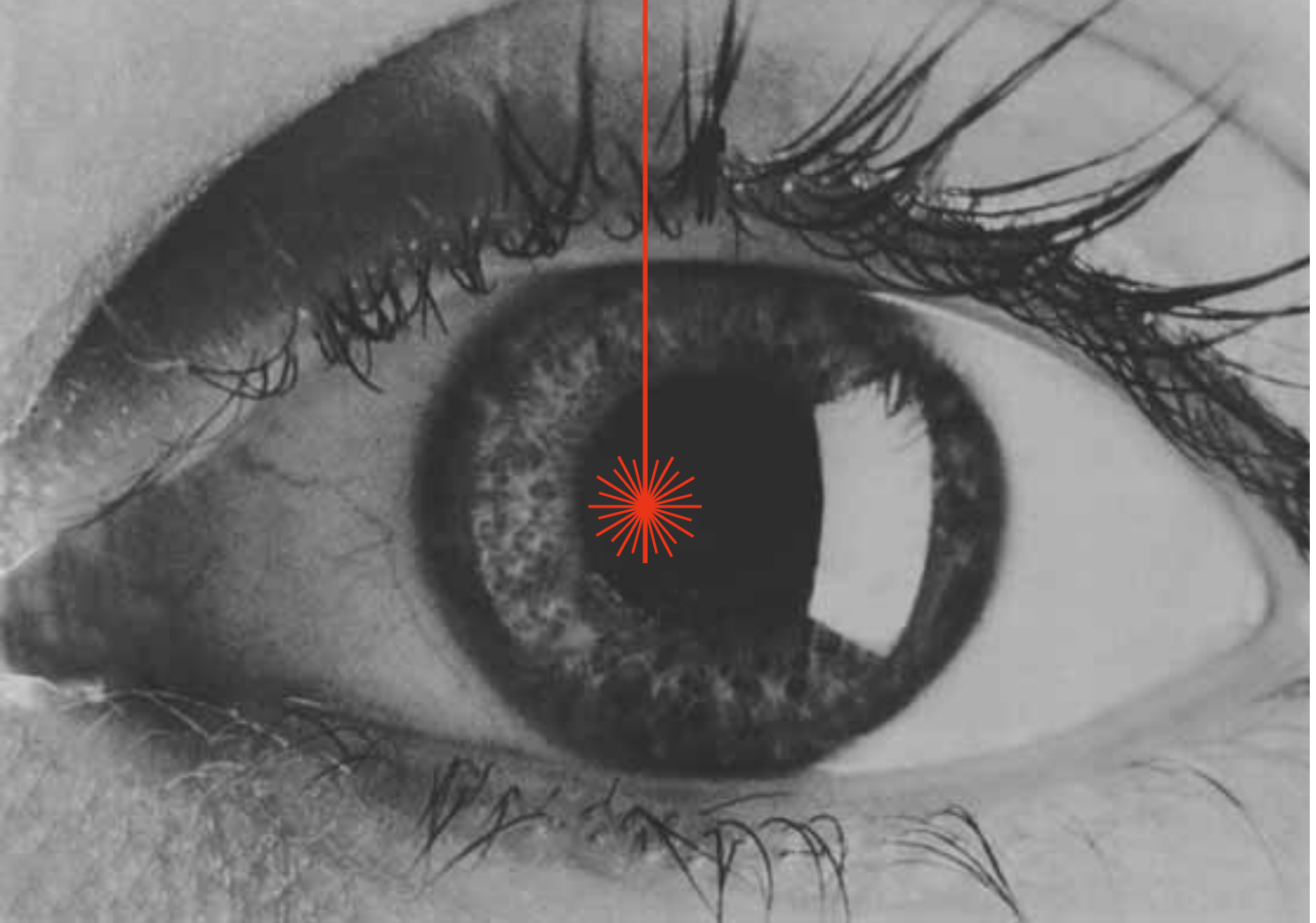




Achtung, Laserstrahl.

Informationsblatt über Laser

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

suvaPro

Sicher arbeiten

Inhalt

1	Begriffsbestimmung	3
2	Ausbreitung des Lichts	3
3	Qualität des Laserlichts	3
4	Besondere Gefahr für das Auge	3
5	Unsichtbare Laserstrahlung	3
6	Gefährdungspotenzial	4
7	Laserklassen	5
8	Kennzeichnung	8
9	Internationale Lasernorm	9
10	Weitere Bestimmungen	9
11	Pflichten des Inverkehrbringers.	10
12	Pflichten des Betreibers	11
13	Laserschutzbrillen	13
14	Weitere Gefahren	14
15	Literatur, Auskünfte.	15

Anhang

Checkliste für das Beschaffen eines Kleinlasers . .	18
---	----

Suva
Schweizerische Unfallversicherungsanstalt
Arbeitssicherheit
Postfach, 6002 Luzern
Telefon 041 419 51 11
Fax 041 419 59 17 (für Bestellungen)
Internet www.suva.ch

Achtung Laserstrahl. Informationsblatt über Laser

Autor: Bruno J. Müller, Bereich Physik

Nachdruck mit Quellenangaben gestattet.

1. Auflage – April 1992

8., überarbeitete Auflage – Oktober 2003 – (nur als pdf-Datei erhältlich)

Bestellnummer: 66049.d

1 Begriffsbestimmung

LASER ist die Abkürzung von **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation. Dies bedeutet «Lichtverstärkung durch stimulierte Emission von (optischer) Strahlung».

Das Laserprinzip funktioniert nicht nur bei sichtbarer Strahlung (Licht), sondern im ganzen optischen Strahlungsbereich – also vom fernen Ultraviolett bis hin zum fernen Infrarot, d.h. von 180 bis 10^6 Nanometer (nm) Wellenlänge (Bild 1).

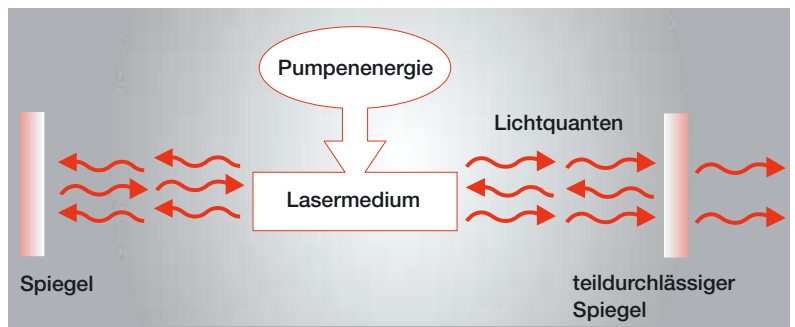


Bild 1: Erzeugung von Laserstrahlung.

2 Ausbreitung des Lichts

Lichtquellen strahlen in der Regel räumlich ab: Je weiter ein Gegenstand von der Lichtquelle entfernt ist, desto kleiner ist die Strahlungsenergie, die auf ihn trifft. Das im Laser erzeugte Licht ist hingegen 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 (Bild 2).

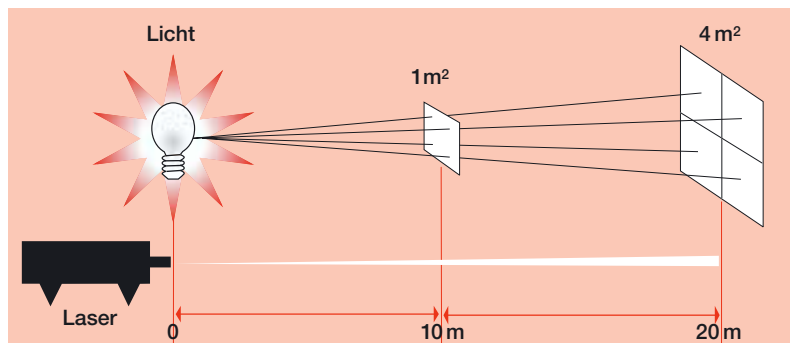


Bild 2: Ausbreitung des Lichts.

3 Qualität des Laserlichts

Das Laserlicht ist wegen seiner Kohärenz (d.h. Gleichwelligkeit) von höchster Qualität. Kohärentes Licht wird von Sammellinsen nahezu ideal auf einen Punkt abgebildet.

4 Besondere Gefahr für das Auge

Trifft ein Laserstrahl¹⁾ auf das Auge auf, so fokussiert die Augenlinse 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.

5 Unsichtbare Laserstrahlung

Bei den meisten Laseranwendungen, zum Beispiel bei der Materialbearbeitung, Datenübertragung und zum Teil in der Medizin, wird Laserstrahlung im Infrarotbereich benutzt. Besonders gefährlich ist Laserstrahlung im nahen Infrarotbereich, d.h. im Bereich von 700 bis 1400 nm²⁾. Obwohl die Strahlung unsichtbar ist, wird sie von der Augenlinse wie sichtbare Strahlung auf die Netzhaut fokussiert. Da selbst schwache Reflexionen (einige Milliwatt) bleibende Netzhautschäden verursachen können, dürfen solche Laser in der Regel nur in gekapselter Ausführung, d.h. als Laser Klasse 1, betrieben werden. Kann diese Forderung nicht erfüllt werden, so muss die Lasereinrichtung in einem baulich und/oder organisatorisch abgegrenzten Laserbereich mit kontrolliertem Zugang betrieben werden.

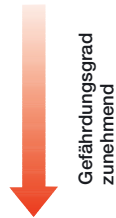
¹⁾ Auf die Netzhaut des Auges gelangt nur optische Strahlung im sichtbaren und im nahen Infrarotbereich, d.h. von 400–1400nm Wellenlänge.

²⁾ Speziell gefährliche Lasertypen sind etwa der Neodym-YAG Laser mit 1064 nm Wellenlänge und neu auch Hochleistungsdiodenlaser für die Materialbearbeitung.

6 Gefährdungspotenzial

Damit das Gefährdungspotenzial auf einen Blick ersichtlich ist, werden Laser aufgrund der Gefährlichkeit der zugänglichen Strahlung einer der folgenden sieben Laserklassen³⁾ zugeordnet:

Klasse 1	völlig ungefährlich
Klasse 1M	
Klasse 2	
Klasse 2M	
Klasse 3R	
Klasse 3B	
Klasse 4	sehr gefährlich



Im Gegensatz zur Klassifizierung bei Giftstoffen nimmt der Grad der Gefährdung bei Lasern mit steigender Klasse zu.

Je nach Art und Weise des Lasermediums und der Pumpquelle strahlt der Laser «kontinuierlich» (= Dauerstrichbetrieb = cw = continuous wave = $>0,25$ s), «gepulst», «repetiert gepulst» oder er gibt seine Strahlungsenergie in Form eines einzigen Riesenimpulses ab. Bei der Klassifizierung von Lasereinrichtungen sind diese Abstrahlungsformen mitzubersichtigen.

Die verbindliche Anleitung zur Klassifizierung von Lasereinrichtungen finden Sie in der Lasernorm EN 60825-1.

Datenübertragung in Glasfaserkabelnetzen

Lichtwellenleiter-Kommunikationssysteme sind im Normalbetrieb geschlossene Systeme, also Laser der Klasse 1. Wegen der grossen räumlichen Ausdehnung werden alle Komponenten eines Systems aufgrund der Gefährlichkeit der Strahlung, die beispielsweise beim Herausziehen eines Steckers oder beim Zerschneiden eines Kabels zugänglich wird, einem der folgenden sieben Gefährungsgrade zugeordnet:

Gefährungsgrad 1	völlig ungefährlich
Gefährungsgrad 1M	
Gefährungsgrad 2	
Gefährungsgrad 2M	
Gefährungsgrad 3R	
Gefährungsgrad 3B	
Gefährungsgrad 4	sehr gefährlich



Weitere Informationen sind in der Norm EN 60825-2 zu finden.

³⁾ Seit Januar 2001 sind die Klassen 1M, 2M und 3R zu den bisher bekannten Klassen hinzugekommen. Die Klasse 3A ist aufgehoben worden (Änderung A2: 2001 der Lasernorm).

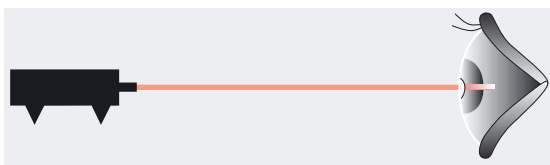
7 Laserklassen

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.

Hinweis: Materialbearbeitungslaser sind in der Regel so gekapselt, dass sie als Laser Klasse 1 betrieben werden können.

Klasse 1 mit zugänglichem Strahl

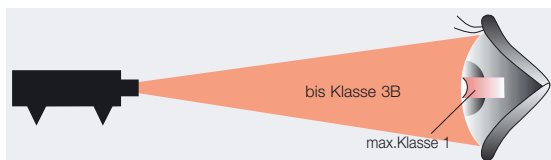


Der ganze Strahl erfüllt die Bedingungen der Klasse 1.

Klasse 1M⁴⁾

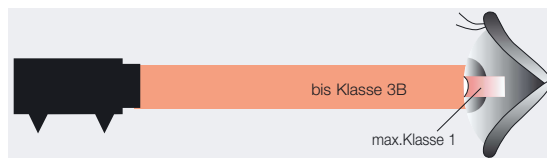
Laser der Klasse 1M senden einen zugänglichen Strahl im Wellenlängenbereich 302,5nm–4000nm aus, der entweder divergent verläuft oder aufgeweitet ist.

a) Klasse 1M mit divergenter Strahlung



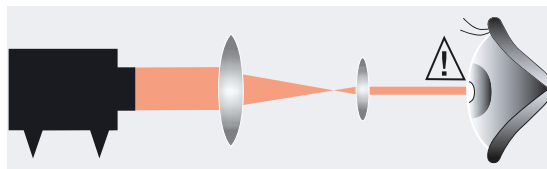
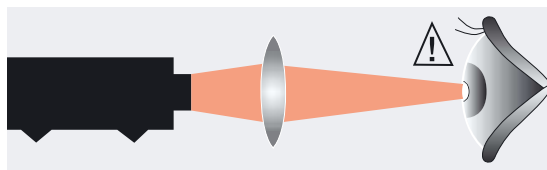
Für den ganzen Strahl ist eine Strahlungsleistung bis 0,5 Watt zulässig (= Grenzwert für Klasse 3B). Im Wellenlängenbereich 400-1400 nm wird der Strahl von der Pupille beschnitten. Deshalb gelangt nur ein Teilstrahl, der den Grenzwert von Klasse 1 nicht überschreitet, ins Augeninnere. Die Pupille macht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

b) Klasse 1M mit aufgeweitetem Strahl



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 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 Laser-norm.

Achtung: Laser der Klasse 1M können gefährlich sein, wenn sich ein optisches Instrument (Lupe, Mikroskop, Fernglas) vor dem Auge befindet! Eine Brille gilt hier nicht als optisches Instrument. Der Inverkehrbringer muss angeben, bei welchen optischen Instrumenten vor dem Auge der Laser gefährlich wird.



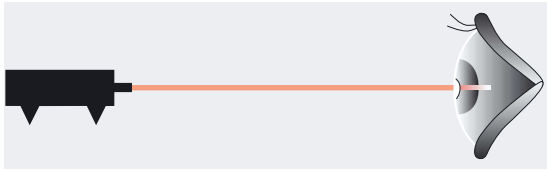
Klasse 2

Laser der Klasse 2 strahlen nur im sichtbaren Bereich und geben im Dauerstrichbetrieb höchstens 1 Milliwatt Leistung ab. Der zufällige direkte Blick in den Laserstrahl erzeugt wohl eine starke Blendung, führt aber zu keinem Schaden, auch nicht bei Verwendung optischer Hilfsmittel.

Achtung: Blickt man absichtlich in den Strahl, so wird das reflexartige Schließen der Augenlider unterdrückt, und es kann zur Schädigung der Netzhaut kommen.

⁴⁾ M steht für «magnifying instruments»

Klasse 2 mit zugänglichem Strahl



Der ganze Strahl erfüllt die Bedingungen der Klasse 2.

Klasse 2M⁴⁾

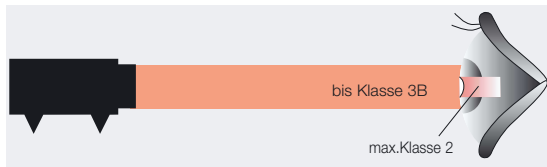
Laser der Klasse 2M senden einen zugänglichen Strahl im sichtbaren Wellenlängenbereich (400nm–700nm) aus, der entweder divergent verläuft oder aufgeweitet ist.

a) Klasse 2M mit divergenter Strahlung



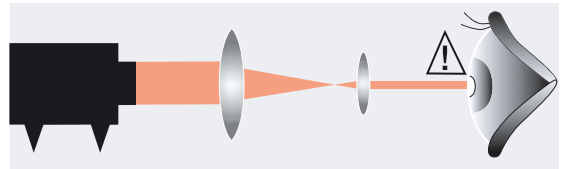
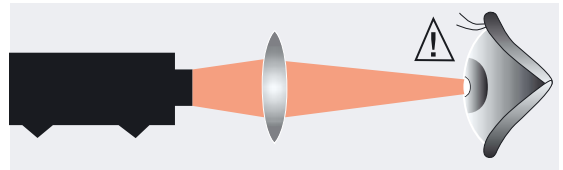
Für den ganzen Strahl ist eine Strahlungsleistung bis 0,5 Watt zulässig (= Grenzwert für Klasse 3B). Der Strahl wird jedoch von der Pupille derart beschnitten, dass max. 1mW Strahlungsleistung auf die Netzhaut des Auges gelangen kann.

b) Klasse 2M mit aufgeweitetem Strahl



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

Achtung: Laser der Klasse 2M können gefährlich sein, wenn sich ein optisches Instrument vor dem Auge befindet! Eine Brille gilt hier nicht als optisches Instrument. Der Inverkehrbringer muss angeben, bei welchen optischen Instrument vor dem Auge der Laser gefährlich wird.



Klasse 3A: für Laser, die neu in Verkehr gebracht werden, nicht mehr zulässig.

Bei Lasern der Klasse 3A ist der Strahl mittels einer Spezialoptik absichtlich aufgeweitet⁵⁾, meistens kreis- oder strichförmig.

Laser der Klasse 3A geben bei sichtbarer Abstrahlung maximal 5 mW ab, bei unsichtbarer Abstrahlung maximal 5-mal den Grenzwert zugänglicher Strahlung der Klasse 1. Wird zufällig in den Strahl geblickt, so wird dieser von der Pupille 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: Billiglaser, die mit Klasse 3A deklariert sind und deren Strahl nicht aufgeweitet ist, sind nach der amerikanischen Lasernorm ANSI Z 136.1-1993 klassifiziert worden statt nach der internationalen Norm IEC 60825-1. Gemäss Änderungen A2: 2001 der Lasernorm handelt es sich um Laser der Klasse 3R.

⁵⁾ Diese Aufweitung muss mehr als die Grenzblende gemäss Lasernorm betragen. Die Grenzblende ist im Wellenbereich von 400–1400nm eine fiktive Augenöffnung mit einem Durchmesser von 7 mm. Weitere Informationen dazu siehe Lasernorm.

Klasse 3R⁶⁾

Laser der Klasse 3R dürfen im sichtbaren Bereich (400–700 nm) bis 5 mW (5-mal Klasse 2) abstrahlen, im übrigen Bereich den 5fachen Grenzwert für Klasse 1, ohne dass der Strahl aufgeweitet sein muss.

Erleichterungen gegenüber Klasse 3B: kein Schlüsselschalter, kein Anschluss für externen Schaltkreis, keine Zutrittsbeschränkung.

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

Klasse 3B

Laser der Klasse 3B geben im Dauerstrichbetrieb höchstens 0,5 Watt Leistung ab. Das Betrachten der Strahlaufftreffstelle auf einer nicht spiegelnden Wand (diffuses Streubild) führt zu keinem Augenschaden. Gemäss Lasernorm sollte dabei die Distanz zum Streubild 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. Deshalb: Nicht dem Strahl aussetzen!

Klasse 4

Alle Laser, welche die Bedingungen der Laserklassen 1, 1M, 2, 2M, 3R oder 3B nicht erfüllen, werden der Klasse 4 zugeordnet.

Für Laser der Klasse 4 gibt es keine obere Grenze. Strahl und Reflexionen gefährden in hohem Masse Augen und Haut. Bevor Streubilder betrachtet werden, ist abzuklären, ob die maximal zulässige Bestrahlung nicht überschritten wird.

Achtung: Bestrahlung von Augen und Haut durch direkte oder Streustrahlung vermeiden.

Schadstoffe und Brände:

Durch das Einwirken des Strahls auf gewisse Materialien können gesundheitsschädigende Stoffe freigesetzt, Explosionen ausgelöst und Brände entfacht werden.

⁶⁾ R = relaxed = «gelockerte Klasse 3B», da reduzierte Gefährdung.

8 Kennzeichnung

Lasereinrichtungen mit zugänglicher Strahlung müssen gekennzeichnet sein. Die korrekte Kennzeichnung umfasst im Minimum:

- **Laserwarnzeichen** (ab Klasse 2)
- **Klassenhinweiszeichen mit klassenbezogenem Warntext** (ab Klasse 1M)
- **Laserdatenschild**
- **Typenschild**

Auf dem Laserdatenschild sind alle Laserdaten anzugeben, die für die Klassifizierung erforderlich sind, sowie die für die Klassenzuteilung verwendete Norm.

Auf dem Typenschild sind alle Angaben zu machen, die für eine eindeutige Identifikation der Lasereinrichtung nötig sind, wie Hersteller, Inverkehrbringer, Gerätetyp, Seriennummer usw.

Zusatzzeichen

Bei Lasereinrichtungen der Klassen 3B und 4 sind in der Nähe der Strahlaustrittsöffnung zusätzlich ein Laserwarnzeichen und ein Zusatzzeichen mit folgendem Text anzubringen:

- **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 entsprechendem Warntext und der Laserklasse gekennzeichnet sein:

Beispiel

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

Unsichtbare Laserstrahlung

Auf unsichtbare Strahlung muss im Warntext ausdrücklich hingewiesen werden. Wird sichtbare und unsichtbare Strahlung abgegeben, 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 der unten abgebildeten Kennzeichnungen auf einem Kleber zusammengefasst werden.

Weitere Angaben zur Kennzeichnung sind in der Lasernorm EN 60825-1 zu finden.⁷⁾ Lichtwellenleiter-Kommunikationssysteme sind gemäss Norm EN 60825-2 zu kennzeichnen.

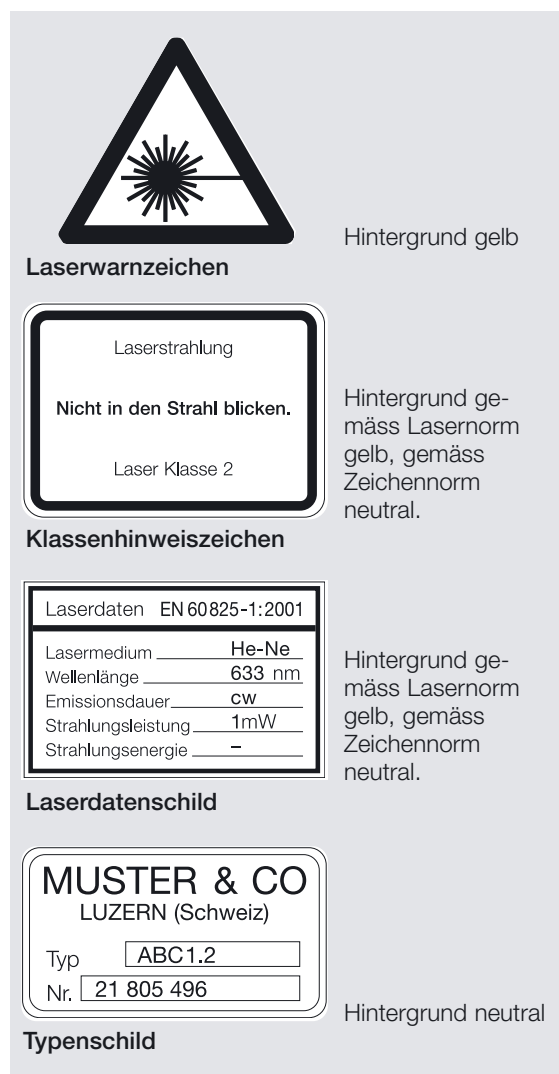


Bild 3: Beispiel einer Laserkennzeichnung.

⁷⁾ 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).

9 Internationale Lasernorm

Für alle Laser gelten die Sicherheitsbestimmungen der international verbindlichen Norm IEC/CEI 60825-1 mit den aktuellen Ergänzungen. Die zur Zeit aktuelle Fassung in Deutsch trägt die Bezeichnung EN 60825-1:2001 «Sicherheit von Laser-Einrichtungen, Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien». Diese Norm wird laufend ergänzt durch Laser-Zusatznormen mit den Ziffern -2, -3, -4 usw. beziehungsweise der Bezeichnung Teil 2, Teil 3, Teil 4 usw.

Für Datenübertragungssysteme in Glasfasernetzen gelten zusätzlich die Sicherheitsbestimmungen der Norm EN 60825-2 «Sicherheit von Laser-Einrichtungen, Teil 2: Sicherheit von Lichtwellenleiter Kommunikationssystemen».

Bezugsadressen siehe Kapitel 15.

Sind für gewisse Laserprodukte spezielle Verordnungen, Normen oder Richtlinien in Kraft getreten, so sind primär diese produktespezifischen Sicherheitsbestimmungen zu erfüllen.

10 Weitere Bestimmungen

Je nach Konstruktion, Anwendungsbereich (Labor, industrielle Produktion oder Geräte für den täglichen Gebrauch) und Energieversorgung (Batterie- oder Netzbetrieb) muss die Lasereinrichtung einer oder mehreren der nachfolgend aufgeführten Verordnungen bzw. EG-Richtlinien entsprechen:

- Verordnung über elektrische Niederspannungserzeugnisse (NEV) bzw. EG-Niederspannungsrichtlinie 73/23/EWG
- Verordnung über elektromagnetische Verträglichkeit (VEMV) bzw. EG-EMV-Richtlinie 89/336/EWG
- Verordnung über die Sicherheit von technischen Einrichtungen und Geräten (STEV) bzw. EG-Maschinenrichtlinie 98/37/EG
- Medizinprodukteverordnung (MepV) bzw. EG-MP-Richtlinie 93/42/EWG

Bezugsadresse siehe Kapitel 15.

Maschinen mit eingebauten Lasern

Maschinen mit eingebauten Lasern für die industrielle Produktion müssen primär die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen der EG-Maschinenrichtlinie (98/37/EG, vormals 89/392/EWG) erfüllen.

Die EG-Maschinenrichtlinie ist im Bundesgesetz über die Sicherheit von technischen Einrichtungen und Geräten (STEG) und in der dazugehörigen Verordnung (STEV) verankert. Bezugsadresse siehe Kapitel 15.

Laserbearbeitungsmaschinen

Für Maschinen, die mit Hilfe eines eingebauten Hochleistungslasers Werkstücke durch Schmelzen, Brennschneiden usw. bearbeiten, gilt die Norm EN 12626 «Sicherheit von Maschinen – LASERBEARBEITUNGSMASCHINEN». Bezugsadresse siehe Kapitel 15.

Medizinprodukteverordnung (MepV)

Lasereinrichtungen, die für medizinische Eingriffe am Menschen verwendet werden, müssen die Anforderungen der Medizinprodukteverordnung (MepV) erfüllen.

Auskunft: Swissmedic, Schweizerisches Heilmittelinstitut, Abteilung Medizinprodukte, 3000 Bern 9.

11 Pflichten des Inverkehrbringers

Inverkehrbringer können sein: Hersteller, Importeure, Händler, Lieferanten, Verkäufer oder Verleiher.

Lasereinrichtungen bergen oft eine ungewohnte und zum Teil unbemerkbare Gefahr in sich. Deshalb ist der Inverkehrbringer verpflichtet, die Betreiber auf diese Gefahr aufmerksam zu machen.

Kennzeichnung

Der Inverkehrbringer muss jede Lasereinrichtung vor der Auslieferung mit Sicherheitszeichen gemäss Ziffer 8 ausrüsten.

Konformitätserklärung

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

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

Bezugsadresse siehe Kapitel 15.

Zertifikate und CE-Kennzeichnung

Lasereinrichtungen zählen nicht zu den Produkten, für die eine Zertifizierung durch eine externe, akkreditierte Stelle generell vorgeschrieben ist. Es genügt die Konformitätserklärung des Inverkehrbringers, wobei das Konformitätskennzeichen CE vom Inverkehrbringer selber angebracht werden darf.

Der Inverkehrbringer kann jedoch auf freiwilliger Basis Prüfbericht und Zertifikat für sein Produkt bei neutralen Prüf- und Zertifizierungsstellen erwerben. Trägt sein Produkt ein Konformitätszeichen einer Zertifizierungsstelle, so besteht für den Kunden eine höhere Sicherheit, dass das Produkt die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen erfüllt.

Betriebsanleitung

Der Inverkehrbringer muss zu jeder Lasereinrichtung eine Betriebsanleitung mitliefern, aus welcher hervorgeht,

- wie die Lasereinrichtung bestimmungsgemäss zu verwenden ist
- welche Verwendungsmöglichkeiten bestimmungsfremd und ausgeschlossen sind und
- welche Sorgfaltspflichten bei der Verwendung und allenfalls bei der Installation der Lasereinrichtung zu erfüllen sind.

Die Betriebsanleitung umfasst je nach Komplexität der Lasereinrichtung Sicherheitshinweise sowie eine Installations-, Bedienungs- und Instandhaltungsanleitung.

12 Pflichten des Betreibers

Der Betreiber ist verpflichtet, die mitgelieferte Betriebsanleitung mit den Sicherheitshinweisen vor der ersten Inbetriebnahme gründlich zu studieren und die Anweisungen strikte einzuhalten.

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

Klassenbezogene Sicherheitsvorkehrungen

Beim Betreiben der Laser müssen folgende Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden:

Klasse 1

- Keine.

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 benutzen (Feldstecher, Nivelliergeräte, Theodoliten usw.), speziell warnen.

Klasse 3R⁸⁾

- Nur qualifiziertes und geschultes Personal beauftragen.
- Sicherheitszeichen aufstellen.
- Direkte Bestrahlung der Augen vermeiden, d.h. Strahl nicht auf Augenhöhe verlaufen lassen, weder für stehende noch für sitzende Personen.
- Spiegelnde Gegenstände aus dem Strahlungsbereich entfernen oder zudecken.
- Strahl am Ende des zweckbestimmten Weges nach Möglichkeit begrenzen (z.B. Stellwand aufstellen).

- Nicht im Einsatz stehende Laser vor dem Zugriff Unbefugter sicherstellen.

Klasse 3A

- Unsichtbare Strahlung, siehe Klasse 1M.
- Sichtbare Strahlung, siehe Klasse 2M.

Klasse 3B und Klasse 4

Laser der Klassen 3B und 4 dürfen nur in einem abgegrenzten 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.

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.

Instruktion: Personen, die mit Lasern der Klassen 3B und 4 arbeiten, sind vor Aufnahme ihrer Tätigkeit über die Gefahren beim Umgang mit Lasereinrichtungen zu informieren und über das richtige Verhalten zu instruieren⁹⁾. Der Betreiber sollte sich von den instruierten Personen schriftlich bestätigen lassen, dass die Instruktion stattgefunden hat. Wichtige Arbeitsanweisungen sind in Kurzform am Arbeitsplatz anzuschlagen.

Die Instruktion umfasst etwa folgende Themen:

- Wirkung der Laserstrahlen auf Augen und Haut
- weitere Gefährdungen und Nebenwirkungen, z.B. Schadstoffe, Brand, Explosionen
- Verhaltensvorschriften und Arbeitsanweisungen
- Schutzmassnahmen und Schutzeinrichtungen
- Benützung von Schutanzügen
- Kontrolle baulicher und apparativer Schutzeinrichtungen
- Verhalten im Störfall

Die Instruktion ist periodisch zu wiederholen.

⁸⁾ vgl. Ziffer 12.6.2 der Lasernorm

⁹⁾ SiBe des Betriebes

Laserschutzbeauftragter

Die Funktion des in der Lasernorm vorgesehenen «Laserschutzbeauftragten» wird in der Schweiz in der Regel vom Sicherheitsbeauftragten (SiBe) des Betriebs wahrgenommen.

Meldepflicht

Das Betreiben von Lasereinrichtungen der Klassen 3B und 4 im Innern von Gebäuden (Industrie, Forschungslaboratorien, Schulen, Arztpraxen und Spitäler) ist in der Schweiz nicht meldepflichtig; Ausnahme: siehe Laser-Lightshow.

Lasermaschinen

Lasereinrichtungen, die als Maschinen in der industriellen Produktion eingesetzt werden, müssen nach der Installation sowohl im Normalbetrieb als auch im Sonderbetrieb die Bedingungen der Laserklasse 1 erfüllen. Kann diese Forderung aus prozesstechnischen Gründen nicht eingehalten werden, so muss die Maschine in einem baulich abgegrenzten Laserbereich mit kontrolliertem Zugang betrieben werden.

Laser-Lightshow

Die Bedingungen für das Veranstellen 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 Kapitel 15.

Der Einsatz von Lasereinrichtungen an Veranstaltungen muss der zuständigen kantonalen Vollzugsbehörde gemeldet werden.

Laser-Demonstrationsexperimente

Folgende Regeln sind zu beachten:

- Wenn immer möglich 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 Ele-

mente gesichert sein.

- Die Zuschauer müssen vor und während der Vorführung durch Abschränkungen vom Experimentaufbau ferngehalten werden.
- In Anwesenheit der Zuschauer dürfen keine ungeplanten Neueinstellungen oder Korrekturen vorgenommen werden; d.h. 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.

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. Bezugsadresse siehe Kapitel 15.

Da Privatpersonen kaum in der Lage sind, Laserbereiche abzugrenzen und zu überwachen und zudem die Gefahr besteht, dass Kinder mit dem Laser spielen könnten, wird empfohlen, keine Laser der Klassen 3A (wegen der Gefahr einer falschen Klassenzuteilung), 3R, 3B und 4 an Private für Unterhaltungszwecke zu verkaufen. Wird diese Empfehlung missachtet, so kann es im Schadensfall zur Haftpflicht für den Inverkehrbringer kommen.

Anwendung am Menschen

Alle bisher erwähnten Sicherheitsvorschriften gelten für den Schutz von Personen gegen unbeabsichtigte Laserbestrahlung. Medizinische Eingriffe am menschlichen Körper mit Laserstrahlen dürfen in der Regel nur unter der Aufsicht eines Arztes durchgeführt werden.

Für weitere Auskünfte wende man sich an die kantonalen Gesundheitsbehörden.

13 Laserschutzbrillen

Beim Manipulieren an Einrichtungen, welche Laser der Klasse 3R mit unsichtbarer Abstrahlung, der Klasse 3B oder Klasse 4 enthalten, ist das Tragen einer korrekt dimensionierten Laserschutzbrille für alle Anwesenden erforderlich. Laserschutzfilter werden in der Regel für den Schutz vor dem Hauptstrahl ausgelegt, auch dann, wenn nur mit schwächeren Reflexionen gerechnet wird. Eine korrekt dimensionierte Laserschutzbrille schwächt den Laserstrahl mindestens ab auf die **maximal zulässige Bestrahlung (MZB) der Hornhaut bei direkter Bestrahlung durch Laserstrahlung** gemäss Tabelle 6 der Lasernorm.

Eine Anleitung zum Dimensionieren von Laserschutzbrillen befindet sich im Anhang der Norm EN 207. Gewisse Laserschutzbrillenhersteller bieten einen Dimensionierungsservice an.

Für jeden Laser die richtige Schutzbrille

Laserschutzbrillen sind keine Universalschutzbrillen und dürfen daher nur für die Lasertypen verwendet werden, für die sie dimensioniert worden sind (Wellenlängenbereich, Betriebsart: cw/Impuls/Riesenimpuls usw.).

Kennzeichnung der Laserschutzbrillen

Die Laserschutzbrillen müssen so am Tragkörper (Gestell) gekennzeichnet sein, dass aus den Angaben Hersteller, Schutzwirkung und Bedingungen für die deklarierte Schutzwirkung ableitbar sind.

Augenkontrollen: Vorsorgliche Augenkontrollen sind nicht erforderlich.

Schutzbrillen bei der Materialbearbeitung

Vagabundierende Laserstrahlung: Bei der Materialbearbeitung verhindert die Fokussieroptik, dass gebündelte Parallelstrahlung in den Raum austritt. 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.

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

CO₂-Laser strahlen im fernen Infrarotbereich, nämlich bei 10,6 µm Wellenlänge. In diesem Bereich wirken der Glaskörper des Auges sowie alle durchsichtigen Materialien wie Glas, Acrylglas oder Polycarbonat als Sperrfilter für fernes Infrarot. Daher entfällt die fokussierende Wirkung der Augenlinse und die Netzhaut der Augen ist nicht gefährdet. Schutz gegen die Streustrahlung von CO₂-Lasern bieten normale Sehhilfebrillen, Splitterschutz- und Blendschutzbrillen. Bei einer Direktbestrahlung, z. B. durch vagabundierende Laserstrahlung, würden diese jedoch in kürzester Zeit zerstört und gar eine Sekundärschädigung durch Splitter bewirken. Wird mit einem nicht vollständig gekapselten CO₂-Laser Material bearbeitet, so kann unter Umständen auf das Tragen einer Laserschutzbrille verzichtet werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Die Laserbearbeitungsoptik ist ganz auf das zu bearbeitende Material abgesenkt, und
- es liegt ein Sicherheitsbericht vor, in dem begründet und bestätigt wird, dass beim gewählten Prozess nicht mit vagabundierender Strahlung zu rechnen ist.
- Kennzeichnung: **Klasse 4 – Betrieb ohne Gefährdung**

14 Weitere Gefahren

Im Gegensatz zu den CO₂-Lasern stellt die Streustrahlung von **Neodym-YAG- und Hochleistungsdiodenlasern** eine spezielle Gefahr für die Augen dar. Die unsichtbare Streustrahlung im nahen Infrarot geht durch Brillengläser und Augenlinsen 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.

Sekundärstrahlung: Ein leistungsstarker Laserstrahl kann auf Materialien mit geringer Wärmeleitung in kurzer Zeit hohe Temperaturen erzeugen. Dies führt unter Umständen zu einer intensiven nichtkohärenten Lichtemission. Dieses Licht kann eine länger andauernde Blendung und damit eine vorübergehende Minderung des Sehvermögens bewirken. Da Laserschutzbrillen in der Regel nur schmalbandig absorbieren, bieten sie gegen Sekundärstrahlung keinen Schutz. In Bereichen, in denen Laserstrahlen regelmässig zum Bearbeiten von Material durch Schmelzen, Verdampfen oder durch Verbrennen benutzt werden, sollte (evtl. zusätzlich zur Laserschutzbrille) eine Blendschutzbrille getragen werden. Es können die gleichen Schutzstufen verwendet werden, die auch fürs Flammstrahlen oder Hartlöten üblich sind. Damit werden die Augen auch vor Funken geschützt.

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

Hochspannung

Alle Laser ausser Laserdioden arbeiten mit Hochspannung. Unsachgemässe Eingriffe, insbesondere bei Hochleistungslasern, bedeuten daher immer Lebensgefahr.

Brandgefahr

Hochleistungslaser können Brände entfachen.

Giftige Materialien

Die Komponenten von Lasereinrichtungen enthalten in der Regel giftige Materialien. Laserdioden, Laseroptik oder Laserröhren dürfen daher nicht mit dem Haushaltsabfall entsorgt werden.

Giftige Dämpfe und Rauche

Beim Bearbeiten von Materialien mit Laserstrahlen können giftige Dämpfe und Räuche entstehen, die zum Teil kanzerogen (krebs-erzeugend) sind. Lasermaterialbearbeitungsmaschinen müssen daher mit einem wirksamen Absaugsystem ausgerüstet sein.

Hersteller und Inverkehrbringer von Lasereinrichtungen sind von Gesetzes wegen verpflichtet, auf all diese Gefahren aufmerksam zu machen. Als Betreiber sollten Sie daher gründlich die mitgelieferte Betriebsanleitung mit den Sicherheitshinweisen lesen, bevor Sie eine Lasereinrichtung in Betrieb setzen.

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.

15 Literatur, Auskünfte

Literaturangaben

– Bundesgesetz über die Sicherheit von technischen Einrichtungen und Geräten (STEG), SR 819.1	BBL	– Sicherheit von Laser-Einrichtungen, Teil 6: Sicherheit von Produkten mit optischen Strahlenquellen, die ausschliesslich der visuell wahrnehmbaren Informationsübertragung an das menschliche Auge dienen	
– Verordnung über die Sicherheit von technischen Einrichtungen und Geräten (STEV), SR 819.11	BBL	DIN V VDE V 0837-6 bzw. IEC/CEI 60825-6	SEV
– Verordnung über elektrische Starkstromanlagen (Starkstromverordnung), SR 734.2	BBL	– Sicherheit von Laser-Einrichtungen, Teil 7: Sicherheit von Produkten, die unsichtbare optische Strahlung emittieren und die ausschliesslich der nicht leitungsgebundenen Freiraum-Datenübertragung und der Steuerung und Überwachung dienen DIN V VDE V 0837-7 bzw. IEC/CEI 60825-7	SEV
– Verordnung über elektrische Niederspannungserzeugnisse (NEV), SR 734.26	BBL		
– Verordnung über die elektromagnetische Verträglichkeit (VEMV), SR 734.5	BBL	– Safety of laser-products, Part 10: Application guidelines and explanatory notes to IEC 60825-1, IEC/TR 60825-10	SEV
– Verordnung über den Schutz des Publikums von Veranstaltungen vor gesundheitsgefährdenden Schalleinwirkungen und Laserstrahlen (Schall- und Laserverordnung), SR 814.49	BBL	– EKAS-Richtlinie Nr. 6509 Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren	Suva
– Medizinprodukteverordnung (MepV), SR 812.213	BBL	– Persönlicher Augenschutz-Filter und Augenschutz gegen Laserstrahlen (Laserschutzbrillen), EN 207	SNV
– Medizinische elektrische Geräte, Teil 2: Besondere Festlegungen für die Sicherheit von diagnostischen und therapeutischen Lasergeräten, EN 60601-2-22	SNV SEV,	– Persönlicher Augenschutz – Brillen für Justierarbeiten an Lasern und Laseraufbauten (Laser-Justierbrillen), EN 208	SNV
– Sicherheit von Laser-Einrichtungen, EN 60825-1 («Lasernorm»)	SEV SNV	– Abschirmungen an Laserarbeitsplätzen – Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung, EN 12254	SNV
– Sicherheit von Laser-Einrichtungen, Teil 2: Sicherheit von Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen, EN 60825-2	SEV SNV	– EG-Maschinenrichtlinie 98/37/EG	EICS
– Sécurité des appareils à laser, partie 3: Guide pour les manifestations et spectacles utilisant des Lasers		– Sicherheit von Maschinen-Laserbearbeitungsmaschinen, EN 12626	SNV
– IEC/CEI 60825-3	SEV	– Sicherheit beginnt beim Einkauf, Suva-Publikation Nr. 66084	Suva
– Sicherheit von Laser-Einrichtungen, Teil 4: Laserschutzwände, EN 60825-4	SEV SNV		
– Manufacturer's checklist IEC 60825-5:2003	SEV		

- Sicherheit von technischen Einrichtungen und Produkten, Suva-Publikation Nr. 88031
- Schweißen und Schneiden, Schutz vor Rauchen, Stäuben, Gasen und Dämpfen, Suva-Publikation Nr. 44053
- Beispiele für EG-Konformitäts-erklärungen für Maschinen, Suva-Publikation Nr. CE 00-4.d

Bezugsquellen

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

Auskunft

BAG	Bundesamt für Gesundheit Abteilung Strahlenschutz 3003 Bern
bfu	Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung Postfach 3001 Bern
ESTI	Eidgenössisches Starkstrominspektorat Luppenstrasse 1 8320 Fehraltorf
metas	Bundesamt für Metrologie und Akkreditierung Lindenweg 50 3003 Bern-Wabern
SEV	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein Luppenstrasse 1 8320 Fehraltorf
Suva	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt Bereich Physik Postfach 6002 Luzern
Suva	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt Bereich Technik Postfach 6002 Luzern
Swiss- medic	Schweizerisches Heilmittelinstitut Abteilung Medizinprodukte 3000 Bern 9

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 einzuhaltenden Verhaltensregeln orientiert.^{*)}

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



Laserwarnzeichen (Suva-Bestellnummer 1729/22K)

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



Klassenhinweiszeichen
(Suva-Bestellnummer 1729/29/K.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 100 mm 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.

