

Verhaltensregeln beim Umgang mit Baulasern

Stand: Dezember 2010

Inhaltsverzeichnis:

- 0. Vorwort
- 1. Was ist Laserstrahlung?
- 2. Wirkung der Laserstrahlung auf den Menschen
- 3. Laserklassen
- 4. Schutzmaßnahmen
- 5. Verhaltensregeln beim Umgang mit Baulasern
- 6. Anwendungsbeispiele

- Anhang 1** Checkliste für das Beschaffen eines Kleinlasers mit zugänglichem Strahl
- Anhang 2** Lichtwahrnehmung
- Anhang 3** Literatur

0. Vorwort

Geräte, die Laserstrahlung aussenden, gelten nach Betriebssicherheitsverordnung als Arbeitsmittel, von denen prinzipiell eine Gefahr ausgehen kann. Deshalb ist bei Einsatz dieser Geräte eine Gefährdungsbeurteilung zwingend erforderlich.

Die vorliegende FA-Info (Fachausschuss Information) gibt eine Hilfestellung zur Erstellung dieser Gefährdungsbeurteilung und notwendiger Unterweisungen.

1. Was ist Laserstrahlung?

Das Wort **Laser** ist ein Kürzel. Es setzt sich aus den Anfangsbuchstaben der englischen Bezeichnung **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation zusammen, zu Deutsch: Lichtverstärkung durch stimulierte Emission von Strahlung. Dies beschreibt einen physikalischen Vorgang, der zur Erzeugung von Laserstrahlung führt.

Laser sind aus der heutigen Welt nicht mehr wegzudenken. Seit der experimentellen Entwicklung des ersten Lasers durch den amerikanischen Physiker Theodore Maiman (1960) haben Laser in Forschung und Medizin, in Industrie und Gewerbe, in der Informations- und Kommunikationstechnik und nicht zuletzt in der Unterhaltung Einzug gehalten. Auch Laser-Entfernungsmesser und -Nivelliergeräte gehören mittlerweile zum Arsenal vieler Anwender.

Laserstrahlung und Strahlung aus konventionellen Strahlungsquellen unterscheiden sich nicht grundsätzlich in ihren biologischen Wirkungen. Der wesentliche Unterschied liegt in der starken Bündelung der Laserstrahlung. Dadurch können hohe Bestrahlungsstärken erreicht werden.

Die Laserstrahlung unterscheidet sich von der Strahlung konventioneller Strahlungsquellen, wie z. B. Glühlampen, im Wesentlichen durch die folgenden wichtigen Eigenschaften:

- **„Einfarbig“ (sichtbar, schlecht sichtbar oder unsichtbar):** Die Laserstrahlung weist exakt eine Wellenlänge auf.
- **Gebündelter Strahl:** Die Laser emittieren eine fast parallele Strahlung, die sich durch optische Systeme, wie z. B. Linsen, fokussieren lässt. Dieses Prinzip wird z. B. in optischen Laufwerken (CD-Player, DVD-Brenner) angewendet, um die mikroskopisch kleinen Strukturen auf die Datenträger auszulesen oder zu bringen.

Durch die hohe „Energiedichte“ lassen sich mit Laserstrahlen aber auch Werkstoffe präzise bearbeiten.

2. Wirkung der Laserstrahlung auf den Menschen

2.1 Gefährdung des Auges

Das Auge (Abbildung 1) ist sehr empfindlich gegenüber optischer Strahlung. Durch den Linseneffekt des Auges wird die optische Strahlung (Licht) stark gebündelt. Auf dem Weg von der Hornhaut zur Netzhaut kann die Strahlung bis zu 500.000fach verstärkt werden. Dies erklärt, warum bereits geringe Leistungen der Laserstrahlung für das Auge gefährlich sein können. Schäden an der Netzhaut, wie z. B. Verbrennungen, können das Sehvermögen erheblich beeinträchtigen. Kleinere Verbrennungen der Netzhaut bleiben meist unbemerkt, größere geschädigte Stellen können jedoch zu Ausfällen im Gesichtsfeld führen. Darüber hinaus kann es zur Ablösung von Teilen der Netzhaut bis hin zu massiven Blutungen kommen. Bei einer Schädigung des gelben Flecks, der Stelle des schärfsten Sehens, kann das Scharfsehen und das Farbsehvermögen stark verringert werden. Wird gar der blinde Fleck getroffen, die Einmündung des Sehnervs in die Netzhaut, droht die völlige Erblindung.

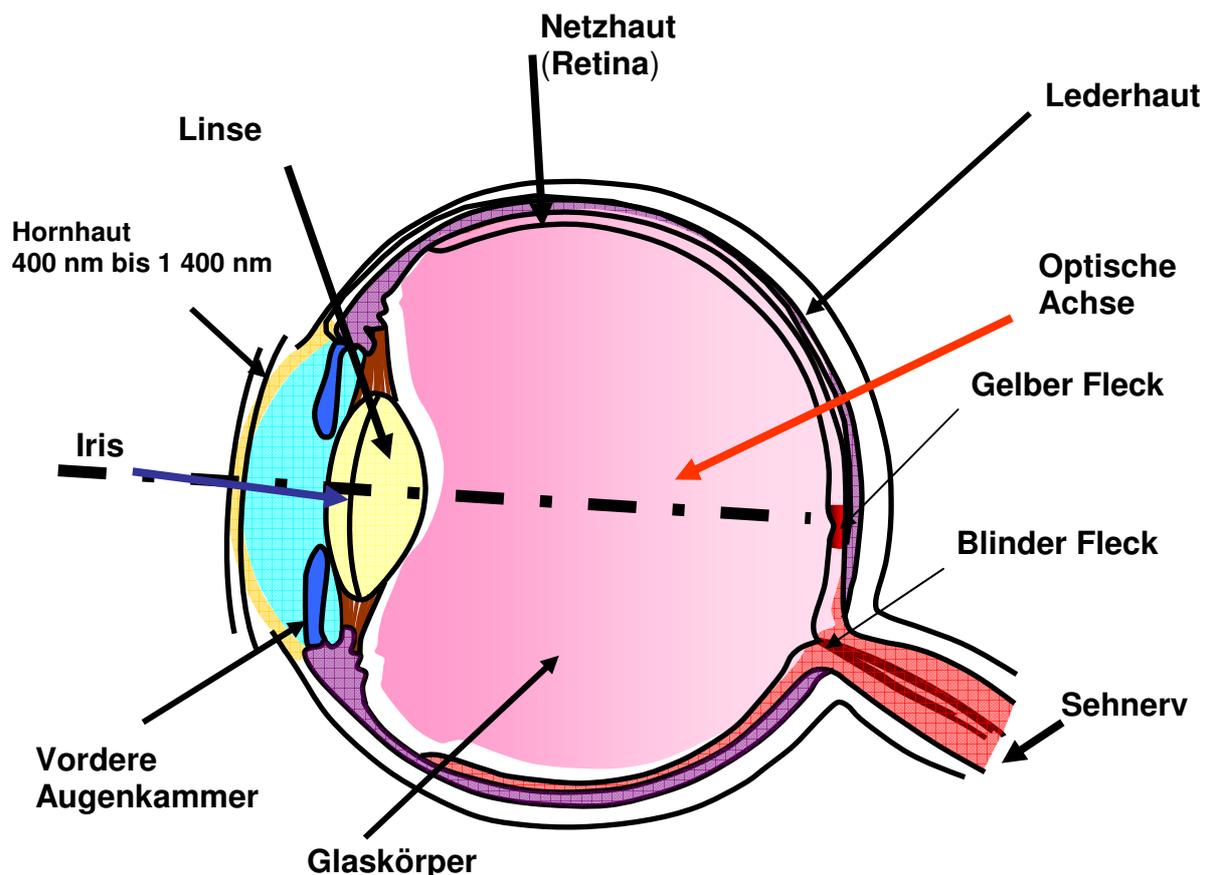


Abbildung 1: Das Auge

2. 2 Blendung

Baulaser mit sichtbarer Laserstrahlung sind immer auch eine Blendquelle. Auch die „scheinbar“ ungefährlichen Laser der Klassen 1, 2, 1M und 2M können Nachbilder bis zu mehreren Stunden auslösen, wenn Personen vom Strahl getroffen werden. Der Geblendete verliert über einen gewissen Zeitraum die Fähigkeit, sehen zu können, was zu schweren Unfällen führen kann, besonders bei der Arbeit oder im Straßenverkehr.

Merke:

- **Niemals den Strahl auf Personen richten!**
- **Niemals den Strahl auf spiegelnde Flächen leiten!**

3. Laserklassen

Laser werden entsprechend ihrer Gefährlichkeit für den Menschen in Klassen eingeteilt. Diese Zuordnung soll für die Anwender eine Gefährdung sofort ersichtlich machen und auf Schutzmaßnahmen hinweisen. Je höher die Klassennummer, desto höher ist auch die Gefährdung, die von einem Laser ausgeht. Für die Klassifizierung eines Lasers ist der Hersteller verantwortlich.

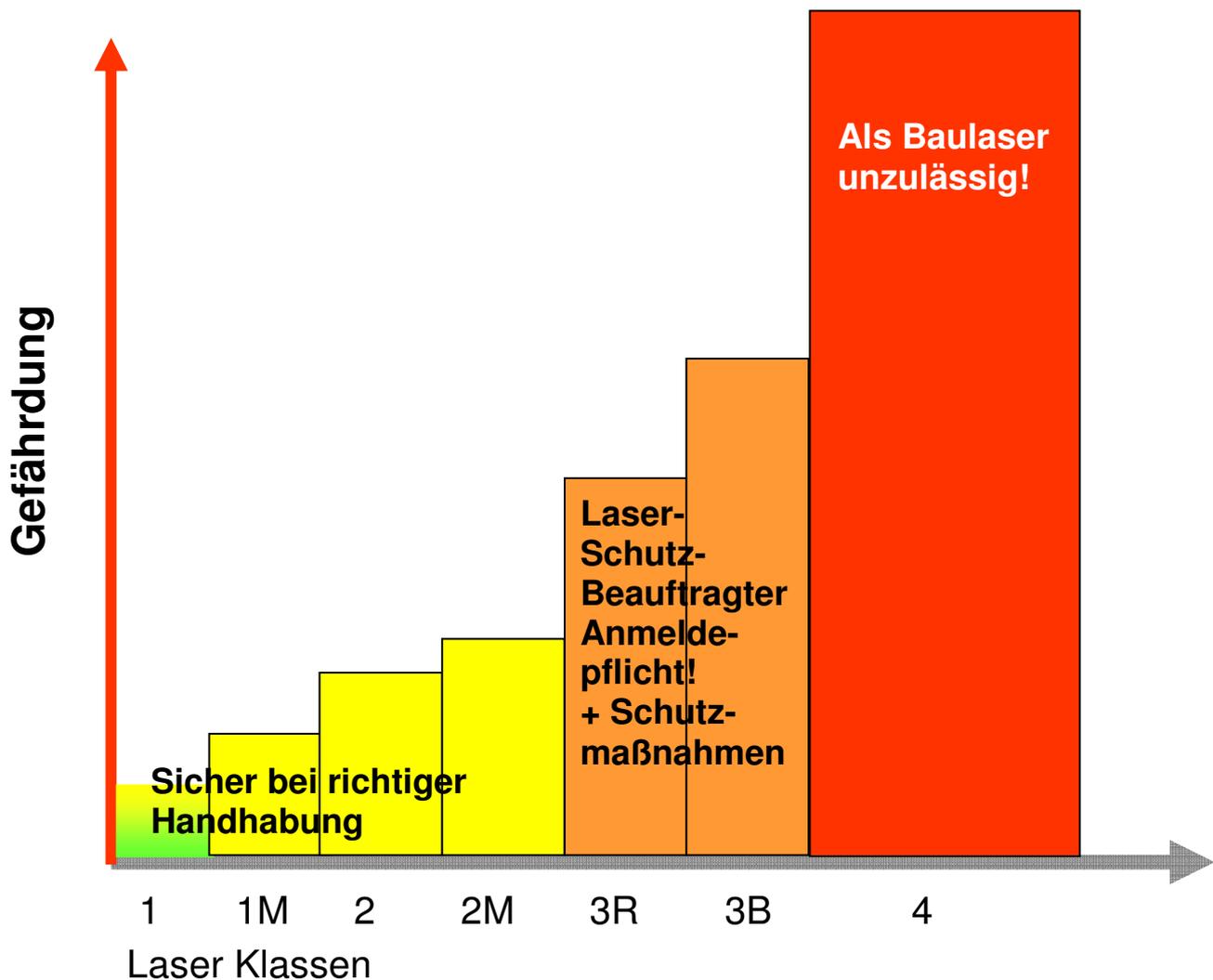


Abbildung 2: Abhängigkeit der Gefährdung von den Laserklassen

Klasse 1: Die zugängliche Laserstrahlung ist unter vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen bezüglich der Augenschädigung ungefährlich. Diese Laser verursachen auch bei längerer Bestrahlung keine Schäden am Auge, selbst dann nicht, wenn optische Instrumente (Lupen, Linsen, Teleskope) in den Strahlengang gehalten werden. Der Grenzwert zulässiger Strahlung (GZS) im sichtbaren Bereich ist wellenlängenabhängig und beträgt bis 39 μW im blauen bis 390 μW im roten Wellenlängenbereich. Beispiele für Laser der Klasse 1 sind gekapselte Laser, z. B. in CD-Playern, Laserdruckern und Scannern (siehe Abbildung 3).

Der Laserstrahl kann sichtbar und auch unsichtbar sein!

Merke: Klasse 1 Blendung und damit die Folge von Sekundärunfällen ist möglich!

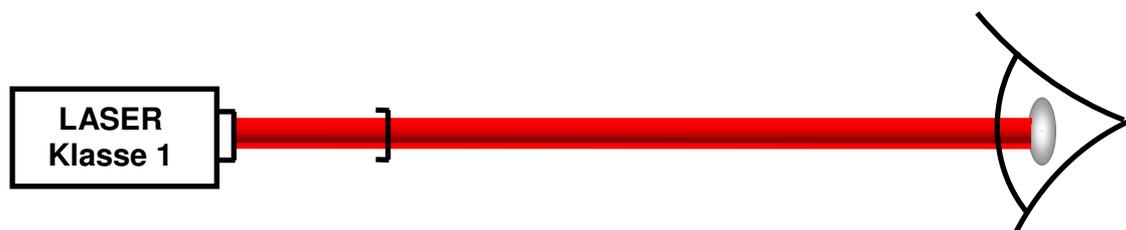


Abbildung 3: Klasse 1 mit zugänglichem Strahl

Anmerkung: Der ganze Strahl erfüllt die Bedingungen der Klasse 1, ein Blick in den Strahl eines Klasse 1 – Lasers führt für die Zeit bis 100 s nicht zu einem bleibenden Schaden.

Klasse 1M: Laser der Klasse 1M senden einen zugänglichen Strahl im Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 4000 nm (sichtbare und unsichtbare Strahlung) aus, der entweder divergent (auseinander strebend) verläuft oder aufgeweitet ist. Diese Laserstrahlung ist für das Auge ungefährlich, solange der Strahlquerschnitt nicht durch optische Instrumente verkleinert wird. Dadurch unterscheidet sich ein Laser der Klasse 1M von einem Laser der Klasse 1. Strichcode-Lesegeräte, wie sie an der Supermarktkasse eingesetzt werden, sind Beispiele für Klasse 1M.

Klasse 2: Die zugängliche Laserstrahlung liegt im sichtbaren Wellenlängenbereich. Sie ist bei kurzzeitiger Bestrahlungsdauer (bis 0,25 s) für das Auge ungefährlich. Dies gilt auch, wenn sich ein optisches Instrument im Strahlengang befindet, z. B. ein optisches Nivelliergerät. Zusätzliche Strahlungsanteile außerhalb des sichtbaren Wellenlängenbereichs von 400 nm bis 700 nm erfüllen die Bedingungen für die Klasse 1. Beispiele für Dauerstrichlaser der Klasse 2 sind Messlaser, die in der Landvermessung eingesetzt werden, Laserwasserwaagen (Abbildung 4), Lichtschranken und Laserpointer.

Klasse 2M: Laser der Klasse 2M senden einen zugänglichen Strahl im sichtbaren Wellenlängenbereich aus, der entweder divergent verläuft oder aufgeweitet (im Strahldurchmesser größer als 7 mm) ist. Sofern keine optischen Instrumente verwendet werden, die den Strahlenquerschnitt verkleinern, besteht bei den Lasern der Klasse 2M eine vergleichbare Gefährdung wie bei den Lasern der Klasse 2; bei einer Bestrahlungsdauer bis 0,25 s sind sie dann für das Auge ungefährlich. Zusätzliche Strahlungsanteile außerhalb des Wellenlängenbereiches von 400 nm bis 700 nm erfüllen die Bedingungen für die Klasse 1M.

Klasse 3R: Die zugängliche Laserstrahlung liegt im Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 10^6 nm und ist **gefährlich** für das Auge. Für Dauerstrichlaser der Klasse 3R beträgt der GZS 5 mW im sichtbaren Wellenlängenbereich und das Fünffache des GZS der Klasse 1 für andere Wellenlängen. Beispiele für Laser der Klasse 3 R sind Ziellaser für militärische Zwecke und Linien- oder Rotationslaser für Vermessungs- und Nivellierarbeiten (Abbildung 6 und 7).

Merke: Bei Anwendung von 3R-Lasern ist unbedingt die Anmeldung des Lasers und die Bestellung des Laserschutzbeauftragten zwingend erforderlich. Siehe: Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ BGV B2 und OStrV (Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 2006/25/EG zum Schutz der Arbeitnehmer vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung und zur Änderung von Arbeitsschutzverordnungen). Vor der ersten Inbetriebnahme ist eine Betriebsanweisung zu erstellen!

Klasse 3B: Die zugängliche Laserstrahlung ist gefährlich für das Auge, häufig auch für die Haut. Laser der Klasse 3B sind typischerweise Dauerstrichlaser mit einem GZS von 5 mW bis 500 mW. Beispiele für Laser der Klasse 3B sind Show- und Disco-Laser sowie Laser für kosmetische Anwendungen.

Merke: Bei Anwendung von 3B-Lasern ist unbedingt die Anmeldung des Lasers und die Bestellung des Laserschutzbeauftragten zwingend erforderlich. Siehe: Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ BGV B2 und OStrV. Vor der ersten Inbetriebnahme ist eine Betriebsanweisung zu erstellen!

Klasse 4: Die zugängliche Laserstrahlung ist sehr gefährlich für das Auge und gefährlich für die Haut.

Merke: Bei Anwendung von Lasern der Klasse 4 ist unbedingt die Anmeldung des Lasers und die Bestellung des Laserschutzbeauftragten zwingend

erforderlich. Siehe: Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ BGV B2 und OStrV. Vor der ersten Inbetriebnahme ist eine Betriebsanweisung zu erstellen!

4. Schutzmaßnahmen

Auf Grund der biologischen Wirkungen der Laserstrahlung sind Gefährdungen nicht auszuschließen. Die notwendigen Schutzmaßnahmen hängen sowohl von der Klasse der Laser-Einrichtung als auch von der Anwendung ab. Vorrang haben technische und organisatorische Maßnahmen, weil sie Gefährdungen für Nutzer und Unbeteiligte von vornherein vermeiden können. Reichen diese nicht aus, so sind personenbezogene Schutzmaßnahmen zu treffen.

Merke: Verantwortlich für die Einhaltung der Schutzmaßnahmen ist grundsätzlich der Betreiber der Lasereinrichtung!

Technische Maßnahmen bestehen etwa aus

- Auswahl eines Lasers mit niedriger Klasse (z.B. Klasse 1),
- Abschirmung des Laserbereichs,
- einer regelbaren Beleuchtung, z. B. bei Justierarbeiten
- Betriebsanzeigen an den Zugängen.

Organisatorische Maßnahmen beinhalten z. B.

- die Unterweisung der Mitarbeiter,
- die Benennung eines Laserschutzbeauftragten,
- die Reglementierung des Zugangs zum Laserbereich.

Personenbezogene Maßnahmen sind

- Laser-Schutzbrillen,
- Laser-Justierbrillen (siehe BGI 5092).

5. Verhaltensregeln beim Umgang mit Baulasern

Gerade bei Justierarbeiten ist die Wahrscheinlichkeit eines direkten Blicks in den Laserstrahl hoch. Deshalb ist hier die Beachtung der folgenden grundsätzlichen Regeln für die Gesundheit besonders wichtig:

- Niemals den Laser auf andere Personen richten!
- Niemals absichtlich in den direkten Strahl blicken!
- Falls Laserstrahlung ins Auge trifft: Augen bewusst schließen, den Kopf sofort aus dem Strahl bewegen!
- Laser der Klassen 1M und 2M nur ohne optische Instrumente zur Betrachtung der Strahlungsquelle verwenden!

Personen, die sich im Bereich von Laserstrahlung aufhalten, müssen durch technische, bauliche oder organisatorische Maßnahmen geschützt sein. Können die Grenzwerte auf diese Weise nicht eingehalten werden, müssen die Betreiber eine geeignete persönliche Schutzausrüstung wie Laser-Schutzbrille, Schutzhandschuhe und Schutzkleidung zur Verfügung stellen.

6. Anwendungsbeispiele



Abbildung 4: Einsatz einer Laserwasserwaage



Abbildung 5: Laser zum Einmessen



Abbildung 6: Linienlaser beim horizontalen Ausmessen mit einem Receiver

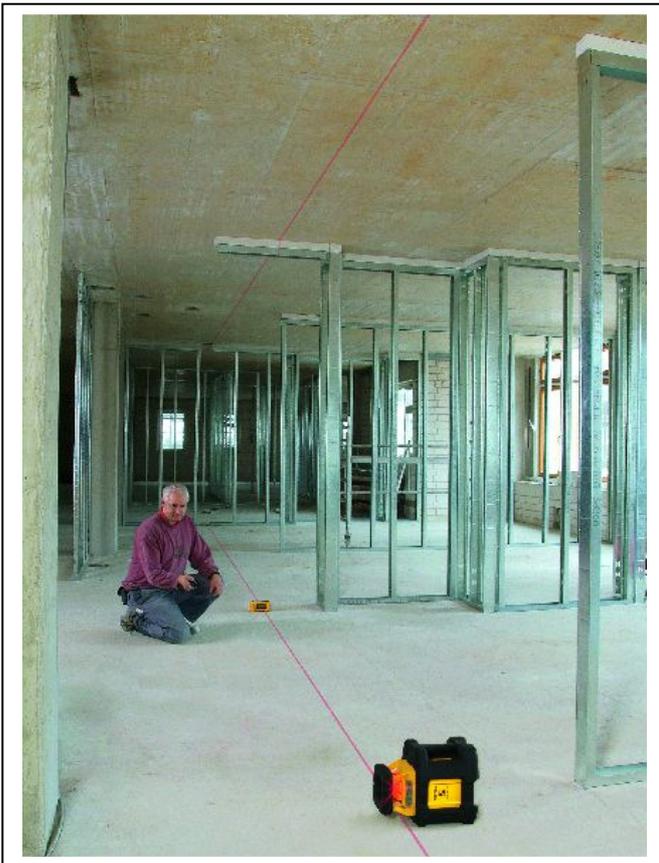


Abbildung 7: Rotationslaser im Vertikalbetrieb zum Fluchten von z. B. Wänden

Anhang 1

Checkliste für das Beschaffen eines Kleinlasers mit zugänglichem Strahl

Wenn Sie eine Frage mit **X** >>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



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 (ab Klasse 2, 2M, 3R und 3B)?

ja nein



Laserwarnzeichen

3 Ist es ein Laser der Klasse 3R oder 3B?

Wenn ja: Anmeldepflicht beachten und Laserschutzbeauftragten schriftlich bestellen!

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

Laserdaten EN 60825-1:05-2008	
Lasermedium	He-Ne
Wellenlänge	633 nm
Emissionsdauer	CW
Strahlungsleistung	1mW
Strahlungsenergie	-

Laserdatenschild

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**

Konformitätserklärung

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

* 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 : Lichtwahrnehmung

Aufgrund der spektralen Empfindlichkeit der Sehzellen bei verschiedenen Wellenlängen wird sichtbare optische Strahlung (Licht) unterschiedlich wahrgenommen: Lasergeräte mit grünem Licht erzeugen subjektiv einen als wesentlich heller empfundenen Lichteindruck als andere Geräte, weil ihre Wellenlänge (532 nm) nahe des Maximums der spektralen Empfindlichkeit des Auges liegt (555 nm). Um den gleichen Helligkeitseindruck zu erzielen, muss ein roter Laserpointer (670 nm) bereits mehr als die zwanzigfache Strahlungsleistung aufwenden. Bereits bei orangeroten Laserpointern (635 nm) lässt sich ein sieben mal größerer Helligkeitseindruck erreichen als bei rotem Licht.

Die nachstehende Tabelle 1 zeigt, welche Laserleistungen bei den verschiedenen Wellenlängen erforderlich sind, um mit dem jeweiligen Laser den gleichen Helligkeitseindruck zu erzielen.

Tabelle 1: Erforderliche Laserleistungswerte für gleichen Helligkeitseindruck, bezogen auf 1 mW bei 670 nm

Wellenlänge nm	Laserleistung mW
670	1
655	0,39
635	0,15
532	0,036

Bei grünem Licht reicht bereits eine Sendeleistung von 0,036 mW für eine gute Verwendbarkeit aus. Tabelle 2 zeigt, dass ab 670 nm nur ein Laser der Klasse 2 mit 1 mW ausreicht, um gleich hell empfunden zu werden.

Tabelle 2: Erforderliche Laserleistungen gleicher Helligkeitsempfindung, bezogen auf einen Klasse-1-Laser mit 0,24 mW bei 532 nm

Farbe der Laserstrahlung	Wellenlänge nm	Laserleistung mW	Gefährdung und Klasse
grün	532	0,24	1
orange	635	1	2
rot	655	2,66	3R
tiefrot	670	6,8	3B

Bei 655 nm wäre bereits ein Laser nahe der Obergrenze der Gefahrenklasse 3R und bei 670 nm wäre sogar ein Klasse-3B-Laser erforderlich!

Anhang 3: Literatur

OStrV -Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung (Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung)

BGV B2: Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“

BGI 5092: Auswahl und Benutzung von Laser-Schutzbrillen und Laser-Justierbrillen

**DIN EN 60825-1: Sicherheit von Lasereinrichtungen
Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen**

**Technische Spezifikation
zu Lasern als bzw. in Verbraucherprodukte(n) (BAUA Dortmund)**

**Blendung durch optische Strahlungsquellen
Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2008**