Klasse 2 . . . . .	19
8.4	Klasse 2M . . . . .	20
8.5	Klasse 3A . . . . .	20
8.6	Klasse 3R . . . . .	21
8.7	Klasse 3B . . . . .	21
8.8	Klasse 4 . . . . .	21
<b>9</b>	<b>Literaturangaben, Bezugsquellen und Auskunft</b> . . . . .	22
9.1	Literaturangaben . . . . .	22
9.2	Bezugsquellen . . . . .	23
9.3	Auskunft . . . . .	23
<b>Anhang 1</b>		
	Checkliste für das Beschaffen eines Kleinlasers mit zugänglichem Strahl . . . . .	24
<b>Anhang 2</b>		
	Beispiel einer Risikobeurteilung . . . . .	25
<b>Anhang 3</b>		
	Anforderungen an ein Laserlabor . . . . .	26
<b>Anhang 4</b>		
	Checkliste für die periodischen Sicherheitsaudits . . . . .	29
<b>Anhang 5</b>		
	Vorsorgliche Augenkontrollen . . . . .	30

# 1 Gefährdung

## 1.1 Gefährdungspotenzial der einzelnen Laserklassen

Der Begriff **Laser** genügt nicht zum Beschreiben der besonderen Gefährdung eines Geräts, das kohärente, elektromagnetische Strahlung aussendet. Das Gefährdungspotenzial kann milliardenfach

unterschiedlich sein. Deshalb empfiehlt die internationale Lasernorm, dass jeder Laser einer Laserklasse zugeordnet wird. Damit wird das Gefährdungspotenzial eines vorhandenen Lasers für alle sofort ersichtlich. Das Gefährdungspotenzial nimmt mit aufsteigender Klasse zu.

Klasse 1	im Normalbetrieb <sup>1</sup> harmlos	keine Massnahmen nötig
Klasse 1M	ohne optische Instrumente harmlos	Personen mit optischen Instrumenten warnen
Klasse 2	für einen Augenblick harmlos	nicht absichtlich in den Strahl blicken, nicht auf Gesichter zielen
Klasse 2M	ohne optische Instrumente wie Klasse 2	Personen mit optischen Instrumenten warnen
Klasse 3A	aufgehoben	wie Klasse 1M oder 2M behandeln
Klasse 3R	reduziert gefährlich	nur von geschultem Personal betreiben lassen
Klasse 3B <sup>2</sup>	Direktstrahl für Augen gefährlich, Streustrahlung nicht	Laserschutzbeauftragten bestimmen Bereich baulich abgrenzen und Zutritt kontrollieren Laser am Eingang deklarieren nur von geschultem Personal betreiben lassen ev. Laserschutzbrille tragen
Klasse 4 <sup>2</sup>	Strahl für Augen und Haut gefährlich Streubild ev. für Augen gefährlich Brandgefahr	Massnahmen wie bei Klasse 3B, ev. zusätzlich Schutzausrüstung für Körperteile nötig

## 1.2 Gefährdungsgrad bei Glasfaserkabelnetzen

Lichtwellenleiter-Kommunikationssysteme sind im Normalbetrieb geschlossene Systeme, also Laser der Klasse 1. Wegen der grossen räumlichen Ausdehnung werden die Komponenten eines Systems gemäss EN 60825-2 **nicht** mit Klasse 1 bezeichnet. Aufgrund der Gefährlichkeit der Strahlung, die beispielsweise beim Herausziehen eines Steckers oder beim Zerschneiden eines Kabels zugänglich wird, wird diese einem der folgenden sieben Gefährdungsgrade zugeordnet:

Gefährdungsgrad 1	völlig ungefährlich, auch bei offener Faser
Gefährdungsgrad 1M	bei offener Faser wie Klasse 1M
Gefährdungsgrad 2	bei offener Faser wie Klasse 2
Gefährdungsgrad 2M	bei offener Faser wie Klasse 2M
Gefährdungsgrad 3R	bei offener Faser wie Klasse 3R
Gefährdungsgrad 3B	bei offener Faser wie Klasse 3B, also gefährlich
Gefährdungsgrad 4	bei offener Faser wie Klasse 4, also sehr gefährlich

Weitere Informationen dazu finden Sie unter Ziffer 4.8.

<sup>1</sup> Der Umgang mit Lasern der Klasse 1 muss im Normalbetrieb **ohne** Instruktion sicher sein. Beruht die Sicherheit im Nahbereich auf instruiertem Verhalten, so sollte die Ungefährlichkeit der Einrichtung nicht mit Klasse 1, sondern mit einer andern Aussage deklariert werden. Beispiel: «Im markierten Bereich keine Lasergefahr.»

<sup>2</sup> Der Laser muss mit einem Schlüsselschalter und mit einer Buchse zum Anschliessen externer Überwachungselemente ausgerüstet sein. Ist dieser Anschluss nicht belegt, so darf der Laser keine Strahlung abgeben.

## 2 Internationale Lasernorm

Laser müssen – wie alle technischen Einrichtungen und Geräte – die Schutzziele der gesetzlich verankerten nationalen Sicherheitsbestimmungen erfüllen. Die internationale Lasernorm IEC 60825-1 mit den aktuellen Ergänzungen erläutert im Detail, wie die zu erfüllenden Schutzziele bei Laser-Einrichtungen erreicht werden können. Die aktuelle Fassung der Lasernorm in Deutsch trägt die Bezeichnung EN 60825-1:2001 und den Titel: «Sicherheit von Laser-Einrichtungen, Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien». Diese Norm wird laufend ergänzt durch Zusatznormen mit den Endnummern -2, -3, -4 usw. Seit Februar 2004 gibt es die Benutzer-Richtlinie (Hauptabschnitt 3) in der separaten Norm IEC 60825-14, aber nur in englischer Sprache. Für Datenübertragungssysteme in Glasfasernetzen sind zusätzlich zur Lasernorm die Empfehlungen der Norm EN 60825-2 «Sicherheit von Laser-Einrichtungen, Teil 2: Sicherheit von Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen» umzusetzen.

Unter Ziffer 9 finden Sie eine Zusammenstellung der nationalen Sicherheitsbestimmungen und internationalen Normen.

Hinweis: Anfangs Mai 2007 ist die aktuellste Lasernorm erschienen, nämlich IEC 60825-1:2007 «Safety of laser products – Part 1: Classification and requirements».

## 3 Pflichten des Inverkehrbringers

Da viele Produkte im Ausland hergestellt werden oder secondhand auf den Markt kommen, werden nicht die Hersteller, sondern die «Inverkehrbringer» gesetzlich verpflichtet, dafür zu sorgen, dass ihre Produkte die nationalen Sicherheitsbestimmungen erfüllen. Inverkehrbringer können sein: Hersteller, Importeure, Händler, Lieferanten, Verkäufer, Verleiher oder die Betreiber selber, wenn sie direkt importieren.

Lasereinrichtungen können eine ungewohnte und oft nicht wahrnehmbare Gefahr in sich bergen. Die Betreiber erwarten, dass die Inverkehrbringer auf solche Gefahren aufmerksam machen und dass sie deklarieren, bei welchen Situationen keine Gefahr besteht. Zu dieser Deklaration ist der Inverkehrbringer von Gesetzes wegen verpflichtet.

### 3.1 Klassifizierung

**Zwang zur Klassifizierung:** Der Inverkehrbringer darf sein Produkt erst dem Betreiber aushändigen, wenn er es nach den Vorgaben der Lasernorm einer der sieben möglichen Laserklassen zugeteilt hat (sonst müsste der Betreiber im Prinzip die strengen Regeln der Klasse 4 befolgen). Die Klassifizierungspflicht entfällt, wenn das Produkt ein Modul ist, das erst nach dem Einbau in ein System funktionstüchtig wird.

Je nach Art und Weise des Lasermediums und der Pumpquelle strahlt der Laser kontinuierlich (= Dauerstrichbetrieb = cw = continuous wave, d.h. Emissionsdauer >0.25s), gepulst, repetiert gepulst oder er gibt seine Strahlungsenergie in Form von Riesenimpulsen ab. Beim Klassifizierungsprozess sind diese Parameter mitbestimmend. Die verbindliche Anleitung zum Klassifizieren von Lasereinrichtungen ist ein zentraler Bestandteil der internationalen Lasernorm EN 60825-1. Empfehlenswert ist, Fachliteratur ergänzend zu benutzen, etwa die Publikation Laser Safety von Roy Henderson und Karl Schulmeister, erschienen im Verlag Taylor & Francis (auf Englisch).

Bei Messungen für die Klassenzuteilung ist auch die Norm IEC/TR 60825-13:2006 (auf Englisch) zu beachten.

## Orientierungsgrenzwerte für Klasse 1

Mit Hilfe von Tabelle 1 der Lasernorm und den für die verschiedenen Wellenlängenbereiche geltenden Messblendendurchmessern können die nachfolgend aufgeführten Grenzwerte berechnet werden. Damit lassen sich Laser beurteilen, die einen Parallelstrahl im Dauerstrichbetrieb abgeben. Geltende Bestrahlungszeit im cw-Betrieb: 30 000s im UV-Bereich bzw. 100s im übrigen Bereich. Um das Ziel zu erreichen, mit möglichst viel «Power» in der Klasse 1 zu bleiben, braucht es in jedem Fall eine Berechnung des Grenzwertes zugänglicher Strahlung (GZS) mit den eigenen Parametern. Hinweis: Ist der Strahldurchmesser grösser als die vorgeschriebene Messblende, so kann die Strahlungsleistung des Lasers mehr als der entsprechend aufgeführte Wert betragen.

UV (315–400 nm)	7.9 µW
violett–blau (400–450 nm)	40 µW
grün–gelb–rot (500–700 nm)	0.4 mW
810 nm	0.6 mW z.B. Hochleistungslaserdiode
1064 nm	2.1 mW z.B. Nd: YAG
1380 nm	16 mW z.B. Datenübertragung in Faser
1400–4000 nm	10 mW (kleiner, da andere Messapertur)
4000 nm–1 mm	80 mW z.B. CO <sub>2</sub> -Laser (1 cm Strahldurchmesser)

Die aufgeführten Werte und die Bedingungen dazu sind auch im Anhang D der erwähnten Publikation von R. Henderson und K. Schulmeister zu finden. Bei der Datenübertragung in Glasfaserkabelnetzen wird die Leistung in dBm statt in mW angegeben. 1mW = 0 dBm. In der Tabelle D.1 der Norm EN 60825-2 sind die seit 2001 geltenden Grenzwerte für die 6 Gefährdungsgrade 1–3B aufgeführt.



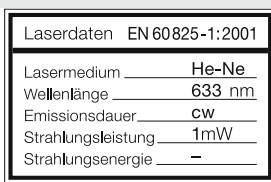

## Laser der Klasse 1 mit gefährlicher Strahlung

Laser können auch der Klasse 1 zugeordnet sein, wenn ihre Strahlung gefährlich ist. In diesem Fall muss ein Schutzgehäuse verhindern, dass im Normalbetrieb gefährliche Laserstrahlung, d.h. Laserstrahlung über dem Grenzwert für Klasse 1, austreten und somit zugänglich werden kann (siehe dazu auch Anmerkung 1 auf S. 6).

### 3.2 Kennzeichnung

Der Inverkehrbringer darf sein Produkt erst dem Betreiber aushändigen, wenn er es nach den Vorgaben der Lasernorm gekennzeichnet hat. Die Kennzeichnung umfasst im Minimum folgende Zeichen:

- Laserwarnzeichen (nicht für Klasse 1)
- Klassenhinweiszeichen mit Warntext (ab Klasse 1M)
- Laserdatenschild
- Typenschild

<p><b>Laserwarnzeichen</b></p> 	<p>Hintergrund gelb.</p>
<p><b>Klassenhinweiszeichen</b></p> 	<p>Hintergrund gemäss Lasernorm gelb, gemäss Zeichennorm neutral.</p>
<p><b>Laserdatenschild</b></p> 	<p>Hintergrund gemäss Lasernorm gelb, gemäss Zeichennorm neutral.</p>
<p><b>Typenschild</b></p> 	<p>Hintergrund neutral.</p>

Beispiel einer Laserkennzeichnung.



Auf dem Laserdatenschild sind Wellenlänge und Emissionsdaten anzugeben sowie die verwendete Norm, nämlich EN 60825-1:2001. Auf dem Typenschild sind alle Angaben zu machen, die für eine eindeutige Identifikation der Lasereinrichtung nötig sind, also Hersteller/Inverkehrbringer, Gerätetyp, Seriennummer usw.

### Zusatzzeichen

Ab Klasse 2 muss die Strahlaustrittsöffnung gekennzeichnet sein. Ab Klasse 3R muss ein Zusatzzeichen mit folgendem Text nahe an der Öffnung angebracht sein:

- Austrittsöffnung für Laserstrahlung bzw.
- Austrittsöffnung für unsichtbare Laserstrahlung oder
- Bestrahlung vermeiden/Austritt von Laserstrahlung bzw.
- Austritt von unsichtbarer Laserstrahlung

### Entfernbare Elemente

Können Elemente des Schutzgehäuses entfernt oder in ihrer Lage so verändert werden, dass dadurch stärkere Laserstrahlung als Klasse 1 zugänglich wird, so müssen diese Elemente mit einem Laserwarnzeichen und einem Zusatzzeichen mit der Laserklasse und dem entsprechenden Warntext gekennzeichnet sein.

### Beispiel:

**Vorsicht: Laserstrahlung Klasse 4, wenn Abdeckung geöffnet wird. Bestrahlung von Augen und Haut durch direkte oder Streustrahlung vermeiden.**

Für andere Klassen entsprechenden Warntext verwenden.

### Unsichtbare Laserstrahlung

Gibt der Laser unsichtbare Strahlung ab, so muss im Warntext ausdrücklich darauf hingewiesen werden. Gibt er sichtbare und unsichtbare Strahlung ab, so muss im Text auf beide Strahlungsarten aufmerksam gemacht werden.

### Sichtbare Laserstrahlung

Bei sichtbarer Abstrahlung darf die Bezeichnung «Laserlicht» anstelle von «Laserstrahlung» verwendet werden.

Hinweis: Es dürfen mehrere oder alle der auf S. 8 abgebildeten Zeichen auf einem Kleber zusammengefasst werden.

Weitere Angaben zur Kennzeichnung sind in der Lasernorm EN 60825-1 zu finden.<sup>3</sup>

Die Kennzeichnungspflicht entfällt, wenn das Produkt ein Modul ist, das erst nach dem Einbau in ein System funktionstüchtig wird.

### 3.3 Konformitätserklärung

Der Inverkehrbringer muss zu jeder Lasereinrichtung eine Konformitätserklärung<sup>4</sup> mitliefern, aus welcher hervorgeht, dass das Produkt den grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen für solche Einrichtungen und Geräte entspricht (Art.6 NEV<sup>5</sup> und Art. 7 STEV<sup>6</sup>).

Weitere Informationen zu diesem Thema sind in den Suva-Publikationen 66084 und 88031 zu finden.

Hinweis: Für Produkte, die nicht unter die oben erwähnten Regeln fallen, gelten die allgemeinen Produktesicherheitsbestimmungen.

<sup>3</sup> Die Laserdaten müssen immer in der Betriebsanleitung aufgeführt sein. Ab Klasse 2 müssen sie auch am Gerät angeschlagen sein. Bei Kleinlasern dürfen die Zeichen den Benutzerunterlagen beigelegt oder an der Verpackung angebracht sein. Laser-Sicherheitszeichen können zum Teil bei der Suva bezogen werden (Publikation «Sicherheitszeichen», Bestell-Nr. 88101).

<sup>4</sup> Auf der Konformitätserklärung sind alle Normen aufzuführen, die bei der Herstellung des Produktes berücksichtigt worden sind. Ist die Lasernorm EN 60825-1 erwähnt, so kann davon ausgegangen werden, dass das Produkt einer der 7 möglichen Laserklassen zugeteilt worden ist. Auf Anfrage muss der Inverkehrbringer die detaillierten Entscheidungskriterien der Klassenzuteilung vorweisen können.

<sup>5</sup> NEV = Verordnung über elektrische Niederspannungserzeugnisse, SR 734.26

<sup>6</sup> STEV = Verordnung über die Sicherheit von technischen Einrichtungen und Geräten, SR 819.11

### 3.4 Zertifikate und CE-Kennzeichnung

Lasereinrichtungen dürfen vom Inverkehrbringer selbst zertifiziert und mit dem CE-Zeichen versehen werden. Das Einholen eines Prüfberichtes mit Zertifikat bei einer neutralen Prüf- und Zertifizierungsstelle ist fakultativ, hat aber den Vorteil, dass das Zertifikat eine höhere Glaubwürdigkeit besitzt. Dies könnte z. B. bei Direktimporten von Bedeutung sein.

### 3.5 Betriebsanleitung

Bei technischen Einrichtungen und Geräten, die eine Gefährdung beinhalten, zum Beispiel Laserstrahlung, hat der Inverkehrbringer eine Betriebsanleitung mitzuliefern, aus der hervorgeht, wie das Gerät bestimmungsgemäss zu verwenden ist. Bei leistungsstarken Lasern kann es sinnvoll sein, auf bestimmungsfremde oder verbotene Verwendungsmöglichkeiten hinzuweisen. Sind spezielle Sorgfaltspflichten beim Betreiben und allenfalls beim Installieren zusätzlich zu erfüllen, so muss dies in der Betriebsanleitung erwähnt sein. Die Betriebsanleitung umfasst die Sicherheitshinweise und die Bedienungsanleitung. Je nach Komplexität der Lasereinrichtung können noch eine Installations- und Instandhaltungsanleitung dazukommen.

Hinweis: Pauschale Warnungen sind zu vermeiden, insbesondere solche, die vom Ansprechpartner aus Unkenntnis nicht nachvollzogen werden können.

### 3.6 Maschinen mit eingebauten Lasern

Maschinen für die industrielle Produktion müssen primär die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen der nationalen Gesetze und Verordnungen erfüllen. Das sind insbesondere

- das Bundesgesetz über die Sicherheit von technischen Einrichtungen und Geräte (STEG) und die gleichnamige Verordnung (STEV)

- die Starkstromverordnung
- die Verordnung über elektrische Niederspannungserzeugnisse (NEV)
- die Verordnung über die Verfahren der Konformitätsbewertung von technischen Einrichtungen und Geräten und
- die Verordnung über elektromagnetische Verträglichkeit (VEMV)

Diese Aufzählung ist **nicht** abschliessend. Artikel 3 und 4 des STEG weisen darauf hin, dass zum Erreichen der zu erfüllenden Schutzziele die entsprechenden nationalen und internationalen Normen umgesetzt werden müssen. Bei Maschinen sind dies insbesondere

- die EG-Maschinenrichtlinie 98/37/EG (ab 29.12.2009 gilt 2006/42/EG)
- bei Laserbearbeitungsmaschinen zusätzlich EN 11553 – 1 Sicherheit von Maschinen – LASERBEARBEITUNGSMASCHINEN

Der Inverkehrbringer ist verpflichtet, sich an den Stand der Technik zu halten. Das bedingt, dass er sich laufend erkundigt, welche Spezialnormen für sein Produkt massgebend und aktuell sind.

### 3.7 Medizinprodukteverordnung (MepV)

Lasereinrichtungen, die für medizinische Eingriffe am Menschen verwendet werden, müssen die Anforderungen der Medizinprodukteverordnung (MepV) bzw. EG-MP-Richtlinie 93/42/EWG erfüllen.

## 4 Pflichten des Betreibers

Der Betreiber hat dafür zu sorgen, dass die Betriebsanleitung mit den Sicherheitshinweisen des Inverkehrbringers schon bei der ersten Inbetriebnahme gelesen und umgesetzt wird.

Während bei Lasern der Klasse 1 bereits der Inverkehrbringer für den sicheren Betrieb gesorgt hat, muss bei der Anschaffung von Lasern der Klassen 3B und 4 der Betreiber selbst für die Sicherheit besorgt sein. Er kann den Laser mit einem Schutzgehäuse nachrüsten und so die Bedingungen der Klasse 1 erfüllen. Ist das vom Arbeitsprozess her nicht möglich, so darf der Laser nur in einem überwachten Laserbereich mit Zutrittskontrolle betrieben werden. Anhand einer Risikobeurteilung ist zu ermitteln, wo gefährliche Situationen auftreten können und welche Schutzausrüstungen Anwesende zu tragen haben, um keinen Schaden zu erleiden. Mehr zu diesem Thema steht in Anhang 3 «Anforderungen an ein Laserlabor».

Hinweis: Die allgemeinen Bestimmungen der Arbeitssicherheit verpflichten die Betreiber von Lasereinrichtungen bzw. die Arbeitgeber, alle erforderlichen Massnahmen für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz zu treffen, diese zu dokumentieren und deren Einhaltung periodisch zu kontrollieren. Die Lasernorm dient dabei als Erläuterung der Schutzziele, die bei der Verwendung von Lasereinrichtungen zu erfüllen sind. Die rechtlichen Grundlagen dazu bilden das Bundesgesetz über die Unfallversicherung (UVG) und die Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (VUV). Eine weitere Forderung ist das Einhalten der Grenzwerte am Arbeitsplatz gemäss jährlich veröffentlichter Liste der Suva (MAK-Wertliste). Siehe auch Ziffer 4.4 auf S. 12.

Änderungen: Nimmt der Betreiber Änderungen an einer angeschafften Lasereinrichtung vor, so hat er die gleichen Pflichten zu erfüllen wie der Inverkehrbringer (siehe Ziffer 3).

### 4.1 Klassenbezogene Sicherheitsvorkehrungen

Beim Betreiben der Laser müssen folgende Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden:

#### Klasse 1

- Keine (Achtung, die Lasernorm erlaubt gefährlichen Sonderbetrieb ohne Klassenumbenennung! Siehe dazu auch Anmerkung 1 auf S. 6.)

#### Klasse 1M

- Personen, die optische Instrumente (Lupen, Mikroskope, Fernrohre) benutzen könnten, speziell warnen.

#### Klasse 2

- Nicht in den Strahl blicken.
- Strahl nicht absichtlich auf Personen richten.

#### Klasse 2M

- Nicht in den Strahl blicken.
- Strahl nicht absichtlich auf Personen richten.
- Personen, die optische Instrumente (Feldstecher, Nivelliergeräte, Theodoliten usw.) benutzen könnten, speziell warnen.

#### Klasse 3R

- Nur in gerechtfertigten Fälle einsetzen.
- Nur qualifiziertes und geschultes Personal beauftragen; dieses muss wissen, dass der Strahl nicht auf Augenhöhe verlaufen darf, weder für sitzende noch für stehende Personen und dass nicht benutzte Laser vor dem Zugriff Unbefugter zu schützen sind.

#### Klasse 3A

- unsichtbare Strahlung: siehe Klasse 1M.
- sichtbare Strahlung: siehe Klasse 2M.

Ist der Strahl nicht aufgeweitet, so gelten die Regeln für Klasse 3R; d.h. die Anwendung von Laserpointern >1mW ist nicht gerechtfertigt und sollte unterlassen werden.

### **Klasse 3B und Klasse 4**

Laser der Klassen 3B und 4 dürfen nur in einem abgegrenzten und überwachten Laserbereich betrieben werden. Der Betreiber hat dafür zu sorgen, dass niemand unzulässig bestrahlt werden kann. Dazu hat er die nötigen Sicherheitsvorkehrungen zu treffen. Der Zutritt zum Laserbereich ist zu kontrollieren. Mehr zu diesem Thema ist in Anhang 3 «Anforderungen an ein Laserlabor» zu finden. Siehe auch Anmerkung 2 auf S. 6.

### **4.2 Sicherheitsregel**

Die Person am Strahlauslöseschalter darf den Laserstrahl erst austreten lassen, wenn sie sich vergewissert hat, dass alle Anwesenden die richtige Schutzausrüstung tragen und Drittpersonen nicht zufällig in den Laserbereich gelangen können.

### **4.3 Instruktion**

Personen, die mit Lasern der Klassen 3R, 3B und 4 zu arbeiten haben, müssen vor Aufnahme ihrer Tätigkeit vom Laserschutzbeauftragten über die Gefahren informiert und über das richtige Verhalten instruiert werden.

Empfehlenswert: Die erfolgte Instruktion durch gegenseitiges Visieren bestätigen lassen und wichtige Arbeitsanweisungen in Kurzform am Arbeitsplatz anschlagen.

Die Instruktion umfasst folgende Themen:

- Wirkung der Laserstrahlen auf Augen und Haut
- weitere Gefährdungen/Nebenwirkungen: Schadstoffe, Brand, Explosionen
- Verhaltensvorschriften und Arbeitsanweisungen
- Schutzmassnahmen und Schutzeinrichtungen
- Verwenden von Schutzausrüstungen
- Kontrolle baulicher und apparativer Schutzeinrichtungen
- Verhalten im Störfall

Die Instruktion ist periodisch zu wiederholen.

### **4.4 Laserschutzbeauftragter**

Der von der Lasernorm empfohlene Einsatz eines **Laserschutzbeauftragten** (Laser-officer) ist auf Grund der allgemeinen Arbeitssicherheits-Bestimmungen eine Pflicht (Nachweis einer Sicherheitsorganisation bei besonderen Gefährdungen, EKAS-Richtlinie Nr. 6508). Der Laserschutzbeauftragte und seine Pflichten sind von der Betriebsleitung schriftlich festzulegen.

### **4.5 Ausbildung des Laserschutzbeauftragten**

Der Laserschutzbeauftragte muss im Besitz der nötigen Kenntnisse sein, um seine Aufgaben erfüllen zu können. Wie er sich diese anzueignen hat, ist nicht Gegenstand einer gesetzlichen Vorschrift. Oft bietet der Inverkehrbringer Kurse an, die speziell auf sein Produkt abgestimmt sind. Wegen der Produkthaftpflicht können solche Kurse ein obligatorischer Bestandteil des Kaufvertrages sein. Die Suva veranstaltet jährlich ein Seminar über nichtionisierende Strahlung. Darin enthalten ist eine Lektion über Lasersicherheit, die zum Ziel hat, Übersicht über dieses umfangreiche Thema zu schaffen (kein Laserschutzbeauftragtenkurs).

### **4.6 Meldepflicht**

Das Betreiben von Lasereinrichtungen der Klassen 3B und 4 im Innern von Gebäuden von Industrie und Gewerbe, Forschungs- und Entwicklungsinstituten, Schulen, Arztpraxen oder Spitälern ist **nicht** meldepflichtig.

### **4.7 Lasermaschinen in offenen Hallen**

Lasereinrichtungen, die als Maschinen in der industriellen Produktion in offenen Hallen eingesetzt werden, dürfen nach der Installation sowohl im Normalbetrieb als auch im Sonderbetrieb keine Gefährdung durch zugängliche Laserstrahlung verursachen; d.h. sie müssen mit einem Schutzgehäuse ausgerüstet sein. Beim Öffnen dieses Gehäuses muss der gefährliche Strahl

unterbrochen werden. Soll der Bearbeitungsprozess beobachtet werden können, so muss ein eingebautes Laserschutzfilter den nötigen Augenschutz sicherstellen. Weitere Informationen über Laserschutzfilter finden Sie in der Norm EN 207, in Katalogen von Laserschutzbrillenherstellern sowie unter Ziffer 5.4 dieser Publikation.

Ist ein Rundumschutz (Laser Klasse 1) aus prozesstechnischen Gründen nicht machbar, so ist die Abschirmung zumindest im Aufenthaltsbereich von Personen sicherzustellen, etwa durch Maschinenteile, Werkstücke und Teilschutzgehäuse, die den direkten Blick in die Bearbeitungsstelle und den Austritt von «Einfachreflexionen» verhindern (im Wellenlängenbereich 700–1400 nm mit Hilfe einer Infrarotkamera mit aufgesetztem Interferenzfilter überprüfen). Um den Begriff «Laser Klasse 4» nicht zu entwerten (= Zutritt nur für Befugte mit Schutzausrüstung), sollte die Maschine anstelle der Normvorgaben etwa nach folgendem Beispiel gekennzeichnet werden: «Laseranlage – Zonen der Gefährdung gekennzeichnet!» (kein Laserwarndreieck mit gelbem Hintergrund beifügen). Abschirmungen, die sich ohne Werkzeug entfernen lassen, sind an das Maschinenüberwachungssystem anzuschliessen.

Kann die Maschine überhaupt nicht gekapselt werden, so muss sie in einem baulich abgegrenzten Laserbereich mit kontrolliertem Zugang betrieben werden. Das anwesende Personal muss korrekt dimensionierte Laserschutzbrillen tragen. Die Fenster sind mit geeignetem Material (Selbstzertifizierung erlaubt) zu verdecken. Der Schliessmechanismus von beweglichen Abschirmungen (z.B. Lamellenvorhänge aus massivem PVC) muss mit dem Überwachungssystem der Lasereinrichtung gekoppelt sein. Weitere Informationen finden Sie unter Ziffer 5.4 «Schutzbrillen für die Materialbearbeitung» und im Anhang «Anforderungen an ein Laserlabor».

#### 4.8 Datenübertragung in Glasfasernetzen

**Sicherheitskonzept:** Der Lieferant der Netzwerkzentrale ist verantwortlich für das Sicherheitskonzept des Netzwerkes. Er hat dem Netzbetreiber die geltenden Sicherheitsbestimmungen zur Verfügung zu stellen. Sind einzelne Leitungen vermietet, so muss der Kabelnetzbetreiber die Laserdaten beim Mieter anfordern. Erst mit diesen Unterlagen kann er für sein Servicepersonal eine betriebsinterne Weisung für das Arbeiten an Kabeln und Einrichtungen erstellen (Schutzziel: unzulässige Bestrahlung verhindern).

Empfohlenes Vorgehen beim Erstellen der betriebsinternen Weisung:

- Alle möglichen Gefahrensituationen auflisten, sowohl für den Normalbetrieb (Anlage erfüllt ihren Zweck) als auch für den Sonderbetrieb (Installation, Reparatur, inklusive Störfall, z.B. durch einen Baggerschaden).
- Für alle gefundenen Situationen mit einem Spezialisten eine Risikobeurteilung gemäss Suva-Publikation 66037 vornehmen (siehe auch Anhang 2).
- Für alle gefundenen Situationen Massnahmen erarbeiten und dokumentieren.
- Betriebsinterne Weisung erlassen, durchsetzen und periodisch kontrollieren.

Bei Kabelnetzen sind folgende 3 Situationen zu unterscheiden:

- öffentlicher Raum, zum Beispiel Büro mit PC-Anschluss oder Wohnzimmer mit Kabelnetzanschluss; tolerierter Gefährdungsgrad: bis 1M
- begrenzt zugänglicher Raum, zum Beispiel nur für den Hauswart; tolerierter Gefährdungsgrad: bis 3R
- gesperrter Raum, zugänglich nur für befugtes Servicepersonal; keine Gefährdungsgradbegrenzung

**Kabel:** Kabel müssen identifizierbar sein; weitere Details sind Gegenstand des Sicherheitskonzeptes.

**Stecker:** In der Norm sind keine Schutzkappen vorgeschrieben, d.h. die Stecker Ausführung liegt im Ermessen des Lieferanten der Zentrale.

**Automatische Abschaltung:** Ist Gegenstand des Sicherheitskonzeptes.

**Optische Werkzeuge:** Es ist ein klares Konzept mit eindeutiger Kennzeichnung der optischen Werkzeuge festzulegen, damit es nicht zu Verwechslungen kommt.

#### 4.9 Lightshows mit Laserstrahlen

Die Bedingungen für das Veranstalten von Laser-Lightshows sind in der «Verordnung über den Schutz des Publikums von Veranstaltungen vor gesundheitsgefährdenden Schalleinwirkungen und Laserstrahlen (Schall- und Laserverordnung)» zu finden. Bezugsadresse siehe Ziffer 9. Der Einsatz von Lasereinrichtungen an Veranstaltungen muss der zuständigen kantonalen Vollzugsbehörde im Voraus gemeldet werden. Dazu ist mit der betreffenden Stelle rechtzeitig Kontakt aufzunehmen. Meistens wird für die obligatorische Deklaration der Lasereinrichtung ein spezielles Meldeformular zur Verfügung gestellt. Die Deklaration muss nach Angaben der Publikation «Leitlinie für Laser-Vorführungen und Laseranzeigen, Schall- und Laserverordnung SLV» des Bundesamtes für Gesundheit BAG ausgeführt sein. Die Ansprechstellen tragen je nach Kanton verschiedene Bezeichnungen, etwa Gesundheitsdepartement, Umweltschutz, Wirtschaftspolizei etc.

#### 4.10 Einsatz im Freien

Wird beim Einsatz von Lasereinrichtungen der Klassen 3B und 4 der Luftverkehrsraum tangiert, so ist vorgängig die Zusage des zuständigen Flugsicherungsdienstes einzuholen. Für die Verwendung von Lasereinrichtungen der Klassen 3R, 3B und 4 im Militär gelten die Weisungen der armasuisse.

#### 4.11 Demonstrationsexperimente mit Laserstrahlen

Folgende Regeln sind zu beachten:

- Möglichst keine Laser der Klassen 3B und 4 verwenden.
- Das Experiment muss ohne Anwesenheit von Drittpersonen ausführlich getestet werden.
- Der Experimentaufbau muss gegen unbeabsichtigtes Verstellen der optischen Elemente gesichert sein.
- Die Zuschauer müssen vor und während der Vorführung durch Absperrvorrichtungen vom Experimentaufbau ferngehalten werden.
- In Anwesenheit der Zuschauer dürfen keine ungeplanten Neueinstellungen oder Korrekturen vorgenommen werden. Ein misslungenes Experiment darf nicht in Anwesenheit der Zuschauer zum Funktionieren gebracht werden.
- Der Strahl darf nur ausgelöst werden, wenn die Sicherheit der Anwesenden in diesem Zeitpunkt gewährleistet ist.

#### 4.12 Lasereinrichtungen im privaten Gebrauch

Für den privaten Gebrauch von Lasereinrichtungen sind die Informationen des Bundesamtes für Gesundheit (BAG), Abteilung Strahlenschutz, der Schweizerischen Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu) sowie der kantonalen Gesundheitsbehörden zu beachten. Das BAG hat ein Merkblatt über den Missbrauch von «Laserpointern» herausgegeben. Da Privatpersonen nicht in der Lage sind, Laserbereiche abzugrenzen und zu überwachen und zudem die Gefahr besteht, dass Kinder mit gefährlichen Lasern spielen könnten, ist der Verkauf von Lasern der Klassen 3A (wegen der Gefahr einer falschen Klassenzuteilung), 3R, 3B und 4 an Private gemäss Angaben des Eidg. Starkstrominspektorates ESTI verboten. Ausnahme: Siehe Ziffer 3.1.

## 5 Laserschutzbrillen

### 4.13 Anwendung am Menschen

Alle erwähnten Sicherheitsvorschriften gelten für den Schutz von Personen gegen unbeabsichtigte Laserbestrahlung. Medizinische Eingriffe am menschlichen Körper (Operationen) mit Laserstrahlung dürfen in der Regel nur von einem Arzt oder unter der Aufsicht eines Arztes durchgeführt werden. Ob Softlaser (Klasse 1 – 3R) oder Midlaser (Klasse 3B) von Laien (Kosmetikstudios und Private) verwendet werden dürfen, liegt im Ermessen der kantonalen Gesundheitsbehörden. Swissmedic bietet zu diesem Thema seit Dezember 2004 eine Informationsschrift an mit dem Titel «Anwendung von hochenergetischen Lasern in Medizin und Kosmetik».

Beim Arbeiten oder Manipulieren an Einrichtungen mit Lasern der Klassen 3R (nur unsichtbar), 3B und 4 (sichtbar und unsichtbar) ist das Tragen einer korrekt dimensionierten Laserschutzbrille für alle Anwesenden obligatorisch. Laserschutzbrillen und Filter müssen für den Schutz gegen den Hauptstrahl ausgelegt werden, auch dann, wenn sie nur für die Streustrahlung verwendet werden. Eine korrekt dimensionierte Laserschutzbrille schwächt den Laserstrahl mindestens ab auf die «**maximal zulässige Bestrahlung (MZB)** der Hornhaut bei direkter Bestrahlung durch Laserstrahlung» (Originaltext des Titels von Tabelle 6 der Lasernorm).

Eine Anleitung zum Dimensionieren von Laserschutzbrillen und Filtern befindet sich im Anhang von Norm EN 207. In der Regel bieten die Hersteller von Laserschutzbrillen einen Dimensionierungsservice an.

### 5.1 Für jeden Laser die richtige Schutzbrille

Laserschutzbrillen sind keine Universal-schutzbrillen und dürfen daher nur für die Lasertypen verwendet werden, für die sie dimensioniert worden sind, d.h. es müssen folgende Parameter übereinstimmen: Wellenlängenbereich und Betriebsart (Dauerstrich oder Impuls oder Riesenimpuls).

Zum Justieren von Lasereinrichtungen der Klassen 3B und 4 mit sichtbarer Strahlung werden anstelle von Laserschutzbrillen, Laserjustierbrillen getragen.

## 5.2 Kennzeichnung der Laserschutzbrillen

Die Laserschutzbrillen müssen gemäss EN 207 (EN 208 für Laserjustierbrillen) am Brillengestell so gekennzeichnet sein, dass aus den Angaben Hersteller, Schutzwirkung und Bedingungen für die Schutzwirkung ersichtlich sind; Beispiel: 633 D L5 Laser-vision, was bedeutet: 633 nm Wellenlänge, Dauerstrichbetrieb, Schutzstufe 5, von der Firma Laservision.

## 5.3 Augenkontrollen

Vorsorgliche Augenkontrollen sind nicht erforderlich. Begründung, siehe Anhang 5.

## 5.4 Schutzbrillen bei der Materialbearbeitung

Die Fokussieroptik wandelt den von der Laserquelle erzeugten, gebündelten Parallelstrahl um in einen «Strahlkegel», der nach dem Brennpunkt rasch wieder auseinander geht. Somit verringert sich der Sicherheitsabstand (NOHD = Nominal Ocular Hazard Distance) je nach Brennweite der Schneidoptik von «sehr weit» in «weniger weit» bis «Arbeitsnähe». Beim Eindringen des Laserstrahls in das Werkstück kann es jedoch in seltenen Fällen zu ungewöhnlich starken Reflexionen kommen. In der Lasernorm wird dieses Phänomen als **vagabundierende Laserstrahlung** bezeichnet. Ist es möglich, direkt in die Bearbeitungsstelle (Plasma) zu blicken, so muss der Zutritt zur Gefahrenzone so unter Kontrolle sein, dass nur Personen mit aufgesetzter Laserschutzbrille anwesend sein können.

Hochleistungslaser im kW-Bereich sind ohne Fokussieroptik ausserordentlich gefährlich. Der Parallelstrahlbereich darf daher nicht zugänglich sein.

**5.4.1 Streustrahlung:** Bei der Materialbearbeitung muss immer auch mit Streustrahlung gerechnet werden, die je nach verwendeter Wellenlänge für das ungeschützte Auge gefährlich sein kann.

**5.4.2 CO<sub>2</sub>-Laser** strahlen im fernen Infrarotbereich, nämlich bei 10,6 µm Wellenlänge. Für diesen Bereich sind die für uns durchsichtig erscheinenden Materialien undurchsichtig; d.h. sie wirken im fernen IR als Sperrfilter. Daher entfällt die verstärkende Wirkung der Augenfokussierung. Die empfindliche Netzhaut wird somit überhaupt nicht gefährdet. Prinzipiell können alle Arten von Brillen und durchsichtigen Wänden Schutz gegen die Streustrahlung von CO<sub>2</sub>-Lasern bieten. Aber Vorsicht, bei Mehrkilowatt-Hochleistungslasern kann eine Direktbestrahlung durch Vagabundieren des Hauptstrahls eine normale Brille in kürzester Zeit zerstören und sogar eine Zusatzschädigung durch Splitter oder heisse Spritzer bewirken. Tests haben ergeben, dass auch echte Laserschutzbrillen nicht ganz unproblematisch sind, wenn sie in den Parallelstrahl eines «Mehrkilowattlasers» gelangen; Erklärung: Die Prüfnorm schreibt einen Strahldurchmesser von einem Millimeter vor; der unfokussierte Strahl aus einem CO<sub>2</sub>-Laser hat jedoch einen Strahldurchmesser von ca. einem Zentimeter. Schlussfolgerung: Der Parallelstrahl aus einem «Mehrkilowattlaser» darf nicht zugänglich sein und beim Materialbearbeiten mit «Kilowattlasern» sollte immer eine Schutzwand zwischen der Bearbeitungsstelle und dem Beobachter sein.

## 5.4.3 Nd:YAG- und Hochleistungsdiodenlaser:

Im Gegensatz zu den CO<sub>2</sub>-Lasern stellt die Streustrahlung von Neodym: YAG- und Hochleistungsdiodenlasern eine spezielle Gefahr für die Augen dar. Die unsichtbare Streustrahlung im nahen Infrarotbereich geht durch Brillengläser und Augengläskörper hindurch und wird auf die Netzhaut fokussiert. Wird mit einem nicht vollständig gekapselten Nd:YAG- oder Diodenlaser Material bearbeitet, so müssen alle Anwesenden eine Laserschutzbrille tragen. Der Laserbereich darf nur für Befugte zugänglich sein. Durchsichtige Seitenwände, Türen und allenfalls Fenster müssen mit einem



## 6 Weitere Gefahren

geeigneten Material verdeckt sein. Besteht die Verdeckung aus beweglichen Vorhängen, so muss der Schliessmechanismus mit dem Überwachungssystem des Lasers gekoppelt sein. Angeschafftes Material gilt als geeignet, wenn es nach der Norm EN 12254 und/oder EN 60825-4 geprüft worden ist. Liegt kein externes Zertifikat vor, so ist eine Selbstzertifizierung durchzuführen. Dabei genügt es, wenn das Material die Anforderungen an die eigene, individuelle Situation erfüllt. Je nach Resultat der Versuchsreihe und Risikobeurteilung können Materialien zwar das eigene Schutzziel erfüllen, nicht aber das Schutzziel unbekannter Anwender; d.h. das getestete Material darf nicht zum anonymen Verwenden weitergegeben werden. Beispiele: Aufziehfolien oder PVC-Lamellenvorhänge.

**5.4.4 Sekundärstrahlung:** Der Strahl eines Hochleistungslasers erzeugt beim Einwirken auf das Werkstück blitzschnell sehr hohe Temperaturen. Dies führt bei gewissen Materialien zu einem grellen Aufleuchten (intensive, nichtkohärente Lichtemission). Diese Sekundärstrahlung kann eine vorübergehende Minderung des Sehvermögens und gar eine Netzhautschädigung bewirken, wie der Lichtbogen beim Schweißen. Laserschutzbrillen bieten keinen Schutz gegen Sekundärstrahlung. Deshalb ist zusätzlich zur Laserschutzbrille eine Blendenschutzbrille zu tragen. Die Schutzstufen ergebe sich aus den Grenzwertvorgaben der Schweisstechnik.

Beim Umgang mit Lasereinrichtungen treten oft Gefahren auf, die wesentlich grösser sind, als der Laserstrahl selbst.

**Hochspannung:** Alle Laser ausser Laserdioden benötigen Hochspannung. Unsachgemässe Eingriffe können daher lebensgefährlich sein.

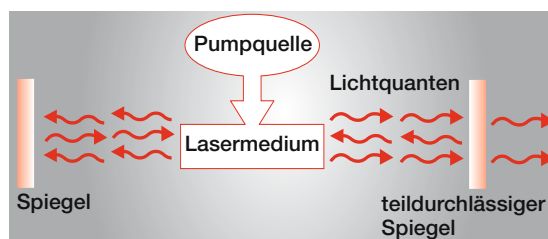
**Brandgefahr:** Hochleistungslaser können Brände entfachen.

**Giftige Dämpfe und Rauch:** Beim Bearbeiten von Material mit Laserstrahlen entstehen immer auch giftige Dämpfe und Rauch, die Krebs erzeugende Stoffe enthalten. Lasermaterialbearbeitungsmaschinen müssen daher grundsätzlich mit einem wirksamen Absaugsystem ausgerüstet sein. Die am Arbeitsplatz tolerierten Grenzwerte sind in der Suva-Publikation 1903 **Grenzwerte am Arbeitsplatz** aufgeführt.

# 7 Grundlegendes über Licht und Laser

## 7.1 Laser

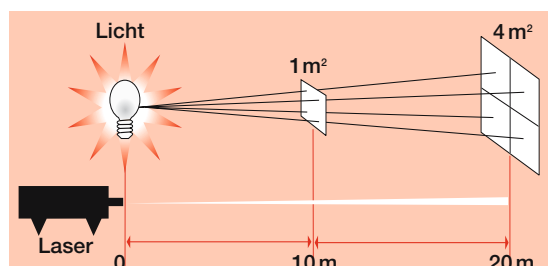
Laser ist ein international verwendeter Begriff für ein Gerät, welches kohärente, elektromagnetische Strahlung erzeugt aufgrund der Wechselwirkung von Strahlungsquanten mit quantenmechanischen Systemen (Quantenelektronik), statt durch Wechselwirkung von Strömen und Feldern (klassische Physik). Das Wort ist aus den Anfangsbuchstaben von **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation entstanden; also Lichtverstärkung durch stimulierte Emission von (optischer) Strahlung. Das Laserprinzip funktioniert sowohl im sichtbaren Wellenlängenbereich als auch in den beiden benachbarten unsichtbaren Wellenlängenbereichen UV und IR.



Erzeugung von Laserstrahlung.

## 7.2 Ausbreitung des Lichts

Die meisten Lichtquellen strahlen in den ganzen Raum. Je weiter ein Gegenstand von der Lichtquelle entfernt ist, desto kleiner ist die Strahlungsenergie, die auf ihn trifft. Das im Laser erzeugte Licht hingegen ist bereits in seinem Ursprung längsachsig gerichtet und gebündelt. Wenn ein Laserstrahl auf einen Gegenstand trifft, so konzentriert sich die gesamte im Laser erzeugte Strahlungsenergie auf der winzigen Auftreffstelle.



Ausbreitung des Lichts.

## 7.3 Qualität des Laserlichts

Das Laserlicht ist wegen seiner Gleichwelligkeit (Kohärenz) Licht von höchster Qualität. Mit einer Sammellinse kann es auf einen Punkt fokussiert werden. Das ist mit einer normalen Lichtquelle nicht möglich, da das Abbild der Lichtquelle auch im Brennpunkt bestehen bleibt.

## 7.4 Besondere Gefahr für das Auge

Trifft ein Laserstrahl<sup>7</sup> das Auge, so fokussiert es das bereits stark konzentrierte Licht wegen seiner Gleichwelligkeit punktförmig auf die Netzhaut. Daher ist es nicht verwunderlich, dass ein Laser mit wenigen Tausendstel Watt (einige mW) Strahlungsleistung einen Augenschaden verursachen kann, während eine 100-Watt-Lampe nach unseren Erfahrungen harmlos ist. Netzhautverletzungen sind besonders schwerwiegend, da zerstörte Sinneszellen sich nicht regenerieren.

## 7.5 Unsichtbare Laserstrahlung

Bei vielen Laseranwendungen, wie etwa bei der Materialbearbeitung, bei der Datenübertragung und in der Medizin wird Laserstrahlung im unsichtbaren Infrarotbereich benutzt. Besonders gefährlich ist Laserstrahlung im nahen Infrarotbereich von 700 bis 1400 nm Wellenlänge. Sie wird vom Auge wie sichtbare Strahlung auf die Netzhaut fokussiert. Da selbst schwache Reflexionen von einigen mW Strahlungsleistung zu bleibenden Netzhautschäden führen können, dürfen solche Laser nur in geschlossener Ausführung betrieben werden, analog zu einem Mikrowellenofen. Kann diese Forderung nicht erfüllt werden, so darf der Laser nur in einem baulich und/oder organisatorisch abgegrenzten Laserbereich mit kontrolliertem Zugang betrieben werden.

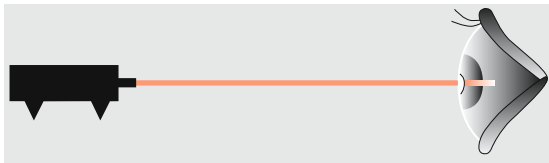
<sup>7</sup> Auf die Netzhaut des Auges gelangt nur optische Strahlung im sichtbaren und im nahen Infrarotbereich, d. h. von 400–1400 nm Wellenlänge.

# 8 Laserklassen

## 8.1 Klasse 1

Laser der Klasse 1 sind unter vernünftigerweise vorhersehbaren Betriebsbedingungen sicher, auch bei Verwendung optischer Hilfsmittel. Ist die Strahlung zugänglich, dann ist sie so schwach, dass eine Schädigung ausgeschlossen werden kann. Ist die Strahlung gefährlich, dann ist sie wegen des technischen Aufbaus der Lasereinrichtung unzugänglich, auch bei Fehlmanipulationen.

### Klasse 1 mit zugänglichem Strahl



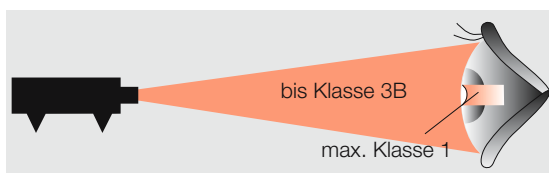
Der ganze Strahl erfüllt die Bedingungen der Klasse 1.

## 8.2 Klasse 1M<sup>8</sup>

Laser der Klasse 1M senden einen zugänglichen Strahl im Wellenlängenbereich 302,5 nm–4000 nm aus, der entweder divergent verläuft oder aufgeweitet ist.

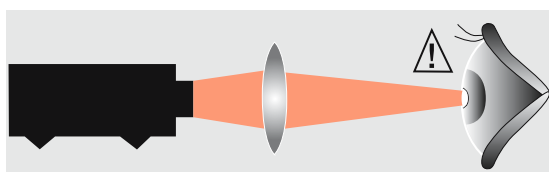
Hinweis: Die unter M aufgeführten Strahldarstellungen sind symbolisch gemeint und entsprechen nicht unbedingt den tatsächlichen Proportionen.

### 1M «divergent»

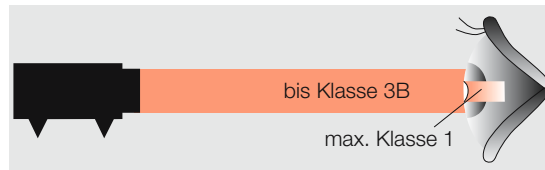


Für den ganzen Strahl ist eine Strahlungsleistung bis 0,5 Watt zulässig (= Grenzwert für Klasse 3B). Im Wellenlängenbereich 400–1400 nm wird der Strahl von der Pupille des Auges beschnitten. Deshalb gelangt nur ein Teilstrahl, der den Grenzwert von Klasse 1 nicht überschreitet, ins Augeninnere. Die Pupille macht also den gefährlichen Laser augensicher. Andere Wellenlängen: siehe Lasernorm.

**Achtung:** Die Verwendung von Lupen oder Mikroskopen ohne Laserschutzfilter kann zu Augenschäden führen.

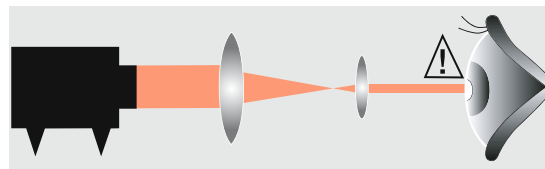


### 1M «aufgeweitet»



Für den ganzen Strahl ist eine Strahlungsleistung bis 0,5 Watt zulässig (= Grenzwert für Klasse 3B). Im Wellenlängenbereich 400–1400 nm wird der Strahl von der Pupille des Auges beschnitten. Deshalb gelangt nur ein Teilstrahl, der den Grenzwert von Klasse 1 nicht überschreitet, ins Augeninnere. Die Pupille macht also den gefährlichen Laser augensicher. Andere Wellenlängen: siehe Lasernorm.

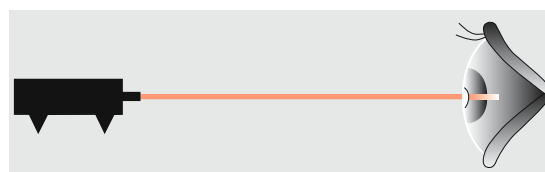
**Achtung:** Die Verwendung von Ferngläsern ohne Laserschutzfilter kann zu Augenschäden führen.



## 8.3 Klasse 2

Laser der Klasse 2 strahlen nur im sichtbaren Bereich und geben im Dauerstrichbetrieb höchstens 1 Milliwatt Leistung ab. Ein zufälliger Blick in den Laserstrahl erzeugt wohl eine starke Blendung, sollte aber nicht unmittelbar zu einem Schaden führen, auch nicht bei Verwendung optischer Hilfsmittel. Hinweis: Mittlerweile ist bekannt, dass der Lidschlusseffekt häufig nicht funktioniert. Umso wichtiger ist es, mit dem Laser so umzugehen, dass keine Blendungen zu befürchten sind.

### Klasse 2 mit zugänglichem Strahl



Der ganze Strahl erfüllt die Bedingungen der Klasse 2.

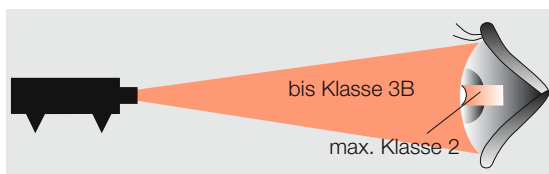
<sup>8</sup> M steht für «magnifying instruments».

#### 8.4 Klasse 2M<sup>8</sup>

Laser der Klasse 2M senden einen zugänglichen Strahl im sichtbaren Wellenlängenbereich (400 nm–700 nm) aus, der entweder divergent verläuft oder aufgeweitet ist.

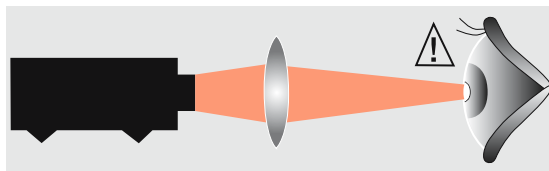
Hinweis: Die unter M aufgeführten Strahldarstellungen sind symbolisch gemeint und entsprechen nicht unbedingt den tatsächlichen Proportionen.

##### 2M «divergent»

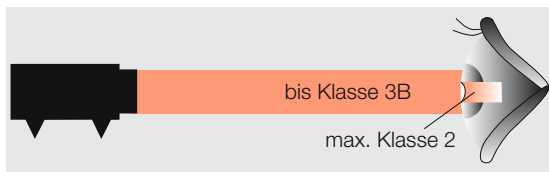


Für den ganzen Strahl ist eine Strahlungsleistung bis 0,5 Watt zulässig (= Grenzwert für Klasse 3B). Der Strahl wird jedoch von der Augenpupille derart beschnitten, dass max. 1mW Strahlungsleistung auf die Netzhaut des Auges gelangen kann.

**Achtung:** Die Verwendung von Lupen oder Mikroskopen ohne Laserschutzfilter kann zu Augenschäden führen.

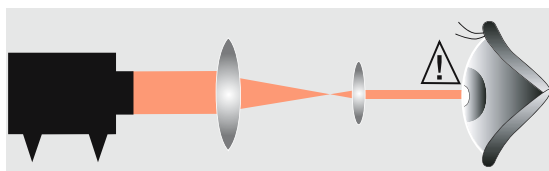


##### 2M «aufgeweitet»



Für den ganzen Strahl ist eine Strahlungsleistung bis 0,5 Watt zulässig (= Grenzwert für Klasse 3B). Der Strahl wird jedoch von der Augenpupille derart beschnitten, dass max. 1mW Strahlungsleistung auf die Netzhaut des Auges gelangen kann.

**Achtung:** Die Verwendung von Ferngläsern ohne Laserschutzfilter kann zu Augenschäden führen.



#### 8.5 Klasse 3A

**Für Laser, die neu in Verkehr gebracht werden, ist diese Klasse nicht mehr zulässig.**

Bei Lasern der Klasse 3A ist der Strahl mittels einer Optik oder eines Scanners absichtlich aufgeweitet<sup>9</sup>, meistens kreis- oder strichförmig. Laser der Klasse 3A geben bei sichtbarer Abstrahlung maximal 5 mW ab, bei unsichtbarer Abstrahlung maximal fünfmal den Grenzwert zugänglicher Strahlung der Klasse 1. Wird zufällig in den Strahl geblickt, so wird dieser von der Augenpupille beschnitten. Der Strahlungsanteil, der ins Auge gelangen kann, entspricht bei sichtbarer Abstrahlung demjenigen eines Lasers der Klasse 2, bei unsichtbarer Abstrahlung demjenigen eines Lasers der Klasse 1. Benutzt der zufällige Beobachter kein optisches Hilfsmittel wie zum Beispiel einen Feldstecher, so können seine Augen nicht unzulässig bestrahlt werden.

Hinweis: Billiglasers, die mit Klasse 3A deklariert sind und deren Strahl nicht aufgeweitet ist, sind, wenn überhaupt, nach der amerikanischen Lasernorm für Hersteller klassifiziert worden statt nach der in den meisten Staaten geltenden internationalen Norm IEC 60825-1 bzw. EN 60825-1. Nach der internationalen Norm handelt es sich um Laser der Klasse 3R. Diese Klasse darf nur für speziell begründete Fälle von qualifiziertem und geschultem Personal eingesetzt werden, also nicht von «Laserlaien» in der Öffentlichkeit. Siehe dazu auch Ziffer 4.12.

<sup>8</sup> M steht für «magnifying instruments».

<sup>9</sup> Diese Aufweitung muss mehr als die Grenzblende gemäss Lasernorm betragen. Die Grenzblende ist im Wellenbereich von 400–1400 nm eine fiktive Augenöffnung mit einem Durchmesser von 7 mm. Weitere Informationen dazu siehe Lasernorm von 1997.

## 8.6 Klasse 3R<sup>10</sup>

Laser der Klasse 3R dürfen im sichtbaren Bereich (400–700 nm) bis 5 mW (5-mal Klasse 2) abstrahlen; im übrigen Bereich den 5-fachen Grenzwert für Klasse 1. Dabei muss der Strahl **nicht** aufgeweitet sein. Die Erleichterungen gegenüber Klasse 3B sind: kein Schlüsselschalter, kein Anschluss für externen Schaltkreis, kein Zutrittsverbot für Drittpersonen.

**Achtung:** Laser der Klasse 3R können auch ohne ein optisches Instrument vor dem Auge die Netzhaut nach kurzer Einwirkzeit schädigen. Warntext auf dem «Kleber»: Direkte Bestrahlung der Augen vermeiden!

## 8.7 Klasse 3B<sup>11</sup>

Laser der Klasse 3B geben im Dauerstrichbetrieb höchstens 0,5 Watt Leistung ab. Das Betrachten der Strahlauftreffstelle auf einer nicht spiegelnden Wand führt zu keinem Augenschaden. Gemäss Lasernorm sollte dabei die Distanz zum Lichtfleck mehr als 13 cm und die zusammenhängende Beobachtungszeit nicht mehr als 10 Sekunden betragen.

**Achtung:** Der direkte Blick in den Strahl oder in eine spiegelnde Reflexion kann auch schon bei sehr kurzen Einwirkungszeiten zu Augenschäden führen. Warntext auf dem «Kleber»: Nicht dem Strahl aussetzen!

## 8.8 Klasse 4<sup>11</sup>

Alle Laser, welche die Bedingungen der Laserklassen 1, 1M, 2, 2M, 3R oder 3B nicht erfüllen, werden der Klasse 4 zugeordnet. Für diese Klasse gibt es keine obere Grenze.

**Achtung:** Strahl und Reflexionen gefährden in hohem Masse Augen und Haut. Bevor das Betrachten diffuser Reflexionen von Hochleistungslasern freigegeben wird, ist

abzuklären, ob die maximal zulässige Bestrahlung nicht überschritten wird. Durch das Einwirken des Strahls auf gewisse Materialien können gesundheitsschädigende Stoffe freigesetzt, Explosionen ausgelöst und Brände entfacht werden.

Warntext auf dem «Kleber»: Bestrahlung von Augen und Haut durch direkte oder Streustrahlung vermeiden!

<sup>10</sup> R = relaxed = «gelockerte Klasse 3B», da reduzierte Gefährdung.

<sup>11</sup> Siehe auch Anmerkung 1 auf S. 6.

## 9 Literaturangaben, Bezugsquellen und Auskunft

### 9.1 Literaturangaben

Hinweis: Die Literaturlauswahl orientiert sich an den im Informationsblatt gemachten Aussagen. Die Aufzählung ist nicht vollständig. Die Anzahl der publizierten Sicherheitsbestimmungen über Laser nimmt ständig zu. Betreffend Aktualisierung gilt das Holprinzip, d.h. auch nicht erwähnte Sicherheitsbestimmungen sind verbindlich.

- |   |             |  |                 |
|---|-------------|--|-----------------|
|   |             | – IEC 60825-13 Messungen für die Klassenzuteilung, nur auf Englisch  | SEV,<br>SNV     |
|   |             | – IEC 60825-14 Benutzer-Richtlinie; Ersatz für Kapitel 3 der Lasernorm, nur auf Englisch                             | SEV,<br>SNV     |
|   |             | – Sicherheit von Laser-Einrichtungen, Teil 2: Sicherheit von Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen, EN 60825-2    | SEV,<br>SNV     |
| – Bundesgesetz über die Sicherheit von technischen Einrichtungen und Geräten (STEG), R 819.1  | BBL         | – Leitlinie für Laservorführungen und Laseranzeigen Schall- und Laserverordnung SLV gemäss IEC 60825-3               | BAG<br>BBL      |
| – Verordnung über die Sicherheit von technischen Einrichtungen und Geräten (STEV), SR 819.11  | BBL         | – Safety of laser-products, Part 10: Application guidelines and explanatory notes to IEC 60 825-1, IEC/TR 60825-10   | SEV,<br>SNV     |
| – Verordnung über elektrische Starkstromanlagen (Starkstromverordnung), SR 734.2  | BBL         | – EKAS-Richtlinie Nr. 6509 Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren  | Suva            |
| – Verordnung über elektrische Niederspannungserzeugnisse (NEV), SR 734.26   | BBL         | – Persönlicher Augenschutz-Filter und Augenschutz gegen Laserstrahlen (Laserschutzbrillen), EN 207                   | SEV,<br>SNV     |
| – Verordnung über die elektromagnetische Verträglichkeit (VEMV), SR 734.5   | BBL         | – Persönlicher Augenschutz – Brillen für Justierarbeiten an Lasern und Laseraufbauten (Laser-Justierbrillen), EN 208 | SEV,<br>SNV     |
| – Verordnung über den Schutz des Publikums von Veranstaltungen vor gesundheitsgefährdenden Schalleinwirkungen und Laserstrahlen (Schall- und Laserverordnung), SR 814.49  | BBL         | – Abschirmungen an Laserarbeitsplätzen – Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung, EN 12254                   | SEV,<br>SNV     |
| – Medizinprodukteverordnung (MepV), SR 812.213  | BBL         | – EG-Maschinenrichtlinie 98/37/EG bzw. 2006/42/EG  | EICS            |
| – Medizinische elektrische Geräte, Teil 2: Besondere Festlegungen für die Sicherheit von diagnostischen und therapeutischen Lasergeräten, EN 60601-2-22   | SNV,<br>SEV | – Sicherheit von Maschinen-Laserbearbeitungsmaschinen, EN ISO 11553-1 und -2   | SEV,<br>SNV     |
| – Sicherheit von Laser-Einrichtungen EN 60825-1 Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien, Lasernorm (ausführlich behandelt in der Publikation <b>Laser Safety</b> von R. Henderson & K. Schulmeister, Taylor & Francis Verlag) | SEV,<br>SNV | – Sicherheit beginnt beim Einkauf, Suva-Publikation Nr. 66084  | Suva            |
|   |             | – Grenzwerte am Arbeitsplatz, Suva-Publikation Nr. 1903  | Suva            |
|   |             | – Anwendung von hochenergetischen Lasern in Medizin und Kosmetik   | Swiss-<br>medic |

## 9.2 Bezugsquellen

Alle aufgeführten Publikationen sind im Internet verfügbar.

BBL	Bundesamt für Bauten und Logistik Vertrieb Publikationen 3003 Bern
EICS	Euro Info Center Schweiz Stampfenbachstrasse 85 Postfach 492 8035 Zürich
SEV	Electrosuisse Luppmenstrasse 1 8320 Fehraltorf
SNV	Schweizerische Normen-Vereinigung Bürglistrasse 29 8400 Winterthur
Suva	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt Zentraler Kundendienst Postfach 6002 Luzern

## 9.3 Auskunft

BAG	Bundesamt für Gesundheit Abteilung Strahlenschutz 3003 Bern
bfu	Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung Postfach 3001 Bern
ESTI	Eidgenössisches Starkstrominspektorat Luppmenstrasse 1 8320 Fehraltorf
METAS	Bundesamt für Metrologie Lindenweg 50 3003 Bern-Wabern
SEV	Electrosuisse Luppmenstrasse 1 8320 Fehraltorf
Suva	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt Postfach 6002 Luzern  Bereich Physik: für Einwirkungen zugänglicher Strahlung auf den Menschen  Bereich Technik: für Konstruktion von Maschinen  Bereich Gewerbe und Industrie: für Maschinen, die bereits im Einsatz sind
Swiss- medic	Schweizerisches Heilmittelinstitut Abteilung Medizinprodukte 3000 Bern 9

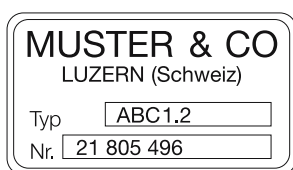
# Anhang 1

## Checkliste für das Beschaffen eines Kleinlasers mit zugänglichem Strahl

Wenn Sie eine Frage mit  «nein» beantworten, sind beim Verkäufer entsprechende Forderungen zu stellen. Allenfalls ist auf den Kauf des Lasers zu verzichten.

### Identifikation

- 1 Ist der Laser mit Angaben über Hersteller und/oder Inverkehrbringer, Gerätetyp, Seriennummer usw. versehen (Typenschild), so dass eine eindeutige Identifikation möglich ist?  ja  nein



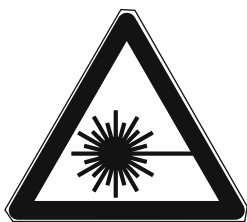
Beispiel eines Typenschildes

### Kennzeichnung

Laser bergen eine ungewohnte und oft unsichtbare Gefahr in sich. Deshalb gibt es für Laser eine **obligatorische Kennzeichnung**, die mit Hilfe von Laser-Klassen über das Gefährdungspotenzial und die einzuhaltenen Verhaltensregeln orientiert.\*

- 2 Ist der Laser mit mindestens einem **Laserwarndreieck** gekennzeichnet?

ja  nein



Laserwarnzeichen (Suva-Bestellnummer 1729/22)

- 3 Ist der Laser mit einem **Klassenhinweiszeichen** versehen, das die Klassenzuteilung und den klassenbezogenen Warn-text enthält?  ja  nein



Klassenhinweiszeichen (Suva-Bestellnummer 1729/29.d)

- 4 Ist der Laser mit den **technischen Angaben über den Laserstrahl** versehen?

Mindestangaben:

- Wellenlänge
- Strahlungsleistung bzw. Strahlungsenergie mit Impulscharakteristik
- Strahldimensionen, z.B. Strahldurchmesser in 100mm Abstand (nur nötig bei den Klassen 1M, 2M und 3A)

ja  nein

Laserdaten EN 60825-1:2001	
Lasermedium	He-Ne
Wellenlänge	633 nm
Emissionsdauer	cw
Strahlungsleistung	1mW
Strahlungsenergie	-

Laserdatenschild (Suva-Bestellnummer 1729/31.d)

- 5 Ist bei unsichtbaren Laserstrahlen der Vermerk **Unsichtbare Laserstrahlung** angebracht?

ja  nein

### Betriebsanleitung

- 6 Ist eine komplette Betriebsanleitung zum Laser mitgeliefert worden, und ist sie für das Personal griffbereit?

ja  nein

Eine komplette Betriebsanleitung umfasst, je nach Komplexität des Lasers, eine Bedienungsanleitung, Sicherheitshinweise, eine Installations- und Instandhaltungsanleitung.

### Konformitätserklärung

- 7 Liegt für Laser ab Baujahr 1997 eine Konformitätserklärung des Inverkehrbringers (Hersteller, Verkäufer) vor?

ja  nein

\* Die Laserdaten müssen immer in der Betriebsanleitung aufgeführt sein. Ab Klasse 2 müssen sie auch am Gerät angeschlagen sein. Bei Kleinlasern dürfen die Zeichen den Benutzerunterlagen beigelegt oder an der Verpackung angebracht sein.



# Anhang 2

## Beispiel einer Risikobeurteilung

Risikobeurteilung		Maschine: Kleinteile Schweißlaser		Schadenausmass (S)		Wahrscheinlichkeit (W)		Hinweise						
		Teilsystem: Nd: YAG-Hochleistungslaser		Ereignis		Massnahmen								
Nr.	Beschreibung der Betriebsart	Nr.	Gefahrensituation	Nr.	Ursache	Ereignis	Risiko		Nr.	Schutzziel	Schadenausmass (S)	Wahrscheinlichkeit (W)		Hinweise
							S	W				S	W	
1	Schweissen	1.1	Augenverletzungen, insbesondere Netzhautverletzungen durch unsichtbare Laserstrahlung	1.1.1	Nd: YAG Hochleistungslaser	Netzhautentzündungen, durch unsichtbare Laserstrahlung, z.T. unmerklich und/oder schwerer Augenschaden durch «Vagabundieren» des Direktstrahls	II-III	C	1.1.1.1	Laserstrahl darf niemanden verletzen.	II-III	D		Alle entfernbaren Schutzwände müssen montiert sein. Alle Beschickungsöffnungen müssen geschlossen sein. Alle Überwachungs-schalter müssen aktiviert sein.  Der Schweißvorgang darf nur durch das Laserschutzfilter beobachtet werden.
2	Werkstück einlegen und herausnehmen	2.1	dito	2.1.1	dito	dito	II-III	D	2.1.1.1	Laserstrahl kann erst bis zur Schweißoptik gelangen, wenn alle Beschickungsöffnungen geschlossen sind.	II-III	D	Keine	
														Ungeschützte Augen des Servicetechnikers
3	Laserkomponenten justieren	3.1	dito	3.1.1	dito	dito	II-III	B	3.1.1.1	Laserschutzbrille tragen; Dritte haben keinen Zutritt; alle Fenster sind verdeckt.	II-III	B	Justierungen dürfen nur durch geschultes Personal ausgeführt werden; Autorisierung via Schuttnachweis des Inverkehrbringers und der Geschäftsleitung.	

## Anhang 3

### Anforderungen an ein Laserlabor

#### Begriffsbestimmungen

- **Laser-Überwachungsbereich:**  
Bereich, in dem der Aufenthalt und die Tätigkeit von Personen zum Zwecke des Schutzes vor Laserstrahlungsgefährdung überwacht und kontrolliert wird.  
(Lasernorm EN 60825-1:2001, Ziffer 3.41)
- **Laserbereich:**  
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.  
(Lasernorm EN 60825-1:2001, Ziffer 3.59)
- **Vagabundierende Laserstrahlung:**  
Laserstrahlung, die vom definierten Strahlengang abweicht. Zu dieser Art Strahlung gehören unerwünschte Sekundärreflexionen von Komponenten im Strahlengang, durch falsch justierte oder an beschädigten Komponenten abgelenkte Strahlung und Reflexionen vom Werkstück.  
(Lasernorm EN 60825-1:2001 Ziffer 3.31)
- **Betreiber:**  
Typische Betreiber von Lasereinrichtungen der Klassen 3B und 4 sind Arztpraxen, Spitäler, Forschungsinstitute, Gewerbe- und Industriebetriebe.

#### Schutzziel

Der Betreiber von Lasereinrichtungen hat mit geeigneten Massnahmen dafür zu sorgen, dass niemand unzulässig bestrahlt werden kann, d.h. dass niemand einer Laserstrahlung über der maximal zulässigen Bestrahlung MZB gemäss Lasernorm EN 60825-1:2001, Tabelle 6 ausgesetzt wird.

#### Abgrenzung und Überwachung des Laserbereichs

Das Schutzziel lässt sich in der Regel nur erfüllen, wenn Laserbereiche durch bauliche Massnahmen abgetrennt und derart überwacht werden, dass sie nur von befugten Personen mit der nötigen Schutzausrüstung betreten werden können. Bei Zwischenfällen sollten Helfer (Feuerwehr, Ambulanz etc.) jederzeit eintreten können, ohne dass sie gefährdet werden. Dies lässt sich mit einem beim Zugang installierten, plombierten Glasfach gewährleisten, in dem ein Schlüssel und ein Notausschalter vorhanden sind. Darf der baulich abgegrenzte Raum nur mit aufgesetzter Laserschutzbrille betreten werden, so sollte der Eingang als Schleuse ausgebildet sein. Durchsichtige Seitenwände, Türen und allenfalls Fenster sind mit einem geeigneten Material zu verdecken. Besteht die Verdeckung aus beweglichen Vorhängen, so muss der Schliessmechanismus mit dem Überwachungssystem des Lasers gekoppelt sein. Angeschafftes Material gilt als geeignet, wenn es nach der Norm EN 12254 und/oder EN 60825-4 geprüft worden ist. Liegt kein Zertifikat vor, so kann eine Selbstzertifizierung durchgeführt werden. Es genügt, wenn das Material die Anforderungen an die eigene, individuelle Situation erfüllt. Je nach Resultat der Versuchsreihe und den Schlussfolgerungen aus der Risikobeurteilung können auch Materialien das Schutzziel erfüllen, die zum «anonymen Weitergeben» nicht gestattet wären, etwa Infrarotsperfilter als Aufziehfolien oder PVC-Lamellenvorhänge. Der Zertifizierungsprozess muss schriftlich festgehalten werden und mit Ort, Datum und Unterschrift des Test-Verantwortlichen versehen sein. Das Zertifikat ist Bestandteil des obligatorischen Sicherheitskonzepts und muss auf Verlangen des Durchführungsorgans der Arbeitssicherheit vorgelegt werden können.

## Die wichtigsten Anforderungen und Schutzmassnahmen

- **Kennzeichnung:** Der Laserbereich und der Zugang zum Laserbereich sind gleich zu kennzeichnen wie die dazugehörigen Lasereinrichtungen. An den Eingängen zu Bereichen oder an den Schutzabdeckungen, in denen sich Lasereinrichtungen der Klasse 3B oder 4 befinden, sind geeignete Laserwarnschilder anzubringen. (Lasernorm EN 60825-1:2001, Ziffer 10.5: Laserwarnschilder und Ziffer 5.9: Schilder für Abdeckungen).
- **Schalteinrichtung:** Die Lasereinrichtung ist so aufzustellen und einzurichten, dass sie jederzeit gefahrlos betrieben werden kann. Die Schalteinrichtung ist so anzuordnen, dass der Benutzer durch die Strahlung nicht gefährdet wird.
- **Anzeige des Betriebszustands:** Bedingt die Situation das Tragen einer persönlichen Schutzausrüstung, so muss die Anzeige des gefährlichen Betriebszustands einer Lasereinrichtung bereits vor dem Betreten des Laserbereichs ersichtlich sein.
- **Strahlführung:** Wo immer durchführbar, sollte der Strahlweg umschlossen oder abgeschirmt sein. Auch die Zielregion ist so zu umkleiden, dass möglichst wenig Streulicht nach aussen gelangen kann. Wegen Brandgefahr sind bei Lasereinrichtungen der Klasse 4 nur stabil installierte Aufbauten erlaubt. Der Laser sowie sämtliche optischen Elemente sind so zu sichern, dass es unmöglich ist, sie versehentlich zu verschieben oder umzuwerfen.
- **Beleuchtung:** Ausreichend helle Beleuchtung ist notwendig, da viele Schutzbrillen auch eine erhebliche Dämpfung im sichtbaren Spektralbereich bewirken. Zweckmässig ist die Installation eines Helligkeitsreglers, um bei Justierarbeiten genügend abdunkeln zu können.

- **Fluchtweg:** Der apparative Aufbau im Laserbereich muss so ausgeführt sein, dass eine Flucht jederzeit ungehindert möglich ist. Netz-, Wasser- und Messleitungen sind mit Vorteil von oben zu- und wegzuführen. Nicht zur Lasereinrichtung gehörende Utensilien, insbesondere brennbare, dürfen nicht im Laserbereich deponiert werden.

Im Folgenden werden die wichtigsten Vorsichtsmassnahmen aus dem Hauptabschnitt 3 der Lasernorm EN 60825-1 wörtlich zitiert:\*

### ■ Lasereinrichtungen der Klasse 3B:

Lasereinrichtungen der Klasse 3B sind potentiell gefährlich, falls ein direkter oder spiegelnd reflektierter Strahl in das ungeschützte Auge gelangt (direktes Blicken in den Strahl). Die folgenden Vorsichtsmassnahmen sollten getroffen werden, um das direkte Blicken in den Strahl und unkontrollierte, spiegelnde Reflexionen zu verhindern.

- a) Der Laser sollte nur in einem überwachten Bereich betrieben werden.
- b) Unbeabsichtigte spiegelnde Reflexionen sollten durch Vorsicht vermieden werden.
- c) Der Laserstrahl soll, wo es möglich ist, am Ende seines zweckbestimmten Strahlengangs auf einem diffus streuenden Material enden. Farbe und Reflexionsvermögen des Materials müssen die Strahljustierung ermöglichen und gleichzeitig die Gefahren durch Reflexion möglichst niedrig halten.
- d) Augenschutz ist notwendig, wenn eine Möglichkeit besteht, dass entweder der direkte oder der gespiegelte Strahl ins Auge gelangt oder diffuse Reflexion, die nicht die Bedingungen nach c) erfüllt, betrachtet werden kann.
- e) Die Zugänge zum Laser-Überwachungsbereich sollten mit dem Laser-Warnzeichen gekennzeichnet sein. (Ziffer 12.5.2)

### ■ Lasereinrichtungen der Klasse 4:

Lasereinrichtungen der Klasse 4 können entweder durch den direkten Strahl oder seine spiegelnde Reflexion sowie nach diffusen Reflexionen Schäden verursachen. Sie stellen auch eine mögliche Feuergefahr dar. Die folgenden Massnahmen sollten zusätzlich zu denen von Ziffer 12.5.2 zur Verringerung der Risiken angewendet werden.

\* Der Hauptabschnitt 3 ist 2004 ersetzt worden durch die IEC 60825-14 (nur in Englisch)

- a) Die Strahlengänge sollten umschlossen werden, wenn dies praktisch möglich ist. Der Zugang zur Umgebung des Lasers während seines Betriebs sollte auf Personen beschränkt sein, die einen geeigneten Augenschutz und Schutzkleidung tragen.

Der Strahlengang sollte, wenn möglich, nicht durch den Arbeitsbereich führen, lange Abschnitte von Strahlrohren sollten so befestigt werden, dass Wärmeausdehnung, Schwingung und Bewegung aus anderen Anlässen in ihnen nicht wesentlich die Justierung der strahlformenden Komponenten beeinflussen.

- b) Laser der Klasse 4 sollten fernbedient betrieben werden, wenn dies praktisch möglich ist, um auf diese Weise die Notwendigkeit für die Anwesenheit von Personen in der Umgebung des Lasers auszuschliessen.
- c) Gute Raumbelichtung ist wichtig für Bereiche, in denen Laserschutzbrillen getragen werden. Hell gefärbte diffuse Wandflächen helfen mit, diese Bedingung zu erfüllen.
- d) Feuer, durch Wärme verursachte unbeabsichtigte Ablenkung in optischen Komponenten und das Schmelzen und Verdampfen von Festkörpern, die dafür konstruiert sind, den Laserstrahl einzuschliessen, sind mögliche Gefährdungen, die von Strahlung der Lasereinrichtungen der Klasse 4 ausgehen können. Ein angemessener Strahlfänger sollte vorgesehen sein, vorzugsweise in Form eines gekühlten Metall- oder Graphitzieles. Sehr hohe Laserleistung kann durch Absorption der Strahlung über mehrere Spiegelungen gehandhabt werden, bei der jede reflektierende Oberfläche so zum einfallenden Strahl geneigt ist, dass die Laserleistung über ein grosses Gebiet verteilt wird.
- e) Besondere Vorkehrungen können notwendig sein, um unerwünschten Reflexionen im unsichtbaren Spektrum von Laser-Strahlung im fernen Infrarotbereich vorzubeugen; Strahl und Zielfläche sollten von Material umgeben sein, das für die Laserwellenlänge lichtundurchlässig ist (sogar matte Metalloberflächen können bei der CO<sub>2</sub>-Laserwellenlänge von 10,6 µm hochgradig spiegeln).
- Örtliche Schutzschirme sollten, wenn praktikabel, verwendet werden, um die Ausbreitung gestreuter Strahlung zu verhindern.
- Die Justierung der optischen Komponenten im Strahlengang von Lasereinrichtungen der Klasse 4 sollte zu Beginn und in regelmässigen zeitlichen Abständen geprüft werden.
- (Ziffer 12.5.3)

## Anhang 4

### Checkliste für die periodischen Sicherheitsaudits

Mit Hilfe der nachfolgend aufgeführten Liste kann eine individuelle Checkliste für die periodischen Sicherheitskontrollen erstellt werden:

- Zustand des Laserbereichs:
  - Abgrenzung
  - Zutrittssperre
- Warnlicht für Laserstrahlung (auch sicheren Zustand anzeigen!)
- Fenster und Türen mit Glas
- Not-Aus
- Überwachungsschaltkreise
- Hochspannung
- Strahlfänger
- Umschliessung des Laserstrahls
- offener Strahl auf Augenhöhe
- reflektierende und/oder unnötige Gegenstände
- brennbare Flüssigkeiten und Gegenstände
- projektfremde Arbeitsplätze
- Feuerlöscher
- Fluchtweg
- Stolperstellen
- Kopfverletzungsstellen
- Relativbewegungen (Quetschstellen)
- Gasflaschensicherungen
- Schadstoffabsaugung

## Anhang 5

### Vorsorgliche Augenkontrollen

#### **Ionisierende und nichtionisierende Strahlen**

Beim Schutz gegen gesundheitsgefährdende Strahlen (vgl. Art. 45 VUV) wird zwischen ionisierenden und nichtionisierenden Strahlen unterschieden.

Zur ionisierenden Strahlung gehören Röntgen- und Kernstrahlung. Hingegen werden Radio- und Mikrowellen, Infrarot und Ultraviolett, «Elektrosmog», elektromagnetische und magnetische Felder sowie Laser der nichtionisierenden Strahlung zugeordnet.

#### **Worin besteht die Gefährdung durch Laserstrahlen?**

Alle klassischen Strahlenquellen erzeugen ein Strahlenfeld mit räumlicher Ausdehnung. Im Gegensatz dazu ist der Strahl des Lasers hoch konzentriert und weist eine äusserst hohe Leistungsdichte auf.

Während man beim Aufenthalt im Bereich einer «klassischen» Strahlenquelle eine Strahlendosis akkumuliert, wird man vom Laser nur bestrahlt, wenn man exakt in das konzentrierte Strahlenbündel gerät. Dabei wird die schädliche Einwirkung unmittelbar nach dem Ereignis wahrgenommen. Spätere schädliche Auswirkungen durch Akkumulation unbemerkter Treffer sind unbekannt.

Beim Umgang mit leistungsstarken Lasern, d.h. mit Lasern der Klassen 3B und 4 im Wellenlängenbereich 400–1400 nm, sind vor allem die Augen gefährdet, da der Fokussiereffekt des Auges den Laserstrahl zusätzlich nochmals konzentriert. Besonders gravierend ist, dass einmal zerstörte Sinneszellen der Netzhaut sich nicht mehr regenerieren.

#### **Empfehlung**

Nach Aussagen von Fachleuten ist auch die Netzhaut dem Alterungsprozess unterworfen. Daher können Netzhautschüsse schon kurze Zeit nach dem Ereignis kaum mehr von Schädigungen durch andere Einwirkungen, wie etwa durch Alterung oder Entzündung, unterschieden werden. Aus diesem Grund sind augenärztliche Vorsorgeuntersuchungen problematisch, da vorgefundene Verschlechterungen des Sehvermögens gerne unbemerkten Lasereinschüssen zugeschrieben werden statt dem natürlichen Alterungsprozess.

#### **Deshalb gilt:**

- Nach einem Treffer sofort den Augenarzt aufsuchen.
- Auf vorsorgliche Augenkontrollen verzichten.

#### **Definition Unfall**

Die Einwirkung auf den Körper erfolgt

- plötzlich
- schädigend
- ungewöhnlich
- unbeabsichtigt
- von aussen

