



LASERSTRAHLUNG

Eine Handlungshilfe für die
Gefährdungsbeurteilung



Warnung vor Laserstrahl



Augenschutz benutzen

Quelle: Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A1.3 „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“

Es sind stets Personen männlichen und weiblichen Geschlechts gleichermaßen gemeint;
aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit wird im Folgenden nur die männliche Form verwendet.

Künstliche optische Strahlung

Handlungshilfe zu den Technischen Regeln
„TROS Laserstrahlung“

Inhalt

- 04 | TROS Laserstrahlung
- 05 | Anwendungsbereich
- 06 | Funktionsweise eines Lasers
- 07 | Eigenschaften von Lasern
- 10 | Wirkmechanismen
- 14 | Laserklassen
- 20 | Sicheres Laserprodukt auf der Grundlage des ProdSG
und der Niederspannungsverordnung
- 22 | Gefährdungsbeurteilung und Fachkundige Person
- 26 | Laserschutzbeauftragter

Praxishilfen und Informationen

- 29 | Gefährdungsbeurteilung
- 31 | Betriebsanweisung
- 32 | Sonderfall Laserpointer
- 33 | Stichprobenartige Messergebnisse von Laserprodukten
- 34 | Bauliche und konstruktive Schutzmaßnahmen beim Betrieb von Lasern
- 35 | Organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen beim Betrieb
von Lasereinrichtungen
- 36 | Arbeitsmedizinische Vorsorge
- 37 | Persönliche Schutzausrüstung (PSA)
- 46 | Beispiele zur Kennzeichnung der Laserklassen
- 48 | Anwendungsbeispiele
- 50 | Formulare
Laser-Schutzbrillen, -Justierbrillen und Schutzfilter
- 56 | Begriffsbestimmungen und Erläuterungen
- 58 | Kooperationspartner



TROS Laserstrahlung

Diese Handlungshilfe unterstützt Arbeitgeber bei der Umsetzung der Technischen Regeln „TROS Laserstrahlung“ zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung - OStrV.

Die „TROS Laserstrahlung“ konkretisieren die Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung - OStrV. Bei Einhaltung der Technischen Regeln kann der Arbeitgeber insoweit davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der OStrV erfüllt sind (sogenannte Vermutungswirkung).

In dieser Handlungshilfe zu den „TROS Laserstrahlung“ wird nur auf ihre wesentlichen Inhalte eingegangen. Eine allgemeine Vorgehensweise zur Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung ist der ersten Handlungshilfe „Künstliche Optische Strahlung – eine Handlungshilfe für die Gefährdungsbeurteilung“ des Amtes für Arbeitsschutz Hamburg zu entnehmen.

Als zusätzliches Angebot wird im Anhang dieser Handlungshilfe die Benutzung eines elektronischen Programmes zur Erstellung der individuellen arbeitsplatzbezogenen Gefährdungsbeurteilung beschrieben.

Die Umsetzung der Anforderungen zur Prüfung der Arbeitsmittel gemäß Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) durch zur Prüfung befähigte Personen bleibt davon unberührt.



Die TROS Laserstrahlung setzt sich aus folgenden Teilen zusammen:

TROS Laserstrahlung Teil	Allgemeines
TROS Laserstrahlung Teil 1:	Beurteilung der Gefährdung durch Laserstrahlung
TROS Laserstrahlung Teil 2:	Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber Laserstrahlung
TROS Laserstrahlung Teil 3:	Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch Laserstrahlung



Anwendungsbereich

Laser werden insbesondere in der Materialbearbeitung, in der Mess- und Prüftechnik, in der Analytik, im Bauwesen, in der Informations- und Kommunikationstechnik, in der medizinischen Diagnostik und Therapie sowie bei Shows und sonstigen Vorführungen in Theatern eingesetzt.

Kategorie	Anwendungsbeispiel
Materialbearbeitung	Schneiden, Schweißen, Lasermarkierung, Bohren, Fotolithographie, schnelle Fertigung, 2- bzw. 3-D-Drucker, UKP- Laser
Optische Messverfahren	Geschwindigkeits- und Distanzmessung, Fernmessung atmosphärischer Parameter (LIDAR), Landvermessung, Laser-Schwingungsmessung, elektronische Specklemuster Interferometrie (ESPI), Glasfaser-Hydrophone, Hochgeschwindigkeitskinematographie, Partikelgrößenanalyse
Medizinische Anwendungen	Augenheilkunde, refraktive Chirurgie, fotodynamische Therapie, Dermatologie, Laserskalpell, Gefäßchirurgie, Zahnheilkunde, medizinische Diagnostik, UKP-Laser
Kommunikation	Informationsübertragung über Fasern, über den Freiraum, über Satelliten
Optische Informationsspeicher	CD/DVD, Laser-Drucker
Spektroskopie	Identifikation von Stoffen
Holographie	Unterhaltung, Informationsspeicher
Unterhaltung	Laser-Show, Laserpointer

Tabelle 1: Laseranwendungen, Anhang in Anlehnung an TROS Laserstrahlung Teil Allgemeines



Funktionsweise eines Lasers

Das Wort Laser kürzt mit den Anfangsbuchstaben die englische Bezeichnung Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation ab. Es bedeutet: „Lichtverstärkung durch stimulierte Emission von Strahlung“.

Beschrieben wird ein physikalischer Vorgang, der zur Erzeugung von Laserstrahlung führt. Laserstrahlung ist also jede elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen im Bereich zwischen 100* nm bis 1 mm, die durch kontrollierte stimulierte Emission entsteht. * in DIN EN 60825-1 ab 180 nm

Zuerst werden Atome oder Moleküle eines Lasermaterials („aktives Medium“) durch Energiezufuhr angeregt. Diesen Vorgang bezeichnet man als „Pumpen“. Als aktives Medium können Gase, Flüssigkeiten oder Festkörper verwendet werden.

Die Energiezufuhr kann je nach aktivem Medium durch:

- elektrische Gasentladungen, Blitzlampen,
- eine angelegte Spannung oder einen
- Laserstrahl eines anderen Lasers

erfolgen.

Die angeregten Atome oder Moleküle geben Lichtteilchen (Photonen) ab und kehren dabei wieder in den nicht angeregten Zustand zurück.

Treffen diese Photonen auf andere Atome oder Moleküle im angeregten Zustand, so können diese mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit ebenfalls Photonen abgeben, die mit den aufgetroffenen Photonen in Frequenz, Phase und Richtung übereinstimmen. Dieser als „stimulierte Emission“ bezeichnete Vorgang läuft in einem optischen Resonator ab. Solch ein Resonator ist z. B. ein Rohr, an dessen beiden Enden je ein Spiegel die Strahlung reflektiert. Diese durchläuft so mehrmals das aktive Medium und regt bei jedem Durchgang weitere Atome oder Moleküle zur Abgabe von Photonen an. Einer der beiden Spiegel ist teildurchlässig (Ausgangsspiegel), sodass ein Teil der Strahlung ausgekoppelt werden kann.

Laserstrahlung kann technisch in den Wellenlängenbereichen der optischen Strahlung zwischen 100 nm bis 1 mm (Übersicht Wellenlängen) realisiert werden: Dies umfasst den/die

- ultravioletten Bereich (UV-Bereich)
- sichtbare optische Strahlung (Licht)
- Infrarotbereich (IR-Bereich).

Wird Strahlung mit Wellenlängen unterhalb von 100 nm, d. h. im Röntgenbereich erzeugt, fällt sie aufgrund der größeren Photonenenergie in den Regelungsbereich der ionisierenden Strahlung.

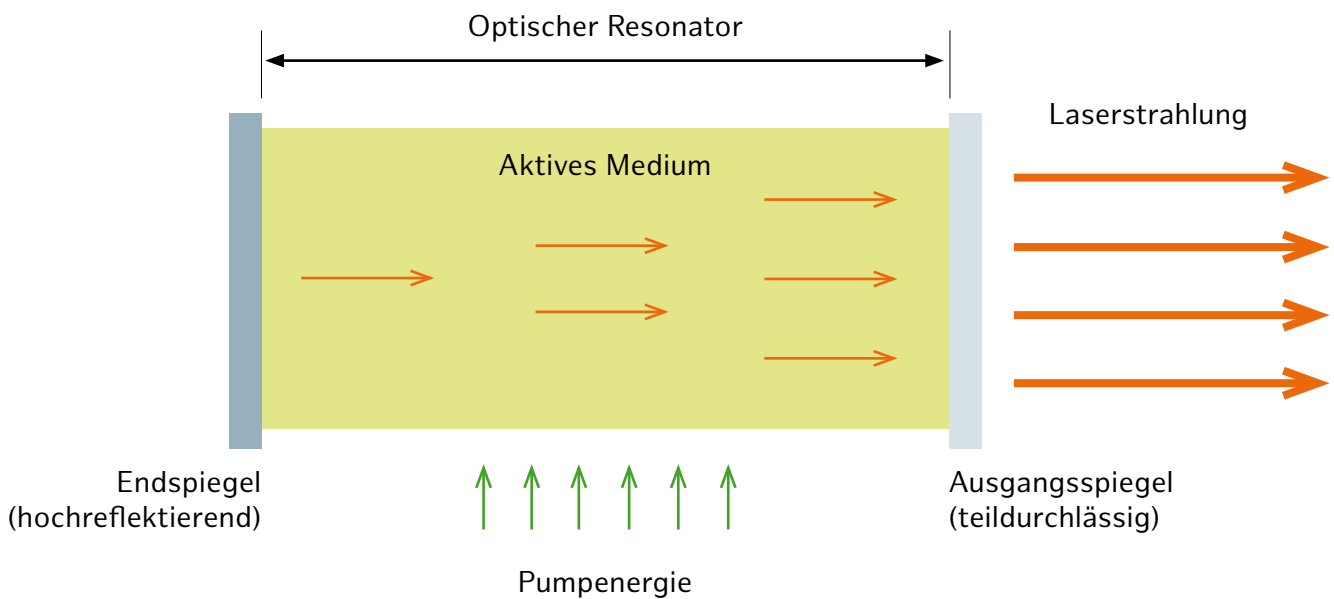


Abb.1: Das Prinzip eines Lasers, Anhang TROS Laserstrahlung Teil Allgemeines



Eigenschaften von Lasern

Die Laserstrahlung unterscheidet sich von der Strahlung anderer künstlicher Strahlungsquellen, wie z. B. Glühlampen oder Licht emittierenden Dioden (LED), im Wesentlichen durch die folgenden Eigenschaften:

Kohärenz:

zeitlich und räumlich feste Phasenbeziehung der Wellen

Monochromasie:

die Laserstrahlung weist theoretisch exakt eine Wellenlänge auf („Einfarbigkeit“, Schmalbandigkeit)

Parallelität:

der Laserstrahl weist eine äußerst geringe Divergenz auf (typische Strahldivergenz = 0,001 rad = 1 mrad = 1 mm/1 m) und

hohe Bestrahlungsstärke:

die Kombination dieser drei Eigenschaften führt dazu, dass ein Laserstrahl besser fokussiert werden kann, als die Strahlung konventioneller optischer Strahlungsquellen.

Je nach verwendetem aktivem Medium unterscheidet man verschiedene Lasertypen:

Gas-, Festkörper-, Flüssigkeits- bzw. Farbstofflaser, Halbleiterlaser

Laserarten und Wellenlänge

Lasermedium		Wellenlänge in μm	Dauerstrich- betrieb Typische Ausgangsleistung in Watt	Impulsbetrieb Typische Ausgangsenergie in Joule	Anwendungs- beispiele
Stickstoff (N_2)		0,3371		$0,12 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-3}$	optisches Pumpen von Farbstofflasern
Edelgas- Halogenid (Excimer)	ArF	0,1931		0,1 - 1	Materialbearbeitung, Spektroskopie, Medizin, optisches Pumpen von Farbstofflasern
	KrF	0,2484			
	XeCl	0,308			
	XeF	0,351			
Helium-Neon (He:Ne)		dominant bei: 0,6328 weitere Linie: 0,543	$0,5 \cdot 10^{-3} - 0,1$		Messtechnik, Justieren, Holografie
Argon (Ar+)		Linien von 0,3511 bis 0,5287	0,5 - 40		Holografie, Messtechnik, Spektroskopie, Medizin, optisches Pumpen von Farbstofflasern
Krypton (Kr+)		Linien von 0,324 bis 0,858	0,5 - 12		Spektroskopie, Fotolithographie, Pumpen von Farbstofflasern, Medizin
Kohlendioxid (CO_2)		10,6	$1 \cdot 10^2 - 50 \cdot 10^3$	$1 - 2 \cdot 10^3$	Materialbearbeitung, LiDAR, Medizin, Spektroskopie
Alexandrit		0,755		0,1 - 1	Medizin
Diodenlaser (allgemein)		0,25 bis 30,0	bis $50 \cdot 10^3$		Materialbearbeitung, Messung
Farbstoffe (allgemein)		0,31 bis 1,28	0,1-3	$2,5 \cdot 10^{-3} - 5$	Materialbearbeitung, Medizin, Spektroskopie
Nd:YAG		1,320; 1,064	$1 - 1 \cdot 10^3$	0,05 - 10	Materialbearbeitung, Medizin

Tabelle 2: Beispiele Festkörper-, Gas-, Halbleiter-, Flüssigkeits- und Farbstofflaser mit ihren typischen Kennwerten und Anwendungsgebieten (siehe auch Anhang TROS Laserstrahlung Teil Allgemeines)

Bei bestimmten Laseranwendungen entstehen auch inkohärente Strahlungsanteile bzw. liegen solche vor. Dazu gehören u. a. folgende Anwendungen, bzw. Laser:

- Materialbearbeitung mit Lasern (z. B. Laserschweißen mit Hochleistungslasern)
- Prozessstrahlung bei der Materialbearbeitung
- bei der Plasmabildung
- bei CO₂-Lasern
- Laser, z. B. Gaslaser (Excimer-Laser), mit der Hauptwellenlänge im UV-Bereich.

Beim Aufenthalt in der Nähe von Materialbearbeitungslasern oder bei der Instandsetzung an diesen kann in der Regel davon ausgegangen werden, dass die Expositionsgrenzwerte (EGW) für inkohärente optische Strahlung nach kurzer Zeit (ohne Berücksichtigung der persönlichen Schutzausrüstung) überschritten werden. Es sei denn der Hersteller trifft Maßnahmen, welche die Einhaltung der EGW gewährleisten, z. B. bei CO₂-Lasern werden häufig inkohärente UV-Quellen bei der Vorionisierung eingesetzt. Hier können ebenfalls die Expositionsgrenzwerte nach weniger als 20 Minuten überschritten werden.

Werden Laser in der Materialbearbeitung mit der Hauptwellenlänge im UV-Bereich eingesetzt, so treten neben der kohärenten auch inkohärente Anteile auf (hervorgerufen durch Streuung und Reflexion), die zur Überschreitung der EGW führen können.

Abb. 2: CNC Laser, Quelle: sorapolujjin/stock-adobe.com





Wirkmechanismen

Der Grad der Wirkung der Laserstrahlung auf biologisches Gewebe wird durch die optischen Eigenschaften des Gewebes bestimmt. Dazu zählen beispielsweise Absorption, Streuung und Reflexion (Begriffsbestimmungen siehe TROS Laserstrahlung Teil Allgemeines).

Aber auch die physikalischen Eigenschaften der Laserstrahlung, wie Bestrahlungsstärke, Impulswiederholfrequenz, Wellenlänge und Dauer bestimmen ihre Wirkung.



Wirkung auf biologisches Gewebe

Optische Strahlung

dringt in menschliches Gewebe nur oberflächlich ein, die inneren Organe werden nicht erreicht. Deswegen ist die Wirkung optischer Strahlung auf die Augen und die Haut begrenzt.

Hochenergetische Laser zur Materialbearbeitung

können jedoch in kurzer Zeit die Haut und die darunterliegenden Gewebestrukturen durch Abtragung durchdringen. Die inkohärente Strahlung aus konventionellen optischen Strahlungsquellen und die kohärente Strahlung (Laserstrahlung) unterscheiden sich dabei grundsätzlich nicht in ihren Wirkungen.

Art und Schwere einer Schädigung sind abhängig von:

- der Bestrahlungsstärke (durch starke Bündelung der Laserstrahlung können hohe Bestrahlungsstärken erreicht werden)
- der Bestrahlungsdauer
- der bestrahlten Fläche und
- den optischen Eigenschaften des Gewebes (hier vor allem von seinem Absorptionsvermögen).

Die Absorption ist wiederum von der Wellenlänge abhängig. Sie wird bestimmt durch die unterschiedlichen optischen Eigenschaften der Gewebebestandteile.

Auge:

Während kurzwellige UV-Strahlung und langwellige IR-Strahlung bereits an der Hornhaut absorbiert werden, dringt Strahlung in den Spektralbereichen der sichtbaren Strahlung und der IR-A-Strahlung bis zur Netzhaut.

Durch die hohe Bündelung der Laserstrahlung besteht für das Auge nicht nur ein höheres Gefährdungspotenzial, die Gefährdung bleibt auch über große Entfernungen bestehen. Durch den Linseneffekt kann die Leistungsdichte der Laserstrahlung auf der Netzhaut bis zu 400.000-fach verstärkt werden. Trifft der Laserstrahl direkt auf den „blinden Fleck“ (Verbindung zwischen Netzhaut und Sehnerv), kann dies von einer Sehvermögensschädigung bis zur Blindheit führen. Deshalb ist der Augenschutz von immenser Bedeutung.

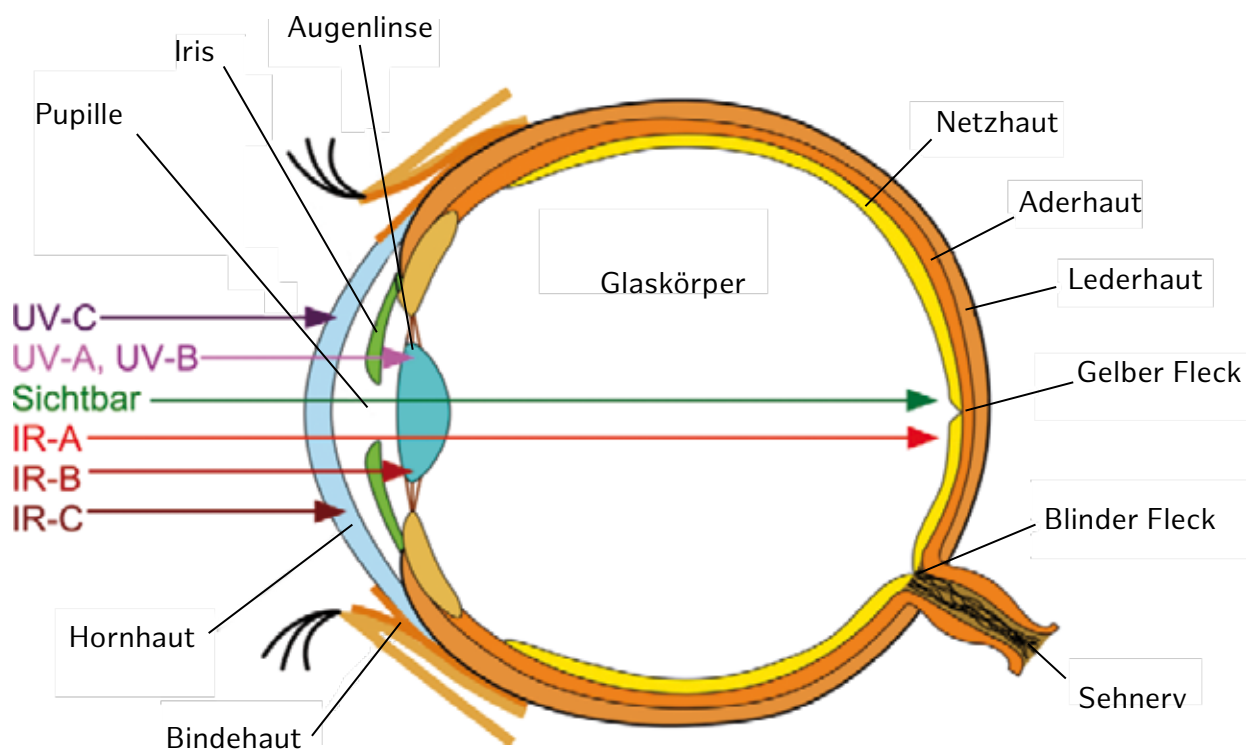


Abb. 3: Eindringvermögen verschiedener Wellenlängen in das Auge (Quelle: Anhang 3 TROS Laserstrahlung Teil Allgemeines)

Haut:

Die Eindringtiefe der optischen Strahlung hängt auch bei der Haut von der Wellenlänge ab. Dementsprechend sind die Hautschichten unterschiedlich stark betroffen. Ein Großteil der optischen Strahlung im UV-Spektralbereich wird von der Oberhaut absorbiert, wobei die Strahlung im langwelligen UV-A-Spektralbereich deutlich tiefer eindringt. Die Strahlung im IR-A-Spektralbereich kann sehr tief in die Haut eindringen, während langwellige IR-B- und IR-C-Strahlung bereits in der Oberhaut absorbiert wird.

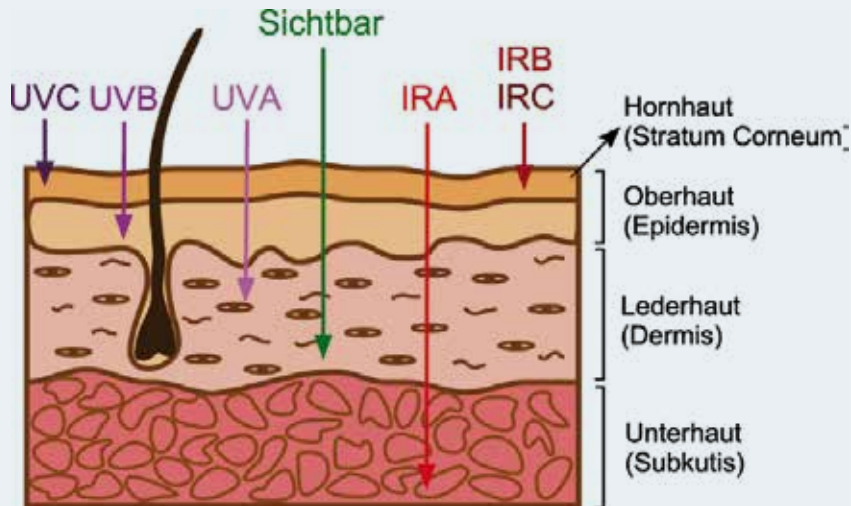


Abb.4: Eindringvermögen verschiedener Wellenlängen in die Haut, (Quelle: Anhang 3 TROS Laserstrahlung Teil Allgemeines)

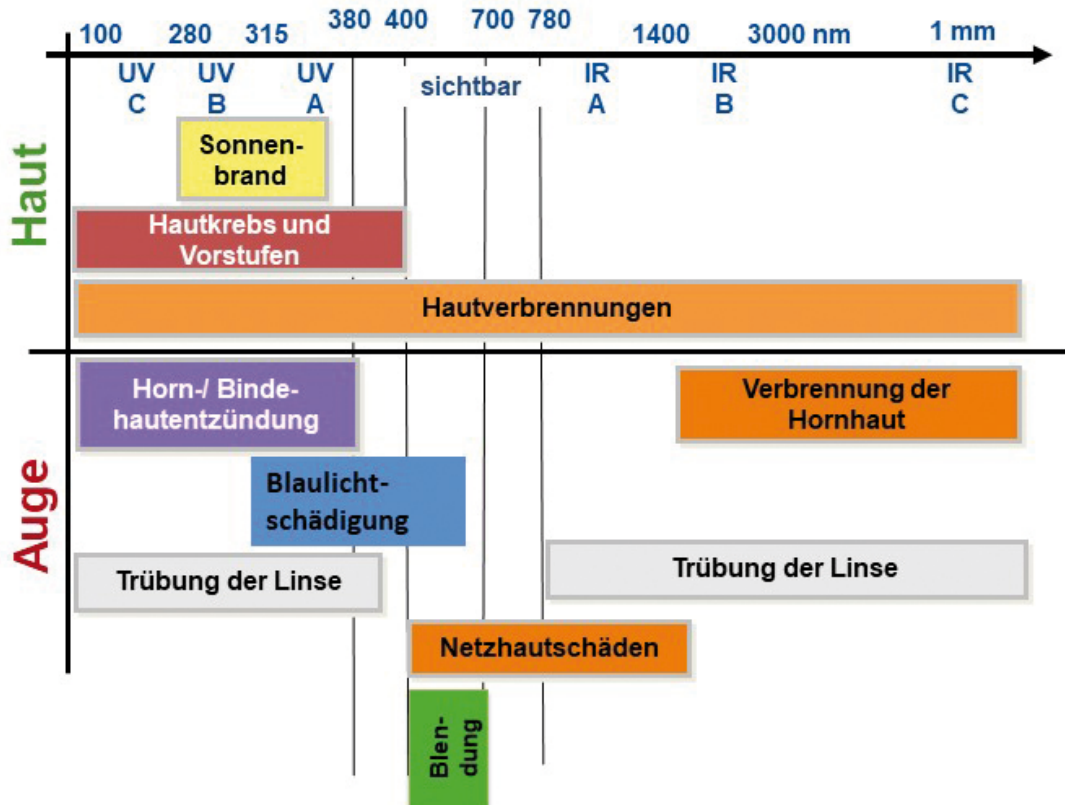


Abb. 5: Übersicht über die biologischen Wirkungen; Quelle: BG ETEM

Einige Auswirkungen von künstlicher optischer Strahlung auf Auge und Haut

Wellenlängenbereich	Auge	Haut
UV-C (100 nm – 280 nm)	Bindehautentzündung Hornhautentzündung	Hautrötung Verbrennung der Haut Hautkrebs
UV-B (280 nm – 315 nm)	Bindehautentzündung Hornhautentzündung Trübung der Augenlinse	Verstärkte Pigmentierung (Spätpigmentierung) Beschleunigte Prozesse der Hautalterung Hautrötung Verbrennung der Haut Hautkrebs
UV-A (315 nm – 400 nm)	Trübung der Augenlinse	Bräunung (Spätpigmentierung) Beschleunigte Prozesse der Hautalterung Verbrennung der Haut Hautkrebs
Sichtbare Strahlung VIS (380 nm – 780 nm);	Blaulichtschädigung (photochemisch)	Photosensitive Reaktionen (lichtempfindlich)
Laserstrahlung 400 nm – 700 nm	Schädigung der Netzhaut (photothermisch)	Thermische Schädigung der Haut
IR-A (780 nm – 1400 nm)	Trübung der Augenlinse Thermische Schädigung der Netzhaut	Thermische Schädigung der Haut
IR-B (1400 nm – 3000 nm)	Trübung der Augenlinse Thermische Schädigung der Hornhaut	Thermische Schädigung der Haut
IR-C (3000 nm – 1 mm)	Thermische Schädigung der Hornhaut	Thermische Schädigung der Haut

Tabelle 3: Schädigungsmöglichkeiten in Anlehnung an TROS Laserstrahlung Teil Allgemeines



Laserklassen

Folgende Erläuterungen zu den Laserklassen gemäß DIN EN 60825-1:2008-05 und Ergänzungen zur früheren Laserklasse 3A sind zu beachten:

Allgemeines

Für Lasereinrichtungen besteht die Verpflichtung einer Klassifizierung nach der Lasernorm DIN EN 60825-1:2008-05. Die Laser werden in dieser Norm entsprechend ihrer Gefährlichkeit für den Menschen in Laserklassen eingeteilt. Die Zuordnung zu einer bestimmten Laserklasse soll für die Anwender die mögliche Gefährdung sofort ersichtlich machen und auf geeignete Schutzmaßnahmen hinweisen. Das Potenzial der Gefährdung steigt mit steigender Laserklasse: Je höher ein Laser klassifiziert ist, desto größer ist die Gefahr, die von ihm ausgehen kann. Für die Zuordnung eines Lasers zu einer bestimmten Laserklasse ist der Hersteller verantwortlich.

In der internationalen Lasernorm IEC 60825-1 aus dem Jahr 2001, die unverändert in die europäische Norm EN 60825-1 und damit auch in die nationale deutsche Norm DIN EN 60825-1:2001-11 übernommen wurde, sind die damaligen Laserklassen 1, 2, 3A, 3B und 4 neu geordnet worden. Die derzeitige Einteilung sieht acht Laserklassen vor – 1, 1C, 1M, 2, 2M, 3R, 3B und 4. Es wurden vier neue Laserklassen (1C, 1M, 2M und 3R) eingeführt, die Laserklasse 3A entfiel. In der Norm sind die Definitionen für die einzelnen Laserklassen zu finden. Allerdings kann man aus diesen formalen Definitionen nur unzureichende Erkenntnisse für eine Gefährdungsbeurteilung entnehmen. Eine Pflicht zur Neuklassifizierung vorhandener Lasereinrichtungen nach den neu eingeführten Laserklassen besteht nicht.

Die deutsche Ausgabe der IEC 60825-1:2014, die DIN EN 60825-1:2015-07 ersetzt die bisherige DIN EN 60825-1:2008-05. Die aktuell gültige Norm enthält neue Maximal Zulässige Bestrahlungs- (MZB-) Werte, die auf Basis der überarbeiteten ICNIRP-Empfehlungen für Expositionsgrenzwerte (2013) entwickelt wurden. Die in der EU-Richtlinie 2006/25/EG aufgeführten und gesetzlich bindenden Expositionsgrenzwerte stimmen mit den neuen MZB-Werten nach DIN EN 60825-1:2015-07 nicht überall überein. Dies kann z. B. dazu führen, dass bei Lasern der Laserklasse 1 (gemäß DIN EN 60825-1:2015-07) die Expositionsgrenzwerte für gepulste Laserstrahlung oder für Laserstrahlung im Bereich zwischen $1200 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1400 \text{ nm}$ um Größenordnungen überschritten werden. Bei Verwendung von Lasern, die so klassifiziert wurden, und bei denen die Expositionsgrenzwerte überschritten werden, müssen Schutzmaßnahmen wie bei den Laserklassen 3R bzw. 3B getroffen werden.

Weiterhin wurde eine neue Laserklasse 1C eingeführt. Das C bedeutet contact, d. h. durch technische Maßnahmen (geeignete Sensoren) ist die Sicherheit zu gewährleisten. Erst bei Kontakt mit der Hautoberfläche kann dieser Laser emittieren. Der Einsatz liegt im kosmetischen und medizinischen Bereich. Dabei werden Laser hoher Leistung (bis zu Klasse 4) zur Haarentfernung, Entfernung von Tattoos und bei Hautveränderungen verwendet.

Laserklasse 1

Die zugängliche Laserstrahlung ist unter vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen, d. h. beim bestimmungsgemäßen Betrieb, ungefährlich. Lasereinrichtungen der Klasse 1 sind auch sicher, wenn eine Bestrahlung unter Benutzung optischer Instrumente, wie z. B. Ferngläsern, stattfindet. Jedoch können bei Lasereinrichtungen der Klasse 1, die im sichtbaren Spektralbereich emittieren, z. B. Blendung, Beeinträchtigung des Farbsehens und Irritationen beispielsweise nicht ausgeschlossen werden.

Die Laserklasse 1 umfasst auch sogenannte Hochleistungslaser, die voll gekapselt (eingehaust) sind, so dass während des Normalbetriebes keine möglicherweise gefährliche Laserstrahlung zugänglich ist.

Lasereinrichtungen der Klasse 1C

Diese sind definiert als Lasereinrichtungen, die ausschließlich für die Anwendung an der Haut oder Gewebe mit Ausnahme der Augen im direkten Kontakt bestimmt sind und die folgenden Bedingungen erfüllen:

- Während des Betriebs verhindern konstruktive Maßnahmen eine Augengefährdung, d. h. die zugängliche Strahlung wird gestoppt oder auf ein Niveau unterhalb der Grenzwerte zugänglicher Strahlung (GZS) der Klasse 1 reduziert, wenn der Laser/Applikator vom Kontakt mit der Haut oder dem Gewebe abgehoben wird.
- Die Bestrahlungsstärke oder Bestrahlung kann während des Betriebs und im direkten Kontakt mit der Haut bzw. mit dem Gewebe mit Ausnahme der Augen die Maximal zulässige Bestrahlung (MZB), (gemäß DIN EN 60825-1:2015-07) übersteigen, so wie es für die vorgesehene Behandlung notwendig ist.
- Die Lasereinrichtung genügt den Anforderungen der anzuwendenden vertikalen Normen.

Anmerkung zum Begriff:

Da die abgegebene Strahlung den zutreffenden Expositionsgrenzwert für die Haut überschreiten kann, kann der Strahlaustritt eines Lasers der Klasse 1C potenziell gefährlich für das Zielgewebe sein. Der Laser entspricht gemäß TROS Laserstrahlung einem Laser der Klasse 4. Die Expositionsgrenzwerte werden in der Regel deutlich überschritten!

Laserklasse 1M

Die zugängliche Laserstrahlung liegt im Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 4 000 nm, d. h. in dem Spektralbereich, bei dem die meisten in optischen Instrumenten verwendeten Materialien weitgehend transparent sind. Die zugängliche Laserstrahlung ist für das bloße Auge ungefährlich, solange der Strahlquerschnitt nicht durch optische Instrumente, wie z. B. Teleskope, verkleinert wird.

Sofern keine optischen Instrumente verwendet werden, die den Strahlquerschnitt verkleinern, besteht bei Lasereinrichtungen der Klasse 1M eine vergleichbare Gefährdung wie bei Lasereinrichtungen der Klasse 1.

Bei Einsatz optisch sammelnder Instrumente können vergleichbare Gefährdungen wie bei den Laserklassen 3R oder 3B auftreten.

Bei Lasereinrichtungen der Klasse 1M, die im sichtbaren Spektralbereich emittieren, können z. B. Blendung, Beeinträchtigungen des Farbsehens und Irritationen nicht ausgeschlossen werden.

Laserklasse 2

Die zugängliche Laserstrahlung liegt im sichtbaren Spektralbereich (400 nm bis 700 nm). Sie ist bei kurzzeitiger Expositionsdauer (bis 0,25 s) auch für das Auge ungefährlich. Zusätzliche Strahlungsanteile außerhalb des Wellenlängenbereiches von 400 nm bis 700 nm erfüllen die Bedingungen der Laserklasse 1.

Bei Lasereinrichtungen der Klasse 2 ist das Auge bei zufälliger, kurzzeitiger Einwirkung der Laserstrahlung, d. h. bei Expositionsdauern bis 0,25 s, nicht gefährdet. Lasereinrichtungen der Klasse 2 dürfen deshalb ohne weitere Schutzmaßnahmen eingesetzt werden, wenn sichergestellt ist, dass für die Anwendung weder ein absichtliches Hineinschauen über eine längere Zeitdauer als 0,25 s, noch ein wiederholtes Hineinschauen in die Laserstrahlung bzw. in spiegelnd reflektierte Laserstrahlung erforderlich ist.

Der absichtliche, direkte Blick (Hineinstarren) in den Strahl einer Lasereinrichtung der Klasse 2 kann gefährlich sein.

Von dem Vorhandensein des Lidschlussreflexes und von anderen Abwendungsreaktionen zum Schutz der Augen darf in der Regel nicht ausgegangen werden. Daher sollte man, falls Laserstrahlung der Klasse 2 ins Auge trifft, bewusst die Augen schließen und sich sofort abwenden.

Für kontinuierlich strahlende Laser der Klasse 2 beträgt der Grenzwert der zugänglichen Strahlung (GZS) $P = 1 \text{ mW}$ (bei $C_e = 1$; für sogenannte ausgedehnte Quellen kann der Korrekturfaktor C_e höher sein; der Wert liegt zwischen 1 und 100/1,5).

Bei Lasereinrichtungen der Klasse 2 können besonders bei geringer Umgebungshelligkeit durch den Blick in den Laserstrahl Irritationen, vorübergehende Blendung, Blitzlichtblindheit und länger andauernde Nachbilder verursacht werden. Durch diese indirekten Auswirkungen können mehr oder weniger starke Gefährdungen insbesondere bei Tätigkeiten auftreten, bei denen ein unbeeinträchtigtes Sehvermögen besonders wichtig ist, wie z. B. beim Arbeiten mit Maschinen oder beim Lenken bzw. Führen eines Fahr- oder Flugzeuges.

Laserklasse 2M

Die zugängliche Laserstrahlung liegt im sichtbaren Spektralbereich von 400 nm bis 700 nm. Sie ist bei kurzzeitiger Expositionsdauer (bis 0,25 s) für das bloße Auge ungefährlich, solange der Strahlquerschnitt nicht durch optische Instrumente, wie z. B. Teleskope, verkleinert wird. Zusätzliche Strahlungsanteile außerhalb des Wellenlängenbereiches von 400 nm bis 700 nm erfüllen die Bedingungen für Laserklasse 1M.

Sofern keine optischen Instrumente verwendet werden, die den Strahlquerschnitt verkleinern, besteht bei Lasereinrichtungen der Klasse 2M eine vergleichbare Gefährdung wie bei Lasereinrichtungen der Klasse 2.

Bei Einsatz optisch sammelnder Instrumente können vergleichbare Gefährdungen wie bei den Laserklassen 3R oder 3B auftreten.

Bei Lasereinrichtungen der Klasse 2M können besonders bei geringer Umgebungshelligkeit durch den Blick in den Laserstrahl Irritationen, vorübergehende Blendung, Blitzlichtblindheit und länger andauernde Nachbilder verursacht werden. Durch diese indirekten Auswirkungen können mehr oder weniger starke Gefährdungen insbesondere bei Tätigkeiten auftreten, bei denen ein unbeeinträchtigtes Sehvermögen besonders wichtig ist, wie z. B. beim Arbeiten mit Maschinen oder beim Lenken bzw. Führen eines Fahr- oder Flugzeuges.

Laserklasse 3A (war anzuwenden bis März 1997)

Entspricht weitgehend Klasse 2M im Sichtbaren und Klasse 1M in allen anderen Wellenlängenbereichen.

Laserklasse 3R

Die zugängliche Laserstrahlung liegt im Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 10^6 nm und ist gefährlich für das Auge. Die Leistung bzw. die Energie beträgt maximal das Fünffache des Grenzwertes der zugänglichen Strahlung der Klasse 2 im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm und das Fünffache des Grenzwertes der Klasse 1 für andere Wellenlängen.

Lasereinrichtungen der Klasse 3R sind für das Auge potenziell ähnlich gefährlich wie Lasereinrichtungen der Klasse 3B. Das Risiko eines Augenschadens wird dadurch verringert, dass der Grenzwert der zugänglichen Strahlung im sichtbaren Wellenlängenbereich auf das Fünffache des Grenzwertes der zugänglichen Strahlung für Laserklasse 2, in den übrigen Wellenlängenbereichen auf das Fünffache des Grenzwertes der zugänglichen Strahlung für Laserklasse 1 begrenzt ist.

Das Risiko einer bleibenden Verletzung durch Laserstrahlung aus einer Lasereinrichtung der Klasse 3R steigt mit der Expositionsdauer. Eine Exposition ist bei bewusster Augenbestrahlung gefährlich.

Für kontinuierlich strahlende Laser der Klasse 3R beträgt der Grenzwert der zugänglichen Strahlung $P = 5$ mW (bei $C_E = 1$) im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm.

Lasereinrichtungen der Klasse 3R sollten nur dann eingesetzt werden, wenn ein direkter Blick in den Laserstrahl unwahrscheinlich ist.

Laserklasse 3B

Die zugängliche Laserstrahlung ist gefährlich für das Auge, häufig auch für die Haut.

Das direkte Blicken in den Strahl bei Lasern der Klasse 3B ist selbst dann gefährlich, wenn es nur kurzzeitig erfolgt.

Eine Gefährdung der Haut durch die zugängliche Laserstrahlung besteht bei Lasereinrichtungen der Klasse 3B, wenn die Expositionsgrenzwerte der Haut überschritten werden. Dies trifft in der Regel zu, wenn die Strahldurchmesser zu klein sind oder wenn der Laserstrahl fokussiert wird.

Bei Lasereinrichtungen der Klasse 3B kann es im Laserstrahl zum Entflammen entzündlicher Materialien kommen.

Laserklasse 4

Die zugängliche Laserstrahlung ist sehr gefährlich für das Auge und gefährlich für die Haut. Auch diffus gestreute Strahlung kann gefährlich sein. Die Laserstrahlung kann Brand- und Explosionsgefahr verursachen.

Lasereinrichtungen der Klasse 4 sind Hochleistungslaser, deren Ausgangsleistungen bzw. -energien die Grenzwerte der zugänglichen Strahlung für Klasse 3B übertreffen.

Die Laserstrahlung von Lasereinrichtungen der Klasse 4 ist so stark, dass bei jeglicher Art von Exposition der Augen oder der Haut mit Schädigungen zu rechnen ist. Außerdem muss bei der Anwendung von Lasereinrichtungen der Klasse 4 immer geprüft werden, ob ausreichende Maßnahmen gegen Brand- und Explosionsgefährdungen getroffen sind.

Die folgende Darstellung zeigt anhand der Laserklasse und der jeweiligen Ausgabe der Norm, welche Expositionsgrenzwerte eingehalten oder überschritten werden können. Bei Lasern der Klasse 1 nach EN 60825-1:2014 können die Expositionsgrenzwerte für Zeiten kleiner 100 s bzw. im Sichtbaren 0,25 s insbesondere bei gepulster Strahlung um Faktoren, z. B. 7, überschritten werden und im Wellenlängenbereich zwischen 1200 nm und 1400 nm bis zum Faktor 1000.000. Begrenzt wird dies durch den Emissionsgrenzwert der Klasse 3B (bis 500 mW). Bezüglich der Blendung wurde der sichere Wert bei ca. $1 \mu\text{W}/7\text{-mm-Blende}$ angesetzt. Dies kann zur Folge haben, dass ein Produkt, welches nach der DIN EN 60825-1:2015-07 als Klasse 1 klassifiziert ist, nach der Beurteilung der Gefährdung entsprechend OStrV einer höheren Klasse entspricht und damit z. B. ein Laserschutzbeauftragter zu bestellen ist. Dieser Sachverhalt wird im nationalen Vorwort zur DIN EN 60825-1:2015-07 dargelegt.

Im Zweifelsfall kann sich der Anwender an den Hersteller wenden, um zu ermitteln, ob die Expositionsgrenzwerte (EGW) eingehalten werden.

EGWs und Laserklassen vereinfacht

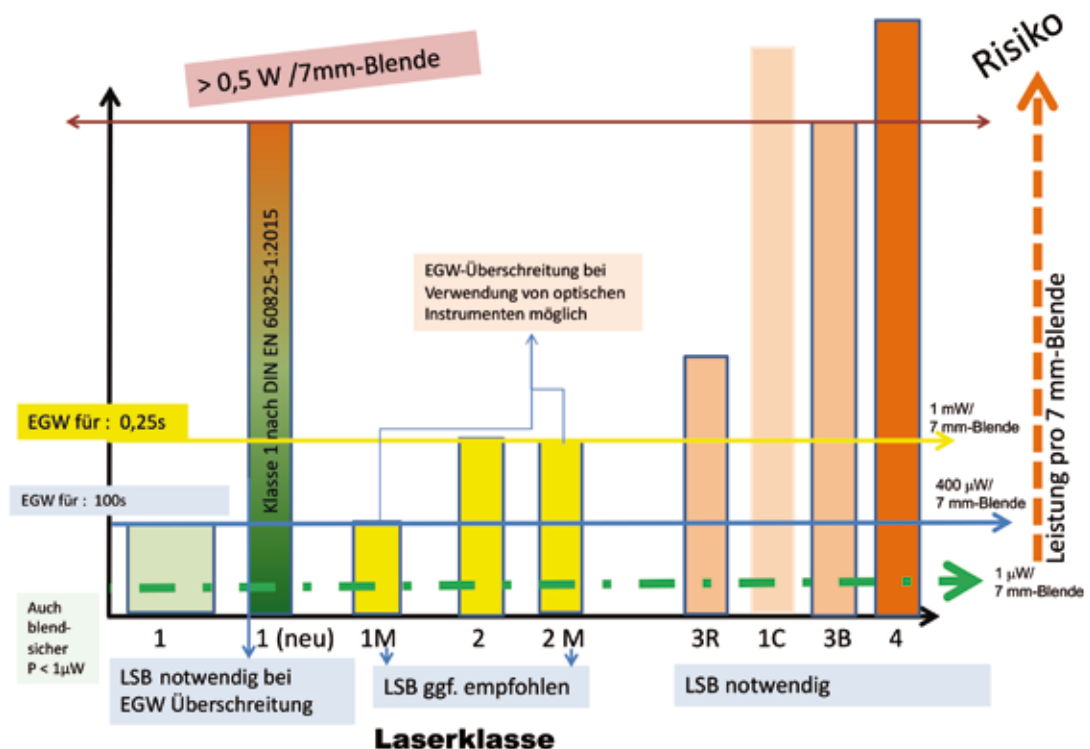


Abb. 6: Konzept Laserklassen; Quelle: BG ETEM

Zusammenfassung: Gefährdung von Auge und Haut entsprechend der Laserklasse

Laserklasse	Gefährdung: Auge	Gefährdung: Haut
1	Sicher für die Augen und die Haut, sofern nicht höhere Laser eingebaut sind! (Einhaltung der Expositionsgrenzwerte – EGW – nach OStrV erforderlich)	
1M, 2M, 2, 3A	Sicher für die Augen, wenn nicht längere Zeit (über 0,25 s) in den Strahl geblickt wird oder optische Instrumente, wie Lupen oder Fernrohre benutzt werden.	
3R, 3B	Gefährlich für die Augen! EGW für Zeiten <0,25 s überschritten	Brand, Explosionsgefahr und Hautgefährdung nur im oberen Leistungsbereich der Klasse 3B
4, 1C und neue Klasse 1 nach DIN EN 60825-1:2015	Gefährlich für Augen und Haut! Auch diffuse Strahlung kann gefährlich sein. Brand und Explosionsgefahr!	

Tabelle 4: Gefährdung von Auge oder Haut; Quelle: BG ETEM



Abb. 7: Geprüfter Laserpointer, Quelle: BGV



Sicheres Laserprodukt auf der Grundlage des ProdSG und der Niederspannungsverordnung

Geräte, Produkte und Anlagen, die in den europäischen Märkten in den Verkehr gebracht werden sollen, müssen Anforderungen zum Schutz der Sicherheit und Gesundheit entsprechen. Grundlegende Anforderungen sind in der EU-Richtlinie 2001/95/EG vom 3. Dezember 2001 über die allgemeine Produktsicherheit enthalten.

Die nationale Umsetzung dieser Richtlinie ist in Deutschland über das Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt (Produktsicherheitsgesetz - ProdSG) (8. November 2011) erfolgt. So wird z. B. in Abschnitt 2 „Voraussetzungen für die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt sowie für das Ausstellen von Produkten“ in § 3 „Allgemeine Anforderungen an die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt“, Absatz 2 gefordert, dass nur Produkte auf dem Markt bereitgestellt werden dürfen, wenn die Aufmachung des Produkts, seine Kennzeichnung, die Warnhinweise, die Gebrauchs- und Bedienungsanleitung, die Angaben zu seiner Beseitigung sowie alle sonstigen produktbezogenen Angaben oder Informationen aufweisen.

Zur Verwendung von Lasereinrichtungen bei einer Nennspannung zwischen 50 V und 1.000 V für Wechselstrom und zwischen 75 V und 1.500 V für Gleichstrom ist die Erste Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Verordnung über elektrische Betriebsmittel – 1. ProdSV (Niederspannungsverordnung)) anzuwenden. Dort sind allgemeine Sicherheitsanforderungen enthalten.

In dieser Verordnung ist im Normenverzeichnis die DIN EN 60825-1:2015-07 als harmonisierte Norm gelistet. Diese Normen im gelisteten Verzeichnis lösen die Konformitätsvermutung aus, d. h., der Hersteller kann davon ausgehen, dass bei deren korrekter Anwendung die grundlegenden Anforderungen an Sicherheit und Gesundheit der entsprechenden EU-Richtlinie bzw. des ProdSG erfüllt sind.

Fazit:

Es gibt in einigen Fällen Unterschiede zwischen den Expositionsgrenzwerten der EU-Richtlinie und den Festlegungen der DIN EN 60825-1:2015-07. Letztendlich bindend sind die Expositionsgrenzwerte der EU-Richtlinie 2006/25/EG, die bei der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen sind.

Nach den Anforderungen der Ende 2013 erschienenen Technischen Spezifikation zu Lasern als bzw. in Verbraucherprodukte(n) der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) dürfen Verbraucherprodukte, die Laser sind oder beinhalten, nur auf dem Markt bereits gestellt werden, wenn sie nach der DIN EN 60825-1:2008-05 klassifiziert und den Laserklassen 1, 1M, 2 oder 2M zugeordnet sind. An die Klassen sind für den Hersteller von Laserprodukten bestimmte Anforderungen geknüpft, z. B. an die Konstruktion und an die Benutzerinformation. In der Norm sind jedoch keine sicherheitstechnischen Anforderungen festgelegt.

Die Technische Spezifikation zu Lasern als bzw. in Verbraucherprodukte(n) enthält eine Risikobewertung von Verbraucherprodukten, die Laser mit geringer zugänglicher Leistung sind oder beinhalten und richtet sich an Wirtschaftsakteure (Hersteller, Bevollmächtigte, Einführer und Händler). Sie ist eine wichtige Hilfestellung für die zuständigen Behörden der Marktüberwachung, für eine einheitliche Bewertung der auf den Markt vorhandenen Produkte.

Lasern der Klassen 3R, 3B und 4 dürfen nicht als Verbraucherprodukt im Sinne des ProdSG zum Einsatz kommen. Bei Lasern der Klassen 3R, 3B und 4 ist die zugängliche Laserstrahlung gefährlich für das Auge und bei hoher Leistung auch für die Haut. Solche Laser sind nur unter Anwendung von speziellen Schutzmaßnahmen im gewerblichen Bereich einsetzbar, da die Hersteller, ihre Bevollmächtigten und die Einführer von solchen Lasereinrichtungen nicht sicherstellen können, dass diese Produkte sicher zur Anwendung kommen.

Beim Inverkehrbringen ist sicherzustellen, dass der Verwender alle Informationen (Gebrauchsanleitung und Kennzeichnung) für die sichere Verwendung in deutscher Sprache erhält, siehe „Technische Spezifikation zu Lasern als bzw. in Verbraucherprodukte(n)“.

Bei einem gekapselten (eingehausten) Laser handelt es sich um einen Laser der Klasse 1, der aber einen Laser höherer Klasse beinhalten kann. Bei der Laser-Klassifizierung wird die zugängliche Strahlung zu Grunde gelegt. In der Benutzerinformation ist hierzu ein Hinweis zu geben, dass ein Laser mit höherer Leistung eingebaut ist. Das Schutzgehäuse darf nur vom Fachpersonal mit speziellem Werkzeug unter Berücksichtigung von besonderen Schutzmaßnahmen entfernt werden. Anwendung finden Laser der Laserklasse 1 z. B. in jedem PC, CD- Player, DVD-Brenner und in jeder Spielkonsole. Der Einsatz von eingehausten Lasern wird als sicher angesehen und erfordert keine Verbote oder Prüfungen. Durch Manipulation am Gerät durch den Anwender erlischt in der Regel die Gewährleistung der Sicherheit durch den Hersteller. Wird jedoch die Einhausung geöffnet und ist der Laser noch am Netz angeschlossen, so besteht dann die Möglichkeit der Expositionsgrenzwertüberschreitung und Maßnahmen nach OStrV bzw. TROS Laserstrahlung wie z. B. Bestellung eines Laserschutzbeauftragten, Einrichtung eines Laserbereichs, Stellwände gemäß DIN EN 12254, PSA (Laserschutzbrillen nach DIN EN 207) usw. müssen festgelegt werden. In Abb. 7 ist die Vorgehensweise für die Beurteilung der Arbeitsbedingungen bei Expositionen gegenüber Laserstrahlung dargestellt.



Gefährdungsbeurteilung und Fachkundige Person

Nach § 5 des Arbeitsschutzgesetzes ist eine Beurteilung der für die Beschäftigten mit ihrer Arbeit verbundenen Gefährdungen in der Verantwortung des Unternehmers durchzuführen. In der Gefährdungsbeurteilung sind alle Gefährdungen zu betrachten, die durch physikalische, chemische oder sonstige Einwirkungen am Arbeitsplatz vorliegen können. Nach § 3 Absatz 1 OStrV sind Gefährdungen einzubeziehen, die durch Expositionen gegenüber Laserstrahlung auftreten können. Eine Gefährdungsbeurteilung ist vor der Aufnahme einer Tätigkeit durchzuführen; Schutzmaßnahmen sind nach dem Stand der Technik zu treffen.

In der Abb. 7 sind die Bearbeitungsschritte dargestellt, die für die Beurteilung der Gefährdungen zu beachten sind.

Die Gefährdungsbeurteilung ist regelmäßig zu überprüfen und gegebenenfalls zu aktualisieren. Die Gefährdungsbeurteilung ist zu dokumentieren, wobei die Anforderungen an Inhalt und Form der Dokumentation sowie die Aufbewahrungsfrist in der OStrV festgelegt sind. Für UV-Strahlung bei Lasern, die Laserstrahlung oder inkohärente optische Strahlung beinhalten (z. B. als Pumpstrahlung bzw. durch einen Materialbearbeitungsprozess), von denen Personen unter Berücksichtigung aller Betriebszustände exponiert werden können, sind die Dokumente der Gefährdungsbeurteilung 30 Jahre aufzubewahren (§3(4) OStrV).

Bei den Betriebszuständen wird zwischen **Normalbetrieb** und vom Normalbetrieb abweichenden Betriebszuständen, die in der Regel mit einer erhöhten Gefährdung verbunden sind, wie z. B. Wartung, Service, Einrichtvorgang, Prüfung, Errichtung und Außerbetriebnahme, unterschieden. Der Normalbetrieb beschreibt den bestimmungsgemäßen Betrieb, die bestimmungsgemäße Verwendung ohne z. B. Wartung und Service.

Tätigkeiten der **Wartung** sind Justierungen oder Vorgänge, die in den vom Hersteller mit der Lasereinrichtung gelieferten Informationen für den Benutzer beschrieben sind und vom Benutzer ausgeführt werden, um die vorgesehene Funktion der Lasereinrichtung sicherzustellen. Dabei ist zu beachten, dass bei der Wartung von Lasereinrichtungen der Klassen 1, 1M, 2, 2M und 3R die Strahlung der Klasse 3B und 4 nicht zugänglich sein darf. Bei Wartung von Lasereinrichtungen der Klasse 3B darf Strahlung der Klasse 4 nicht zugänglich werden.

Der **Service** beschreibt Einrichtungs- oder Justierarbeiten, die in den Serviceunterlagen des Herstellers beschrieben sind und die in irgendeiner Art die Leistungsfähigkeit der Lasereinrichtung beeinflussen können.

In der betrieblichen Praxis sind im Zusammenhang mit Servicearbeiten folgende Fälle zu unterscheiden:

Vertraglich geregelter **Fremdservice**, z. B. durch den Hersteller bzw. eine durch ihn autorisierte Stelle. Bei dem „Fremdservice“, trägt die Servicefirma die Verantwortung für den Laserschutz während der Servicearbeiten vor Ort.

Eigenservice: Service durch den Benutzer selbst. Dabei kann bei diesen Servicearbeiten die zugängliche Strahlung einer höheren Laserklasse (z. B. Klasse 4) als für den Normalbetrieb (typisch Laserklasse 1) entsprechen und somit sind zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich.

Beurteilungen der Gefährdungen

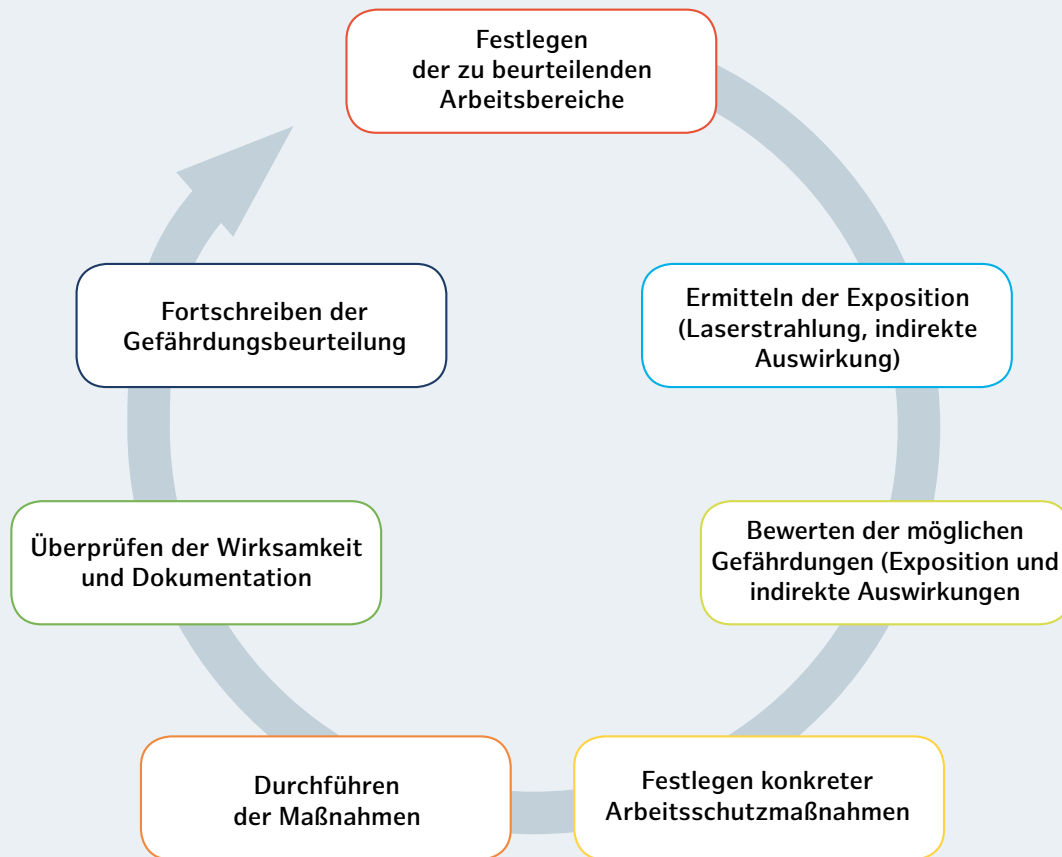


Abb. 8: Bearbeitungsschritte für die Beurteilung der Gefährdungen

Eine Gefährdungsbeurteilung im Sinne des § 5 Absatz 1 OStrV darf nur von fachkundigen Personen durchgeführt werden. Die Fachkunde liegt vor, wenn ausreichende Kenntnisse über die Gefährdungen durch Laserstrahlung vorhanden sind (z. B. entsprechende fachliche Ausbildung). Umfang und Tiefe der notwendigen Kenntnisse sind häufig in Abhängigkeit von der zu beurteilenden Tätigkeit unterschiedlich. Fachkundige Personen für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung können zum Beispiel die Fachkraft für Arbeitssicherheit (sinnvollerweise unter Mitwirkung des Laserschutzbeauftragten-LSB) und ggf. der LSB selbst sein. Detaillierte betriebsspezifische Kenntnisse sind notwendig (besonders wichtig, wenn die fachkundige Person extern bestellt wird), um die Arbeitsbedingungen vor Beginn der Tätigkeit beurteilen und die festgelegten Schutzmaßnahmen bewerten und überprüfen zu können. Wird im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festgestellt, dass ein Laser der Klasse 3R, 3B oder der Klasse 4 betrieben werden soll, muss vom Arbeitgeber schriftlich ein LSB bestellt werden. Vom Arbeitgeber müssen im Bestellschreiben seine Aufgaben, Rechte und Pflichten (z. B. ob und wann er befugt ist eine Anlage stillzusetzen) genau festgelegt werden.

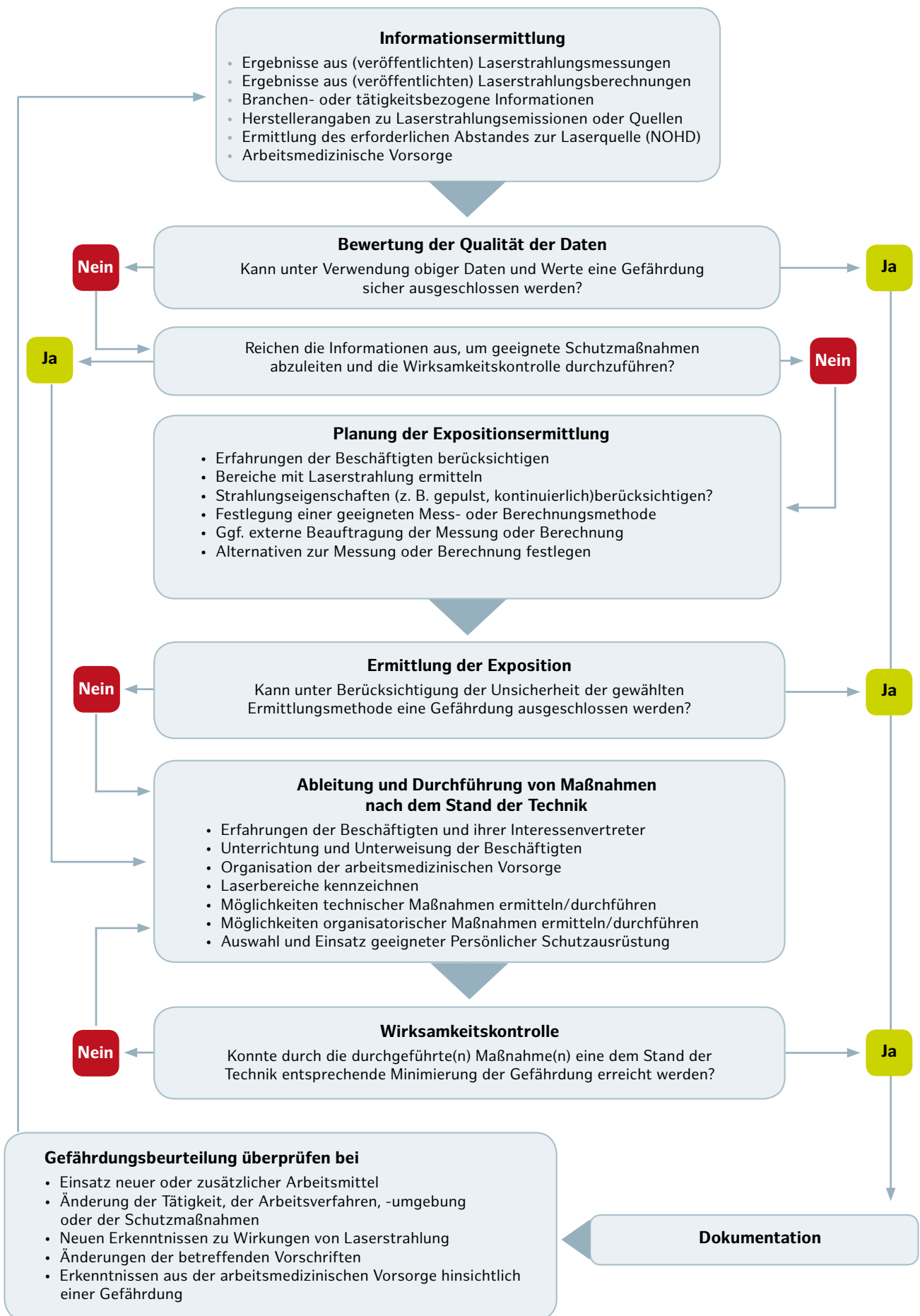


Abb. 9: Beurteilung der Arbeitsbedingungen bei Exposition gegenüber Laserstrahlung

Grundlage für die Beurteilung der Gefährdung können Informationen von Hersteller, Händler und Inverkehrbringer sein. Sie sind gemäß Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) bzw. nach dem Medizinproduktegesetz (MPG) dazu verpflichtet, entsprechende Unterlagen zu liefern, die alle zum sicheren Betrieb erforderlichen Informationen enthalten. Für Maschinen muss eine Risikobeurteilung nach der 9. Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung) durch den Hersteller erfolgen.

Bei gleichartigen Arbeitsbedingungen und Tätigkeiten reicht in der Regel, auch bei räumlich getrennten Arbeitsplätzen, die Beurteilung eines Arbeitsplatzes oder einer Tätigkeit aus. Für ähnliche Tätigkeiten kann das Ergebnis der Beurteilung der Gefährdung von einer Anlage auf eine andere übertragen werden.

Indirekte Gefährdungen beim Betrieb von Lasern:

Neben direkter Gefährdung der Augen und Haut können durch Laserstrahlung weitere Gefährdungen hervorgerufen werden, z. B.:

- Blendung
- Brand- und Explosionsgefahr (wenn die Strahlung auf brennbares Material oder eine explosionsfähige Atmosphäre trifft)
- Entstehung von Dämpfen und Rauchen (wenn bei der Materialbearbeitung gesundheitsschädliche Materialzersetzungsprodukte entstehen)
- Entstehung von UV-Strahlung
- Beim Kontakt mit toxischen Stoffen (Gase, Flüssigkeiten) des aktiven Mediums durch die Technik des Lasers
- Elektrische Gefährdung durch Umgang mit elektrischer Energie zum Laserbetrieb.

Sonderfall UKP- Laser:

Laser, die eine Impulsdauer unter einer Pikosekunde aufweisen, werden als Ultrakurzpuls-Laser (UKP- Laser) bezeichnet. Anwendung finden diese zurzeit in der Materialbearbeitung, medizinischen Anwendung und der Forschung. Gemäß des am 27. Juni 2017 in Kraft getretenen Strahlenschutzgesetzes (StrlSchG) handelt es sich bei einem UKP- Laser nach § 5 Absatz 2 um eine Anlage zur Erzeugung ionisierende Strahlung. Es ist eine Vorrichtung oder Gerät, das geeignet ist, Photonenstrahlung mit einer Photonengrenzenergie von mindestens 5 Kiloelektronenvolt gewollt oder ungewollt zu erzeugen und benötigt deshalb nach § 12 StrlSchG eine Genehmigung.

Genehmigungs- und anzeigefrei nach § 7 der StrlSchV sind UKP- Laser, wenn diese folgende Kriterien einhalten (Anlage 3 Teil C Nummer 2):

- eine Bauartzulassung nach § 17 liegt vor oder
- die Bestrahlungsstärke der Laserstrahlung ist $\leq 10^{13}$ W/cm² und die Ortsdosisleistung in 0,1 m von der berührbaren Oberfläche ist ≤ 1 µSv/h.

Eine Mustergefährdungsbeurteilung zu allen Belastungen ist in der Handlungshilfe „Künstliche Optische Strahlung- Eine Handlungshilfe für die Gefährdungsbeurteilung“ zu finden.

Nach TROS Laser, Teil 1 „Beurteilung der Gefährdung durch Laserstrahlung“, Abschnitt 6.4 (10), ist vor dem UKP-Laserbetrieb zu prüfen, ob ionisierende Strahlung entstehen kann.



Laserschutzbeauftragter

Werden im Unternehmen Lasereinrichtungen der Klassen 3R, 3B oder 4 betrieben, so ist nach § 5 Absatz 2 der OStrV ein Laserschutzbeauftragter (LSB) schriftlich zu bestellen. Dies ist schon seit den 80er Jahren in Deutschland gemäß DGUV Vorschrift 11 (früher BGV B2, bzw. VBG 93) bzw. DGUV Vorschrift 12 (früher GUV-VB 2 bzw. GUV 2.20) erforderlich gewesen. Dies gilt auch für die hinzugekommene Laserklasse 1C nach DIN EN 60825-1:2015-07. Die Aufgaben waren schon immer die Unterstützung des Unternehmers bei der Auswahl der Schutzmaßnahmen und die Überwachung des sicheren Laserbetriebs. Eine Pflichtenübertragung war bisher empfohlen, sowie die Teilnahme an einem Lehrgang gemäß Anhang 3 DGUV Vorschrift 11.

Nach Inkrafttreten der Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (OStrV) ist Folgendes festzustellen:

Anforderungen an den Laserschutzbeauftragten (LSB)

Der LSB verfügt über

1. eine abgeschlossene technische, naturwissenschaftliche, medizinische oder kosmetische Berufsausbildung oder
2. eine vergleichbare, mindestens zweijährige Berufserfahrung

jeweils in Verbindung mit einer zeitnah ausgeübten beruflichen Tätigkeit an entsprechenden Lasereinrichtungen der Klassen 3R, 3B bzw. 4.

Der LSB hat an einem entsprechenden Lehrgang (bis November 2016 Sachkundeausbildung) teilgenommen, die Abschlussprüfung bestanden und besitzt einen Nachweis über die erfolgreiche Teilnahme.

Er kennt ggf. entsprechend der Tätigkeit bzw. eingeschränkt auf den entsprechenden Anwendungsbereich:

1. die grundlegenden Regelwerke des Arbeitsschutzes (ArbSchG, OStrV, Unfallverhütungsvorschriften, Technische Regeln, Normen und ggf. spezielle Regelungen zum Laserschutz),
2. die Kenngrößen der Laserstrahlung,
3. die direkten Gefährdungen (direkte und reflektierte Laserstrahlung) und deren unmittelbare biologische Wirkungen sowie die indirekten Gefährdungen (vorübergehende Blendung, Brand- und Explosionsgefährdung, Lärm, elektrische Gefährdung) bei Arbeitsplätzen mit Anwendung von Laserstrahlung,
4. die grundlegenden Anforderungen an eine Gefährdungsbeurteilung,
5. die Gefährdungsbeurteilungen für die Arbeitsplätze, für die er als LSB benannt ist,
6. die Schutzmaßnahmen (technische, organisatorische und persönliche),
7. seine Rechte und Pflichten als LSB,
8. die Laserklassen gemäß DIN EN 60825
9. die Bedeutung der Expositionsgrenzwerte der OStrV,
10. die Inhalte der Unterweisung nach § 8 OStrV sowie
11. den Ablauf des sicheren Betriebs der Lasereinrichtungen, für die er bestellt ist und weiß, wie dieser zu überwachen ist.



Abb. 10: Bei Problemen bezüglich des Laserschutzes und bei der Unterweisung ist der Laserschutzbeauftragte einzuschalten.
Quelle: BG ETEM

Er hält seine Fachkenntnisse durch regelmäßige Teilnahme an spezifischen Fortbildungsmaßnahmen auf aktuellem Stand. Die zeitlichen Abstände zwischen den Fortbildungsmaßnahmen hängen davon ab, inwieweit sich der Stand der Technik im Hinblick auf die eingesetzten Laserprodukte oder die Vorschriften weiterentwickelt haben. Grundsätzlich wird eine eintägige (mindestens 6 LE) Fortbildung in einem Zeitraum von 5 Jahren als angemessen erachtet. Näheres zur Aus- und Fortbildung findet sich auch in dem DGUV Grundsatz 303-005: Ausbildung und Fortbildung von Laserschutzbeauftragten sowie Fortbildung von fachkundigen Personen zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung nach OStrV bei Laseranwendungen.

Aufgaben des Laserschutzbeauftragten

Der Laserschutzbeauftragte unterstützt den Arbeitgeber bei der Erstellung der Gefährdungsbeurteilung und bei der Festlegung der Schutzmaßnahmen. Er berät und unterstützt den Arbeitgeber bei der Überwachung des sicheren Betriebs der Lasereinrichtungen entsprechend der Gefährdungsbeurteilung.

Der LSB ist schriftlich zu bestellen. Mit der Bestellung überträgt der Arbeitgeber ihm konkrete Aufgaben, Befugnisse (z. B. auch die Befugnis zur Stilllegung der Laser-Anlage in Gefahrensituationen) und Pflichten im Hinblick auf den Schutz vor Laserstrahlung. Sind mehrere LSB bestellt, sind durch den Arbeitgeber die Zuständigkeitsbereiche (z. B. zeitlich/räumlich) der einzelnen LSB klar abzugrenzen. Die Verantwortung für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung und für die Durchführung von Schutzmaßnahmen verbleibt beim Arbeitgeber.

Es wird empfohlen, dass die Stellung des Laserschutzbeauftragten arbeitsvertraglich geregelt wird. Dabei sollten die Rechte und Pflichten bestimmt und Befugnisse (ggf. das Recht zum Erteilen von Anweisungen an Bedienpersonal und Dritte) schriftlich festgelegt werden. Dem Laserschutzbeauftragten muss die für die Erfüllung seiner Aufgaben erforderliche Zeit eingeräumt werden.

Überwachung des sicheren Betriebs

Die Überwachung des Betriebs im Laserbereich umfasst die Organisation aller Maßnahmen zur Sicherstellung des bestimmungsgemäßen Betriebs. Dafür muss der Betriebsbereich seine Prozesse mit den entsprechenden Aufgaben bestimmen. Wichtige Elemente der betrieblichen Überwachung sind: Anweisungen, Kontrollen, Instandhaltung, Freigabeverfahren und Kommunikation zwischen Mitarbeitern und externen Firmen.

Regelmäßige Rundgänge der Beschäftigten und des Laserschutzbeauftragten durch die Anlage sind ein wichtiger Aspekt der Sicherheit. Sie dienen der Erfassung des Betriebszustandes von Anlagenkomponenten und ihres Umfeldes, oftmals dokumentiert in Checklisten oder Protokolle.

Anzahl der Laserschutzbeauftragten

Für die Überwachung des sicheren Betriebs von Lasereinrichtungen sind erforderlichenfalls mehrere Laserschutzbeauftragte zu bestellen. Folgende Punkte können die Bestellung mehrerer Laserschutzbeauftragter erfordern:

- Komplexität der Aufgabenstellung (z. B. wechselnde Aufbauten, häufige Justierung, Einsatz von Fremdfirmen, unterschiedliche Fachbereiche u. a. in Krankenhäusern, mobiler Einsatz von Lasern)
- Schichtarbeit, Vertretung bei Abwesenheit
- mehrere Betriebsorte mit Lasereinrichtungen
- Anzahl der Lasereinrichtungen mit hoher Gefährdung (z. B. hohe optische Leistung, Strahlengang nicht sichtbar)

Qualifikation des Laserschutzbeauftragten

Der LSB muss die für den jeweiligen Anwendungsbereich erforderlichen Fachkenntnisse besitzen.

Die Weiterbildung ist zu gewährleisten. Die zeitlichen Abstände zwischen den Fortbildungsmaßnahmen hängen davon ab, inwieweit sich der Stand der Technik im Hinblick auf die eingesetzten Laserprodukte oder die Vorschriften weiterentwickelt haben. Grundsätzlich wird eine eintägige Fortbildung in einem Zeitraum von fünf Jahren als angemessen erachtet. Laserschutzbeauftragte, die nach Vorschrift 11 (BGV B2) bzw. DGUV Vorschrift 12 (GUV-VB 2) ausgebildet wurden, sind ebenfalls durch entsprechende Weiterbildungskurse zu qualifizieren. Näheres zu den Anforderungen und Aufgaben des LSB steht in der TROS Laserstrahlung Teil Allgemeines. Weitere Informationen zur Aus- und Fortbildung sind dem DGUV Grundsatz 303-005: Ausbildung und Fortbildung von Laserschutzbeauftragten sowie Fortbildung von fachkundigen Personen zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung nach OStrV bei Laseranwendungen zu entnehmen.

Kurse für Laserschutzbeauftragte nach der TROS Laserstrahlung

Grundlage für die zu vermittelnden Kenntnisse und die Durchführung der Prüfung am Lehrgangsende sind die in der TROS Laserstrahlung beschriebenen Inhalte. Detaillierte Inhalte und Prüfungsbedingungen sind in dem DGUV Grundsatz 303-005 zu entnehmen. Der Arbeitgeber hat über die Auswahl des Kursanbieters sicherzustellen, dass die für seine Lasereinrichtungen notwendigen Kenntnisse dem LSB vermittelt werden.



Gefährdungsbeurteilung

Zur Erarbeitung einer Mustergefährdungsbeurteilung zum Umgang mit Lasern wird dem Fachkundigen ein Anwenderprogramm angeboten, das unter folgendem Link abrufbar ist: www.arbeitsschutz.hamburg.de, Stichworte: Themen, Künstliche optische Strahlung.

Anhand des Anwenderprogramms kann beispielhaft die nachstehende Mustergefährdungsbeurteilung erstellt werden:

Gefährdungsbeurteilung gemäß §3 OStrV			
Firmendaten:			
Firma	Muster GmbH	Verantwortlich	Herr Mustermann
Straße/Nr.	Musterstraße 11	Laserschutzbeauftragter(LSB)	Herr Mustermann
PLZ/Stadt	20000 Hamburg	Sonstige Hinweise	
Betriebsbereich	Laserschneiden		
Technische Daten zur Strahlungsquelle:			
Hersteller	Hersteller GmbH	Serien Nr. / Bezeichnung	Laser Nr. XY
Strahlungsart	kohärente Strahlung	Laserleistung P	4000 W
Wellenlängenbereich	700 bis 1400 nm	Stationär / handgeführt	stationär
Laserklasse	1 (gekapselt)	Impulswiederholfrequenz F	100 Hz – 1000 Hz
nach DIN EN	DIN EN 60825-1:2008-05		
Laserart/Signalform	Dauerstrichlaser / cw Betrieb		
Sonstige Angaben	Gesonderte Beurteilung im Servicebetrieb (Laserklasse 4)		
Angaben zur Tätigkeit / Exposition:			
Anwendung	Materialbearbeitung	Schneiden	
Tätigkeitsbeschreibung	Laserstrahlschneiden		
Betriebszustand	Normalbetrieb	Betroffene Personenanzahl	2-5
Exposition von	Auge	Haut	Abstand zur Lasereinrichtung 2000 mm
Expositionszeit	Keine Exposition der Haut und Augen (gekapseltes System)		
Gefährdung / Einwirkung:			
Akute und Langzeitwirkung der Laserstrahlung Grauer Star (Katarakt), thermische Schädigung / Verbrennung der Netzhaut		Akute und Langzeitwirkung der Laserstrahlung fotosensitive Reaktionen, thermische Schädigung / Verbrennung der Haut	
Bewertung:			
Bewertung auf Grund der Laserklasse:	Die zugängliche Laserstrahlung ist im Normalbetrieb / bestimmungsgemäßer Betrieb ungefährlich. Die Lasereinrichtungen sind auch unter Benutzung von optischen Instrumenten wie z.B. Ferngläsern sicher.		
Bewertung unter Berücksichtigung der Exposition	System gekapselt		
Bewertung der evtl. indirekten Auswirkungen:	<ul style="list-style-type: none"> - optische indirekte Strahlungen z.B. bei der Materialbearbeitung - Entzündung von brennbaren Stoffen möglich - Entstehung von Gefahrstoffen möglich - Lärmemission beim Umgang möglich 		
Notwendigkeit von Berechnungen / Messungen:	System ist gekapselt, so dass im Normalbetrieb (Achtung – Servicebetrieb muss gesondert bewertet werden).		

Abb. 11: Mustergefährdungsbeurteilung anhand des Anwenderprogramms




		Gefährdungsbeurteilung gemäß §3 OStrV			
Schutzmaßnahmen:					
Substitution <small>(alternative Arbeitsverfahren)</small>	Ist die Möglichkeit andere Verfahren zu verwenden ausgeschlossen, sind folgende Schutzmaßnahmen umzusetzen:				
	Maßnahme	Umsetzung durch	bis	erledigt	
Technisch	Einhausung / Abschirmung vorhanden			<input checked="" type="checkbox"/>	
	Reflexionsbegrenzung			<input checked="" type="checkbox"/>	
	Laserschutzfenster vorhanden			<input checked="" type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	
Organisatorisch	Zugangsregelungen umgesetzt / vorhanden (Achtung Servicebetrieb gesondert beurteilen)			<input checked="" type="checkbox"/>	
	Laserschutzbeauftragter (LSB) vorhanden / bestellt			<input checked="" type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	
	Kennzeichnung vorhanden   	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Persönlich	Arbeitsmedizinische Beratung			<input checked="" type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	
Überprüfung der Umsetzung der festgelegten Schutzmaßnahmen bzw. evtl. noch offener Maßnahmen durch die Verantwortliche Person:		Herr Mustermann	bis zum	<input type="checkbox"/>	
Beurteiler / Stand:					
Beurteilung am / Stand:		durch	Herr Müller Herr Mustermann		
Begleitende Unterlagen <small>(z.B. Messprotokolle):</small>	Technische Daten / Laserklassen				
Wirksamkeitskontrolle:					
Die Gefährdungsbeurteilung muss aktualisiert werden, wenn z.B. neue bzw. zusätzliche Laser eingesetzt werden, sich Tätigkeiten oder der Stand der Technik ändern.			spätestens am		

Abb. 12: Mustergefährdungsbeurteilung anhand des Anwenderprogramms



Betriebsanweisung

Betriebsanweisung gemäß OstrV		Muster GmbH Musterstraße 11 20000 Hamburg
1. ANWENDUNGSBEREICH		
	<p>Diese Betriebsanweisung gilt für den Umgang mit dem Laser der Laserklasse 1 im Wellenlängenbereich 700 bis 1400 zur Materialbearbeitung – Schneiden</p> <p>Der EGW wird bei Servicebetrieb und Wartung überschritten und entspricht einer Laserklasse 4 (Servicebetrieb – gesonderte Beurteilung / Betriebsanweisung)</p> <p>Laserstrahlschneiden</p>	
2. GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT		
	<ul style="list-style-type: none"> - Gefährdung der Augen (Grauer Star (Katarakt), thermische Schädigung / Verbrennung der Netzhaut) - Gefährdung der Haut (fotosensitive Reaktionen, thermische Schädigung / Verbrennung der Haut) - indirekte Auswirkungen (optische Sekundärstrahlungen z.B. bei der Materialbearbeitung, Entzündung von brennbaren Stoffen möglich, Entstehung von Gefahrstoffen möglich, Lärmemission beim Umgang möglich,) 	
3. SCHUTZMASSNAHMEN UND VERHALTENSREGELN		
	<ul style="list-style-type: none"> • Der Bediener / Benutzer muss im Umgang mit dem Laser unterwiesen sein. • Wer nicht direkt mit dem Laser arbeitet, hält Abstand zu den optischen Instrumenten. • Nehmen Sie unsere arbeitsmedizinische Beratung wahr • Individueller Text • Individueller Text 	
4. VERHALTEN BEI STÖRUNGEN		
	<ul style="list-style-type: none"> • Lasereinrichtung außer Betrieb setzen, Vorgesetzten informieren und ggf. weitere Maßnahmen z.B. Hinzuziehen des Herstellers veranlassen. • Lasereinrichtung erst wieder in Betrieb nehmen, sobald die Störung beseitigt ist. 	
5. ERSTE HILFE		
	<ul style="list-style-type: none"> • Erste Hilfe Aushang beachten! • Bei Beschwerden den Facharzt (Augen- oder Hautarzt) hinzuziehen. 	
6. INSTANDHALTUNG		
	Instandhaltungsarbeiten nur von einer fachkundigen Person bzw. dem Hersteller ausführen lassen.	
Datum:		Unterschrift

Abb. 13: Musterbetriebsanweisung anhand des Anwenderprogramms



Sonderfall Laserpointer

Batteriebetriebene Laser werden außerhalb der Spannungsgrenzen der Niederspannungsrichtlinie betrieben (50-1000 V für Wechselstrom, 75-1500 V für Gleichstrom) und fallen daher nicht in den Geltungsbereich der Richtlinie.

Es gibt folglich Laserprodukte, für die keine speziellen Rechtsverordnungen bestehen oder deren Anforderungen nicht durch harmonisierte Normen geregelt sind. Dazu zählen u. a. Laserpointer, Laserwasserwaagen, Laser für Astronomie Zwecke, Motivlaser sowie Distanzmess- und Nivelliergeräte. Für diese Produkte gelten die grundlegenden Festlegungen nach § 3 Abs. 2 des ProdSG. Danach dürfen nur Produkte in Verkehr gebracht werden, die bei bestimmungsgemäßer oder vorhersehbarer Verwendung die Sicherheit und Gesundheit von Personen nicht gefährden. Um diese allgemeine Festlegung zu konkretisieren, wurde die Technische Spezifikation i.S.d. § 5 ProdSG zur Verwendung von Lasern in Verbraucherprodukten erarbeitet.

Kennzeichnung von Laserpointern und Gebrauchsanweisungen

Die Anforderungen an die Kennzeichnung von Laserpointern ergeben sich aus dem ProdSG, der technischen Norm DIN EN 60825-1 sowie der Technischen Spezifikation zu Lasern als bzw. in Verbraucherprodukte(n).

Nach § 6 Abs. 1 S. 2 ProdSG haben der Hersteller, sein Bevollmächtigter und der Einführer den Namen und die Kontaktanschrift des Herstellers oder, sofern dieser nicht im Europäischen Wirtschaftsraum ansässig ist, den Namen und die Kontaktanschrift des Bevollmächtigten oder des Einführers anzubringen. Satz 3 verlangt zudem eindeutige Kennzeichnungen zur Identifikation des Verbraucherprodukts (z. B. Typ-, Chargen-, Artikel-Nr.). Diese Angaben sind am Produkt, oder wenn dies nicht möglich ist, auf dessen Verpackung anzubringen.

Zusätzlich ist eine laserspezifische Kennzeichnung nötig, bestehend aus einem Warnschild und Hinweisschild. Letzteres enthält Angaben zu Wellenlänge, Laserklasse und max. Ausgangsleistung, der angewandten Norm sowie den Warnhinweis „Laserstrahlung - Nicht in den Strahl blicken“. Auch diese Angaben sind am Produkt anzubringen.

In der Gebrauchsanweisung sind darüber hinaus verschiedene Gebrauchs- und Warnhinweise aufzuführen:

- Anweisungen für Zusammenbau und Wartung
- Hinweis auf die Lage der Laseraustrittsöffnung
- Den Laserstrahl nicht auf Personen richten.
- Nicht in den direkten oder reflektierten Strahl blicken.
- Falls Laserstrahlung ins Auge trifft, sind die Augen bewusst zu schließen und der Kopf sofort aus dem Strahl zu bewegen.
- Manipulationen (Änderungen) an der Lasereinrichtung sind unzulässig.
- Die Gebrauchsanleitung ist aufzubewahren und bei Weitergabe der Lasereinrichtung mitzugeben.



Abb. 14: Beispiel zur Kennzeichnung eines Lasers der Klasse 2, Quelle: BGV



Stichprobenartige Messergebnisse von Laserprodukten

Laserprodukte, insbesondere Laserpointer, werden von der Hamburger Marktüberwachungsbehörde – Referat Produktsicherheit – regelmäßig durch Meldungen der Hamburger Zollbehörden überprüft (Risikoprofil).

Bei einer Marktüberwachungsaktion (2014) wurden 50 Laserpointer bei der Einfuhr getestet und die Ergebnisse ausgewertet. Bei 20 Laserpointern handelte es sich um gewerblich und bei 30 Laserpointern um privat eingeführte Produkte. Letztere werden als Privatimport bezeichnet, da die Produkte von Privatpersonen über das Internet bei Firmen mit Geschäftssitz außerhalb der EU erworben werden.

Die maximale Ausgangsleistung für Laserpointer als Verbraucherprodukte liegt bei 1 mW und entspricht der Laserklasse 2.

Messreihen haben gezeigt, dass dieser Grenzwert bei Privatimporten häufig um ein Vielfaches überschritten wird. So konnte in 27 von 30 Fällen (90 %) eine Grenzwertüberschreitung festgestellt werden, zwei Laserpointer waren defekt und nur ein Laserpointer lag unter 1 mW.

Zwölf Modelle (40 %) mit über 100 mW überschritten die zulässige Ausgangsleistung um das 100fache und mehr. Der Spitzenwert eines blauen Laserpointers lag bei 738 mW, er unterstreicht die unzulässig hohe Laserleistung einiger auf Internetplattformen gehandelten Laserpointer von nicht europäischen Händlern.

Bei 4 von 20 Laserpointern gewerblicher Anbieter lag die Ausgangsleistung über 1 mW (20 %). Die maximale Laserleistung lag bei 7 mW und damit immer noch um das Siebenfache über der zulässigen Leistung für Laserpointer als Verbraucherprodukt. Wie sich in verschiedenen Messungen zeigte, sind gewerblich importierte Laserpointer bei sachgemäßer Verwendung weitaus sicherer als privat importierte Laserpointer, welche direkt im Internet (insb. bei Nicht-EU Händlern) bestellt werden. Auch die Laserleistung ist mit höherer Wahrscheinlichkeit der Laserklasse 2 entsprechend begrenzt.

Laserpointer aus dem außereuropäischen Ausland wiesen zudem diverse (formale) Kennzeichnungsmängel auf.

Die Erfahrungen bei der Überprüfung von bereits kleineren Showlasern zeigen, dass die Leistung der Laserklasse 2 zum Teil übertroffen wird und den Laserklassen 3R oder 3B entspricht.

Die Geräte sind daher nur von Fachkundigen zu installieren (z. B. Laserschutzbeauftragte), sodass für Dritte keine Gefahren entstehen. Bei dieser Art von Discolasern war festzustellen, dass die Laserleistung in einer geringen Entfernung weitaus höher war als bereits in einem Abstand von einem Meter (weniger als 1 mW).

Bei Justier- und Nivellierlasern, welche ebenfalls der Laserklasse 2 bzw. Laserklasse 2M zugeordnet werden, waren bei bisherigen Überprüfungen keine unzulässigen Laserleistungen festzustellen.



Abb 15: Laserpointer
Privatimport, Quelle: BGV



Abb.16: Discolaser,
Quelle: BGV



Bauliche und konstruktive Schutzmaßnahmen beim Betrieb von Lasereinrichtungen

Sicherheitsmaßnahmen	Lasereinrichtung (Klasse)						
	1 (alt)	1M	2	2M	3R	3B / 1 (neu)*	1C* / 4
Wände						Matt, hell, diffus reflektierend	
Abschirmungen						Große spektrale Absorption bei der Wellenlänge der Laser gegen Sekundärstrahlung – (sie müssen der DIN EN 60825-4 entsprechen)	
Laserbereich		Kennzeichnung, sofern im Verkehrsbereich verläuft				Grenzen (NOHD Zeitbasis?) festlegen, Beschränkung des Zugangs	
Strahlwarnung; Emmissionswarnanzeige						Optisch oder akustisch an den Zugängen; auf dem Laser; bei 3R nur bei unsichtbarer Strahlung	
Not-Halt-Schalter	Abhängig von der produktspezifischen Gefährdungsanalyse (siehe Maschinenrichtlinie Abs. 1.2.4 der Anlage)						
Fernverriegelungseinrichtung	erforderlich nur, wenn ein Klasse 3B- oder 4-Laser eingebaut ist					An Türkontakt oder zusätzlich Not-Aus anschließen	
Schutzgehäuse	Laser Klasse 1 anstreben, siehe DIN EN 60825-4						
Sicherheitsverriegelung						Zuverlässige Ausführung (siehe Merkblatt: Sicherheitsgrenztaster)	
Schlüsselschalter						Berechtigter Personenkreis; abziehen, wenn Laser außer Betrieb	
Spezifizierung: Interlock; Not-Aus, Türkontakt (Fernverriegelung)						Festlegung des Performance levels entsprechend der DIN EN 13849-1	
Beobachtungsoptik und Beobachtungsfenster			Einbau von Laserschutzfiltern; GZS* (Grenzwerte der zugänglichen Strahlung) der Klasse 1 einhalten				

Tabelle 5: Bauliche und konstruktive Schutzmaßnahmen; Quelle: BG ETEM, 2017



Organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen beim Betrieb von Lasereinrichtungen

Sicherheitsmaßnahmen	Lasereinrichtung (Klasse)						
	1 (alt)	1M	2	2M	3R	3B / 1 (neu)*	4 / 1C*
Lasieranmeldung**	nur erforderlich bei Einbau von Lasern der Klasse 3R, 3B oder 4				Anmeldung der Laser-Einrichtung beim zuständigen Unfallversicherungsträger und den für den Arbeitsschutz zuständigen Behörden		
Laserschutzbeauftragter	Im Allgemeinen nicht erforderlich				schriftliche Bestellung und Ausbildung gemäß § 5 OStrV		
Laserbereich	normalerweise nicht erforderlich, wenn die Strahlung von Lasern der Klasse 1, 1M, 2 oder 2M nicht im Arbeits- oder Verkehrsbereich verläuft				Grenzen festlegen, unter Umständen zeitlich begrenzen; z. B. Wartung mit beweglichen Abschirmungen (siehe auch DIN EN 12254)		
Laser-Schutzbrillen und Laser-Justierbrillen	nicht erforderlich, wenn nicht absichtlich in den Laserstrahl geblickt werden muss				erforderlich; eventuell Erhöhung der Raumhelligkeit		
Laserschutzhandschuhe und Laserschutzkleidung						Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung bewerten	
spezielle Unterweisung		erforderlich; ggf. Bestätigung mit Unterschrift; mindestens jährlich					
Strahlwege		Den Strahl am Ende seines zweckdienlichen Weges blockieren, spiegelnder Reflexionen vermeiden					

Tabelle 6: Organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen; Quelle: BG ETEM, 2017

zu Tabelle 5 und 6

- kein Handlungsbedarf
- Handlungsbedarf nur in bestimmten Fällen
- Handlungsbedarf

* Die zutreffenden Schutzmaßnahmen der „alten“ Laserklassen 3B und 4 sind auch für die neuen Laserklassen 1 und 1C nach DIN EN 60825-1:2015-07 gültig.
 ** Die Lasieranmeldung ist solange durchzuführen, wie die DGUV Vorschrift 11 „Laserstrahlung“ beim zuständigen Unfallversicherungsträger noch erlassen ist.
 Nach OStrV ist eine Lasieranmeldung nicht erforderlich.

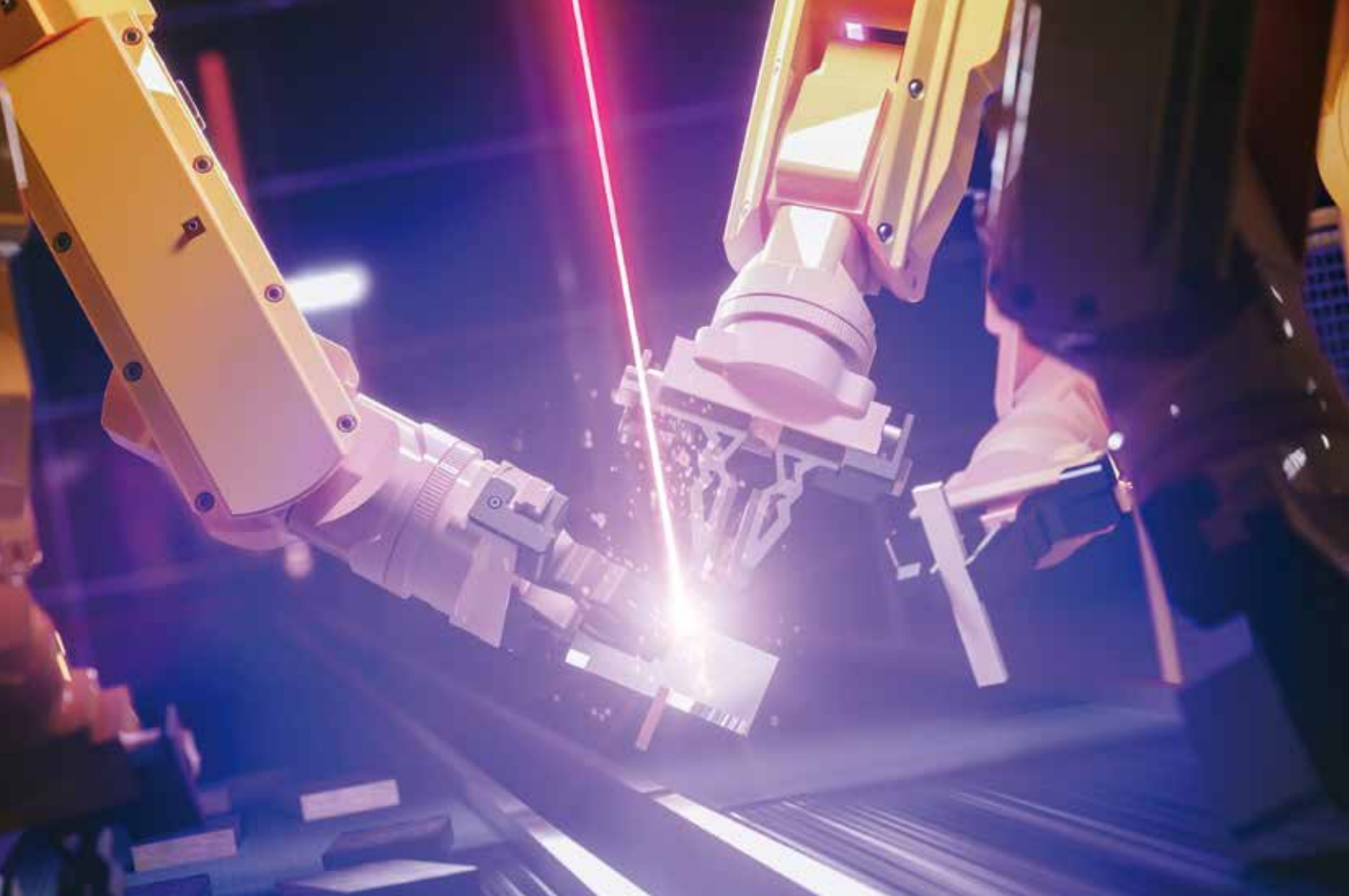


Abb. 17: Industrie-Roboter, Quelle: AA+W/stock-adobe.com



Arbeitsmedizinische Vorsorge

Für Beschäftigte, die in Bereichen mit Laserstrahlung (z. B. eingehauste Laser oder Messlaser) tätig sind, sieht die Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) weder eine Pflicht- noch Angebotsvorsorge vor.

Der Arbeitgeber hat jedoch Beschäftigten nach § 11 ArbSchG bzw. § 5a ArbMedVV eine arbeitsmedizinische Vorsorge (Wunschvorsorge) zu ermöglichen, sofern ein Gesundheitsschaden im Zusammenhang mit der Tätigkeit nicht ausgeschlossen werden kann.

Individuelle arbeitsmedizinische Vorsorge kann Unfälle nicht verhindern. Eine unmittelbare Exposition von Beschäftigten ist niemals beabsichtigt und muss durch technische und organisatorische Schutzmaßnahmen sicher verhindert werden.

Bei inkohärenter künstlicher optischer Strahlung ist nach ArbMedVV eine erweiterte Vorsorge zu berücksichtigen. In Fällen, in denen bei der Laseranwendung inkohärente optische Strahlung auftritt, z. B. bei der Lasermaterialbearbeitung, hat der Arbeitgeber folgende Punkte zusätzlich sicherzustellen (§ 3 ArbMedVV):

- Durchführung der Pflichtvorsorge bei Überschreitung der Expositionsgrenzwerte (Anhang ArbMedVV, Absch.1 Ziff.6.) und
- Durchführung der Angebotsvorsorge bei Expositionsgrenzwertnähe und wenn der Expositionsgrenzwert überschritten wird (Anhang ArbMedVV, Absch.2 Ziff.3)



Persönliche Schutzausrüstung (PSA)

Am 20.04.2016 ist die neue PSA-Verordnung (EU) 2016/425 in Kraft getreten. Mit einer Übergangszeit von 2 Jahren löst sie die Richtlinie 89/686/EWG ab und gilt als europäische Verordnung unmittelbar in den Mitgliedsstaaten. Die Verordnung muss daher nicht in nationales Recht umgesetzt werden.

Der Arbeitgeber ist verpflichtet Maßnahmen zur Vermeidung und Verringerung der Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung nach dem Stand der Technik auf der Grundlage der Gefährdungsbeurteilung durchzuführen (§§ 3, 7 OStrV). Bei der Umsetzung der Maßnahmen ist die Rangfolge nach dem S-T-O-P Prinzip (Substitution-Technische-Organisatorische-Personenbezogene Maßnahmen) durchzuführen.

Dies bedeutet, der Austausch durch eine ungefährlichere Technologie, allgemein schützende technische Einrichtungen und anschließend organisatorische Maßnahmen haben Vorrang vor persönlicher Schutzausrüstung (PSA).

Diese PSA muss vom Arbeitgeber den Betroffenen zur Verfügung gestellt werden, wenn die Gefährdung gegenüber künstlicher optischer Strahlung nicht anders verhindert oder nicht ausreichend gemindert werden kann (§ 4 ArbSchG, § 2 PSA Benutzungsverordnung (PSA-BV)).

Kennzeichnung von PSA

Persönliche Schutzausrüstung ist stets mit der CE-Kennzeichnung am Produkt zu versehen. Falls die Art der PSA dies nicht zulässt, ist das CE-Zeichen auf der Verpackung oder den beigefügten Unterlagen anzubringen.

PSA im Bereich Laserschutz fällt grundsätzlich in die Risikokategorie II. Produkte dieser Schutzklasse erfordern eine EU-Baumusterprüfung inklusive Nachweis der Konformität mit einem Baumuster auf Grundlage der internen Fertigungskontrolle.

Neben dem CE-Zeichen ist der Name des verantwortlichen Wirtschaftsakteurs - alternativ Marke oder eingetragener Handelsname - sowie die Postanschrift am Produkt anzubringen, sofern Größe und Art der PSA dies ermöglichen.

Mitzuliefern ist seitens des Herstellers der PSA eine Herstellerinformation bzw. Informationsbroschüre. Darin werden verschiedene Informationen übermittelt – u. a. Anleitungen für Lagerung, Nutzung, Reinigung, Überprüfung, Leistungen der PSA, Informationen zum Zubehör, das Risiko vor dem die PSA schützt, evtl. ein Verfallsdatum. Nach neuer Verordnung soll die Konformitätserklärung der Dokumentation beigefügt sein, als Mindestanforderung der Verweis über den Fundort (Internetadresse).

Laserschutzbrillen



Abb. 18: Laserschutzbrille.
Quelle: BG ETEM

Alle Personen, die sich im Laserbereich aufhalten, müssen geeigneten Augenschutz benutzen. Durch zufällige Reflexion von Laserstrahlung, z. B. durch Reflexe an spiegelnden Teilen (auch an Brillen), durch Kippen oder Dejustieren optischer Bauteile kann eine Gefährdung entstehen. Alle, die sich in diesen Gefahrenbereichen (Laserbereichen) aufhalten, müssen Laser-Schutzbrillen tragen.

Laserschutzbrillen nach DIN EN 207 müssen die Laserstrahlung auf ein unschädliches Maß (Einhaltung der MZB-Werte) herabsetzen. Dies wird durch Absorption und/oder Reflexion der Laserstrahlung erreicht.

Die Schutzstufen nach DIN EN 207 sind aber erst über die Schutzstufennummer und die Angabe einer Leistungs- oder Energiedichte definiert, gegen die der Laserschutz für die erwähnte Zeit von 5 s standhalten muss.

Laserschutzbrillen nach DIN EN 207 schützen daher nur vor der nicht beabsichtigten Einwirkung von Laserstrahlung und sind nicht für einen länger andauernden Blick in den direkten Laserstrahl geeignet.

In vielen Fällen sind die potenziell gefährlichen bzw. gefährlichen Laser der Klassen 3R, 3B oder 4 gekapselt, so dass im Normalbetrieb ein Laser der Klasse 1 vorliegt. Hierbei braucht dann keine Laserschutzbrille getragen zu werden. Bei Wartungsarbeiten oder im Labor muss aber in aller Regel die persönliche Laserschutzbrille oder Laser-Justierbrille zum Einsatz kommen.

In Abhängigkeit vom spektralen Transmissionsgrad der Laserschutzbrille und von der maximalen Energie- und Leistungsdichte ist anhand der Tabelle 7 die Schutzstufe der Laserschutzbrille bestimmbar.

Eine Laserschutzbrille, die in Europa als Persönliche Schutzausrüstung in den Handel kommt, muss von einer notifizierten Stelle geprüft und zertifiziert worden sein. Die Brille muss entsprechend der jeweils angewandten Norm gekennzeichnet sein.

Andere Schutzbrillen soll ein LSB in seinem Verantwortungsbereich nicht zulassen. Damit erübrigt sich die Frage: Wo kann ich nachfragen, ob die Brille geprüft wurde? Wichtiger ist die Frage: Stimmt die Kennzeichnung der Brille mit der erlaubten Kennzeichnung nach EG-Baumusterprüfbescheinigung überein? Hier können die notifizierten Stellen tätig werden, wenn der LSB ihnen wenigstens ein Bild der Kennzeichnung, die Typbezeichnung und eine Kopie der Nutzerinformation mitteilt. So sollte eine Zertifizierungsstelle nachvollziehen können, ob dieses Produkt von ihr bewertet und zertifiziert wurde. Es ist zu beachten, dass die Kennzeichnung der Brille mit niedriger Schutzstufe als die maximal erlaubte Kennzeichnung ausfallen kann.



Abb. 19: Laserschutzbrille, Korbgestell.
Quelle: BG ETEM

Fazit: Welche Angaben brauche ich?

- Kennzeichnung nach EN Vorgaben,
- Typbezeichnung,
- Nutzerinformation,
- Notifizierte Stelle



Abb. 20: Einsatz von Schutzbrillen in der Praxis. Quelle: Fa. Laservision

Notifizierte Stellen (beispielhaft):

ECS GmbH European Certification Service
 Obere Bahnstraße 74
 73431 Aalen
 Tel.: +49 (0)7361 9757396 (Zertifizierungsstelle) oder
 Tel.: +49 (0)7361 9757399 (Prüflabor)
 E-Mail: info@ecs-eyesafe.de

DIN CERTCO Gesellschaft für Konformitätsbewertung mbH
 Tillystraße 2
 D-90431 Nürnberg
 Tel.: +49 (0)911 655-3022
 Fax: +49 (0)911 655-3033
 E-Mail: info@dincertco.de

Schutzstufe	Maximaler Spektraler Transmissionsgrad bei der Laser-Wellenlänge $\tau(\lambda)$	Maximale Leistungsdichte- (E) im Wellenlängenbereich		
		180 nm bis 315 nm	> 315 nm bis 1 400 nm	> 1 400 nm bis 1 000 μm
		Für die Laserbetriebsart/Einwirkungsdauer, in Sekunden (s)		
		D E_D W/m ²	D E_D W/m ²	D E_D W/m ²
LB 1	10 ⁻¹	0,01	10 ⁻²	10 ⁻⁴
LB 2	10 ⁻²	0,1	10 ⁻³	10 ⁻⁵
LB 3	10 ⁻³	1	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶
LB 4	10 ⁻⁴	10	10 ⁻⁵	10 ⁻⁷
LB 5	10 ⁻⁵	10 ²	10 ⁻⁶	10 ⁻⁸
LB 6	10 ⁻⁶	10 ³	10 ⁻⁷	10 ⁻⁹
LB 7	10 ⁻⁷	10 ⁴	10 ⁻⁸	10 ⁻¹⁰
LB 8	10 ⁻⁸	10 ⁵	10 ⁻⁹	10 ⁻¹¹
LB 9	10 ⁻⁹	10 ⁶	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹²
LB 10	10 ⁻¹⁰	10 ⁷	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹³

Tabelle 7: Schutzstufenbestimmung der Laserschutzbrille

Laserjustierbrillen

Laserjustierbrillen nach DIN EN 208 dienen zur Justierung mit sichtbaren Lasern (Wellenlängenbereich 400 nm bis 700 nm). Insbesondere sollen diffuse Reflexionen der Laserstrahlung beobachtet werden können. Laserjustierbrillen sind so ausgelegt, dass sie im Falle von Dauerstrichlasern die Strahlungsleistung auf Werte unter 1 mW reduzieren (Grenzwert der Laser Klasse 2). Die spektralen Transmissionsgrade der Justierbrillen sind deshalb höher als die entsprechender Laser-Schutzbrillen (DIN EN 207) und der spektrale Transmissionsgrad der Justierbrille allein bietet in einer Unfallsituation (direkte Einwirkung der Laserstrahlung auf die Schutzbrille) keinen ausreichenden Schutz des Auges. Es müssen unbedingt aktive Schutzreaktionen, d. h. bewusste Abwendungsreaktionen hinzutreten, die dann ausgeführt werden müssen, wenn eine Blendung durch die Laserstrahlung wahrgenommen wird. Aktive, d. h. bewusste Schutzreaktionen bedeuten, dass eine von einem Laserstrahl getroffene Person sofort die Augen schließt und den Kopf abwendet. Dies ist besonders deshalb erforderlich, da der Lidschlussreflex, auf dessen Vorhandensein die Auslegung von Laserjustierbrillen ursprünglich basiert hat, keine verlässliche physiologische Reaktion darstellt.

Durch Wahl eines erhöhten Schutzes kann auch z. B. eine Auslegung auf eine Zeitdauer (Beobachtungszeit) von 2 s (siehe Tabelle 8) erfolgen. Diese im Vergleich zur Zeitbasis von 0,25 s für Laser der Klasse 2 eine größere Zeitdauer ermöglicht die Ausführung aktiver Schutzreaktionen.

Schutzstufe	Maximale Laserleistung für Dauerstrichlaser Zeitbasis 0,25 s	Maximale Laserleistung für Dauerstrichlaser Reaktionszeit bis 2 s	Bereich des spektralen Transmissionsgrades
RB 1	10 mW	6 mW	10^{-1} bis 10^{-2}
RB 2	100 mW	60 mW	10^{-2} bis 10^{-3}
RB 3	1 W	600 mW	10^{-3} bis 10^{-4}
RB 4	10 W	6 W	10^{-4} bis 10^{-5}
RB 5	100 W	60 W	10^{-5} bis 10^{-6}

Tabelle 8: Anwendungsbereich und spektraler Transmissionsgrad der Laserjustierbrillen



Abb. 21: Forschung und Wissenschaft, Quelle: Pavel Losevsky/stock-adobe.com

Modellauswahl:

Für die Bestimmung der notwendigen Schutzstufe, bzw. des geeigneten Modells ist meist eine Beratung durch einen Hersteller von Laserschutzbrillen sinnvoll. Weiterhin sollten folgende Hinweise berücksichtigt werden:

- Nutzung von komfortablen Berechnungsprogrammen für die Berechnung der Schutzstufen,
- Auswahl geeigneter Gestellformen je nach Einsatz, Einsatzzeit und Anforderung an die Sehaufgabe,
- Auswahl eines Korbgestelles in der Regel bei kurzen Tragezeiten (weniger als 50 Stunden im Jahr) und Arbeiten ohne hohe Sehanforderungen,
- Auswahl von leichten Bügelgestellen bei häufigen Arbeiten mit der Brille, da sich bei schweren, hermetisch abgeschlossenen Fassungen die Gefahr erhöht, dass die Brillen beschlagen und die Möglichkeit von Sekundärunfällen entstehen,
- Auswahl bei Arbeiten an Hochleistungslasern von mehreren kW von meist hermetisch abgeschlossenen und oft schweren Fassungen, da andere Fassungsformen der Laserstrahlung nicht standhalten.

Nähere Informationen finden sich in der DGUV Information 203-042: Auswahl und Benutzung von Laser-Schutzbrillen, Laser-Justierbrillen und Laser-Schutzabschirmungen

Checkliste		
1	Prüfen, ob der Einsatz der Schutzbrillen notwendig ist oder ob nicht der Laser sicher (auch für die Wartung) gekapselt werden kann?	<input type="checkbox"/>
2	Wird der Laserschutzbeauftragte (für die Klassen 3R, 3B, 1C und 4 notwendig und ggf. Klasse 1:DIN EN 60825-1:2015-07) einbezogen?	<input type="checkbox"/>
3	Wurde geprüft, welche Tätigkeit an dem Laser ausgeführt werden soll? a) Normalbetrieb b) Justierung c) Wartung d) Service e) Offener dauernder Betrieb (z. B. Entwicklungslabor)	<input type="checkbox"/>
4	Wurde die notwendige Schutzstufe der Laser-Schutzbrille oder Laser-Justierbrille (bei sichtbaren Lasern im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm, sofern diffuse Strahlung beobachtet werden soll) bestimmt?	<input type="checkbox"/>
5	Wurden betroffene Mitarbeiter bei der Auswahl der geeigneten persönlichen Laser-Schutzbrillen oder Laser-Justierbrillen beteiligt?	<input type="checkbox"/>
6	Ist eine Unterweisung der Mitarbeiter erfolgt und dokumentiert?	<input type="checkbox"/>
7	Wurde eine eventuell vorhandene Fehlsichtigkeit (Korrektionsschutzbrille) bei der Auswahl berücksichtigt?	<input type="checkbox"/>
8	Bei der Beschaffung der Schutzbrille muss diese mit dem CE-Zeichen gekennzeichnet sein. Die Nummer der notifizierten Stelle (siehe PSA-Benutzerverordnung) muss in der Benutzerinformation angegeben werden.	<input type="checkbox"/>
9	Sind die Arbeitsplätze, an denen die Laser-Schutzbrille und Laser-Justierbrille getragen werden muss, mit dem Gebotszeichen M 01 „Augenschutz benutzen“ ASR 1.3 gekennzeichnet?	<input type="checkbox"/>
10	Wurde bei der Anwendung von Excimer-Lasern zusätzlich geprüft, ob ein Gesichtsschutzschirm gegen die UV-Streustrahlung getragen werden muss?	<input type="checkbox"/>
11	Wurden bei der Beschaffung der Laser-Schutzbrillen oder Laser-Justierbrillen weitere Aspekte wie Design und Tragekomfort berücksichtigt? Hierdurch kann eine hohe Trageakzeptanz erreicht werden! Beispiel Beschlagen der Brille bei Benutzung im Freien	<input type="checkbox"/>
12	Bei Hochleistungslasern: Die maximale optische Belastung der Brille beim Hersteller für große Strahldurchmesser erfragen und beachten	<input type="checkbox"/>

Abb. 22: DGUV Information 203-042 - Auswahl und Benutzung von Laser-Schutzbrillen, Laser-Justierbrillen und Laser-Schutzabschirmungen, Anhang 1

Laserschutzkleidung

Der Großteil der auf die PSA auftreffenden Laserstrahlung wird von der äußeren Lage diffus reflektiert. Die Energie des absorbierten Strahlungsanteils wird in der inneren Lage aufgeweitet, wodurch eine Erhöhung der Schutzwirkung des Textils erreicht und die Verletzungswahrscheinlichkeit vermindert wird.

Die Schutzwirkung der PSA bis zur spezifizierten Leistungsdichte wird erreicht durch:

- den definierten Wärmetransport zur Haut, um den Energieeintrag zu fühlen (Reflexverhalten),
- die definierte Mindeststandzeit des Textils bis zum Eintreten von Verbrennungen 2. Grades.



Abb. 23 und 24: Beispiele für Laserschutzkleidung, Quelle: Firma JUTEC

Laserschutzhandschuhe

Laserhandschuhe müssen für ihren Einsatzzweck geeignet sein und von einer notifizierten Zertifizierungsstelle zertifiziert worden sein. Die gezeigten Bilder stellen Laserschutzhandschuhe für den Einsatz mit Lasern im Wellenlängenbereich von 800 nm – 1000 nm dar und sind nach PSA Prüfgrundsatz GS-IFA P04 gemäß EN407 + EN 11612 geprüft.

Es wird empfohlen Laserschutzhandschuhe zu verwenden, die nach DIN SPEC 91250:2014-11 geprüft sind.

Trifft der Laserstrahl auf die durch den Handschuh geschützte Hand, so ist die Erwärmung der Haut hinreichend langsam um den Gefahrenbereich verlassen oder den Laser abstellen zu können.



Abb. 25 und 26: Beispiele für Laserschutzkleidung, Quelle: Firma JUTEC

Laserschutzabschirmungen/ Laserschutzwände:

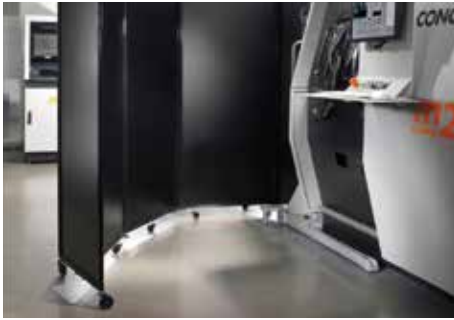


Abb. 27: Mobile Laserschutzwand.
Quelle: Fa. Laservision

Konventionell aufgebaute passive Laserschutzwände leisten insbesondere bei sehr hohen Leistungsdichten (Laserleistung/Fläche), die in der Regel nur bei Prozessstörungen auftreten können, einen zeitlich begrenzten Widerstand gegen direkt auftreffende Laserstrahlung.

Der Hersteller oder Inverkehrbringer der Laserbearbeitungsmaschine wendet im Rahmen seiner Risikobeurteilung in der Regel Zusatzmaßnahmen an, um die Höhe der möglichen Bestrahlung der Laserschutzwand im Fehlerfall deutlich zu reduzieren.

Laserschutzeinhausungen sollten den wesentlichen Anforderungen der DIN EN 60825-4 „Sicherheit von Lasereinrichtungen – Teil 4: Laserschutzwände“ entsprechen. Zur Ermittlung der Schutzdauer (Widerstandsfähigkeit) einer passiven Laserschutzwand liefert Anhang D der genannten Norm „Prüfen von Laserschutzwänden mit festgelegter Schutzwirkung“ Hinweise.



Abb. 28: Laserschutzbox.
Quelle: Fa. Laservision

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist zu prüfen, ob eine aktive oder passive Laserschutzwand eingesetzt werden soll. Aktiv bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Laserabschirmung in den Sicherheitskreis des Lasers integriert ist und das Auftreffen von Laserstrahlung detektieren kann. Die aktive Laserabschirmung schaltet in dem Fall den Laser unmittelbar aus, sodass keine weitere Gefahr von der Laserstrahlung ausgeht. Aktive Laserabschirmungen gibt es in Form von aktiven Laserschutzwänden oder aktiven Laserschutzvorhängen. Das Bild zeigt schematisch die Funktionsweise einer aktiven Laserabschirmung. Aktive Laserschutzwände und aktive Laserschutzvorhänge kommen vor allem bei vollautomatischen Laserbearbeitungsanlagen zum Einsatz, da bei diesen gemäß o.g. Norm eine Standzeit der Laserschutzwand von 30.000 Sekunden gefordert wird.

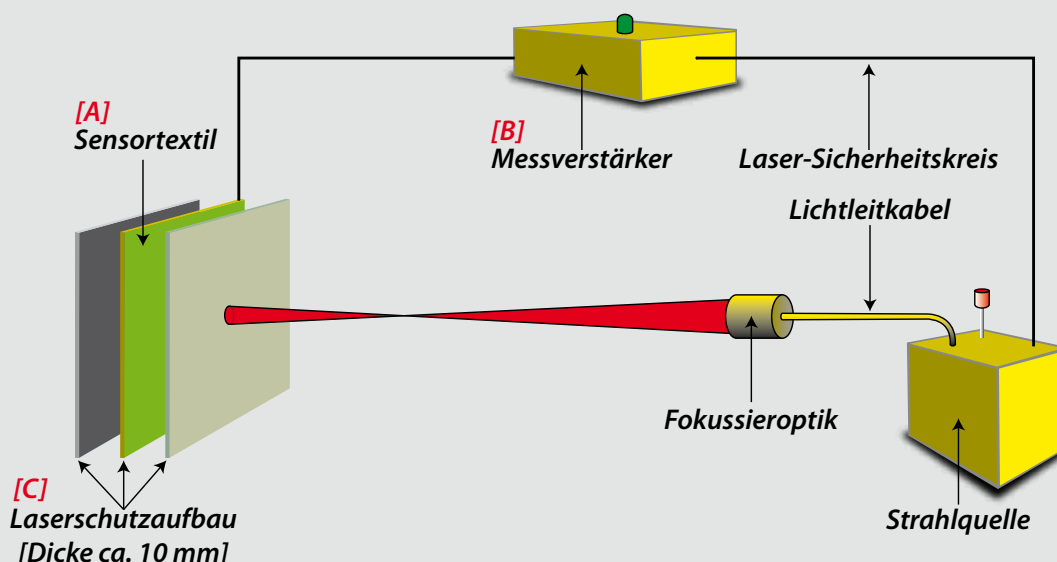


Abb. 29: Aktive Laserabschirmung, Quelle: Firma JUTEC



Abb. 30: Laserschutzfenster,
Quelle: Fa. Laservision

Laserschutzvorhänge:

Kommen Sie im Ergebnis Ihrer Gefährdungsbeurteilung zu der Erkenntnis, dass eine auftretende Gefahr durch Laserstrahlung besteht oder eine Begrenzung von Gefahrenbereichen beim Laserbetrieb nicht gegeben ist, dann ist der Einsatz von Laserschutzvorhängen eine mögliche Schutzmaßnahme. Auch Laserschutzvorhänge können (wie Laserschutzwände) aktiv oder passiv ausgeführt sein. Insbesondere empfiehlt sich die Verwendung von Laserschutzvorhängen, deren laserzugewandte Seite eine helle, möglichst weiße Farbe aufweist. Dies ermöglicht dem Laseranwender die rasche Erkennung, wenn der Laserstrahl auf den Vorhang trifft, da sich dessen Oberfläche durch die eingebrachte Laserenergie schwärzt. Aktive Laserschutzvorhänge bieten die gleiche (aktive) Sicherheit vor Laserstrahlung wie aktive Laserschutzwände mit dem Vorteil, dass sie üblicherweise deutlich einfacher installiert werden können und wesentlich flexibler sind.



Abb. 31: Lamellenvorhang überlappend.
Quelle: Fa. Wenzel Schweißtechnik



Abb. 32: Laserschutzvorhang
3-seitig geschlossen,
Quelle: Firma JUTEC



Beispiele zur Kennzeichnung der Laserklassen

Im Folgenden sind Beispiele der Kennzeichnungen von Laserprodukten nach Ausgabe DIN EN 60825-1:2015 aufgeführt. Eine neue Kennzeichnung von bisherigen Produkten darf nur durch den Hersteller erfolgen und ist nicht erforderlich.



Abb. 33 und 34: Kennzeichnung von Lasern der Laserklassen 1 und 1M, Quelle: BG ETEM



Abb. 35 und 36: Kennzeichnung von Lasern der Laserklassen 2 und 2M, Quelle: BG ETEM

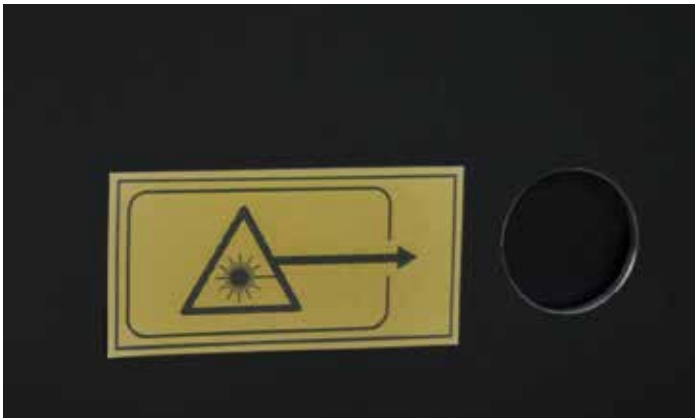


Abb. 37: Kennzeichnung des Strahlausganges für alle Laserklassen, Quelle: BG ETEM



Abb. 38 und 39: Kennzeichnung von Lasern der Laserklassen 3R und 3B, Quelle: BG ETEM



Abb. 40: Kennzeichnung der Laserklasse 1C, Quelle: BG ETEM



Abb. 41: Kennzeichnung der Laserklasse 4, Quelle: BG ETEM



Anwendungsbeispiele

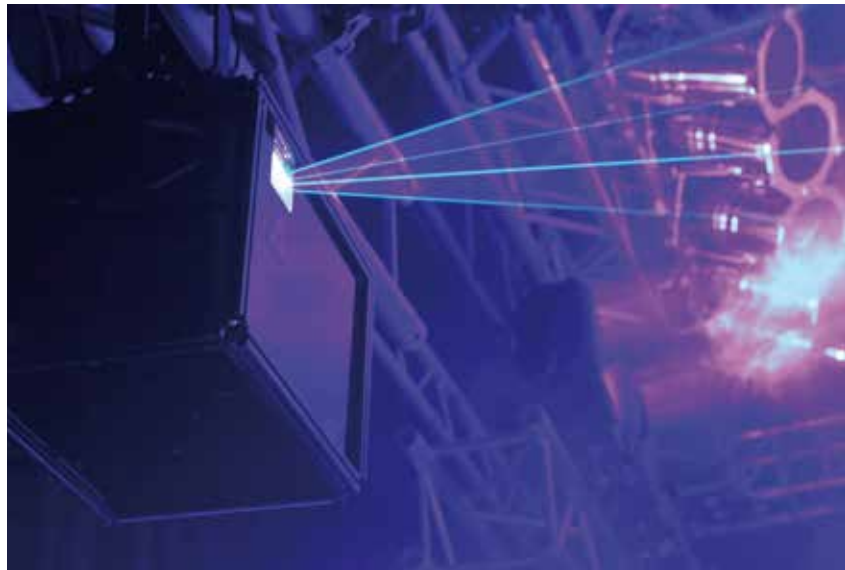


Abb. 42: Deckenanbringung eines Showlasers, Quelle: Firma BlackOut Hamburg Golz & Golz GbR



Abb. 43: Eingehauste Laserbearbeitungsmaschine, Quelle: Laserzentrum Nord

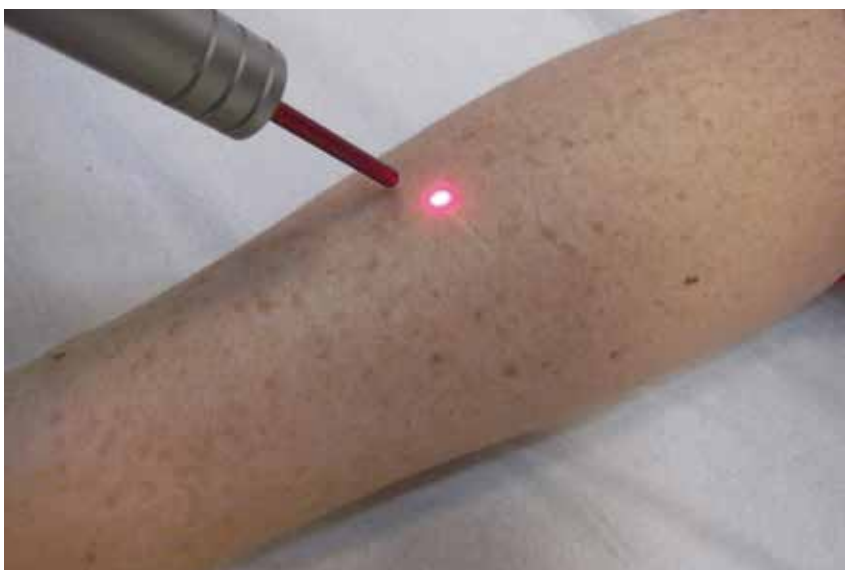


Abb. 44: Fraktionierter CO₂ Laser zur Narbenbehandlung, Quelle: BGV



Abb. 45: Nd:YAG Laser zur Entfernung von Tattoos, Quelle: BGV



Abb. 46: Laserschutzbrillen für die Hautbehandlung (Arzt / Patient), Quelle: BGV



Auge geschützt durch indirekte Betrachtung

Haut/Hand nicht geschützt

Abb. 47: Teilumschlossenes Nd: YAG Laserschweißgerät Klasse 4 im Dentallabor mit Werkstückpositionierung von Hand, Quelle: BGV

Bestellung zum/zur Laserschutzbeauftragten

ACHTUNG: Beispiele und wichtige Punkte müssen betriebsspezifisch angepasst werden

gemäß § 5 Abs. 2 der Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Laserstrahlung (OStrV) und Herr/Frau/ _____

wird ab dem _____ für den Betrieb / Bereich _____

gemäß § 5 Abs. 2 der (OStrV) zum/zur Laserschutzbeauftragten bestellt.

Aufgaben (Beispiele / wichtige Punkte müssen durch den Arbeitgeber ergänzt werden)

Überwachung des sicheren Betriebs bezüglich des Personenschutzes der folgenden Laser-Einrichtungen _____

- Mitwirkung bei der Inbetriebnahme, Service, Wartung der genannten Laser-Einrichtungen
- Motivation von Beschäftigten (Namensliste XX) bezüglich der Einhaltung der Schutzmaßnahmen.

Weisungsbefugnis gegenüber allen Personen in den Laserlaborräumen, an den Laseranlagen bezüglich der Schutzmaßnahmen beim Betrieb der Laser

- Festlegung der Prüffinterwalle der Laser gemäß Betriebssicherheitsverordnung zusammen mit der Fachkraft für Arbeitssicherheit und dem Abteilungsleiter Herr / Frau _____

Unterstützung bei der Erarbeitung oder Änderung der Gefährdungsbeurteilung in den Arbeitsbereichen _____

- Durchführung der Unterweisung bezüglich der Arbeitsplätze (siehe Mitarbeiterliste)
- Mitwirkung bei der Erstellung von Betriebsanweisungen im Bereich _____
Organisation der arbeitsmedizinischen Vorsorge und Beratung zur medizinischen Versorgung bei Augenunfällen gemäß Gefährdungsbeurteilung XXX zusammen mit unserem Betriebsarzt Herr/Frau _____ / Tel.: _____

Dokumentation der Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen:

- Melden von Mängeln und ggf. Stillsetzen der Laser-Einrichtung an den Abteilungsleiter und Geschäftsführer Herr/Frau _____
- Mitwirkung bei der Prüfung der Laser-Einrichtungen und persönlicher Schutzausrüstung
- Organisation von Wartungsarbeiten – Zusammenarbeit mit Fremdfirmen
- Regelmäßige Überprüfung vor Ort - Anlass bezogene Begehungen (z.B. mindestens 1-mal pro Woche/ 1-mal pro Monat etc.)

Enge Zusammenarbeit mit Sicherheitsfachkraft und Betriebsarzt

- Unterweisung der Mitarbeiter zum Laserstrahlenschutz
- Absprache mit dem Abteilungsleiter bezüglich elektrischer Gefährdung; Brandschutz; Absaugung, usw.

Ort, Datum

Unterschrift des
Laserschutzbeauftragten

Ort, Datum

Unterschrift des
Arbeitgebers

Anfrage

zur Auswahl geeigneter Laser-Schutzbrillen, Laser-Justierbrillen und Laser-Schutzfilter

Betriebsdaten		
Name der Firma		
Adresse		
Bemerkung		
Laserspezifikation		
Laserwellenlänge/en	λ	
Betriebsart	D, I, R, M	<input type="checkbox"/> Dauerstrich (cw) <input type="checkbox"/> Impuls <input type="checkbox"/> Riesenimpuls <input type="checkbox"/> Modengekoppelt <input type="checkbox"/> unbekannt
Mittlere Laserleistung	P_m	
Einzelimpulsleistung	P_{pk}	
Strahldurchmesser (63%)	d_{63}	
Leistungs- oder Energiedichte	E / H	
Impulsdauer	t_H	
Impulswiederholungs- frequenz	F	
Geforderte Schutzzeit	Δt	<input type="checkbox"/> 0,25s; <input type="checkbox"/> 2s; <input type="checkbox"/> 5s; <input type="checkbox"/> 100s; <input type="checkbox"/> 30000s
Bemerkung		
Ansprechpartner		
Name		
Telefonnummer:		
E-Mail		

Datum, Unterschrift

Abb. 49: Muster zur Anfrage zur Auswahl geeigneter Laser-Schutzbrillen

Muster für die Dokumentation der Unterweisung

Bestätigung der Unterweisung nach § 8 OStrV	
Name und Anschrift des Betriebs:	_____
Betriebsteil, Arbeitsbereich:	_____
Durchgeführt von:	_____
Durchgeführt am:	_____
Unterweisungsinhalte (insbesondere Gefahrenquellen, Maßnahmen zur Arbeitssicherheit und zum Gesundheitsschutz, Erste Hilfe):	_____ _____ _____
Mit meiner Unterschrift bestätige ich, dass ich an der Unterweisung teilgenommen und den Inhalt verstanden habe.	
Name, Vorname, Unterschrift	_____ _____ _____
Bemerkungen	_____
Unterschrift des Unterweisenden	_____
Geschäftsleitung z. K.	_____

Abb. 50: Muster für die Dokumentation zur Unterweisung

Vorschriften und Maßnahmen zur Lasersicherheit

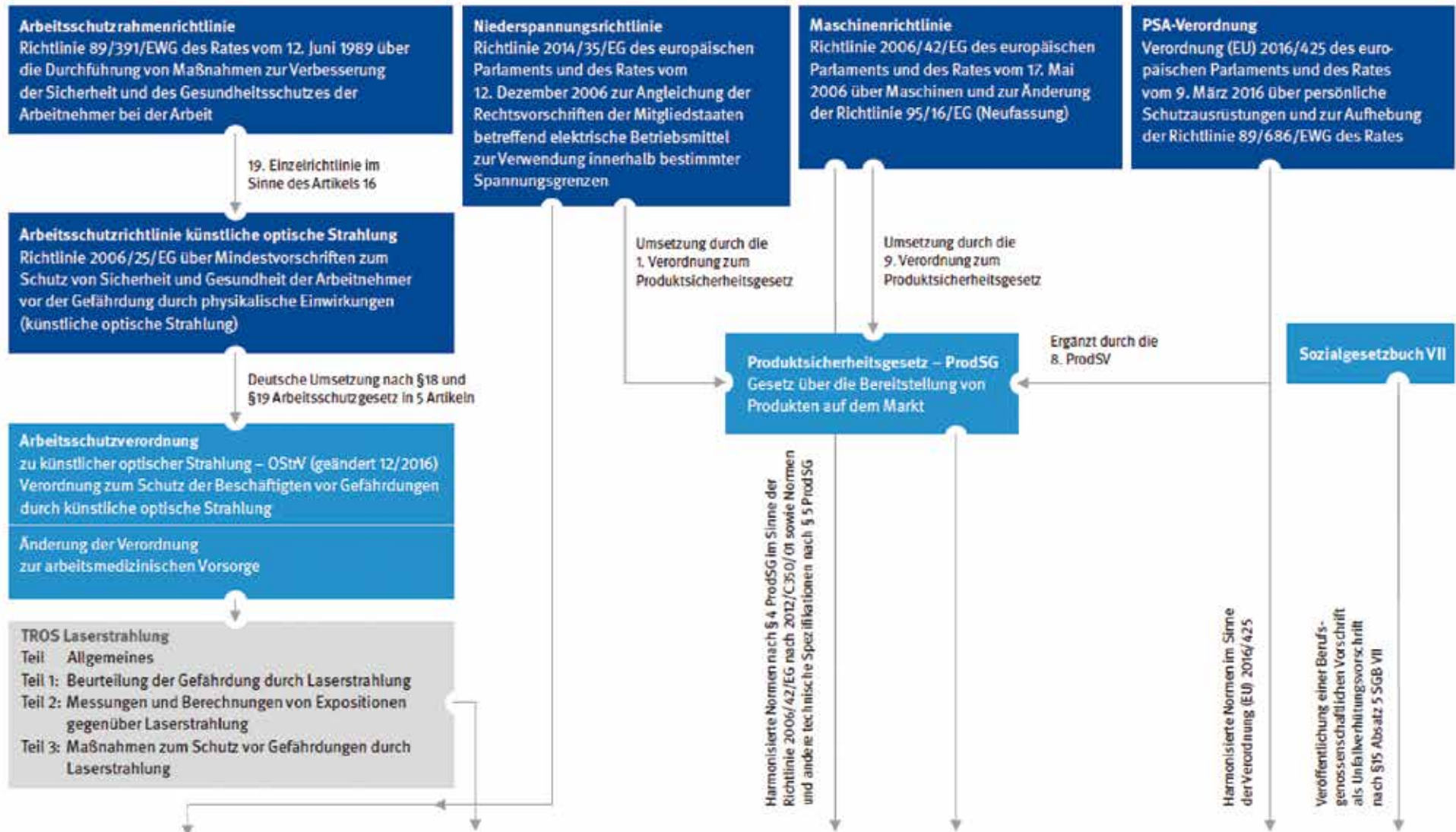


Abb. 52: Vorschriften und Maßnahmen zur Lasersicherheit

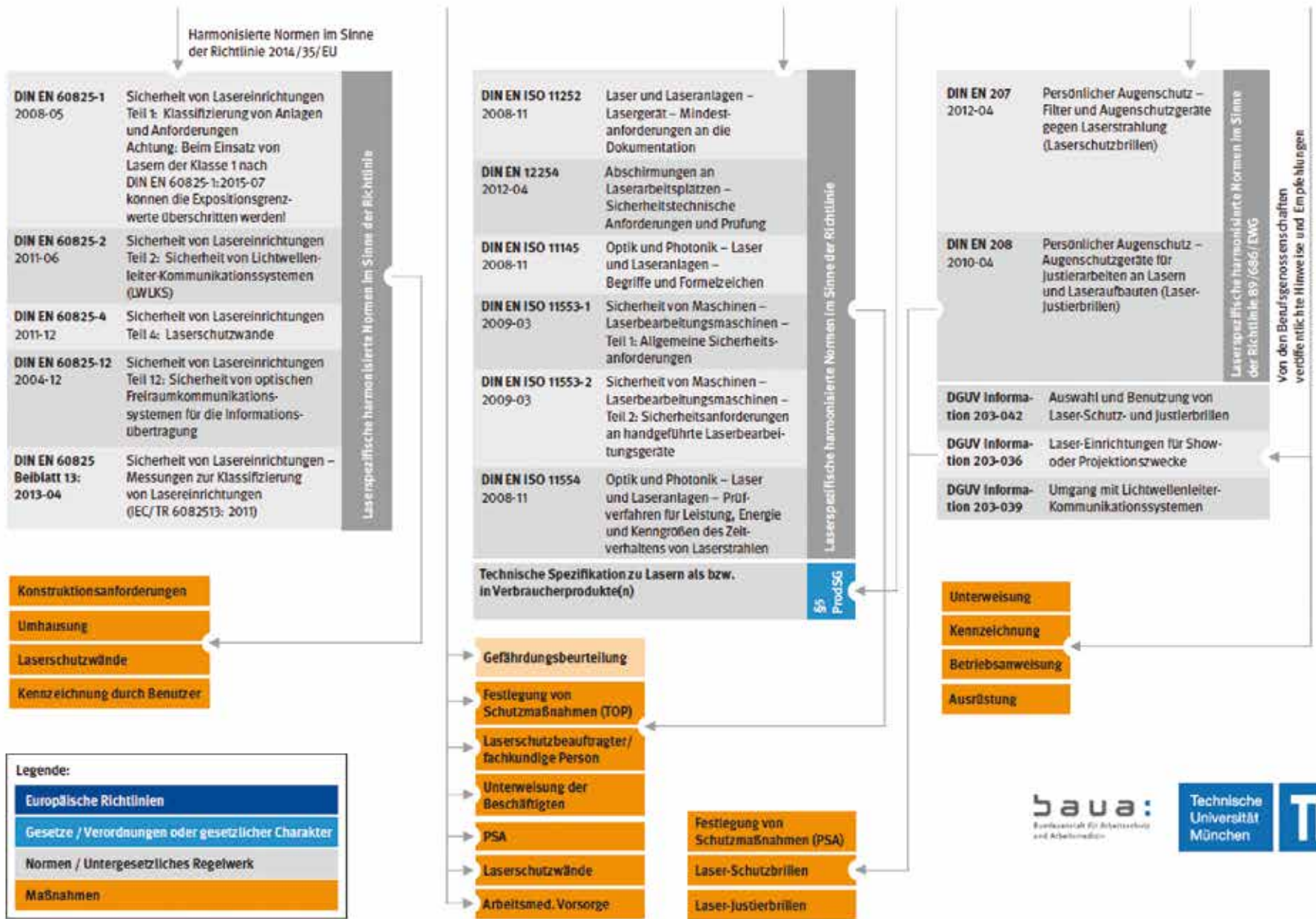
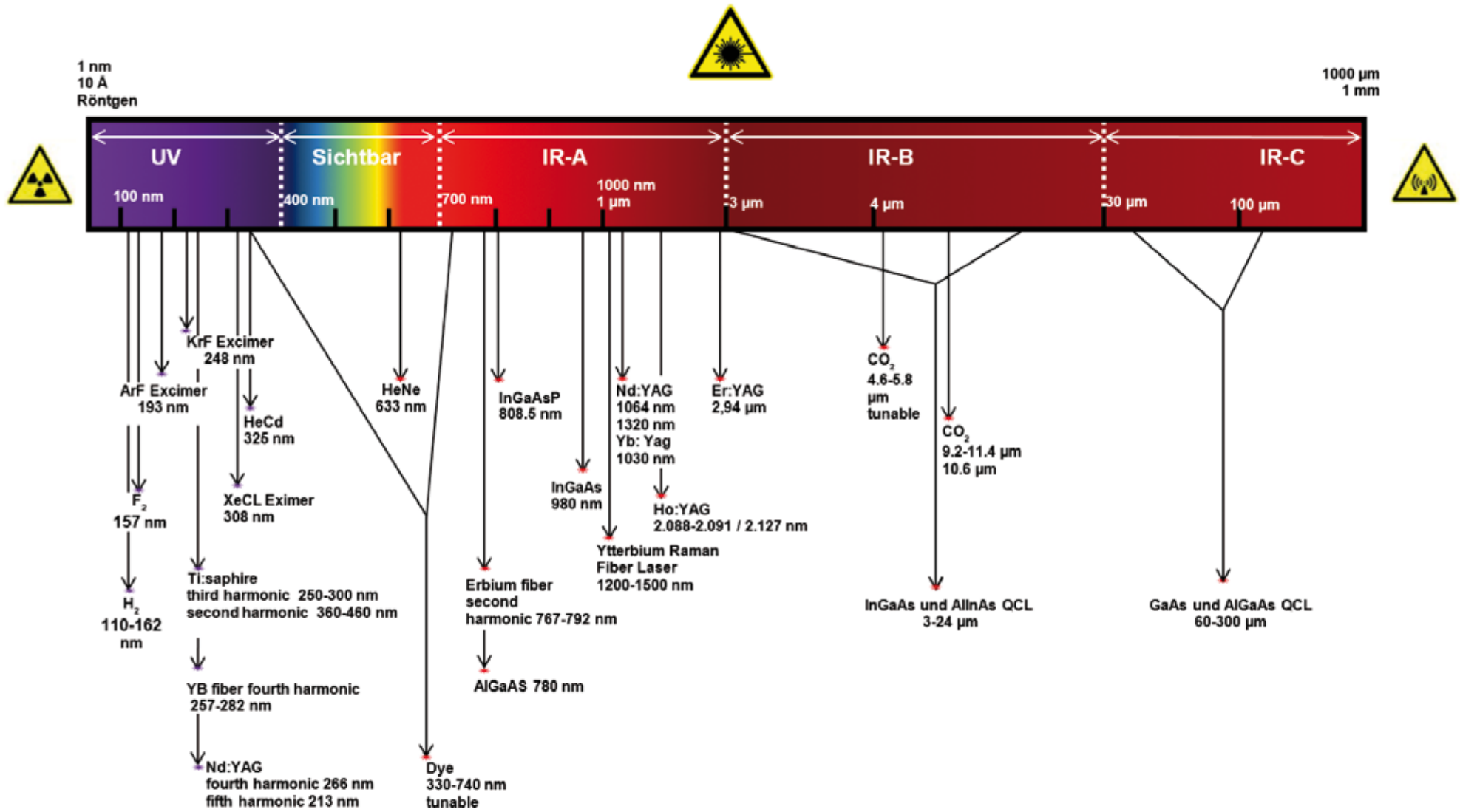


Abb. 53: Übersicht der Laserarten nach Wellenlängen





Begriffsbestimmungen und Erläuterungen

(näheres siehe TROS Laserstrahlung und TROS –
Inkohärente Optische Strahlung)

Ausmaß

Unter dem Ausmaß ist nach § 2 Absatz 9 OStrV die Höhe der Exposition durch Laserstrahlung zu verstehen. Je nach Wellenlängenbereich und zu vermeidender Wirkung (Schutzziel) wird das Ausmaß durch die Strahlungsgrößen Bestrahlungsstärke, Bestrahlung oder Strahldichte ausgedrückt.

Bestrahlung H

Die Bestrahlung H (oder Energiedichte) ist das Integral der Bestrahlungsstärke E über die Zeit t. Sie ist gegeben durch den Zusammenhang:

$$H = \int_{t_1}^{t_2} E(t) \cdot dt$$

Einheit: J m⁻² (Joule pro Quadratmeter). Bei Expositionen an Arbeitsplätzen ist über die Expositionsdauer $\Delta t = t_2 - t_1$ zu integrieren.

Bestrahlungsstärke E

Die Bestrahlungsstärke E (oder Leistungsdichte) ist die auf eine Fläche fallende Strahlungsleistung P je Flächeneinheit A. Sie ist gegeben durch den Zusammenhang: $E = P/A$

Betriebszustände

In der TROS Laserstrahlung wird zwischen den Betriebszuständen Normalbetrieb (bestimmungsgemäßer Betrieb, bestimmungsgemäße Verwendung) und vom Normalbetrieb abweichenden Betriebszuständen, die in der Regel mit einer erhöhten Gefährdung verbunden sind, wie z. B. Wartung, Service, Einrichtvorgang, Prüfung, Errichtung und Außerbetriebnahme, unterschieden.

Dauerstrichlaser (continuous-wave (CW-)Laser)

Ein Dauerstrichlaser ist ein Laser mit kontinuierlicher Ausgangsleistung, der über einen Zeitraum von mindestens 0,25 s strahlt.

Diffuse Reflexion

Unter diffuser Reflexion versteht man die Veränderung der räumlichen Verteilung eines Strahlenbündels nach der Streuung durch eine Oberfläche oder eine Substanz in viele Richtungen. Ein vollkommen diffus streuendes Material zerstört jede Korrelation zwischen den Richtungen der einfallenden und der reflektierten Strahlung.

Hinweis:

In der Regel tritt diffus und gerichtet reflektierte Strahlung zusammen auf. Je geringer die Oberflächenrauigkeit und je größer der Einfallswinkel, desto höher ist der Anteil gerichteter reflektierter Strahlung (abhängig von der Wellenlänge).

Emission

Ausstrahlung der Laserstrahlung oder sekundärer inkohärenter optischer Strahlung

Expositionsdauer

Tatsächliche Einwirkung inkohärenter optischer Strahlung

Exposition

Exposition im Sinne der TROS Laserstrahlung ist die Einwirkung von Laserstrahlung auf die Augen oder die Haut.

Expositionsgrenzwert (EGW)

Die Expositionsgrenzwerte nach § 2 Absatz 5 OStrV sind maximal zulässige Werte bei Exposition der Augen oder der Haut gegenüber Laserstrahlung. Diese sind in der TROS im Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber Laserstrahlung“ aufgeführt.

Hinweis:

Der EGW ist das maximale Ausmaß der Laserstrahlung, dem das Auge oder die Haut ausgesetzt werden kann, ohne das damit akute Gesundheitsschädigungen gemäß der TROS Laserstrahlung verbunden sind. Zum Schutz vor langfristigen Schädigungen durch die kanzerogene Wirkung von UV-Strahlung ist das Minimierungsgebot nach § 7 OStrV besonders zu beachten.

Gefährdung durch indirekte Auswirkungen

z. B. Brand –und Explosionsgefahr, vorübergehende Blendung

Grenzwert der zugänglichen Strahlung (GZS)

Der Grenzwert der zugänglichen Strahlung (GZS) ist der Maximalwert der zugänglichen Strahlung, der gemäß DIN EN 60825-1:2008-05 [1] innerhalb einer bestimmten Laserklasse zugelassen ist. Es gilt jeweils der GZS der zum Zeitpunkt der Klassifizierung des Lasers gültigen Norm.

Mögliche Gefährdung

Liegt vor, wenn eine Überschreitung der Expositionsgrenzwerte nicht ausgeschlossen werden kann, z. B. bei Schweißarbeitsplätzen

Impulslaser

Ein Impulslaser ist ein Laser, der seine Energie in Form eines Einzelimpulses oder einer Impulsfolge abgibt. Dabei ist die Zeitdauer eines Impulses kleiner als 0,25 s.

Optische Strahlung

Elektromagnetische Strahlung im Wellenbereich von 100nm bis 1mm.

Schutzabschirmung

Eine Schutzabschirmung ist eine Vorrichtung, die eine Gefährdung von Beschäftigten durch Laserstrahlung verhindern soll. Schutzabschirmungen haben in der Regel nur eine begrenzte Standzeit.

Strahldivergenz ϕ

Die Strahldivergenz wird definiert als der ebene Winkel im Fernfeld, der durch den Kegel des Strahldurchmessers festgelegt ist. Wenn die Strahldurchmesser an zwei im Abstand r voneinander liegenden Punkten d_{63} und d'_{63} betragen, wird die Strahldivergenz ϕ_{63} (im Folgenden mit ϕ bezeichnet):

$$\phi = 2 \cdot \arctan \frac{d_{63} - d'_{63}}{2 \cdot r}$$

Einheit: rad (Radiant)

Sichtbare Laserstrahlung

Sichtbare Laserstrahlung ist jede Laserstrahlung im Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 700 nm.

Hinweis:

Für breitbandige inkohärente Quellen wird die sichtbare Strahlung nach OStrV im Wellenlängenbereich von 380 nm und 780 nm definiert.

Tatsächliche Gefährdung

Überschreitung der Expositionsgrenzwerte

Kooperationspartner

Diese Handlungshilfe wurde vom Amt für Arbeitsschutz gemeinsam mit der Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro und Medienerzeugnisse (BG ETEM), der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), der Unfallkasse Nord (UK Nord), der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), der Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalt Nord gGmbH (GSI SLV Nord) erarbeitet. Das Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf (UKE) unterstützte das Projektteam. Die Kooperationspartner erarbeiteten die Handlungshilfen während eines Projektes, um Betriebe bei der Umsetzung der Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (OStrV) zu unterstützen.



Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Arbeitsmedizin
www.baua.de



Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro
Medienerzeugnisse
www.bgetem.de



Verwaltungs-Berufsgenossenschaft
www.vbg.de



Unfallkasse Nord
www.uk-nord.de



Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt
www.slv-nord.de/

Impressum

Herausgeber

Behörde für Gesundheit und Verbraucherschutz (BGV)
Amt für Arbeitsschutz
Billstraße 80, 20539 Hamburg
www.hamburg.de/arbeitschutz
Arbeitsschutztelefon 040 428 37-2112
arbeitnehmerschutz@bgv.hamburg.de

Zentraler Publikationsversand

Diese Publikation (M14) können Sie
kostenlos bestellen unter:
E-Mail: publikationen@bgv.hamburg.de
Telefon: 040 428 37-2368

Titelbild

©tiero/stock-adobe.com

Gestaltung

www.kwh-design.de

Druck

Druckerei Max Siemen KG

Stand

Januar 2020

Wir danken den Firmen und Institutionen:

- Firma JUTEC GmbH
- Firma Wenzel Schweißtechnik
- Firma LASERVISION GmbH & Co. KG
- Laserzentrum Nord

für die freundliche Unterstützung und
Bereitstellung einiger Fotos.

Anmerkungen zur Verteilung

Diese Druckschrift wird im Rahmen der
Öffentlichkeitsarbeit des Senats der Freien und
Hansestadt Hamburg herausgegeben. Sie darf
weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder
Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum
Zwecke der Wahlwerbung oder in einer Weise
verwendet werden, die als Parteinahme der
Landesregierung zugunsten einzelner politischer
Gruppen verstanden werden könnte.



Hamburg

Behörde für Gesundheit
und Verbraucherschutz