BG ETEM
Energie Textil Elektro
Medienerzeugnisse

Lasersicherheit

Material für Vorträge und Veranstaltungen zur Unterweisung

11/2020

So arbeiten Sie mit diesem Folienpool:

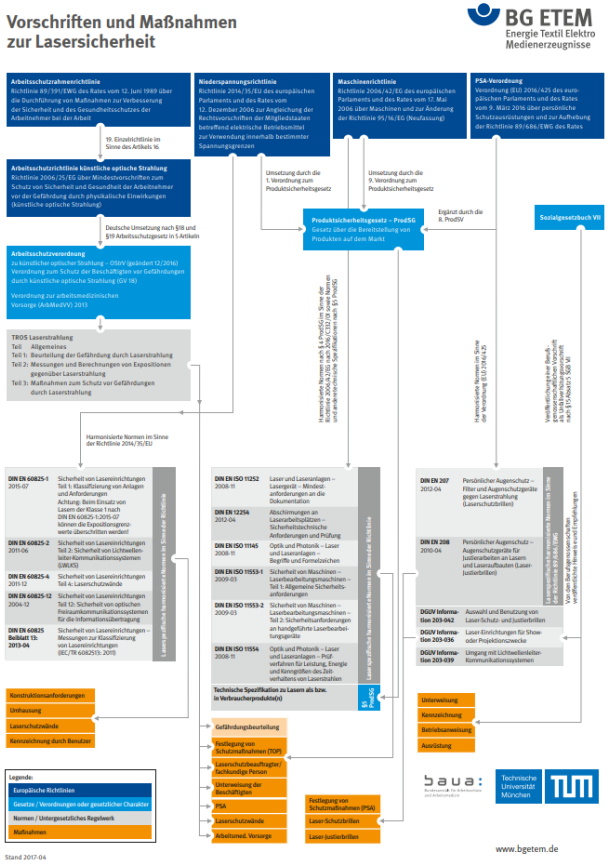
Treffen Sie die Auswahl der für Sie passenden Folien.

Die Folien dürfen genutzt werden zur innerbetrieblichen Unterweisung im Sinne der Arbeitssicherheit.

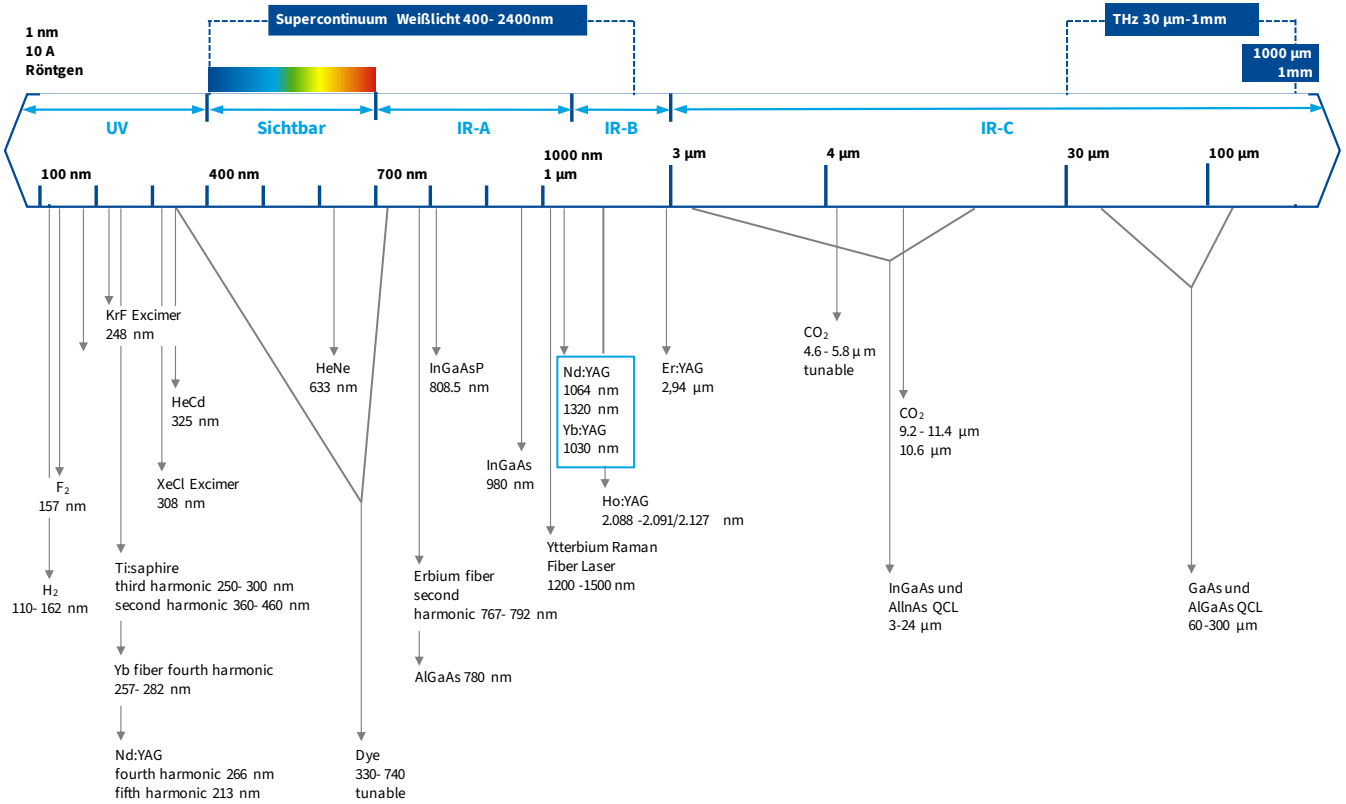
Plakat zum Download:

www.bgetem.de,

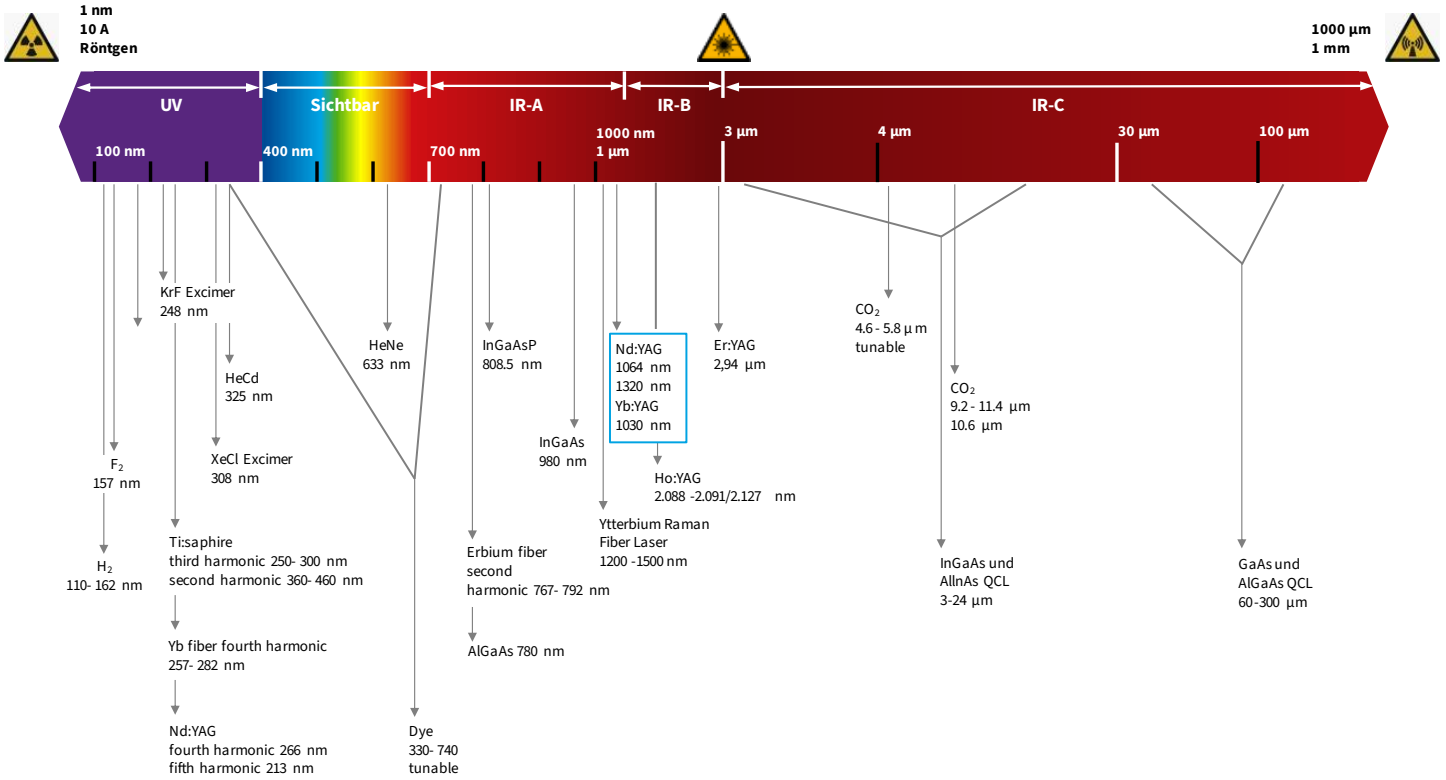
Webcode: **M18861861**



Laserarten und ihre Wellenlänge



Laserarten und ihre Wellenlänge

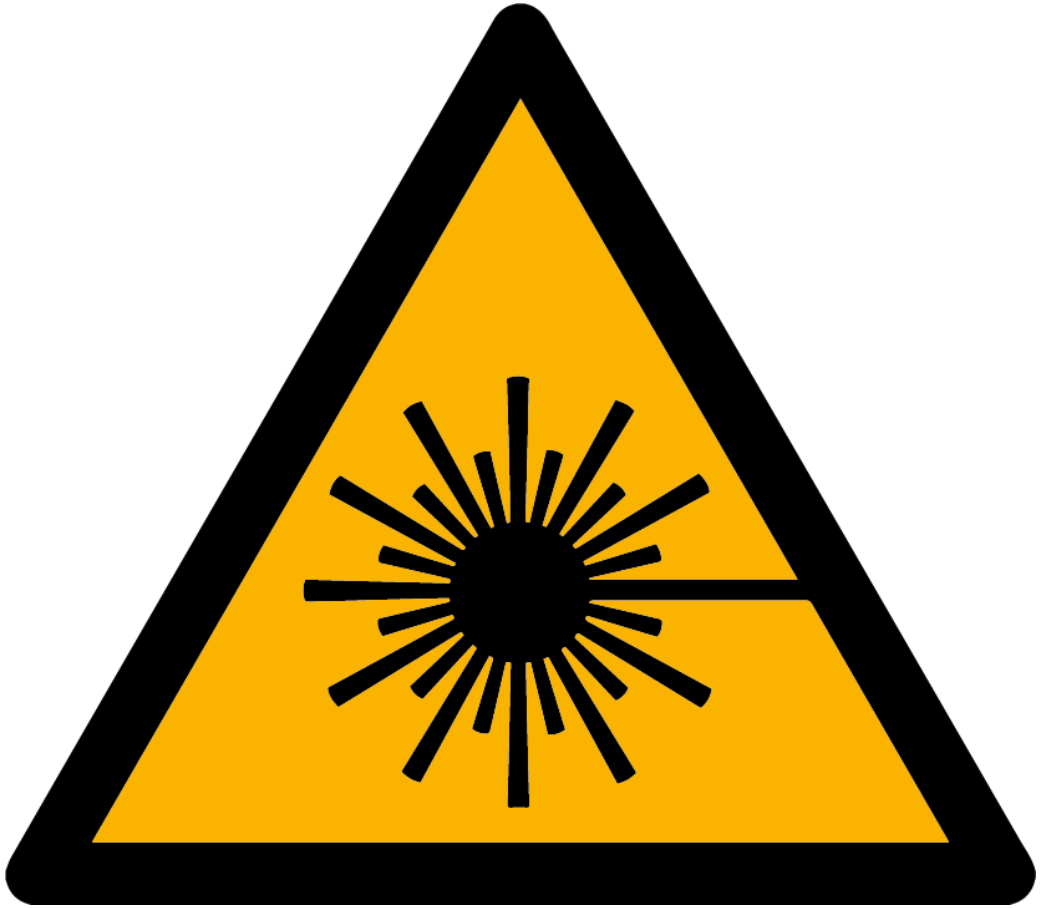


Linksammlung:

- BG ETEM **www.bgetem.de**
  Fachkompetenzcenter Strahlenschutz
  www.bgetem.de/arbeitssicherheit-gesundheitsschutz/fachgebiete-ansprechpersonen/fg-strahlenschutz
- DGUV **www.dguv.de**
  Fachbereich ETEM SG NIR **www.dguv.de/fb-etem/sachgebiete/nichtionisierend**
- BAuA **www.baua.de**
- BMAS **www.bmas.de**
- Fachverband für Strahlenschutz **www.fs-ev.org**
- Land Hamburg **www.hamburg.de/arbeitsschutz**

1. Thema

Optische Strahlung



Klassifizierung von Quellen

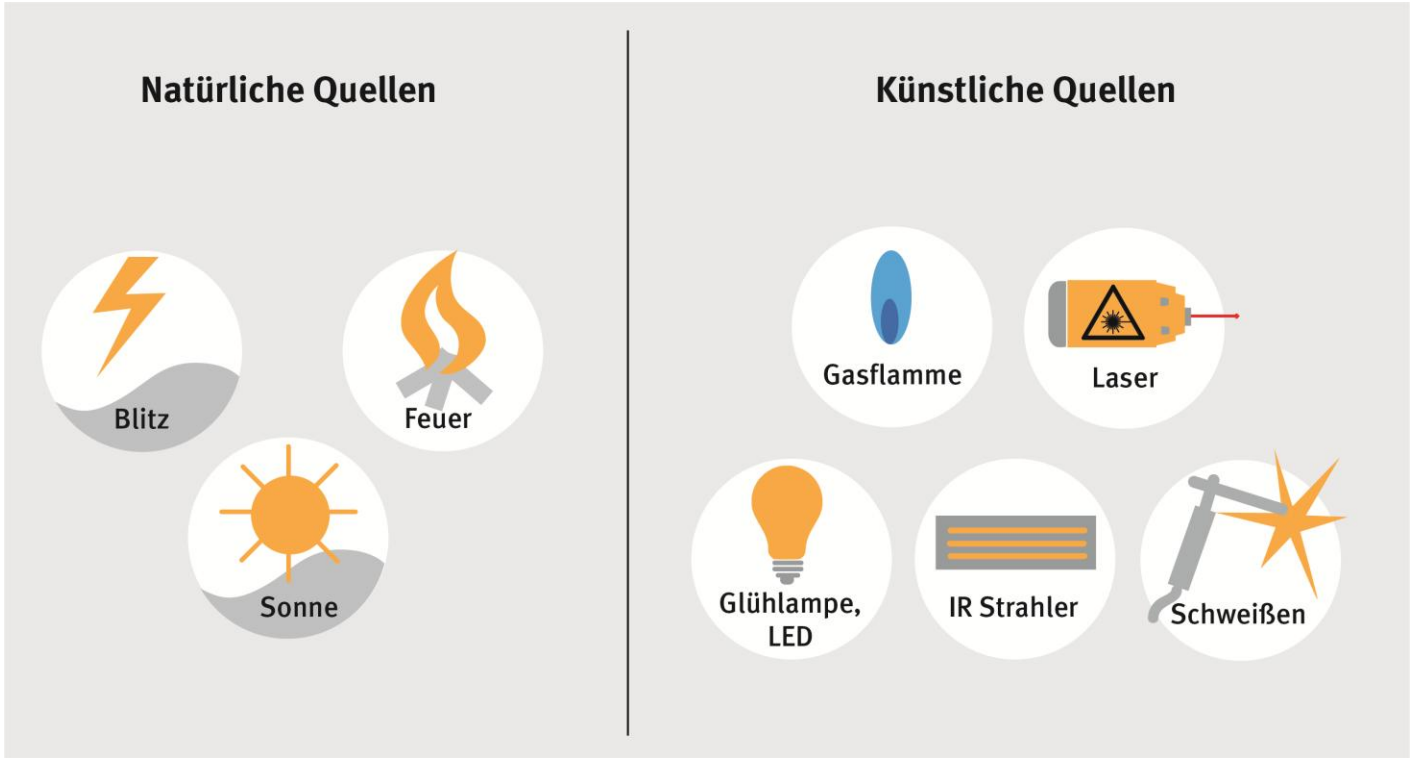
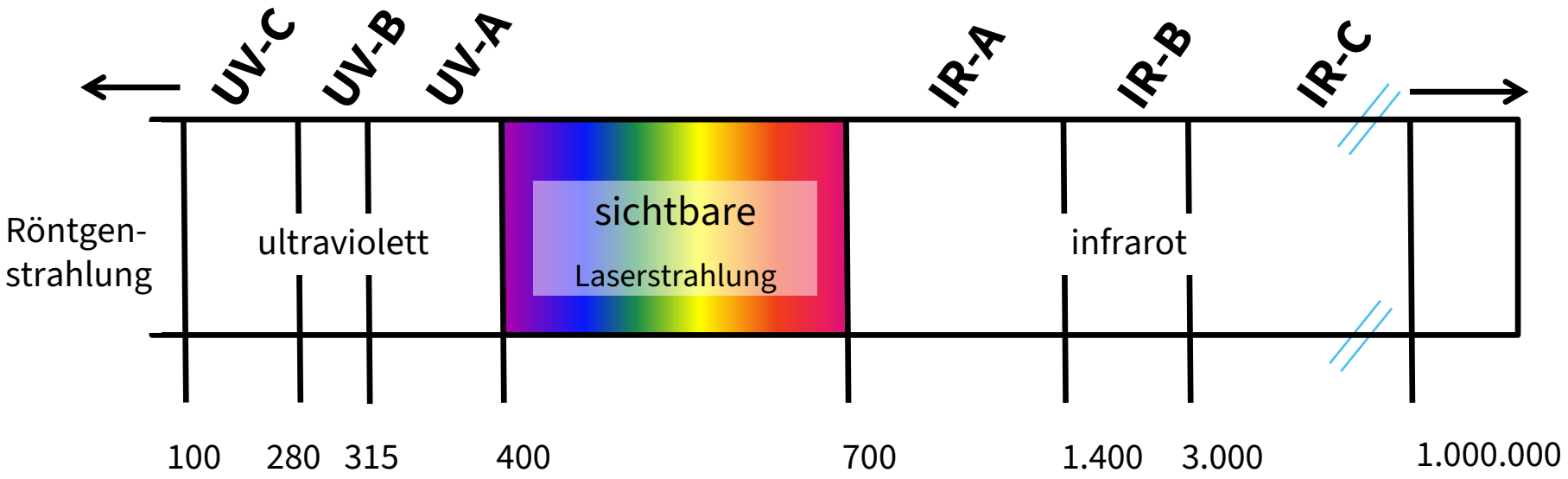


Illustration: Dagmar Brunk/BG ETEM

Wellenlängenbereiche

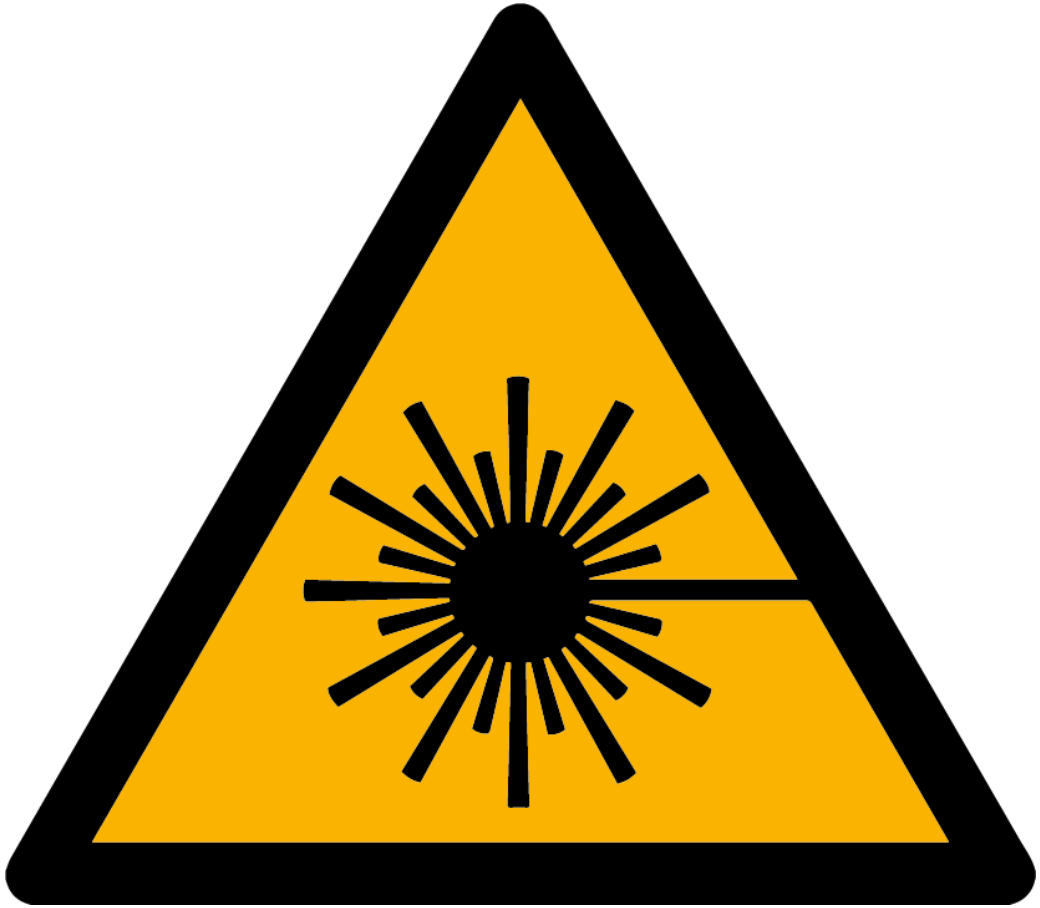


(Nicht maßstäblich)

Wellenlänge λ in nm

2. Thema

Laserprinzip und Eigenschaften



Ausbreitungseigenschaften





Illustration: Dagmar Brunk/BG ETEM

Laser mit unterschiedlicher Wellenlänge

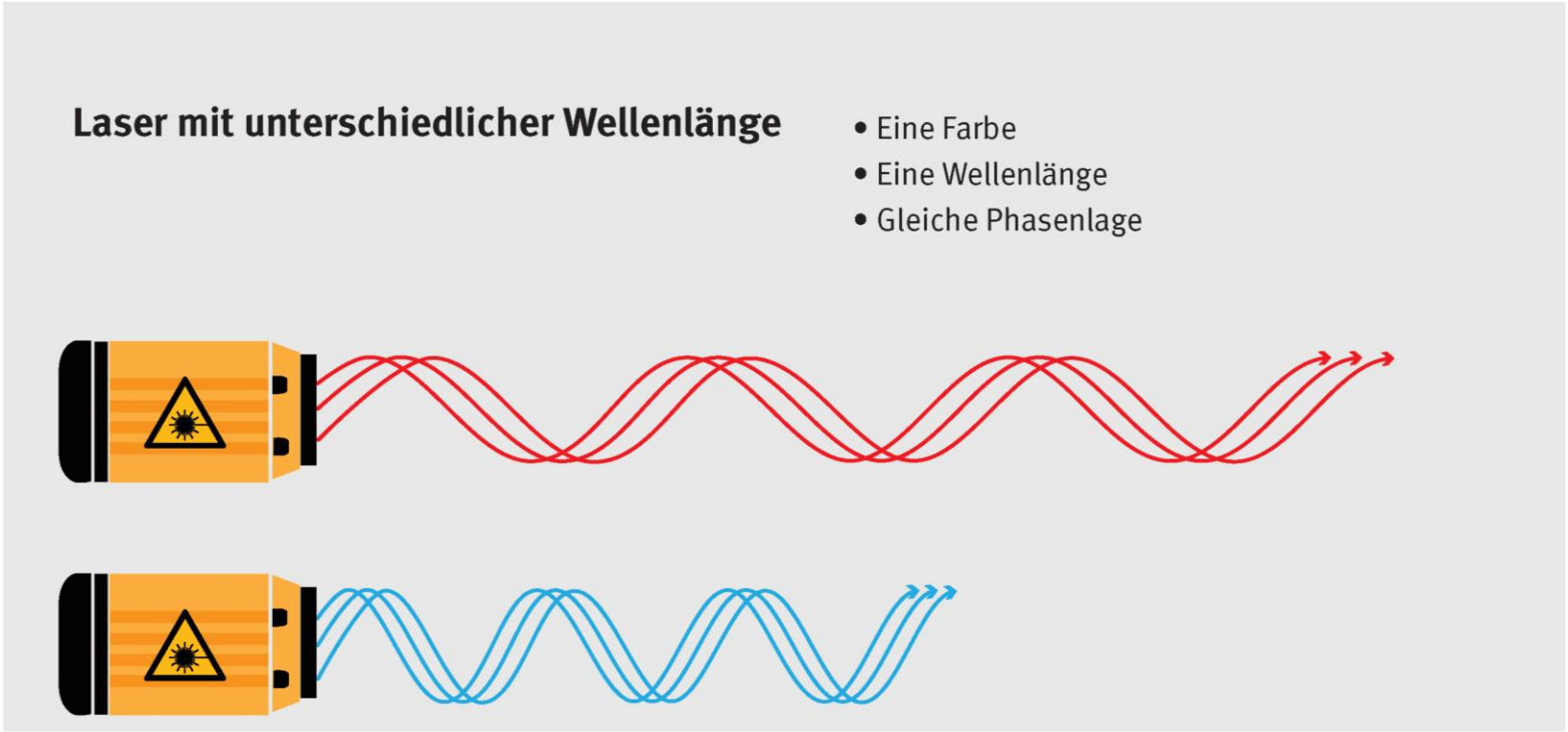


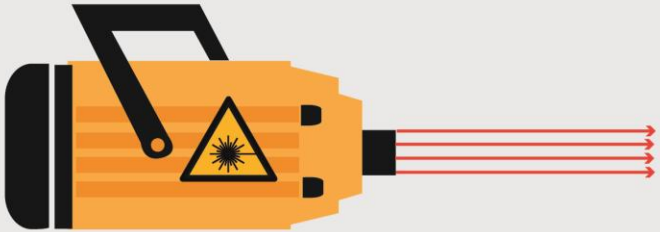
Illustration: Dagmar Brunk/BG ETEM

Laser-Eigenschaft

Laser-Eigenschaft

- kohärent*
- gut fokussierbar
- farbrein

Diese Eigenschaften ermöglichen eine extreme Leistungsdichte (Fokussierung). Bei der Glühlampe ist das so nicht möglich



Laser



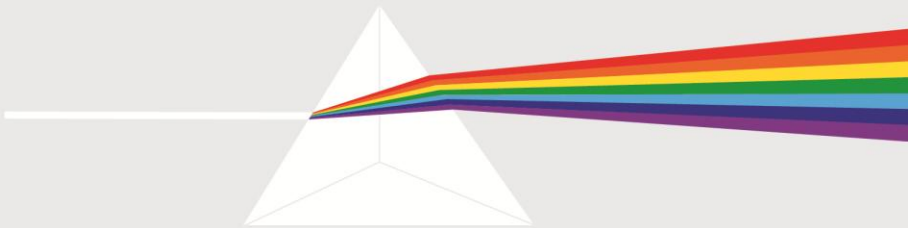
Glühlampe

*Lichtquanten sind in Phase zueinander

Illustration: Dagmar Brunk/BG ETEM

Monochromasie

Inkohärenter Strahler
Weißes Licht wird im Prisma in die Spektralfarben zerlegt.



Kohärenter Strahler (Laser)
Monochromatisches (einfarbiges) Licht kann nicht weiter zerlegt werden! Langwelliges rotes Licht (roter Strahl) wird weniger stark gebrochen als kurzwelliges blaues Licht (blauer Strahl).

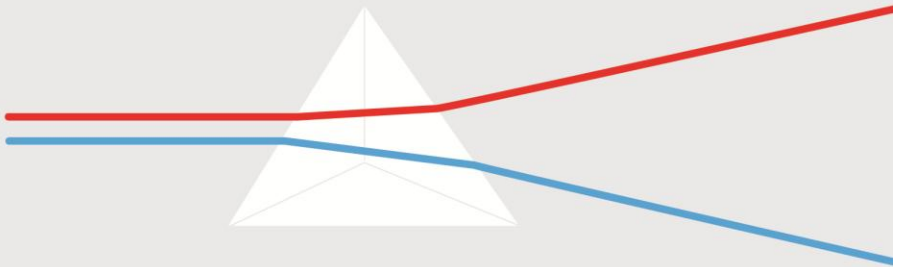


Illustration: Dagmar Brunk/BG ETEM

Kohärenz: Licht im Gleichschritt

Definition Kohärenz

- Wellenzüge mit gleicher Wellenlänge
- Wellenzüge sind zeitlich und räumlich synchronisiert
- Wellenzüge entstehen zur gleichen Zeit und bewegen sich in die gleiche Richtung fort

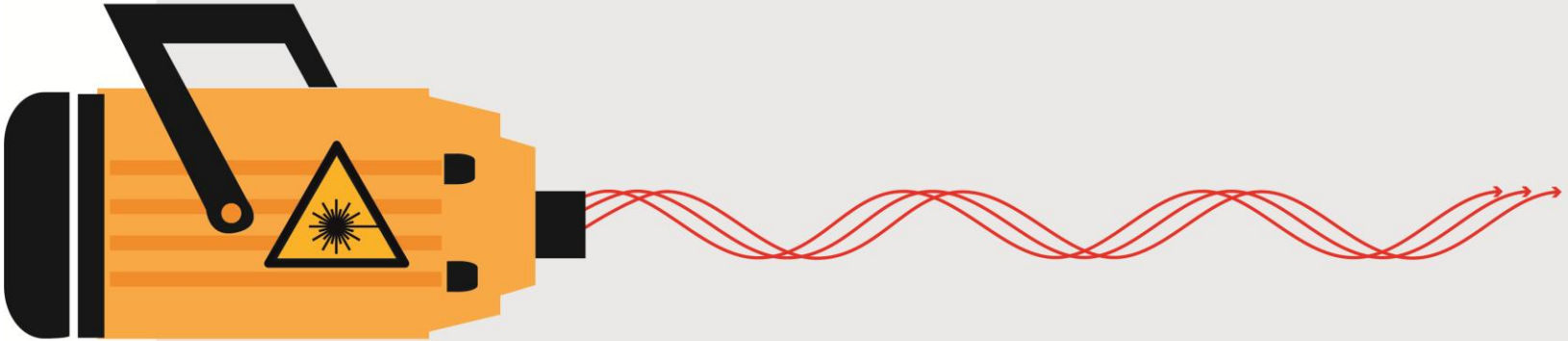


Illustration: Dagmar Brunk/BG ETEM

Kohärenz: Licht im Gleichschritt

Definition Kohärenz

- Wellenzüge mit gleicher Wellenlänge
- Wellenzüge sind zeitlich und räumlich synchronisiert
- Wellenzüge entstehen zur gleichen Zeit und bewegen sich in die gleiche Richtung fort

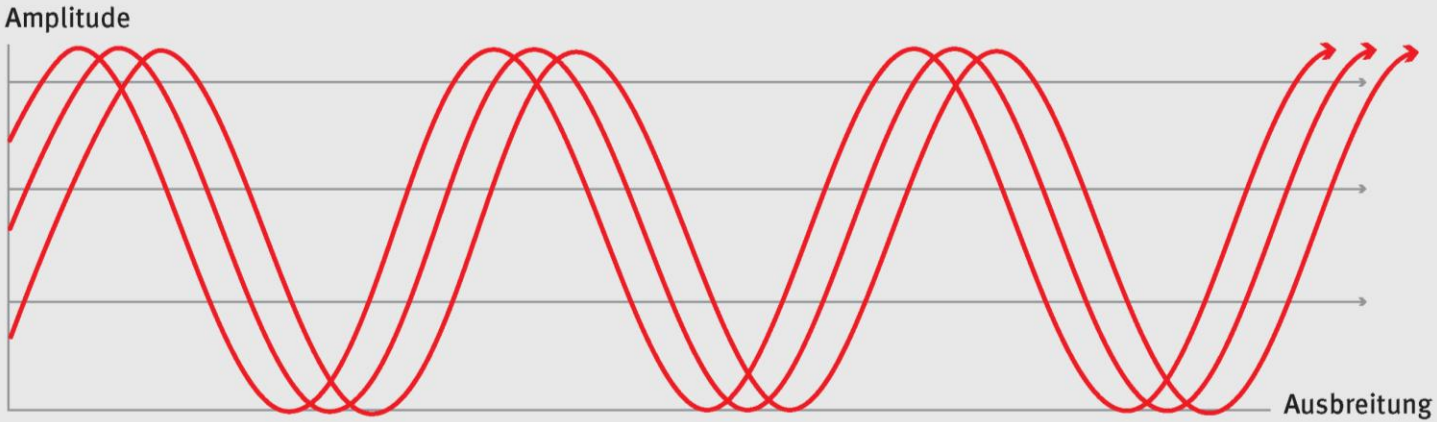


Illustration: Dagmar Brunk/BG ETEM

Kohärenz: Licht im Gleichschritt

Definition nach Wikipedia | Laser Akronym für engl.
Light **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation
„Lichtverstärkung durch stimulierte Emission von Strahlung“, ist ein Begriff aus der Physik. Er bezeichnet sowohl den physikalischen Effekt als auch das Gerät, mit dem Laserstrahlen erzeugt werden.

Definition nach TROS-Laserstrahlung
Laserstrahlung ist jede elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen im Bereich zwischen 100 nm und 1 mm, die als Ergebnis kontrollierter stimulierter Emission entsteht.

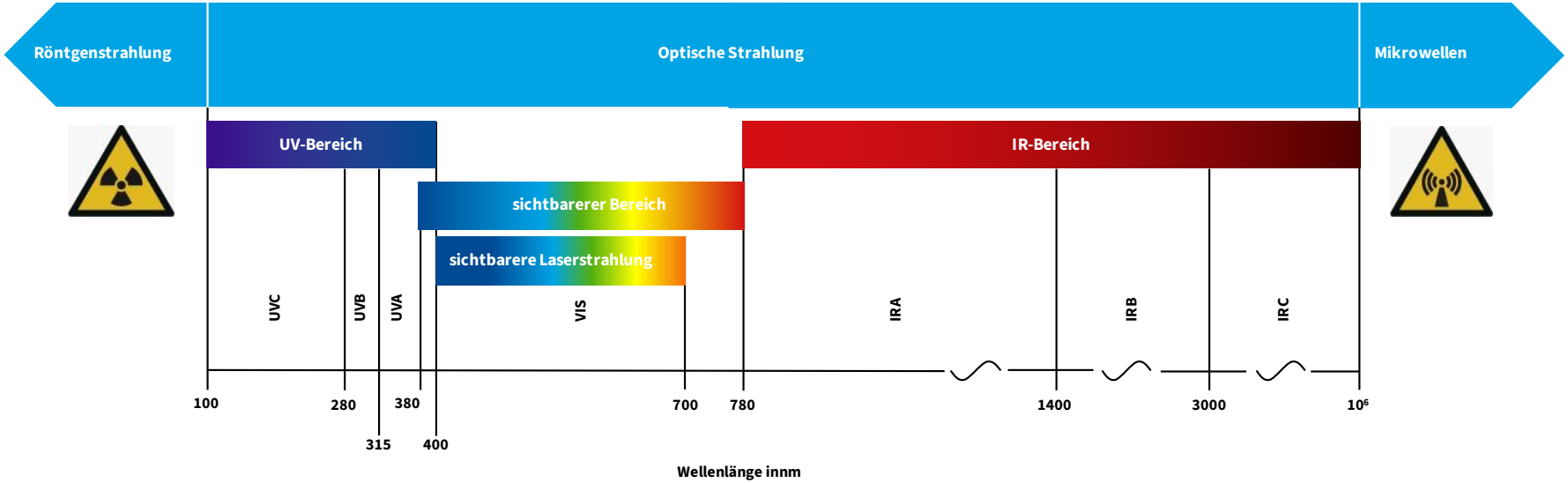
Elektromagnetische Strahlung (Wellen) im optischen Strahlungsbereich ...

- gleicher Richtung (Parallelität)
- gleicher Wellenlänge (Monochromasie)
- gleicher Phasenlage (Kohärenz)



Illustration: Dagmar Brunk/BG ETEM

Spektralbereich



Quelle: TROS

Aufbau eines Laser-Resonators

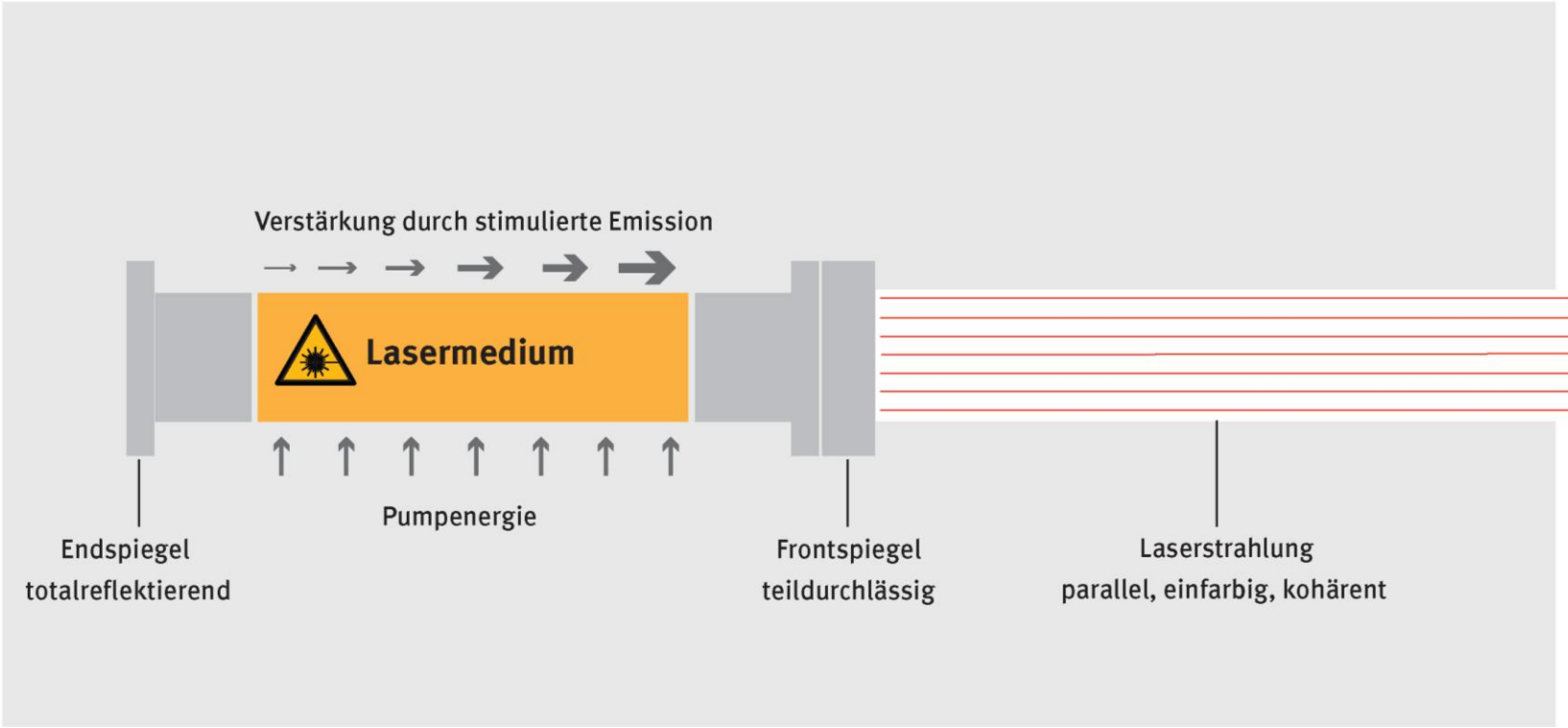
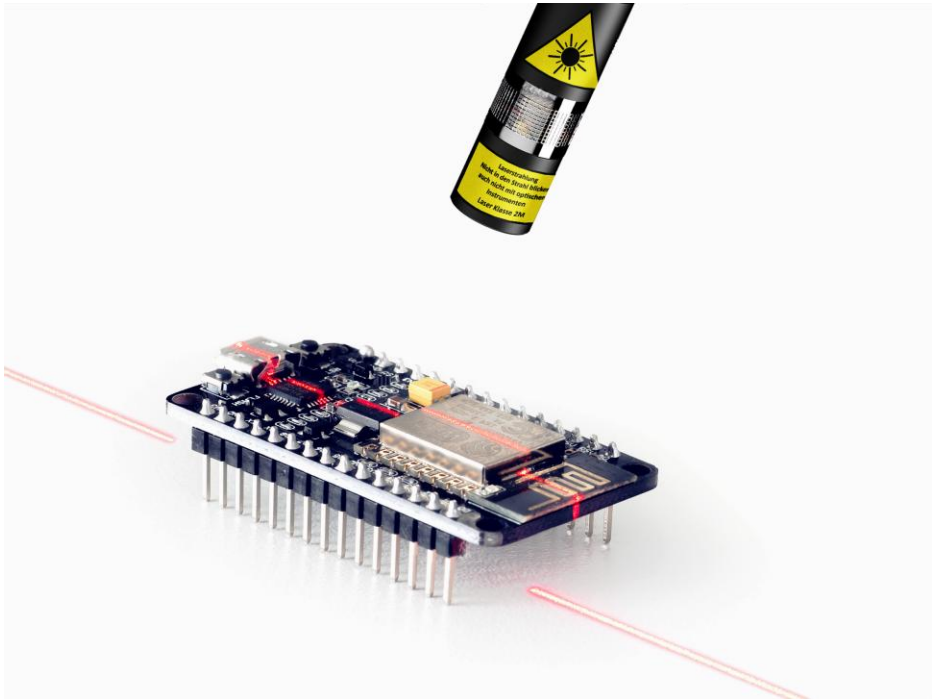


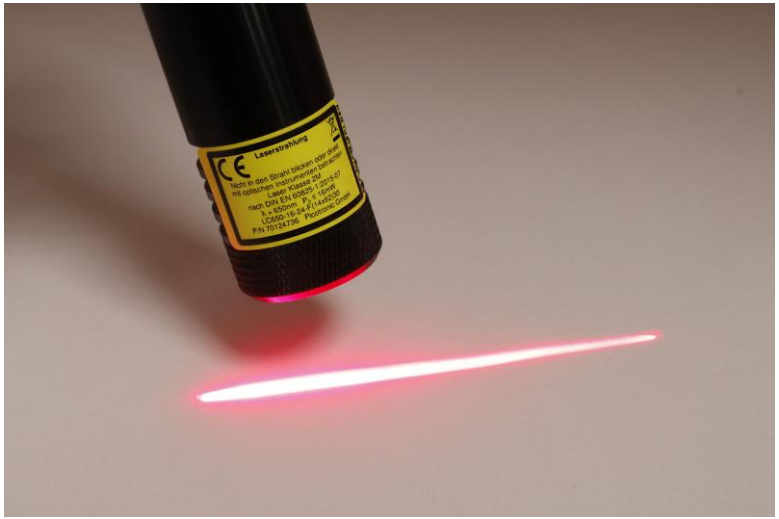
Illustration: Dagmar Brunk/BG ETEM

Laserpointer (Klasse 2)

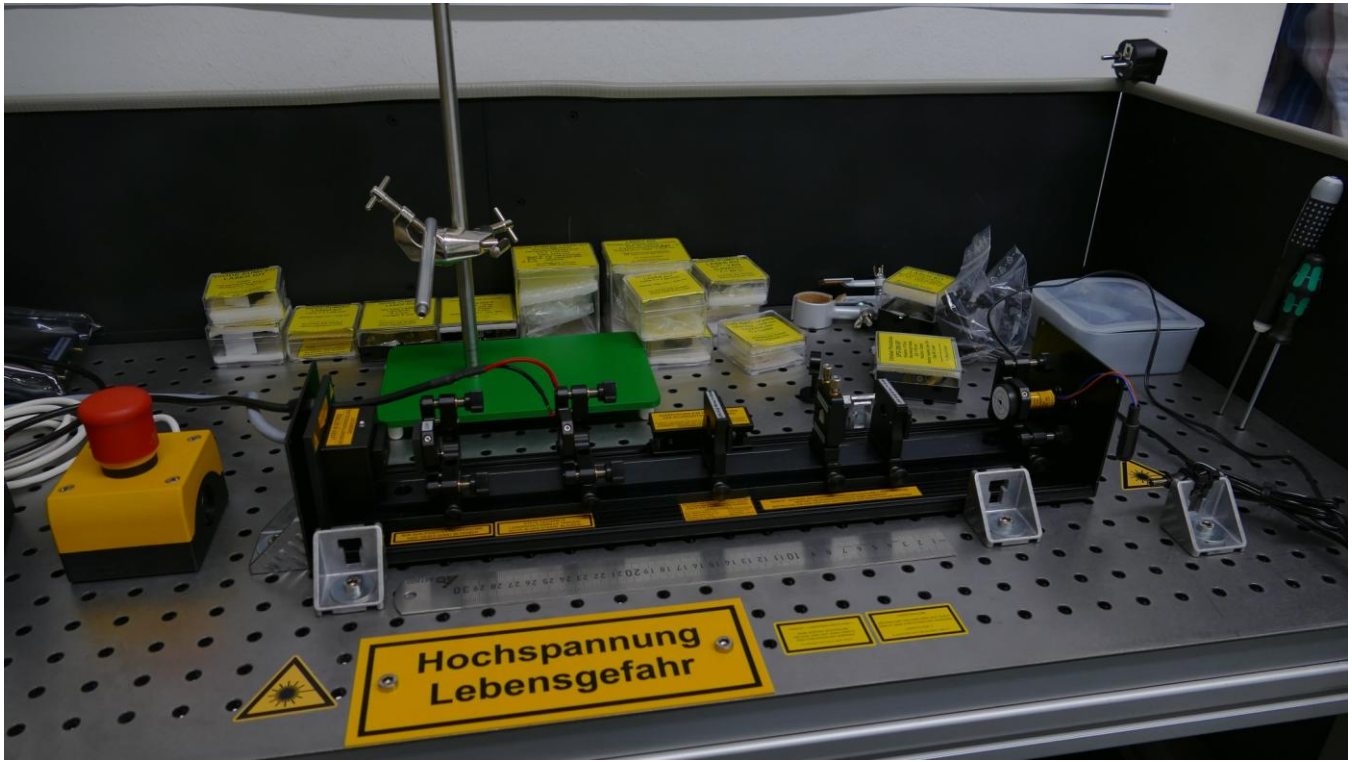


Linienlaser (Klasse 3A oder 2M)

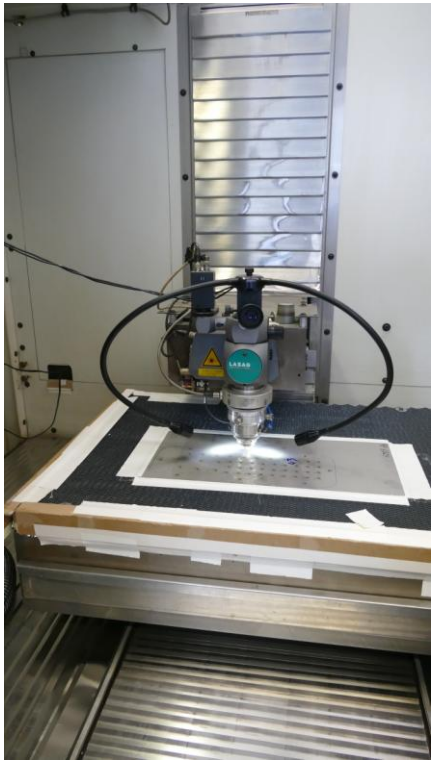




Labor Lasermessung

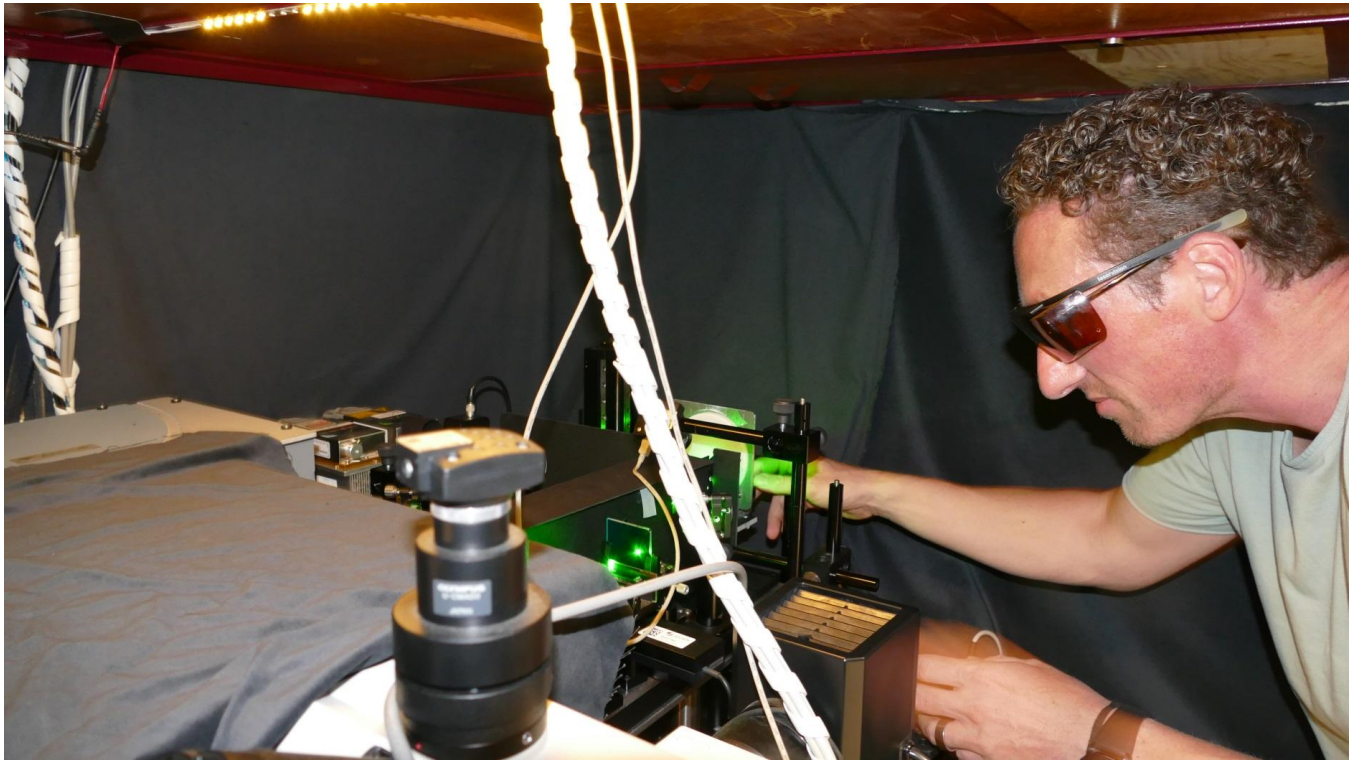


Offener Laser im Wartungsfall



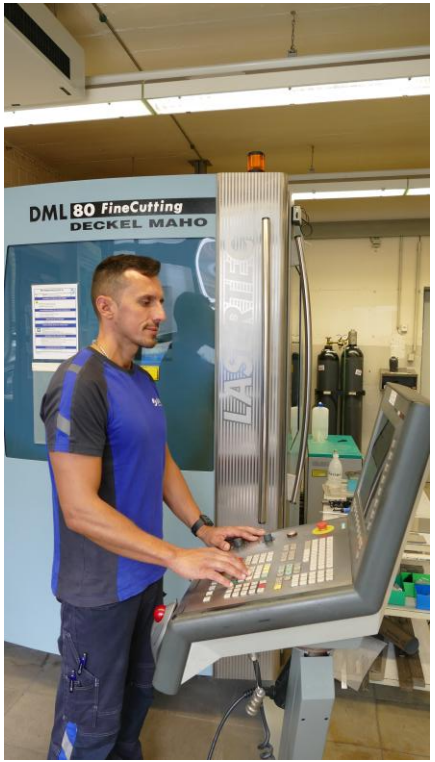


Beispiel: Arbeiten im Laserlabor mit Laserschutzbrille



Gekapselter Materialbearbeitungslaser





Klasse 1 im Normalbetrieb

Laser Klasse 1

Nach DIN EN 60825-1:2008-05

CO_2-Laser





Gehäuse mit Strahlführung und Kennzeichnung

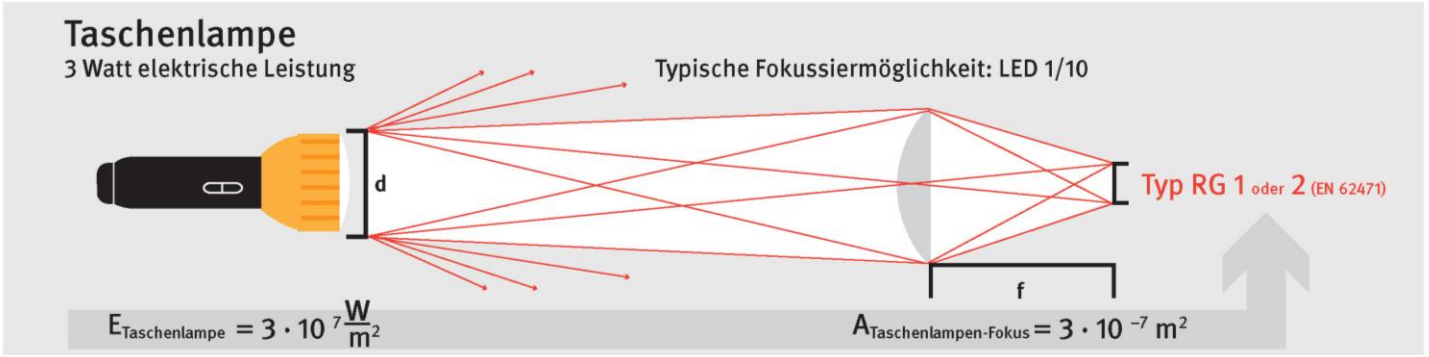




Video: Laser Grundlagen

An dieser Stelle bietet es sich an, das Video „Laser Grundlagen“ der Firma Trumpf zu zeigen, das in das Lernmodul zum Laserschutz unter **elearning.bgetem.de** eingebunden ist.

Fokussierbarkeit von natürlichem Licht und Laserlicht



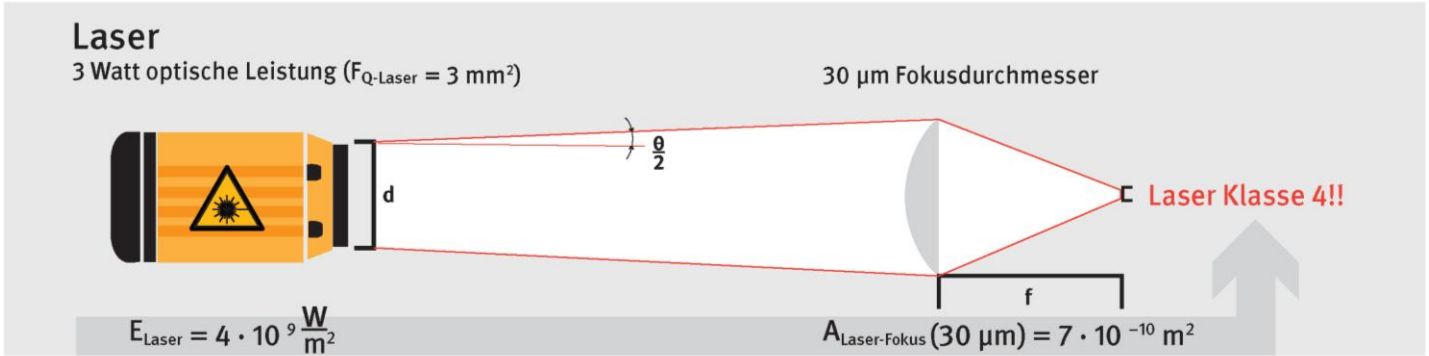


Illustration: Dagmar Brunk/BG ETEM

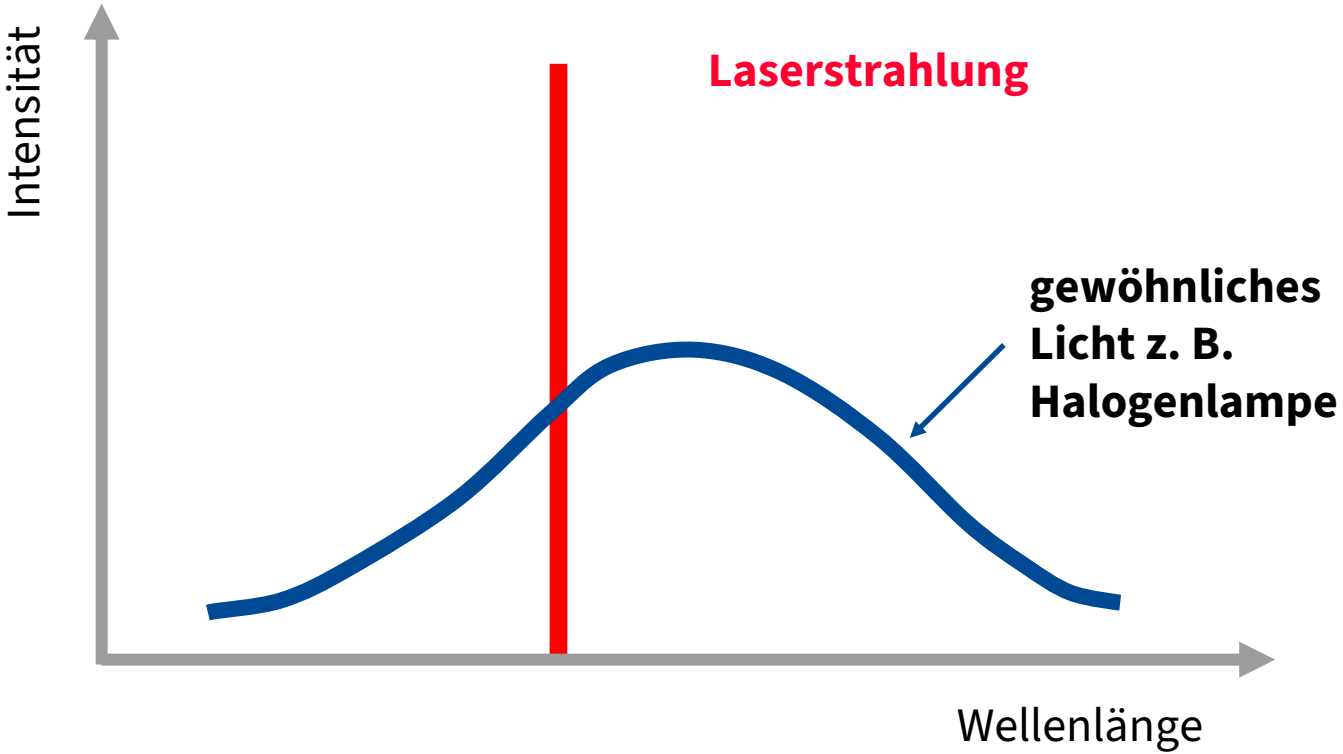
Video: Physikalische Grundlagen



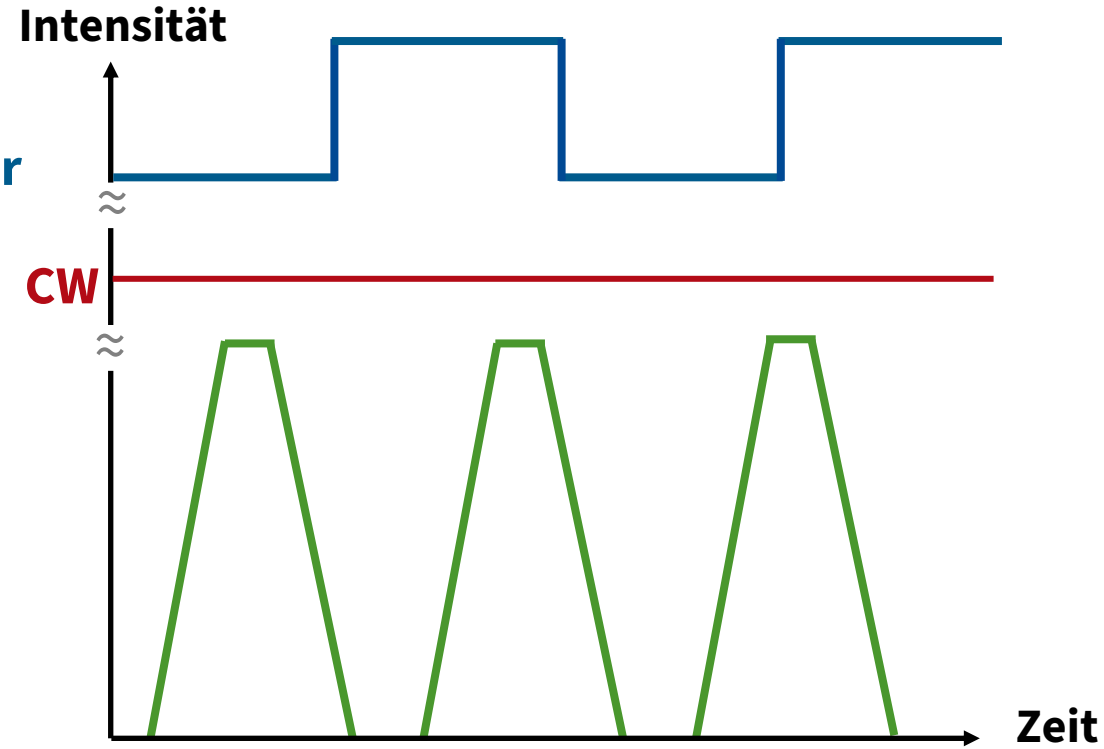
Video „Laser Grundlagen“ der BG ETEM – im Lernmodul zum Laserschutz auf:

elearning.bgetem.de

Bandbreite


Intensität
Laserstrahlung
gewöhnliches
Licht z. B.
Halogenlampe
Wellenlänge

Zeitverhalten von Lasern



Charakteristische Größen gepulster Laser

Die Impuls-Spitzenleistung P_P ist die momentane Leistung im Maximum des Laserpulses.

$$P_P = \frac{Q_P}{t}$$

***Einheit:* W (Watt)**

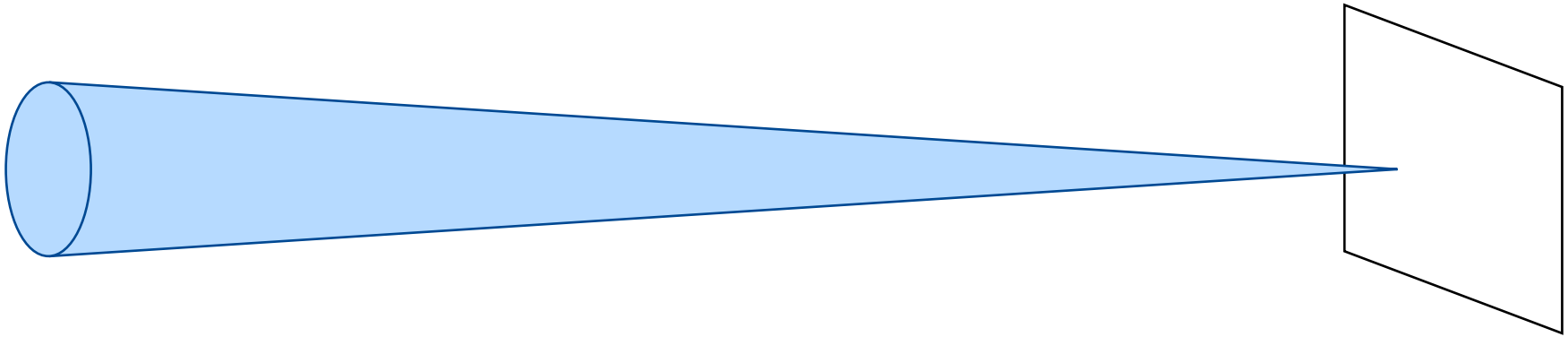
Die mittlere Leistung von Pulslasern ergibt sich aus dem Produkt von Impuls-Spitzenleistung P_P, Impulsdauer t und Impulswiederholfrequenz F und wird mit P_0 bezeichnet.

$$P_0 = Q_P \bullet F = P_p \bullet t \bullet F$$

Eigenschaften der Laserstrahlung

Hohe Leistungs- und Energiedichte

Beispiel: Femtolaser bis 10^{23} W/m² pro Puls



Abhängigkeiten

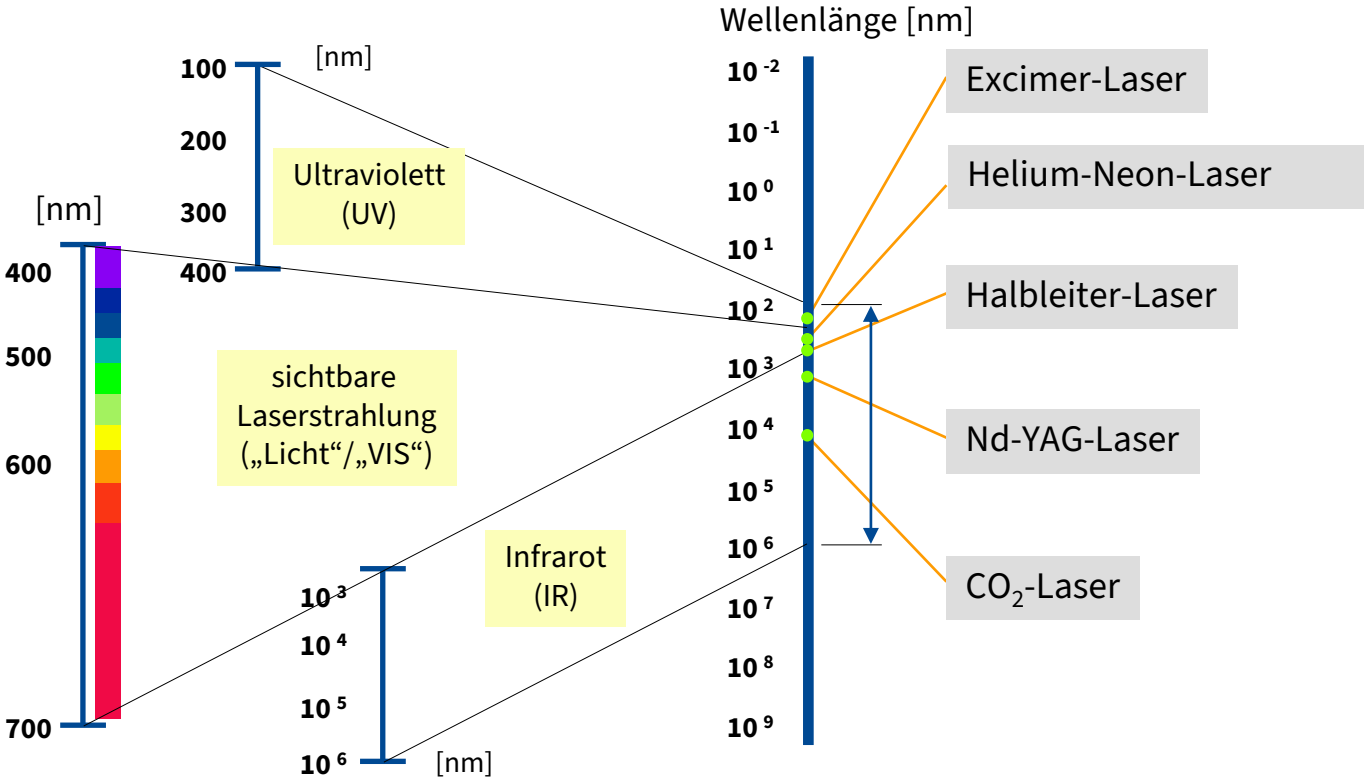
Wichtige Parameter, die die Schadensschwere beeinflussen können:

Energie bzw. Leistungsdichte	H, E
Einwirkungsdauer	T
Wellenlänge	**λ**
Pulsstruktur	P_P , t, F
Gewebeart	Schichten der Haut, Regionen des Auges
Strahlgeometrie	parallel, divergent, ausgedehnte Quellen

Tabelle Gaslaser (Beispiele)

Lasermedium	Wellenlänge in µm	Dauerstrichbetrieb Typische Ausgangs-leistung in W	Impulsbetrieb Typische Aus-gangsenergie in J	Anwendungsbeispiele
Stickstoff (N_2)	0,3371		$0{,}12 \cdot 10^{-3}$ - $1 \cdot 10^{-3}$	optisches Pumpen von Farbstofflasern
Edelgas-Halogenid (Eximer) ArF KrF XeCl XeF	0,1931 0,2484 0,308 0,351		0,1 – 1	Materialbearbeitung, Spektroskopie, Medizin, optisches Pumpen von Farbstofflasern
Helium-Neon (He:Ne)	dominante Linie: 0,6328 weitere Linie: 0,543	$0{,}5 \cdot 10^{-3}$ – $50 \cdot 10^{-3}$		Messtechnik, Justieren, Holografie
Argon (Ar^+)	Linien von 0,3511 bis 0,5287	0,5 – 25		Holografie, Messtechnik, Spektroskopie, Medizin, optisches Pumpen von Farbstofflasern
Krypton (Kr^+)	Linien von 0,324 bis 0,858	0,5 – 12		Spektroskopie, Fotolithographie, optisches Pumpen von Farbstofflasern, Medizin
Kohlendioxid (CO_2)	10,6	$1 \cdot 10^3$ – $30 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$ – $2 \cdot 10^3$	Materialbearbeitung, LIDAR, Medizin, Spektroskopie

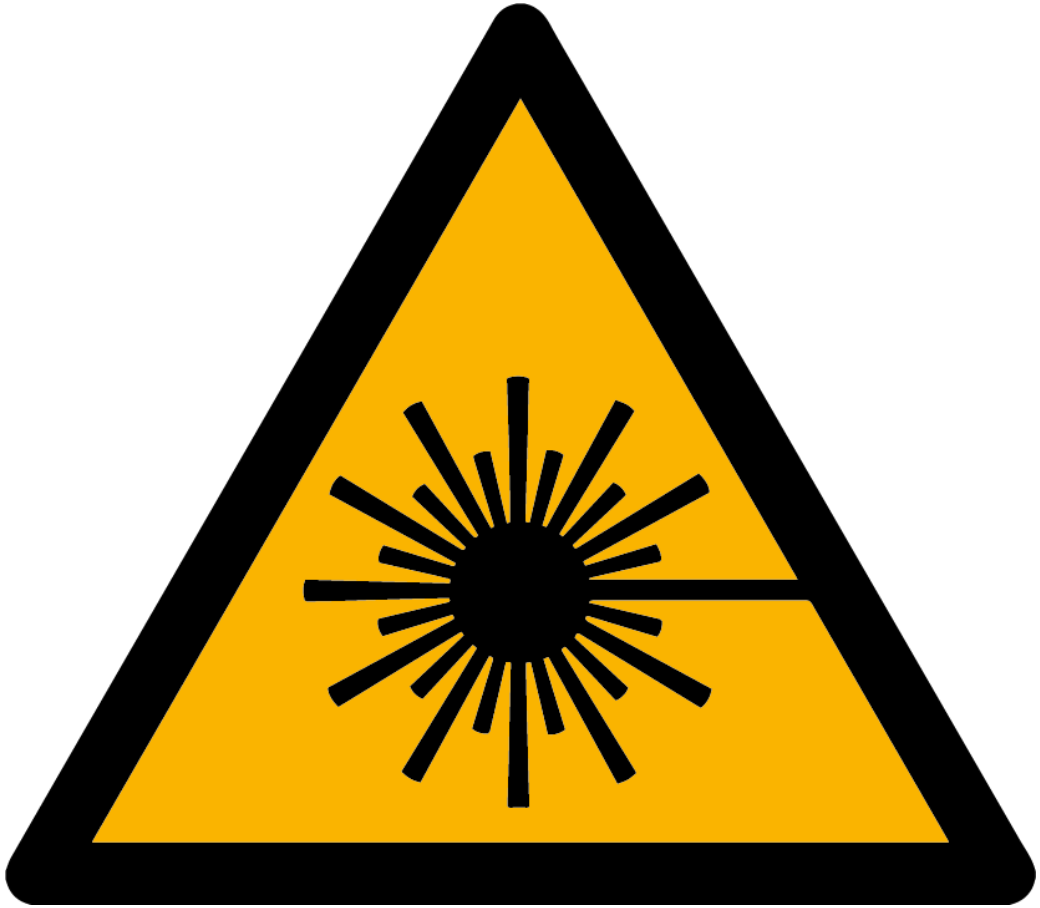
Wellenlängenbereiche



3. Thema

Biologische Wirkung

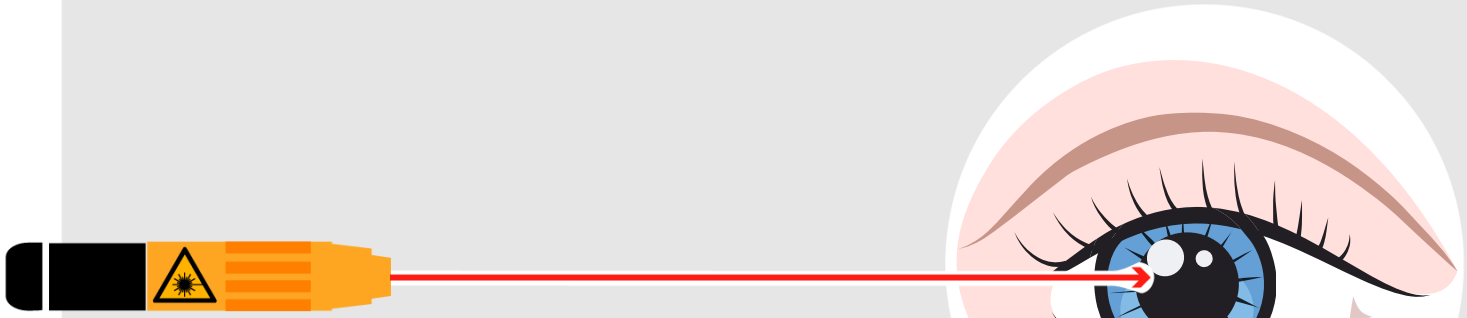
von Laserstrahlung



Mögliche Auswirkungen von optischer Strahlung auf Auge und Haut

Wellenlängenbereich	Auge	Haut
UV-C	Fotokeratitis Fotokonjunktivitis	Erythem Präkanzerosen Karzinome
UV-B	Fotokeratitis Fotokonjunktivitis Katarakt	Verstärkte Pigmentierung (Spätpigmentierung) Beschleunigte Prozesse der Hautalterung Erythem Präkanzerosen Karzinome
UV-A	Katarakt	Bräunung (Sofortpigmentierung) Beschleunigte Prozesse der Hautalterung Verbrennung der Haut Karzinome
Sichtbare Strahlung	Fotochemische und fotothermische Schädigung der Netzhaut	Fotosensitive Reaktionen Thermische Schädigung der Haut
IR-A	Katarakt Thermische Schädigung der Netzhaut	Thermische Schädigung der Haut
IR-B	Katarakt Thermische Schädigung der Netzhaut	Thermische Schädigung der Haut Blasenbildung auf der Haut
IR-C	Katarakt Thermische Schädigung der Netzhaut	Thermische Schädigung der Haut

Gefährdung des Auges



Verstärkung auf der Netzhaut bis zum Faktor 500.000 max.
Betrahlungsstärke E = P/A

Expositionsgrenzwert (EGW) für 2 s und für 400 - 700 nm:
E_{EGW} (2 s) = 0,6 mW/Pupillenfläche = 15 W/m²

Hinweis:
Lidschlussreflex wird nur bei ca. 22 % der Expositionen wirksam, er darf bei der Gefährdungsermittlung nicht berücksichtigt werden.

Illustration: Dagmar Brunk/BG ETEM

Gefährdung des Auges (2)

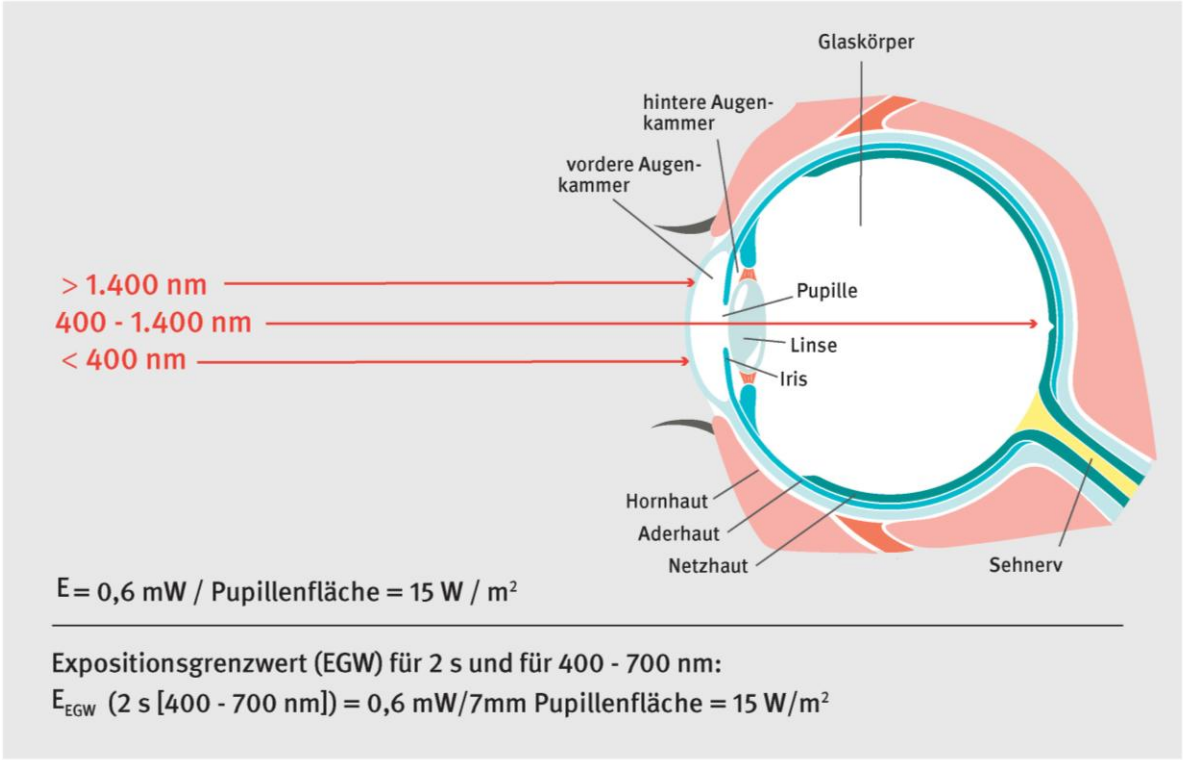


Illustration: Dagmar Brunk/BG ETEM

Gefährdung der Foveola bei Wellenlängen von 400 bis 1400 nm

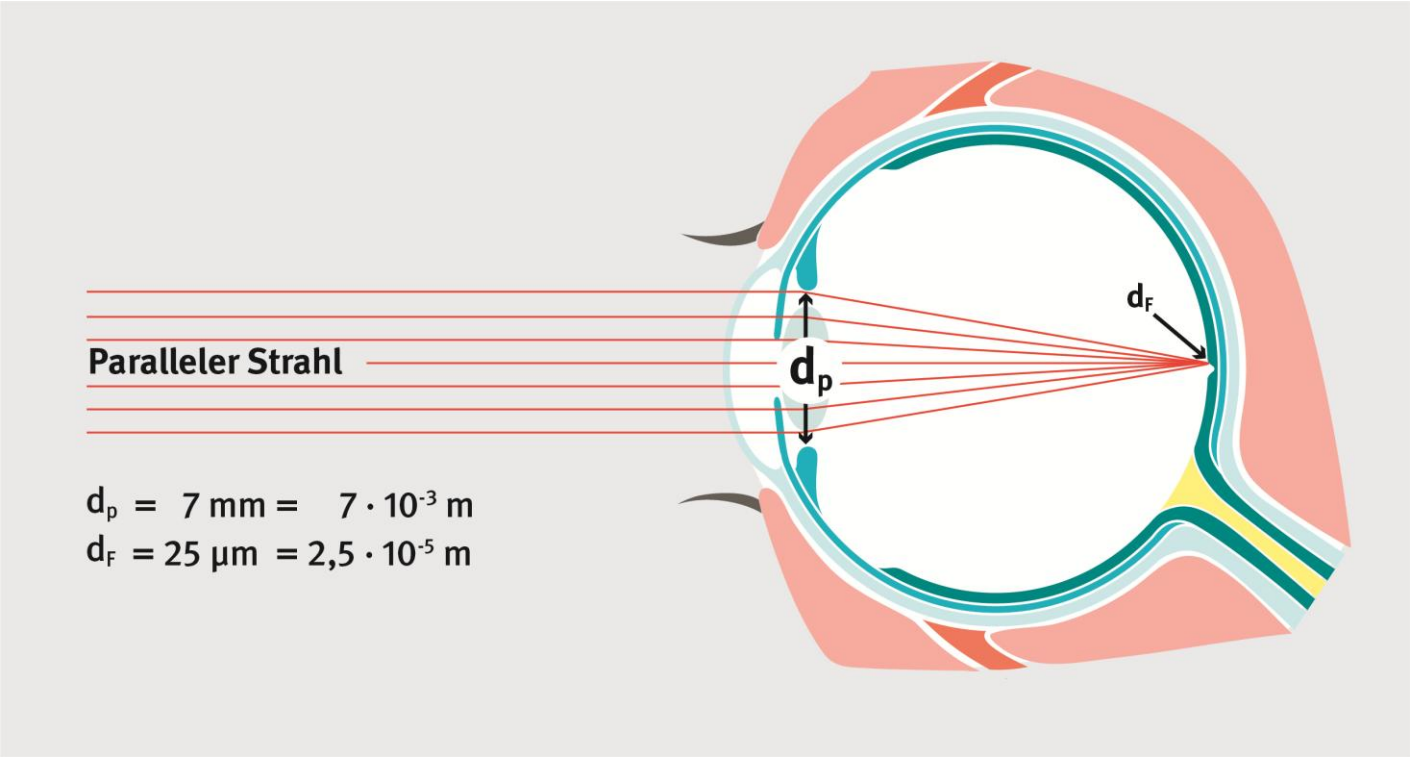
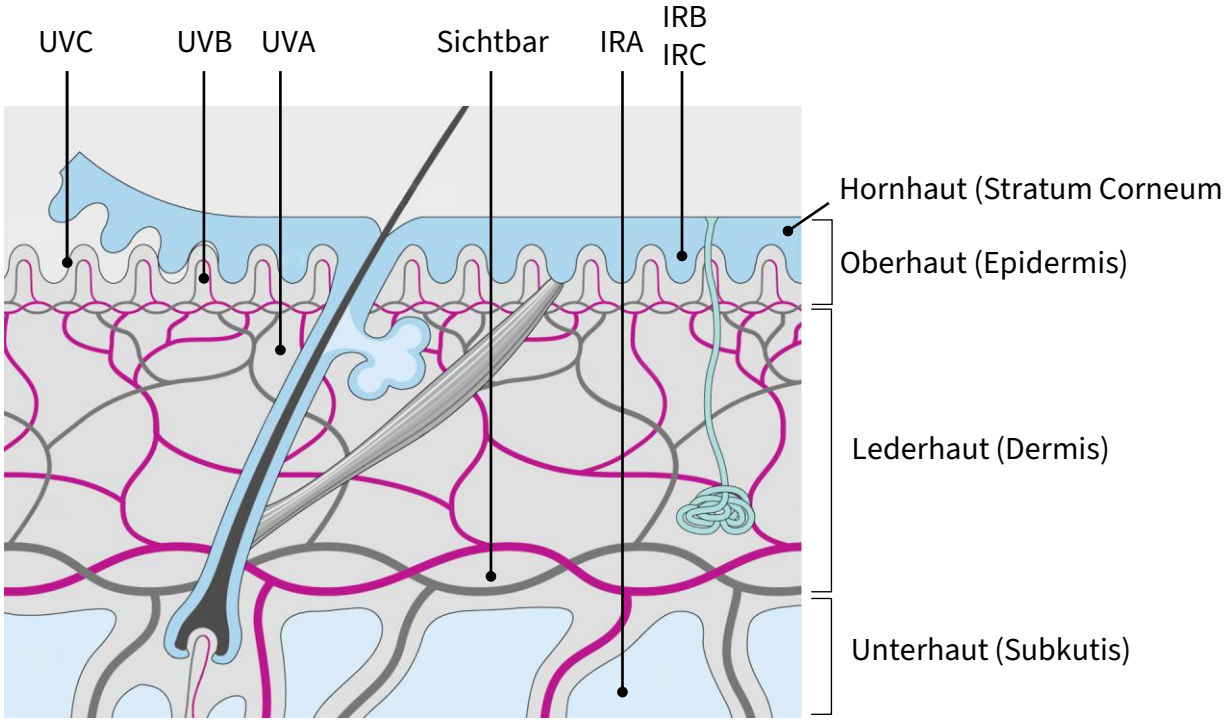


Illustration: Dagmar Brunk/BG ETEM

Eindringtiefe: Laserstrahlung



Die Eindringtiefe ist der Punkt, bei dem noch der e-te-Teil (ca. 37%) der Ausgangsstrahlung vorhanden ist.
Bei hohen Leistungsdichten gilt obige Grafik nicht.

Illustration: infografiker.com/BG ETEM

Video: Auge



Video „Laser Grundlagen“ der

BG ETEM – im Lernmodul zum Laserschutz auf:

elearning.bgetem.de

Schädigungsmöglichkeiten

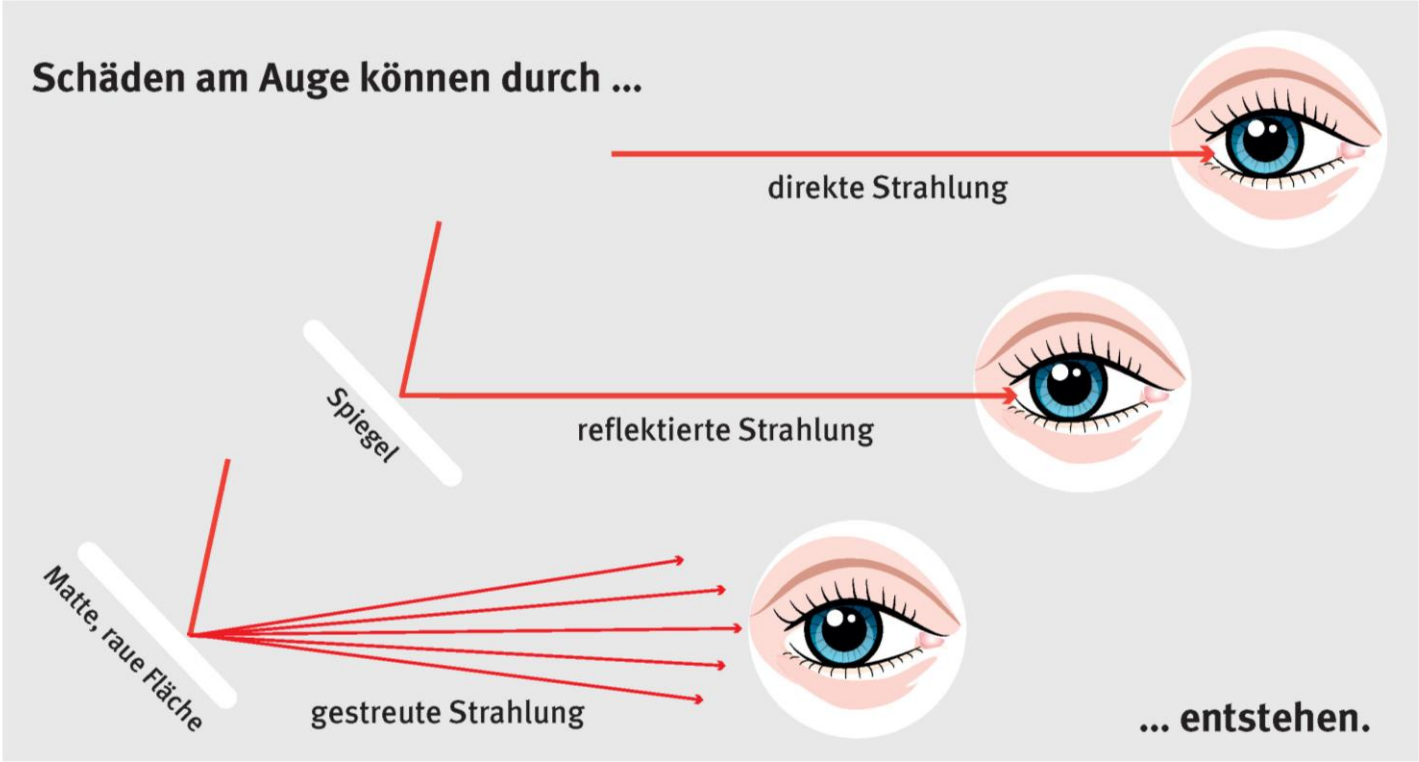


Illustration: Dagmar Brunk/BG ETEM

Wirkung der Laserstrahlung auf die Haut



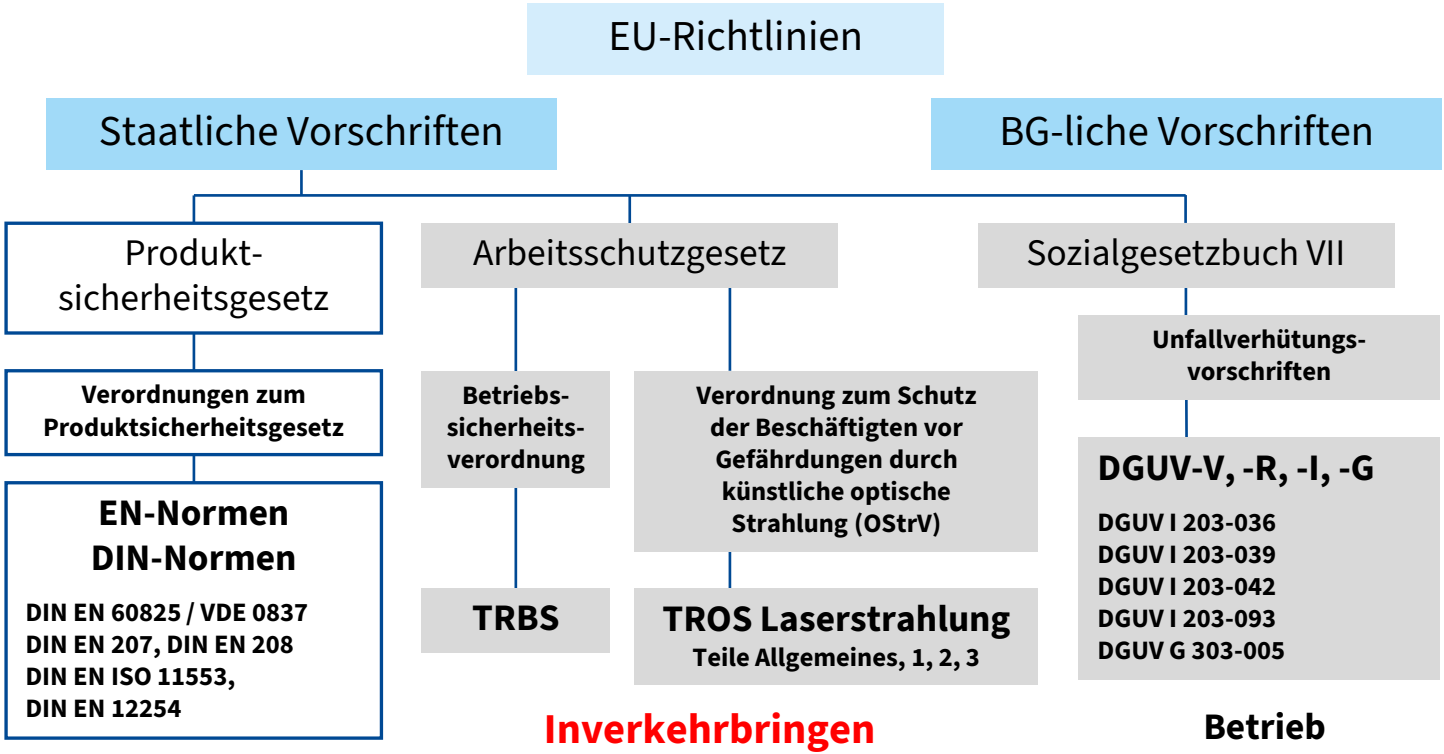
Da im Wellenlängenbereich unterhalb von 400 nm und oberhalb von 1400 nm keine natürliche Bündelung stattfindet, kann die Haut wesentlich höhere Expositionen vertragen als das Auge.

Die biologischen Wirkungen variieren zwischen:

- schwachem Sonnenbrand
- starker Blasenbildung bis zur
- Verkohlung der Haut

in Abhängigkeit von der Laserleistung und der Bestrahlungsdauer.

Übersicht der Regelwerke zur Lasersicherheit



Übersicht der Regelwerke Lasersicherheit

Bezeichnung	Titel	Fundstelle
OStrV	Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung (Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung - OStrV) – 19.07.2010	www.bundesrecht.juris.de, www.baua.de
TROS-Laserstrahlung Allg.Teil, Teil 1, 2 und 3	Technische Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung • Allgemeiner Teil • Teil 1 Beurteilung der Gefährdung… • Teil 2 Messungen und Berechnungen von Expositionen…. • Teil 3 Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen…	www.baua.de
DGUV Information 203-036	Laser-Einrichtungen für Show- oder Projektionszwecke	www.bgetem.de, www.dguv.de
DGUV Information 203-039	Umgang mit Lichtwellenleiter-Kommunikations-Systemen	www.bgetem.de, www.dguv.de
DGUV Information 203-042	Auswahl und Benutzung von Laser-Schutz- und Justierbrillen	www.bgetem.de, www.dguv.de
DIN EN 60825 / VDE 0837	Sicherheit von Lasereinrichtungen (Normenreihe, bestehend aus mehreren Teilen)	www.beuth.de, www.vde.com
DIN EN 207	Persönlicher Augenschutz - Filter und Augenschutzgeräte gegen Laserstrahlung (Laserschutzbrillen)	www.beuth.de
DIN EN 208	Persönlicher Augenschutz - Augenschutzgeräte für Justierarbeiten an Lasern und Laseraufbauten (Laser-Justierbrillen)	www.beuth.de

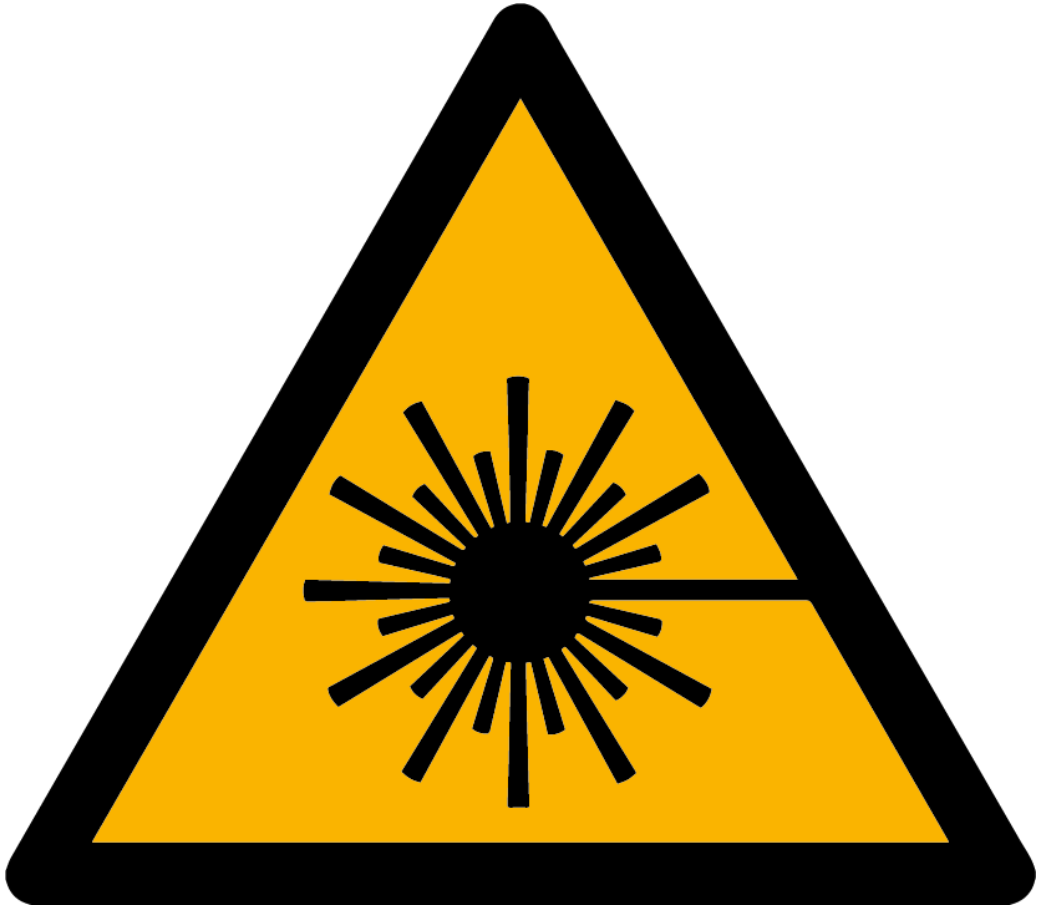
Wirkung von Laserpulsen

Schädigungsmechanismen durch im Pulsbetreib auftretende extrem hohe Energie- und Leistungsdichten

Einwirkungsdauer	Art des Pulsbetriebes	Schädigungsmechanismus
kürzer als 10^{-9} s	Modengekoppelter Laser, Femtonik	elektrischer Durchbruch Ionisierende Strahlung (StrlSchG)
10^{-9} bis 10^{-1} s	Riesenimpuls- bzw. Impuls-Laser	Akustische Stoßwellen Verdampfung thermische Prozesse
0,1 bis 10 s	Impuls-Laser bzw. oberhalb von 0,25 s Dauerstrichlaser	thermische Prozesse
Länger als 10 s	Dauerstrichlaser	thermische Prozesse photochemische Prozesse

4. Thema

Gefährdungen



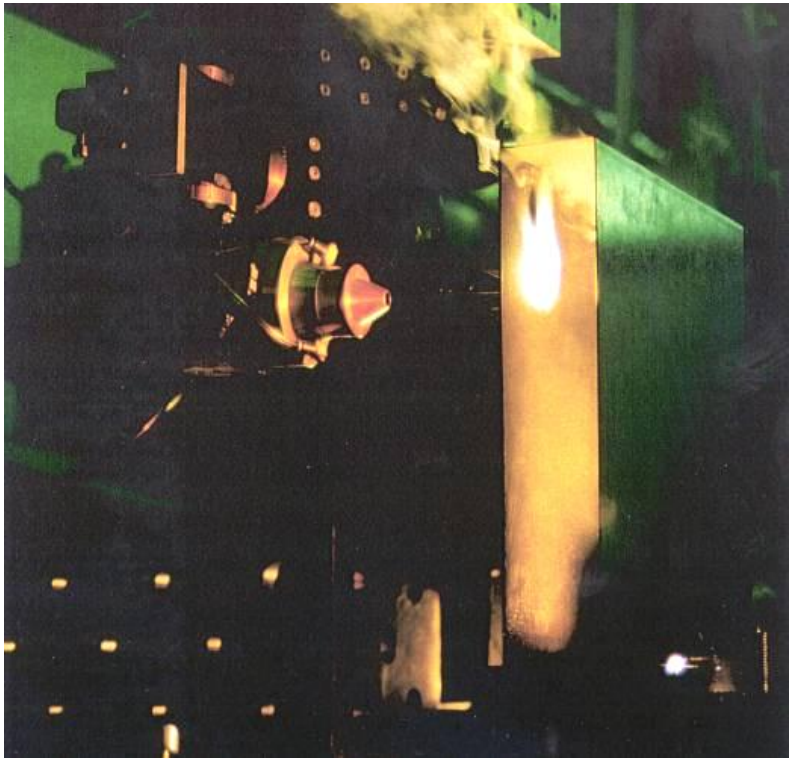
Gefährdungen beim Betrieb von Lasern, z. B. direkte:

- Gefährdung durch Laserstrahlung für Auge und Haut, direkt oder durch Reflexionen (> EGW) (siehe 2. Biologische Wirkung)

Indirekte Gefährdungen

- Blendung
- Brand- und Explosionsgefährdung
- Material-Zersetzungsprodukte in Rauchen und Dämpfen
- Gefährdung durch giftige Laser-Gase oder Flüssigkeiten (Medien im Resonator bzw. in den Leitungen)
- Mechanische Gefährdung durch bewegte Maschinenteile
- Elektrische Gefährdung an Resonator und elektrischer
- Steuerung (z. B. Wartungsfall)

Materialzersetzung / Rauche



Bearbeitung eines Blechgehäuses

Geeignete Absaug- und Filteranlage











Zersetzung der Linse



Die ZnSe-Linse kann sich bei CO_2-Lasern, im Fehlerfall unter Umständen in ihre gefährlichen Bestandteile zersetzen!

Hinweis zu Gefährdung und Schutzmaßnahmen
siehe Fachausschuss-Informationsblatt 2
„Thermische Zersetzung von ZnSe-Linsen“

Laser-Gasversorgung

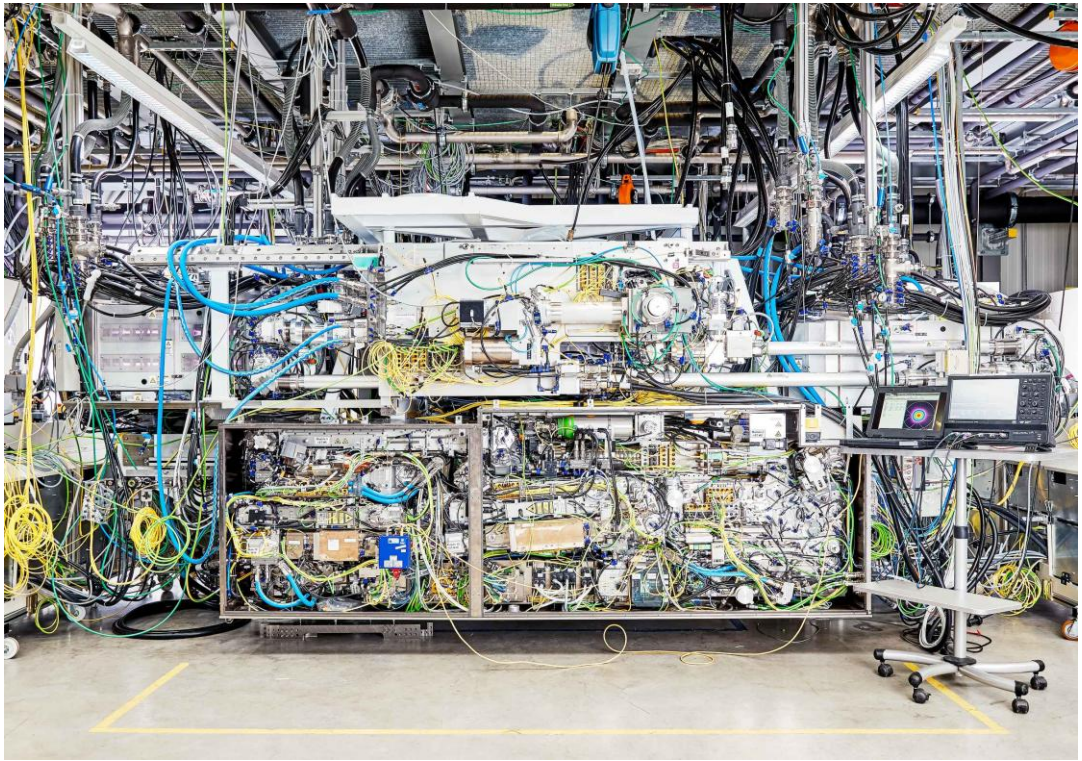






Gefährdung durch
undichte Gasleitungen

Elektrische Gefährdung

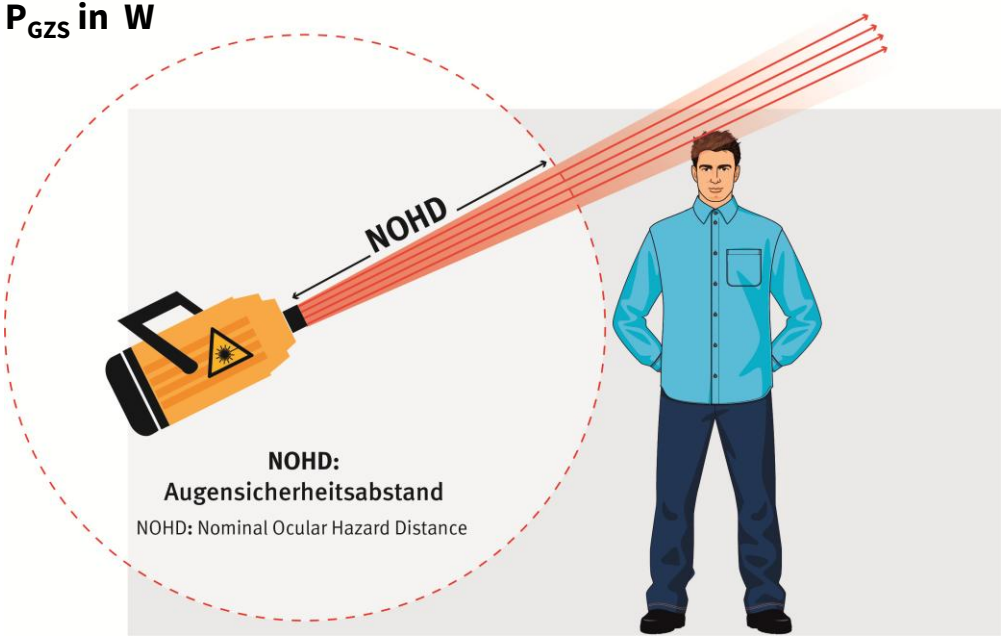


Offene Hochspannungsteile an einer Laseranlage

Bestimmung NOHD durch den Fachkundigen

Bestimmung des Grenzwertes der zugänglichen Strahlung (**GZS**) und somit Bestimmung der Laserklasse gemäß **DIN EN 60825 / VDE 0837**

P_{GZS} in W



Bestimmung der Expositionsgrenzwerte (**EGW**) gemäß **TROS-Laserstrahlung Teil 2** oder der maximal zulässigen Bestrahlung (**MZB**) gemäß **DIN EN 60825 / VDE 0837** für die Exposition des Auges und der Haut

E in W/m² oder H in J/m²

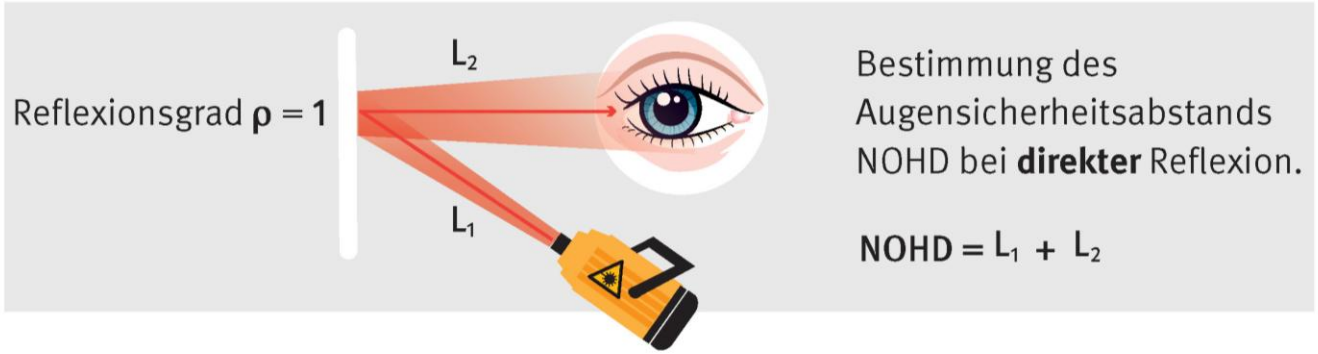
Bestimmung des Augen-sicherheitsabstands **NOHD** (engl.: nominal ocular hazard distance)

r in m

Sicherheitsabstand zur Einhaltung der EGW´s bzw. MZB´s

Illustration: Dagmar Brunk/BG ETEM

NOHD



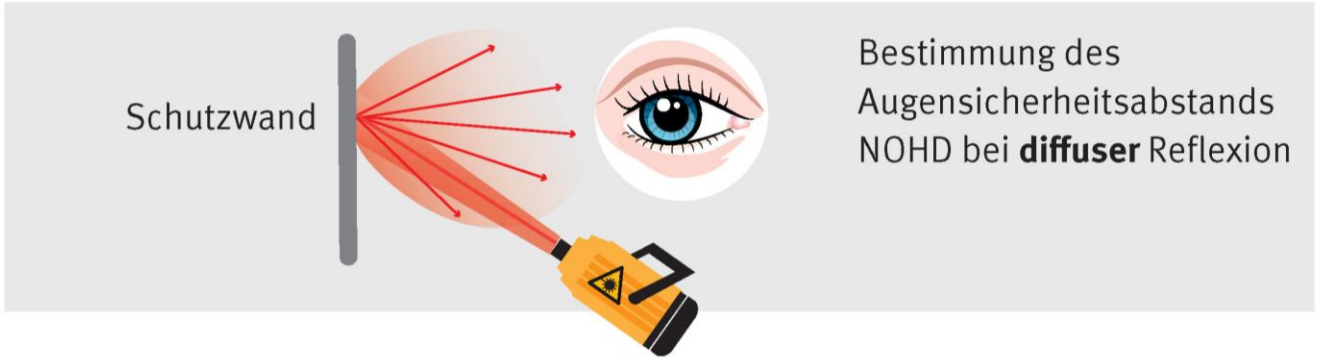


Illustration: Dagmar Brunk/BG ETEM

Beispiel Materialbearbeitungslaser

Bei Materialbearbeitungslasern werden in der Regel stark fokussierte Laserstrahlen erzeugt.

Direkte Reflexionen werden schon durch die Auswahl und Konstruktion der Maschine vermieden, da die Bearbeitungsenergie hierdurch vom Material abgeleitet wird.

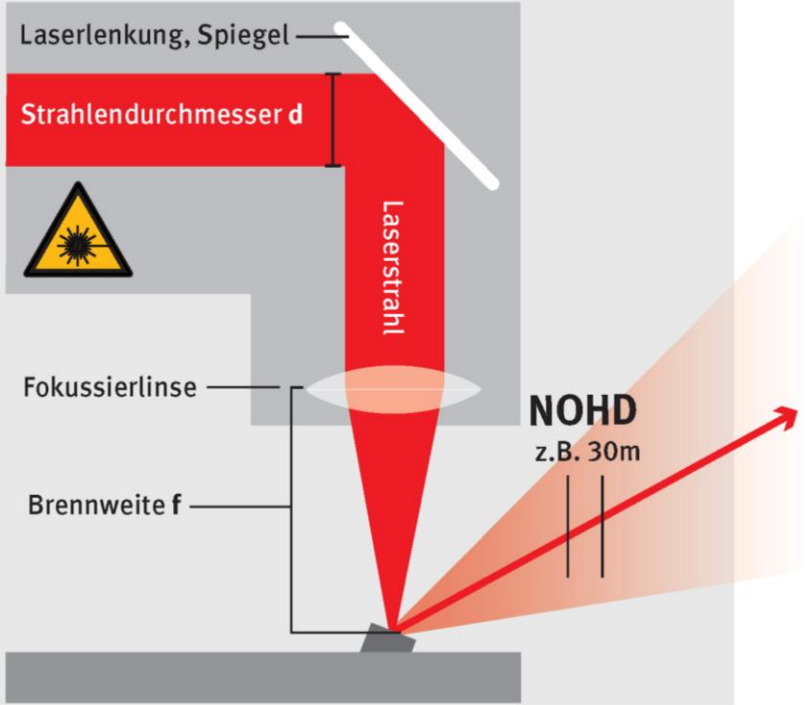


Illustration: Dagmar Brunk/BG ETEM

Beispiel Materialbearbeitungslaser

Bei Materialbearbeitungslasern werden in der Regel stark fokussierte Laserstrahlen erzeugt.

Direkte Reflexionen werden schon durch die Auswahl und Konstruktion der Maschine vermieden, da die Bearbeitungsenergie hierdurch vom Material abgeleitet wird.

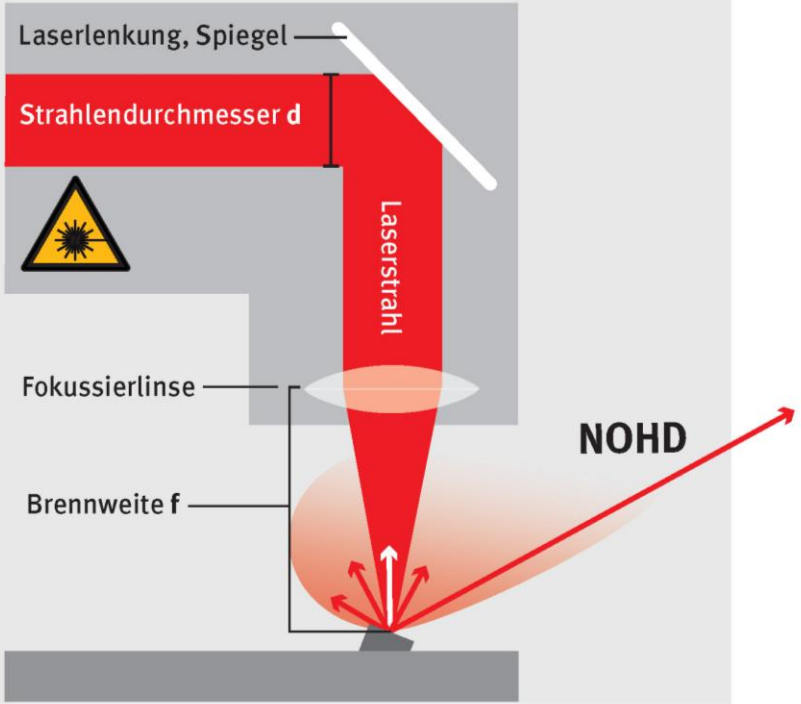
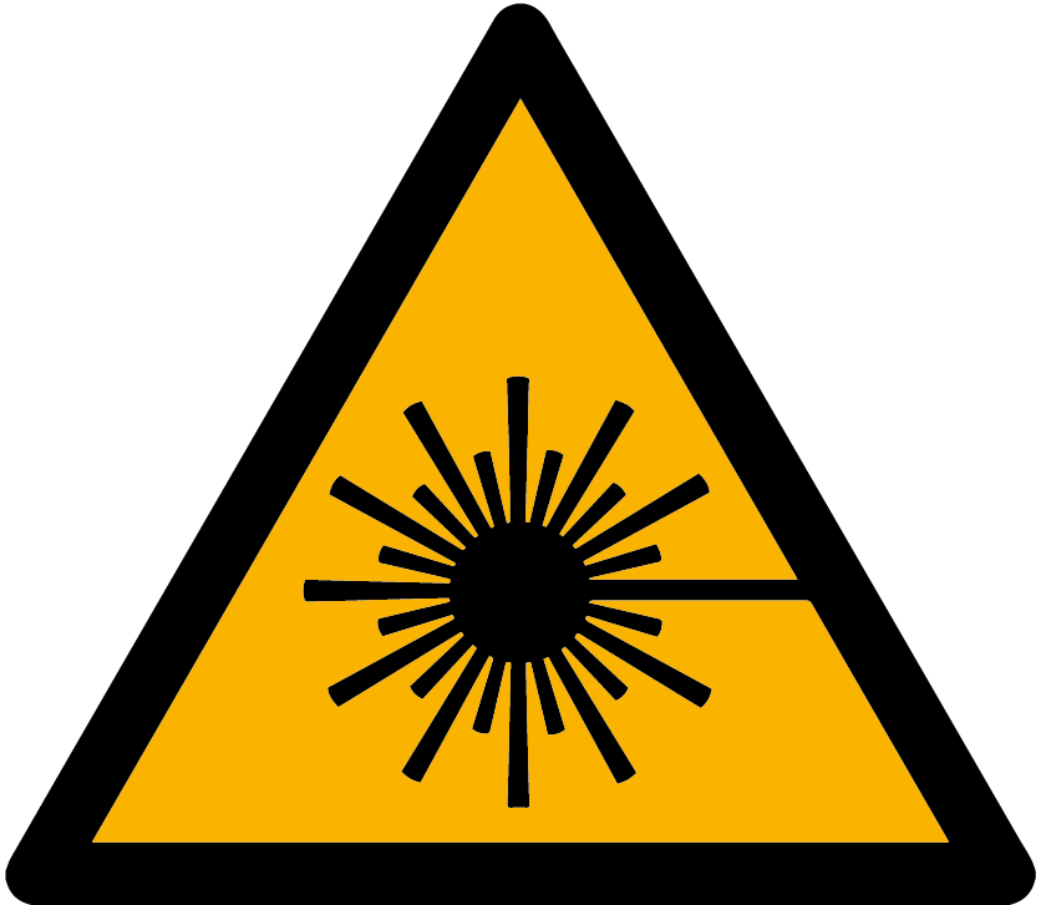


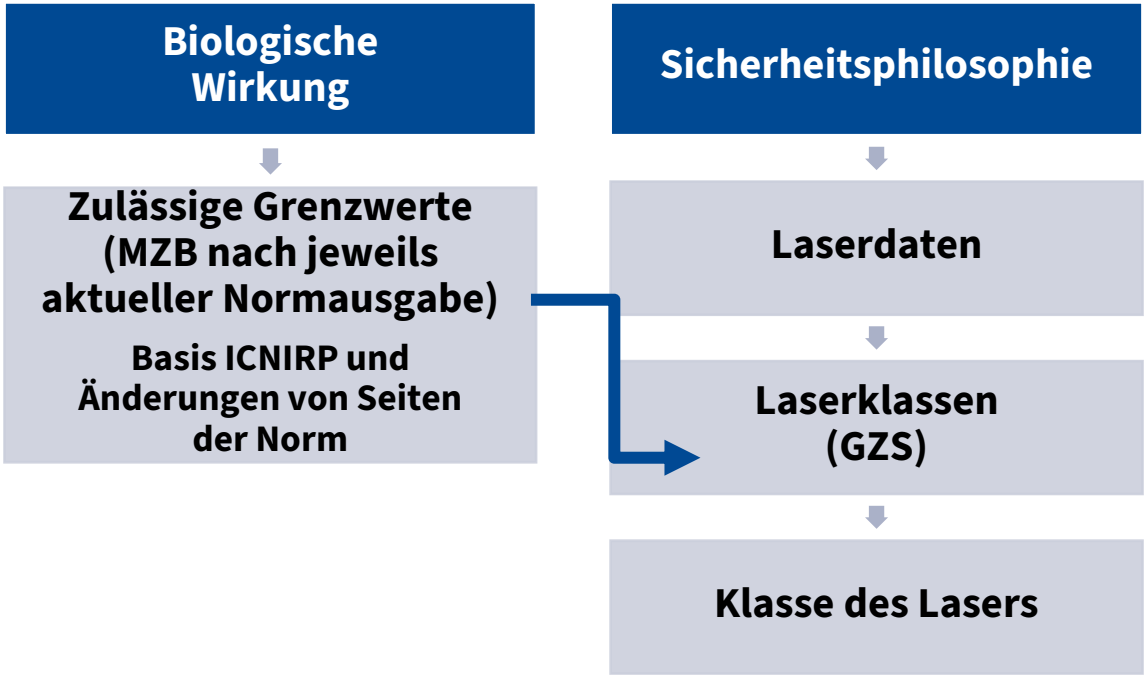
Illustration: Dagmar Brunk/BG ETEM

5. Thema

Laserklassen

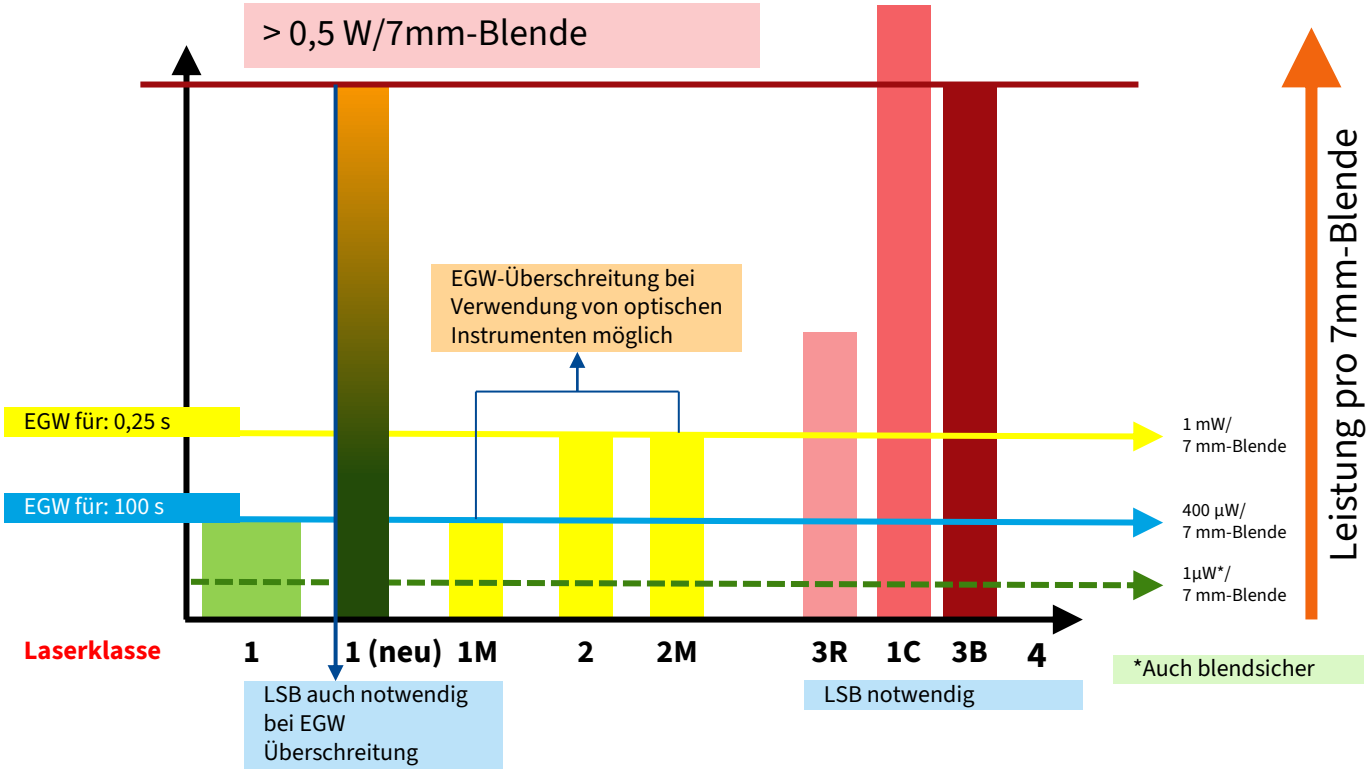


Grenzwert- und Klassifizierungskonzept nach EN 60825-1



Problem: MZB (EN 60825-1:2014) ≠ EGW (OStrV)

EGWs und Laserklassen vereinfacht



Aktuelle Definition nach DIN EN 60825-1:2015-07
Laserklasse 1

Klasse 1:
Die zugängliche Laserstrahlung ist unter vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen ungefährlich.

Hinweis 1:
Die vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen sind beim bestimmungsgemäßen Betrieb eingehalten.

Hinweis 2:
Laser-Einrichtungen der Klasse 1 sind auch sicher, wenn eine Bestrahlung unter Benutzung optischer Instrumente, wie z. B. Ferngläsern, stattfindet.

Laserklasse 1

Hinweis 3:
Bei Laser-Einrichtungen der Klasse 1, die im sichtbaren Spektralbereich emittieren, können z. B. Blendung, Beeinträchtigung des Farbsehens, Irritationen und Belästigungen nicht ausgeschlossen werden.

Hinweis 4:
Die Laserklasse 1 umfasst auch sogenannte Hochleistungslaser, die voll gekapselt sind, sodass während des Normalbetriebes keine möglicherweise gefährliche Laserstrahlung zugänglich ist.

Kennzeichnung, Klasse 1



Laserklasse 1C

Klasse 1C:
Jede Laser-Einrichtung, die ausschließlich für die Anwendung an der Haut oder dem Gewebe (mit Ausnahme der Augen) in direkten Kontakt bestimmt ist und die nachfolgende Bedingungen erfüllt, wird als Laser-Einrichtung der Klasse 1 C klassifiziert:

- Während des Betriebs wird eine Augengefährdung durch konstruktive Maßnahmen verhindert, d. h. beim Entfernen des Lasers / Applikators von der Haut oder dem Gewebe wird die zugängliche Laserstrahlung gestoppt oder auf ein Niveau unterhalb der GZS der Laserklasse 1 reduziert. Die Bestrahlungsstärke oder Bestrahlung kann während des Betriebs und im direkten Kontakt mit der Haut bzw. mit dem Gewebe mit Ausnahme der Augen den MZB-Wert (gemäß DIN EN 60825-1:2015-07) übersteigen, sofern es für die vorgesehene Behandlungsprozedur notwendig ist.

Laserklasse 1C

- Die Laser-Einrichtung genügt den Anforderungen der anzuwendenden vertikalen Normen.

Hinweis 1:
Da die abgegebene Strahlung den zutreffenden Expositionswert für die Haut deutlich überschreitet, kann der Strahlausgang eines Lasers der Klasse 1C gefährlich für das Zielgewebe sein.

Kennzeichnung, Klasse 1



Laserklasse 1M

Klasse 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.

Hinweis 1:

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

Laserklasse 1M

Hinweis 2:
Bei Einsatz optisch sammelnder Instrumente können vergleichbare Gefährdungen wie bei der Klasse 3R oder 3B auftreten.

Hinweis 3:
Bei Laser-Einrichtungen der Klasse 1M, die im sichtbaren Spektralbereich emittieren, können z. B. Blendung, Beeinträchtigungen des Farbsehens, Irritationen und Belästigungen nicht ausgeschlossen werden.

Kennzeichnung, Klasse 1M



Anmerkung:
Der Hersteller kann bei Lasern der Klasse 1 und 1M auf die Kennzeichnung auf den Lasereinrichtungen verzichten und diese Aussagen nur in die Benutzerinformation aufnehmen.

Die Laser sind dann nicht gekennzeichnet!

Laserklasse 2

Klasse 2:
Die zugängliche Laserstrahlung liegt im sichtbaren Spektralbereich (400 nm bis 700 nm). Sie ist bei kurzzeitiger Einwirkungsdauer (bis 0,25 s) auch für das Auge ungefährlich. Zusätzliche Strahlungsanteile außerhalb des Wellenlängenbereiches von 400 nm bis 700 nm erfüllen die Bedingungen für Klasse 1.

Laserklasse 2

Hinweis 1:
Bei Laser-Einrichtungen der Klasse 2 ist das Auge bei zufälliger, kurzzeitiger Einwirkung der Laserstrahlung, d. h. bei Expositionsdauer bis 0,25 s nicht gefährdet. Laser-Einrichtungen der Klasse 2 dürfen deshalb ohne weitere Schutzmaßnahmen eingesetzt werden, wenn sichergestellt ist, dass für die Anwendung weder ein absichtliches Hineinschauen über längere Zeit dauern als 0,25 s, noch ein wiederholtes Hineinschauen in die Laserstrahlung bzw. in spiegelnd reflektierte Laserstrahlung erforderlich ist.

Hinweis 2:
Der absichtliche, direkte Blick (Hineinstarren) in den Strahl einer Laser-Einrichtung der Klasse 2 kann gefährlich sein.

Laserklasse 2

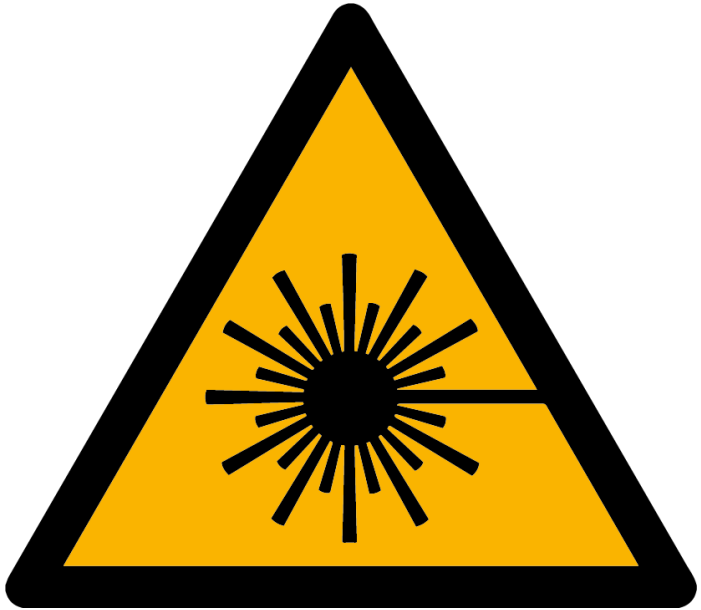
Hinweis 3:
Von dem Vorhandensein des Lidschlussreflexes und von anderen Abwendungsreaktionen zum Schutz der Augen darf in der Regel nicht ausgegangen werden. Falls Laserstrahlung der Klasse 2 ins Auge trifft, erhöhen das bewusste Schließen der Augen und das sofortige Abwenden des Kopfes den Schutz vor einer Überexposition.

Hinweis 4:
Für kontinuierlich strahlende Laser der Klasse 2 beträgt der Grenzwert der zugänglichen Strahlung (GZS) P = 1 mW
(bei $C_E = 1$).

Laserklasse 2

Hinweis 5:
Bei Laser-Einrichtungen 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.

Kennzeichnung, Klasse 2



Laserstrahlung

Nicht in den Strahl blicken

Laser Klasse 2
nach DIN EN 60825-1:2015-07

P ≤ 1 mW
λ = 650 nm

Laserklasse 2M

Klasse 2M:
Die zugängliche Laserstrahlung liegt im sichtbaren Spektralbereich von 400 nm bis 700 nm. Sie ist bei kurzzeitiger Einwirkungsdauer (bis 0,25 s) für das 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 Klasse 1M.

Hinweis 1:

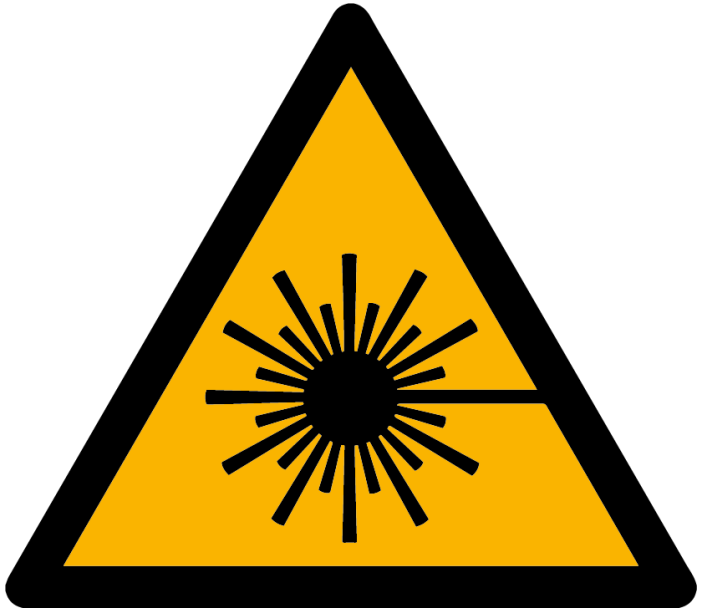
Sofern keine optischen Instrumente verwendet werden, die den Strahlquerschnitt verkleinern, besteht bei Laser-Einrichtungen der Klasse 2M eine vergleichbare Gefährdung wie bei Lasereinrichtungen der Klasse 2.

Laserklasse 2M

Hinweis 2:
Bei Einsatz optisch sammelnder Instrumente können vergleichbare Gefährdungen wie bei den Laserklassen 3R oder 3B auftreten.

Hinweis 3:
Bei Laser-Einrichtungen 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.

Kennzeichnung, Klasse 2M



Laserstrahlung

Nicht in den Strahl blicken oder direkt mit optischen Instrumenten betrachten

Laser Klasse 2M

nach DIN EN 60825-1:2015-07

Laserklasse 3A

anzuwenden für Laser, klassifiziert nach der DIN EN 60825-1 (bis Ausgabe März 1997)

Klasse 3A:
Die zugängliche Laserstrahlung wird für das Auge gefährlich, wenn der Strahlquerschnitt durch optische Instrumente, wie z. B. Teleskope, verkleinert wird. Ist dies nicht der Fall, ist die ausgesandte Laserstrahlung im sichtbaren Spektralbereich (400 nm bis 700 nm) bei kurzzeitiger Expositionsdauer (bis 0,25 s), in den anderen Spektralbereichen auch bei Langzeitbestrahlung, ungefährlich.

Laserklasse 3A

anzuwenden für Laser, klassifiziert nach der DIN EN 60825-1 (bis Ausgabe März 1997)

Hinweis 1:

Bei Laser-Einrichtungen der Klasse 3A handelt es sich um Laser, die nach der DIN EN 60825-1 (bis Ausgabe März 1997) klassifiziert worden sind. Laser-Einrichtungen der Klasse 3A, die nur im sichtbaren Wellenlängenbereich emittieren, können wie solche der Klasse 2M behandelt werden. Laser-Einrichtungen der Klasse 3A, die nur im nicht sichtbaren Spektralbereich emittieren, können wie solche der Klasse 1M behandelt werden.

Laserklasse 3A

anzuwenden für Laser, klassifiziert nach der DIN EN 60825-1 (bis Ausgabe März 1997)

Hinweis 2:
Sofern keine optischen Instrumente verwendet werden, die den Strahlquerschnitt verkleinern, besteht bei Laser-Einrichtungen der Klasse 3A, die nur im sichtbaren Spektralbereich emittieren, eine vergleichbare Gefährdung wie bei Laser-Einrichtungen der Klasse 2. Bei Laser-Einrichtungen der Klasse 3A, die nur im nicht sichtbaren Spektralbereich emittieren, besteht eine vergleichbare Gefährdung wie bei Laser-Einrichtungen der Klasse 1.

Laserklasse 3A

anzuwenden für Laser, klassifiziert nach der DIN EN 60825-1 (bis Ausgabe März 1997)

Hinweis 3:
Bei Laser-Einrichtungen der Klasse 3A, die im sichtbaren Spektralbereich emittieren, 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 3R

Klasse 3R:
Die zugängliche Laserstrahlung liegt im Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 106 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.

Laserklasse 3R

Hinweis 1:
Laser-Einrichtungen der Klasse 3R sind für das Auge potenziell ähnlich gefährlich wie Laser-Einrichtungen 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 Klasse 1 begrenzt ist.

Hinweis 2:
Das Risiko einer Verletzung durch Laserstrahlung aus einer Laser-Einrichtung der Klasse 3R steigt mit der Expositionsdauer. Eine Exposition ist bei bewusster Augenbestrahlung gefährlich.

Laserklasse 3R

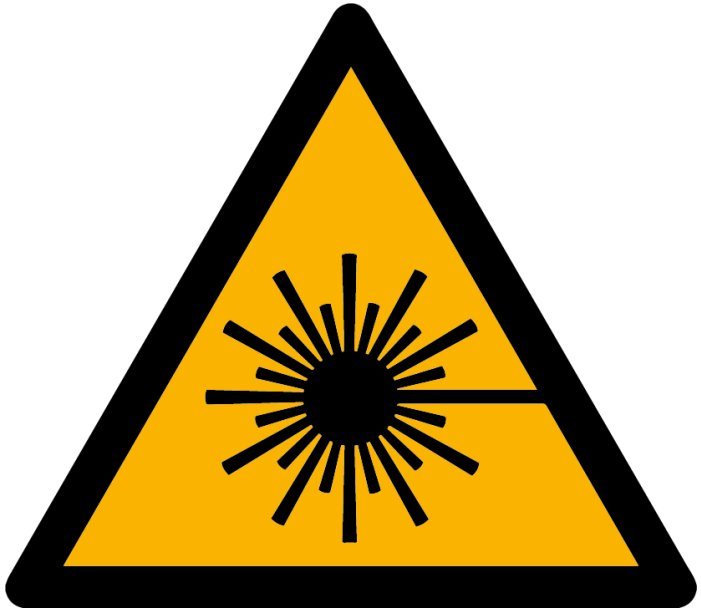
Hinweis 3:
Für kontinuierlich strahlende Laser der Klasse 3R beträgt der Grenzwert der zugänglichen Strahlung P = 5 mW (bei C_6 = 1) im Wellenlängen-bereich 400 nm bis 700 nm.

Hinweis 4:
Bei Laser-Einrichtungen der Klasse 3R, die im sichtbaren Spektralbereich emittieren, können 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 3R

Hinweis 5:
Laser-Einrichtungen der Klasse 3R lassen sich sicher verwenden, wenn ein direkter Blick in den Laserstrahl unwahrscheinlich ist.

Kennzeichnung, Klasse 3R



Unsichtbare Laserstrahlung

Nicht dem Strahl aussetzen
Laser Klasse 3R

nach DIN EN 60825-1:2015-07

Laserklasse 3B

Klasse 3B:
Die zugängliche Laserstrahlung ist gefährlich für das Auge, häufig auch für die Haut.

Hinweis 1:

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

Laserklasse 3B

Hinweis 2:
Ein Strahlbündel aus einer Laser-Einrichtung der Klasse 3B kann theoretisch sicher über einen geeigneten diffusen Reflektor betrachtet werden, wenn folgende Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind:

- der minimale Beobachtungsabstand zwischen diffusem Reflektor und Hornhaut des Auges ist ca. 13 cm,
- die maximale Beobachtungsdauer beträgt höchstens 10 s und
- gerichtete Strahlanteile können nicht das Auge treffen.

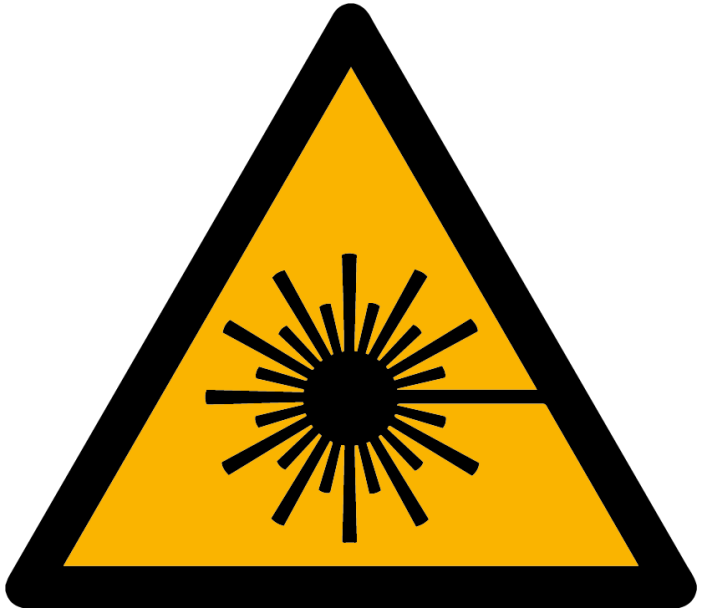
Hinweis 3:
Bei vielen Diffusoren ist mit gerichteten Strahlanteilen zu rechnen, wodurch die Expositionsbedingungen ungünstiger werden.

Laserklasse 3B

Hinweis 4:
Eine Gefährdung der Haut durch die zugängliche Laserstrahlung besteht bei Laser-Einrichtungen 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.

Hinweis 5:
Bei Laser-Einrichtungen der Klasse 3B kann es im Laserstrahl zum Entflammen entzündlicher Materialien kommen.

Kennzeichnung, Klasse 3B



Unsichtbare Laserstrahlung

Nicht dem Strahl aussetzen
Laser Klasse 3B

nach DIN EN 60825-1:2015-07

P_0 = _____ W
P_p = _____ W
t = _____ s
F = _____ Hz
λ = _____ nm

Laserklasse 4

Klasse 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.

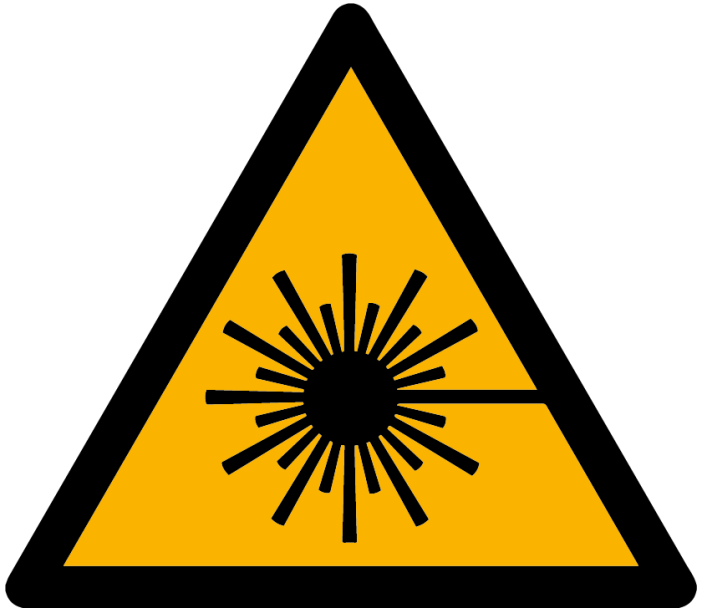
Hinweis 1:

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

Laserklasse 4

Hinweis 2:
Die Laserstrahlung von Laser-Einrichtungen 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 Laser-Einrichtungen der Klasse 4 immer geprüft werden, ob ausreichende Maßnahmen gegen Brand- und Explosions-gefährdungen getroffen sind.

Kennzeichnung, Klasse 4



Unsichtbare Laserstrahlung

Bestrahlung von Auge oder Haut durch direkte oder Streustrahlung vermeiden
Laser Klasse 4

Nach DIN EN 60825-1:2015-07

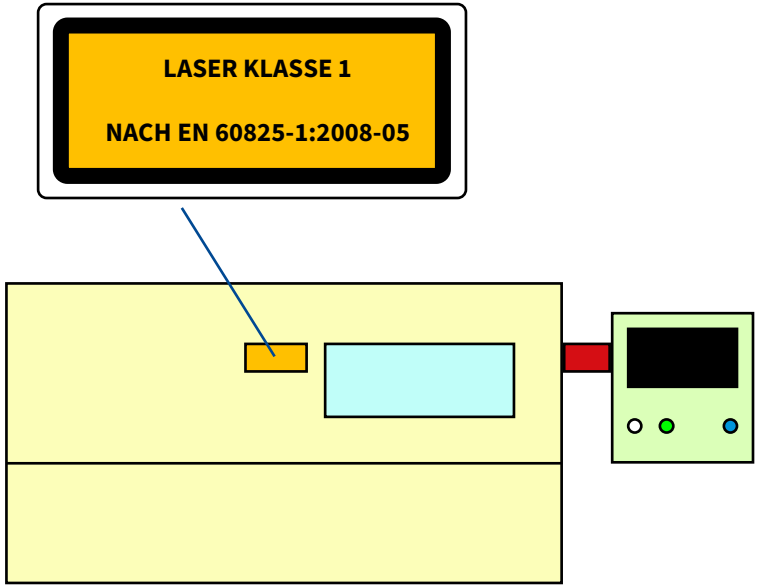
P_0	= 100 W
P_p	= ≤ 5,5 kW
t	= 0,1 ms - 20 ms
F	= Einzelimpuls bis 300 Hz
λ	= 1 064 nm

Änderung der Gefährdung [Laserklasse]

Beispiel: Eine Lasereinrichtung ist vollständig von einer Schutzverkleidung umgeben und entspricht im Normalbetrieb der Laserklasse 1.

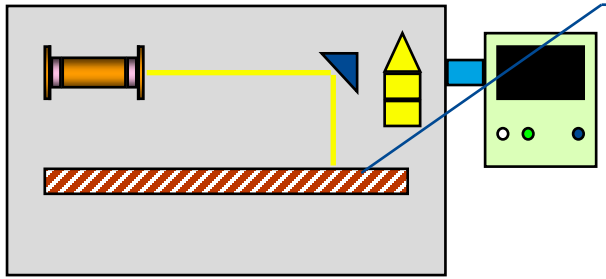
Wird für z. B. bei Instandhaltungs-arbeiten die Schutzverkleidung entfernt, können die Expositions-grenzwerte der OStrV überschritten werden. Dies entspricht in der Regel dem Betrieb einer höheren Laserklasse z. B. Klasse 4 bzw. die Expositionsgrenzwerte können dann überschritten werden.

Schutzmaßnahmen gemäß TROS Laser-strahlung Teil 3 müssen getroffen werden.



Änderung der Gefährdung/Instandhaltung

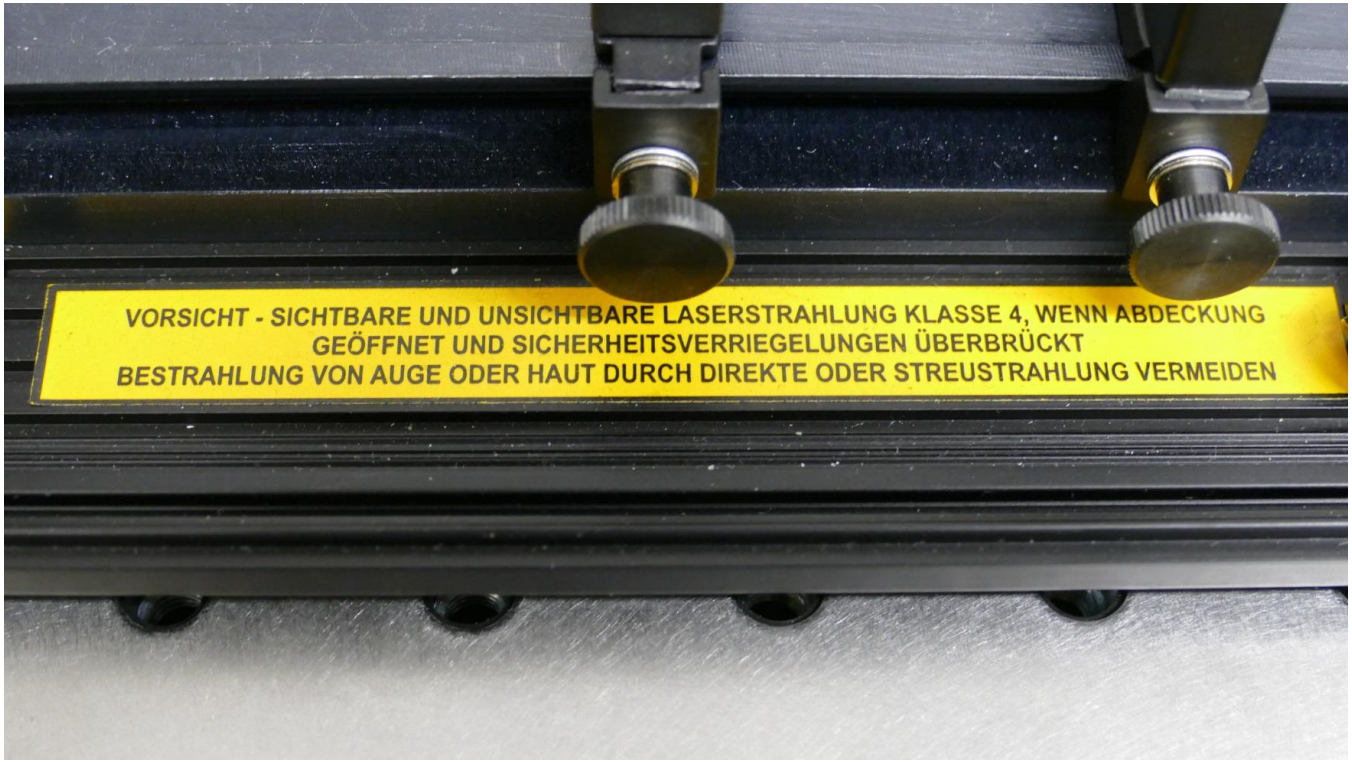
Ändert sich während der Instandhaltung die Gefährdung von Laser-Einrichtungen, sind die Maßnahmen für die höhere Gefährdung (≙ höherer Klasse früher nach Vorschrift 11) einzuhalten (z. B. Laser-Schutzbrille, mattes, nichtreflektierendes Werkzeug, Abschirmung nach allen Seiten).





(Schild eines alten Lasers)

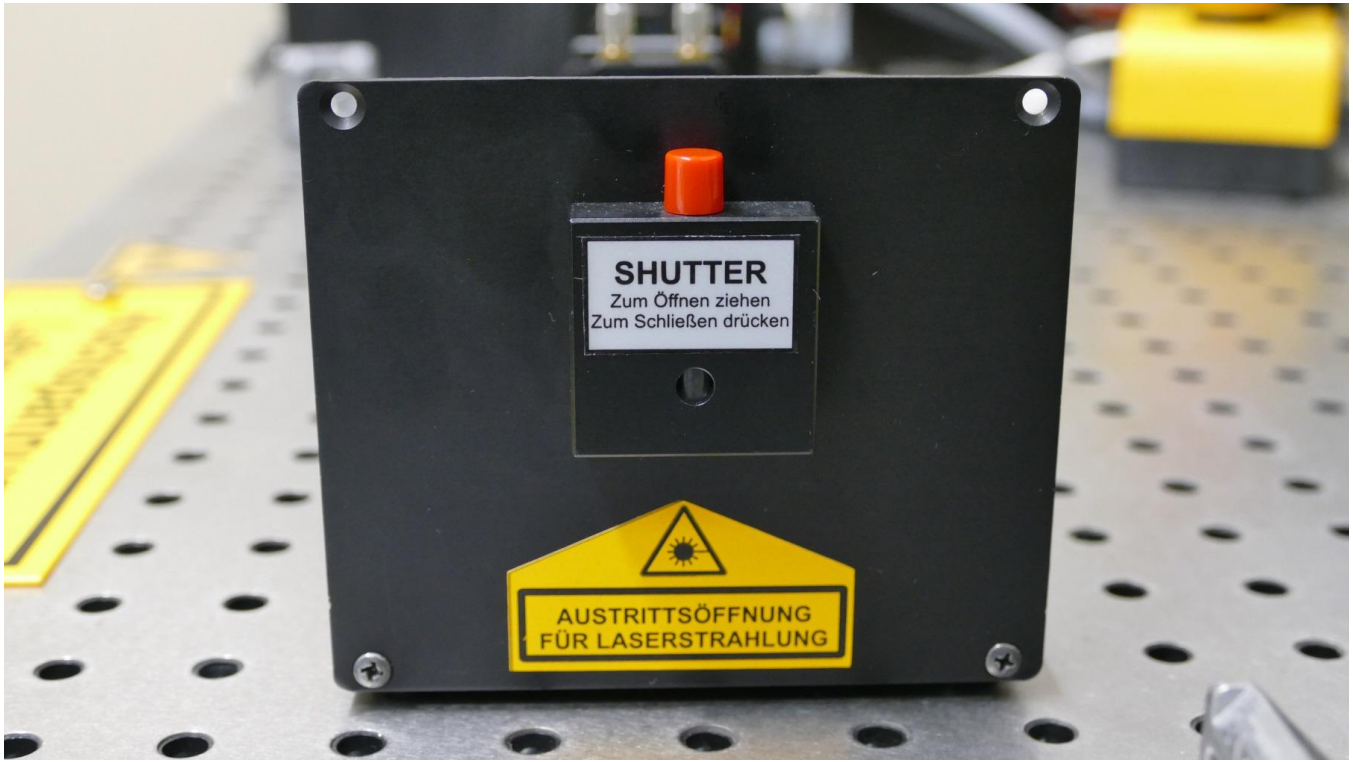
Beispiel für Kennzeichnung



Beispiel Kennzeichnung innerhalb eines Gehäuses



Beispiel Shutter

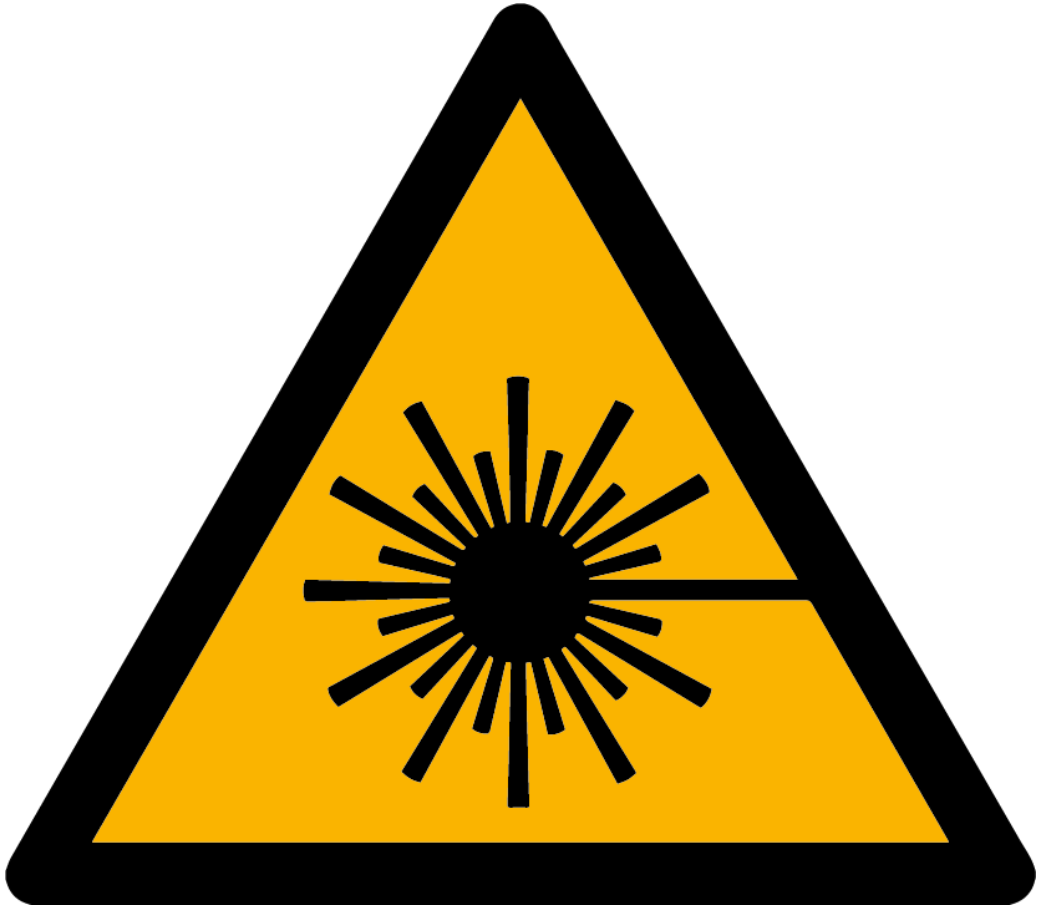


Zusätzliche Kennzeichnung für Wartungsarbeiten



6. Thema

Expositionsgrenzwerte



Einhaltung von Grenzwerten

Expositionsgrenzwerte für Laserstrahlung (EGWs)

EGWs Definition gemäß TROS

Die Expositionsgrenzwerte nach § 2 Absatz 5 OStrV sind maximal zulässige Werte bei Exposition der Augen oder der Haut gegenüber Laserstrahlung. Diese sind in Anlage 4 Abschnitt A4.1 des Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber Laser-strahlung“ aufgeführt.

Einhaltung von Grenzwerten

Hinweis 1:
Der EGW ist das maximale Ausmaß der Laserstrahlung, dem das Auge oder die Haut ausgesetzt werden kann, ohne dass damit akute Gesundheitsschädigungen gemäß Tabelle A3.1 der Anlage 3 dieser TROS verbunden sind. Zum Schutz vor langfristigen Schädigungen durch die kanzerogene Wirkung von UV-Strahlung ist das Minimierungsgebot nach § 7 OStrV besonders zu beachten.

Hinweis 2:
In anderen Schriften wird der Begriff „Maximal zulässige Bestrahlung (MZB)“ für den EGW verwendet. Die Werte können sich unterscheiden.

Hinweis 3:
Auch bei täglichen Expositionsdauern von über 30 000 s (8 h 20 min) gilt der jeweilige Expositionsgrenzwert von 30 000 s (siehe Teil 2, Anlage 4 Abschnitt A4.1, Tabellen A4.4 und A4.5).

Vereinfachte EGW gemäß TROS Laserstrahlung

Wellenlängen-bereich	Bestrahlungsstärke E in W/m^2				Bestrahlung H in J/m^2			
	D		M		M		I, R	
nm	Expositionsdauer s	W/m^2	Expositionsdauer s	W/m^2	Expositionsdauer s	J/m^2	Expositionsdauer s	J/m^2
$180 \leq \lambda < 315$	bis 30 000	0,001	$< 10^{-9}$	$3 \cdot 10^{10}$	-	-	$> 10^{-9}$ bis $3 \cdot 10^{4}$	30
$315 \leq \lambda < 1400$	$> 5 \cdot 10^{-4}$ bis < 10	10	-	-	$< 10^{-9}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$> 10^{-9}$ bis $5 \cdot 10^{-4}$	0,005
$1400 \leq \lambda < 10^{6}$	> 0,1 bis 10	1000	$< 10^{-9}$	10^{11}	-	-	$> 10^{-9}$ bis 0,1	100

Vereinfachte Expositionsgrenzwerte auf der Hornhaut des Auges

Quelle: TROS

Berechnungsbeispiel EGW-Wert für das Auge

Geg.: He:Ne-Dauerstrichlaser

Wellenlänge	l	= 633 nm
Einwirkungszeit	t	= 0,25 sec
Strahldurchmesser	d_{63}	= 3,5 mm
Laserleistung	P	= 1 mW

Strahlendivergenz kann vernachlässigt werden

Betrachtung von kleinen Quellen a < a_{min}

$E = P/A\ Wm^{-2} = P/ (p/4\ d_{63}^{2})\ W\ m^{-2}$

$E = 1*10^{-3}/ (p/4 * 0{,}007^{2})\ W\ m^{-2}$

$E = 25{,}98\ W\ m^{-2} \approx 26\ W\ m^{-2}$

$H_{EGW} = 18*t^{0,75}*C_E\ J\ m^{-2}$

$H_{EGW} = 18*0{,}25^{0,75} * J\ m^{-2}$

$H_{EGW} = 6{,}4\ J\ m^{-2}$

$E_{EGW} = H_{EGW} / t\ \ Wm^{-2}$

$E_{EGW} = 6{,}4\ J\ m^{-2} / 0{,}25\ s$

$E_{EGW} = 25{,}6\ W\ m^{-2} \approx 26\ W\ m^{-2}$

Wellenlänge λ in nm (siehe a)		Durchmesser der Mess-blende D	$-5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$–10^{-3}	10^{-3}–10
Sichtbar und IR-A	400-700	7 mm	$H = 18 \cdot t^{0,75} \cdot C_E J \cdot m^{-2}$		
	700-1050		$H = 18 \cdot t^{0,75} \cdot C_A \cdot C_E J \cdot m^{-2}$		
	1050-1400			$H = 90 \cdot t^{0,75} \cdot C_C \cdot C_E J \cdot m^{-2}$	
	1400-1500				$H = 5{,}6 \cdot 10^{3} \cdot t^{0,25}\ J \cdot m^{-2}$

Parameter	Winkelausdehnung in mrad	Wert
C_E	$\alpha \le \alpha_{min}$	1
	$\alpha_{min} < \alpha \le 100$	α / α_{min}
	$\alpha > 100$	$\alpha_{max} / \alpha_{min}$ bei $\alpha_{max} = 100$ mrad

$E = E_{EGW}$ → Grenzwerteinhaltung

Für gepulste Laser müssen unter Umständen 3 unterschiedliche Betrachtungsfälle ermittelt werden.

Quelle: TROS, Ausschuss für Betriebssicherheit, ABS-Geschäftsführung, BAuA, **www.baua.de**

Auszug Tab. A4.3 TROS-Laserstrahlung Teil 2 Expositionsgrenzwerte für das Auge

Wellenlänge λ in nm (siehe a)		Durchmesser der Messblende D	Expositionsdauer t in s						
			10^{-13}–10^{-11}	10^{-11}–10^{-9}	10^{-9}–10^{-7}	10^{-7}–$1{,}8 \cdot 10^{-5}$	$1{,}8 \cdot 10^{-5}$–$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$–10^{-3}	10^{-3}–10
Sichtbar und IR-A	400-700	7 mm	$H = 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot C_E$ J • m^{-2}	$H = 2{,}7 \cdot 10^{4} \cdot t^{0{,}75} \cdot C_E$ J • m^{-2}	$H = 5 \cdot 10^{-3} \cdot C_E$ J • m^{-2}		$H = 18 \cdot t^{0{,}75} \cdot C_E$ J • m^{-2}		
	700-1050		$H = 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot C_A \cdot C_E$ J • m^{-2}	$H = 2{,}7 \cdot 10^{4} \cdot t^{0{,}75} \cdot C_A \cdot C_E$ J • m^{-2}	$H = 5 \cdot 10^{-3} \cdot C_A \cdot C_E$ J • m^{-2}		$H = 18 \cdot t^{0{,}75} \cdot C_A \cdot C_E$ J • m^{-2}		
	1050-1400		$H = 1{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot C_C \cdot C_E$ J • m^{-2}	$H = 2{,}7 \cdot 10^{5} \cdot t^{0{,}75} \cdot C_C \cdot C_E$ J • m^{-2}	$H = 5 \cdot 10^{-2} \cdot C_C \cdot C_E$ J • m^{-2}			$H = 90 \cdot t^{0{,}75} \cdot C_C \cdot C_E$ J • m^{-2}	
IR-B und IR-C	1400-1500	siehe **c**	$E = 10^{12}$ W • m^{-2}		$H = 10^{3}$ J • m^{-2}				$H = 5{,}6 \cdot 10^{3} \cdot t^{0{,}25}$ J • m^{-2}
	1500–1800		$E = 10^{13}$ W • m^{-2}		$H = 10^{4}$ J • m^{-2}				
	1800–2600		$E = 10^{12}$ W • m^{-2}		$H = 10^{3}$ J • m^{-2}				$H = 5{,}6 \cdot 10^{3} \cdot t^{0{,}25}$ J • m^{-2}
	2600–10^{6}		$E = 10^{11}$ W • m^{-2}		$H = 100$ J • m^{-2}	$H = 5{,}6 \cdot 10^{3} \cdot t^{0{,}25}$ J • m^{-2}			

a Sind für eine Wellenlänge zwei Expositionsgrenzwerte aufgeführt, so ist unter Einbeziehung der zugeordneten Messverfahren das Ergebnis anzuwenden, welches den strengeren Wert darstellt. Expositionsgrenzwerte für Zeiten unterhalb 10^{-13} s werden dem jeweiligen Expositionsgrenzwert bei 10^{-13} s, ausgedrückt in Einheiten der Bestrahlungsstärke, gleichgesetzt.

b Die in der Tabelle angegebenen Werte gelten für einzelne Laserimpulse. Bei mehrfachen Laserimpulsen müssen die Laserimpulsdauern, die innerhalb der Expositionsdauer t liegen, addiert werden. Die daraus resultierende Expositionsdauer muss in die Formel $H = 5{,}6 \cdot 10^{3} \cdot t^{0{,}25}$ für t eingesetzt werden.

C Wenn 1400 nm ≤ λ< 10^{5} nm, dann gilt:
- für t ≤ 0,35 s[3], D = 1 mm
- für 0,35 s < t < 10 s, D = $1{,}5 \cdot t^{0{,}375}$ mm.

Wenn 10^{5} nm ≤ λ < 10^{6} nm, dann ist D = 11 mm.

Quelle: TROS, Ausschuss für Betriebssicherheit, ABS-Geschäftsführung, BAuA, **www.baua.de**

Auszug Tab. A4.4 TROS-Laserstrahlung Teil 2 Expositionsgrenzwerte für das Auge

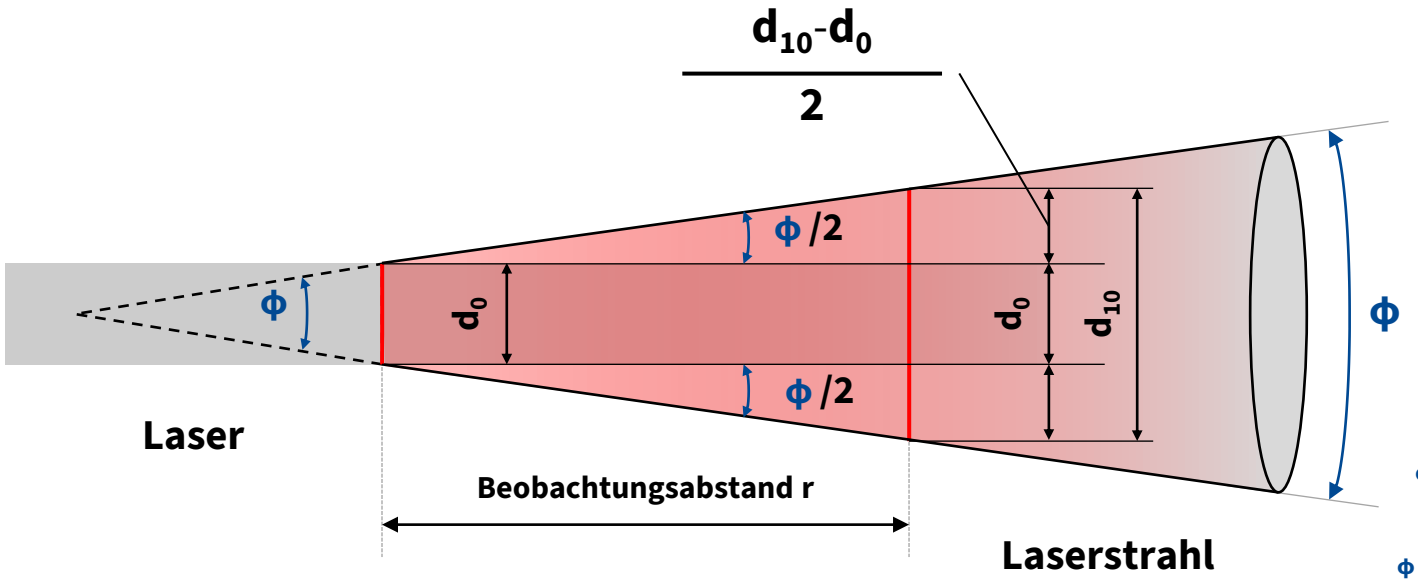
Wellenlänge λ in nm (siehe a)		Durchmesser der Messblende D in mm	Expositionsdauer in s		
			$10–10^2$	$10^2–10^4$	$10^4–3•10^4$
sichtbar	400–600 Fotochemische Netzhautschädigung (siehe **b**)	7	$H = 100 • C_B$ J • m^{-2}; λ = 11 mrad (siehe **c**)	$E = 1 • C_B$ W • m^{-2}; λ = 1,1 • $t^{0,5}$ mrad (siehe **c**)	$E = 1 • C_B$ W • m^{-2}; λ = 110 mrad (siehe **c**)
	400–700 Thermische Netzhautschädigung (siehe **b**)		α ≤[2] 1,5 mrad α > 1,5 mrad und t ≤ T_2 α > 1,5 mrad und t > T_2	E = 10 W • m^{-2} H = 18 • C_E • $t^{0,75}$ J • m^{-2} E = 18 • C_E • $T_2^{-0,25}$ W • m^{-2}	
IR-A	700–1400		α ≤[3] 1,5 mrad α > 1,5 mrad und t ≤ T_2 α > 1,5 mrad und t > T_2	E = 10 • C_A • C_C W • m^{-2} H = 18 • C_A • C_C • C_E • $t^{0,75}$ J • m^{-2} E = 18 • C_A • C_C • C_E • $T_2^{-0,25}$ W • m^{-2} (maximal 1000 W • m^{-2})	
IR-B und IR-C	$1400–10^5$	3,5	E = 1000 W • m^{-2}		
	$10^5–10^6$	11			

a Sind für eine Wellenlänge zwei Expositionsgrenzwerte aufgeführt, so ist unter Einbeziehung der zugeordneten Messverfahren das Ergebnis anzuwenden, welches den strengeren Wert darstellt.

b Bei kleinen Quellen mit einer Winkelausdehnung α ≤ 1,5 mrad sind statt der beiden Expositionsgrenzwerte E für Wellenlängen von 400 nm bis 600 nm nur die thermischen Expositionsgrenzwerte für 10 s ≤ t < T_1 und die fotochemischen Expositionsgrenzwerte für längere Zeiten anzuwenden. Zu T_1 und T_2 siehe Tabelle A4.6. Der Expositionsgrenzwert für fotochemische Netzhautschädigung kann auch als Integral der Strahldichte über die Zeit ausgedrückt werden, wobei für 10 s ≤ t ≤ 10 000 s, $G = 10^6 • C_B$ J • m^{-2} • sr^{-1}, und für t > 10 000 s, $L = 100 • C_B$ W • m^{-2} • sr^{-1} gilt. Zur Messung von G und L ist γ_P als Mittelung des Empfangswinkels zu verwenden.

C Für Messungen des Expositionswertes ist γ_P wie folgt zu berücksichtigen:
- Wenn α > γ_P, dann γ = γ_P. Bei Verwendung eines größeren Empfangswinkels würde die Gefährdung überbewertet.
- Wenn α < γ, dann muss die γ betrachtete Quelle voll erfassen. Er ist ansonsten jedoch nicht beschränkt und kann größer sein als γ_P.

Quelle: TROS, Ausschuss für Betriebssicherheit, ABS-Geschäftsführung, BAuA, **www.baua.de**



$$\Phi = 2 \arctan \frac{d_{10} - d_0}{2\,r}$$

Φ – Strahldivergenz

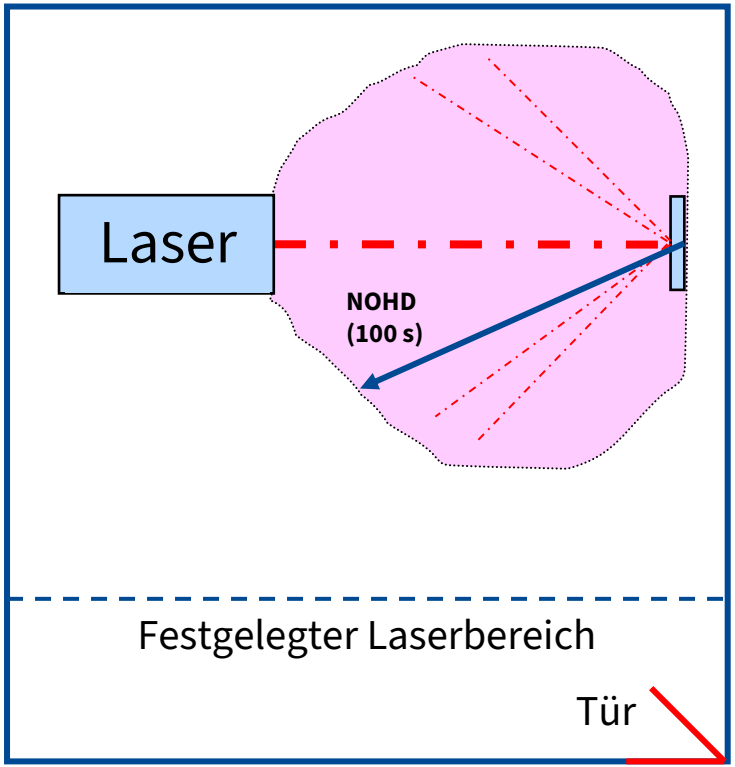
r – Beobachtungsabstand

d_0 – Strahldurchmesser (d'_{63}) an der Austrittsstelle

d_{10} – Strahldurchmesser (d_{63}) am Beobachtungsort

Beispiele für die Notwendigkeit der Fachkunde
Berechnung der Strahldivergenz –
Öffnungswinkel – Numerische Apertur

Laserbereich Definition:

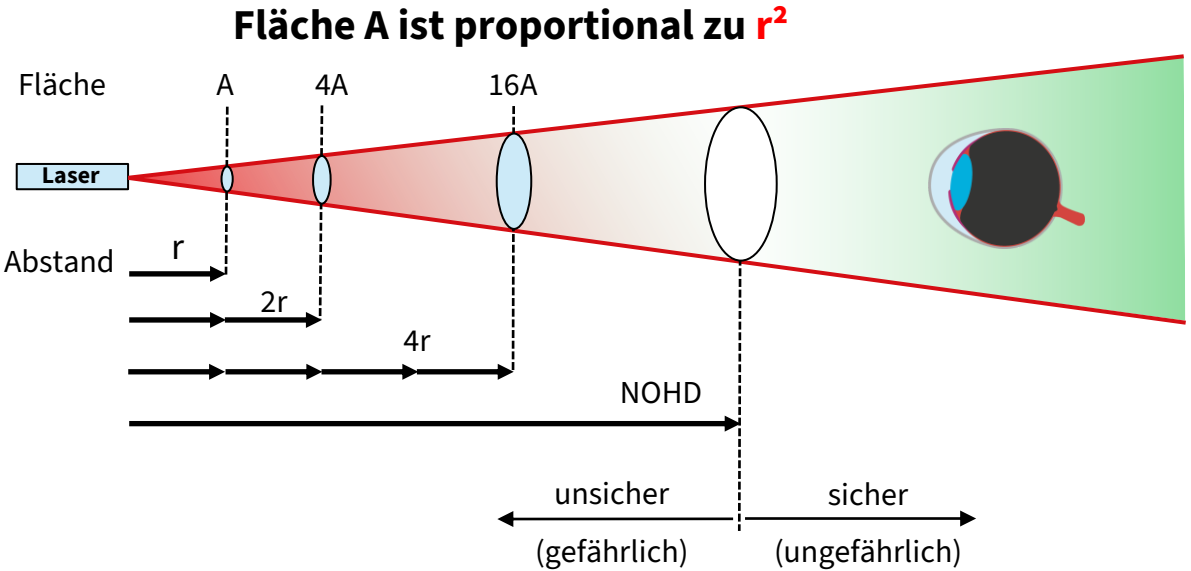


Der Laserbereich ist der Bereich, in welchem die Expositionsgrenzwerte überschritten werden können.

Hinweise:
Der Laserbereich muss sich nicht mit dem Arbeitsbereich decken.

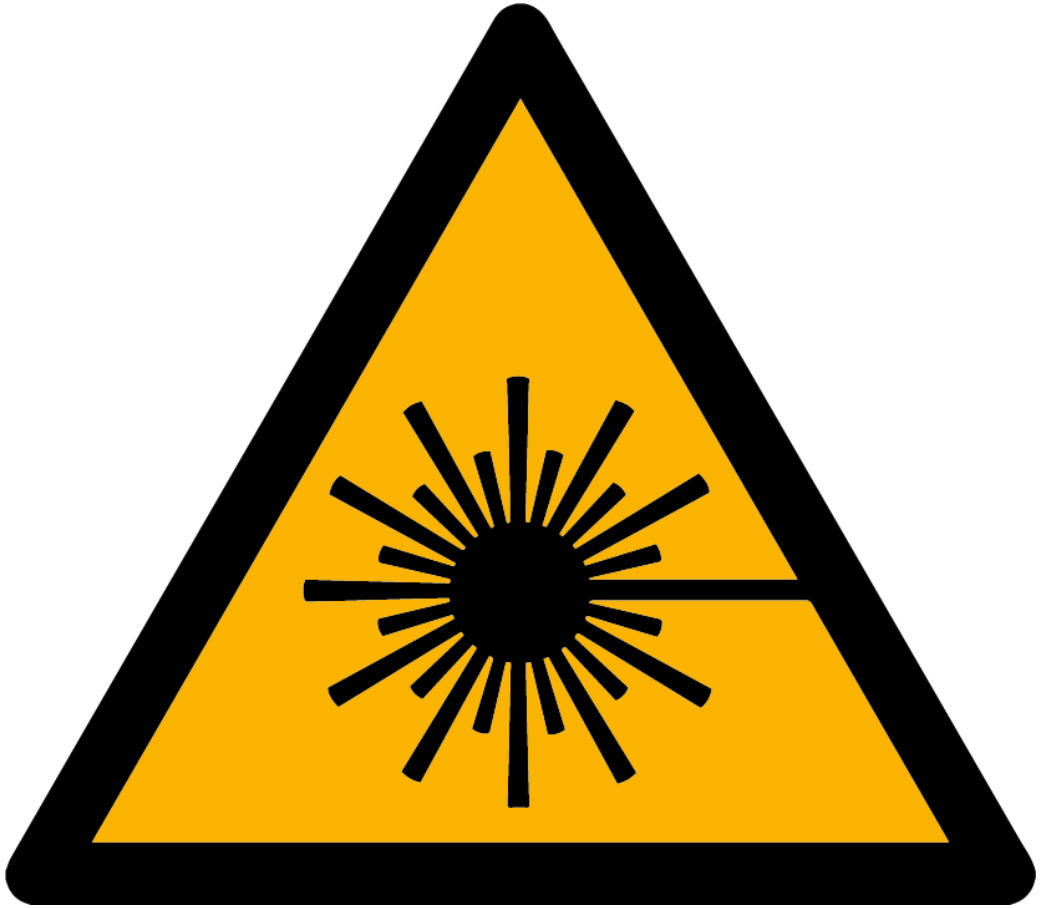
Er ist räumlich und zeitlich festgelegt.

„Abstandsquadratgesetz“ für den Fall eines stark divergenten Laserstrahls (durch Spiegel oder Linse) Laserbereich NOHD

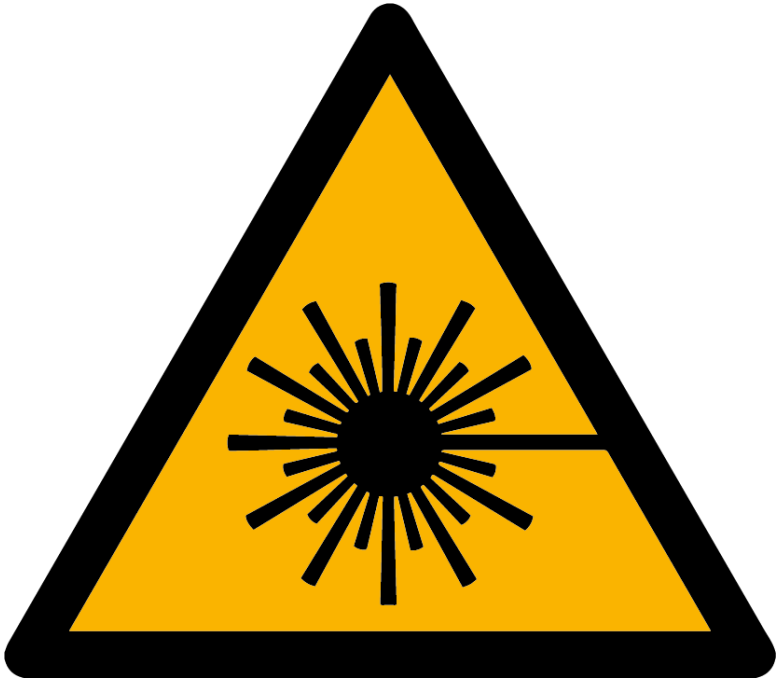


7. Thema

Schutzmaßnahmen



Schutz vor Laserstrahlung



- Laserstrahl abschirmen
- Laserbereich abgrenzen
- Laserleistung auf tatsächlich benötigte Energie abschwächen
- Wirkungskreis des Laserstrahls meiden
- Persönliche Schutzausrüstung benutzen

Schutzkonzept

- Bau, Ausrüstung und Betrieb der Anlage nach Richtlinien, Vorschriften und Normen
- Klassifizierung durch Hersteller und Kennzeichnung durch Hersteller und/oder Betreiber
- Überwachung des sicheren Betriebs durch den Laserschutzbeauftragten
- Benutzen persönlicher Schutzausrüstung (Laser-Schutzbrille, Laser-Justierbrille)
- Unterweisung der Mitarbeiter

Vorschriften, Normen und Regeln

Bau und Ausrüstung:

- PROD SG Produktsicherheitsgesetz
- EMVG Elektromagnetische-Verträglichkeit-Gesetz
- Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU
- EG-Rl neu 2006/42/EG Risikobeurteilung nach Maschinenrichtlinie
- DIN EN 60825-1 Sicherheit von Lasereinrichtungen
- Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen DIN EN 60825-2 Sicherheit von Lasereinrichtungen
- Teil 2: Sicherheit von Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen (LWLKS)

Vorschriften und Normen

- DIN EN 60825-4 Sicherheit von Lasereinrichtungen
  Teil 4: Laserschutzwände
- DIN EN ISO 11553-1 Sicherheit von Maschinen – Laserbearbeitungsmaschinen – Teil 1: Allgemeine Sicherheitsanforderungen
- DIN EN ISO 11553-2 Sicherheit von Maschinen – Laserbearbeitungsmaschinen – Teil 2: Sicherheitsanforderungen an handgeführte Laserbearbeitungsgeräte

Vorschriften und Normen

- DIN EN ISO 11553-3 Sicherheit von Maschinen – Laserbearbeitungsmaschinen – Teil 3: Lärmminderungs- und Geräuschmessverfahren für Laserbearbeitungs-maschinen und handgeführte Laserbearbeitungsgeräte sowie zugehörige Hilfseinrichtungen
- DIN EN 207 Persönlicher Augenschutz – Filter und Augenschutzgeräte gegen Laserstrahlung (Laserschutzbrillen)
- DIN EN 208 Persönlicher Augenschutz – Augenschutzgeräte für Justierarbeiten an Laser und Laseraufbauten (Laser-Justierbrillen)

Vorschriften und Normen

- DIN EN 60601-2-22 Medizinische elektrische Geräte – Teil 2-22: Besondere Festlegungen für die Sicherheit einschließlich der wesentlichen Leistungsmerkmale für chirurgische, kosmetische, therapeutische und diagnostische Lasergeräte
- DIN EN 12254 Abschirmungen an Laserarbeitsplätzen – Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung
- DIN 56912 Showlaser und Showlaseranlagen – Sicherheitsanforderungen und Prüfung

Vorschriften, Regeln und Informationen

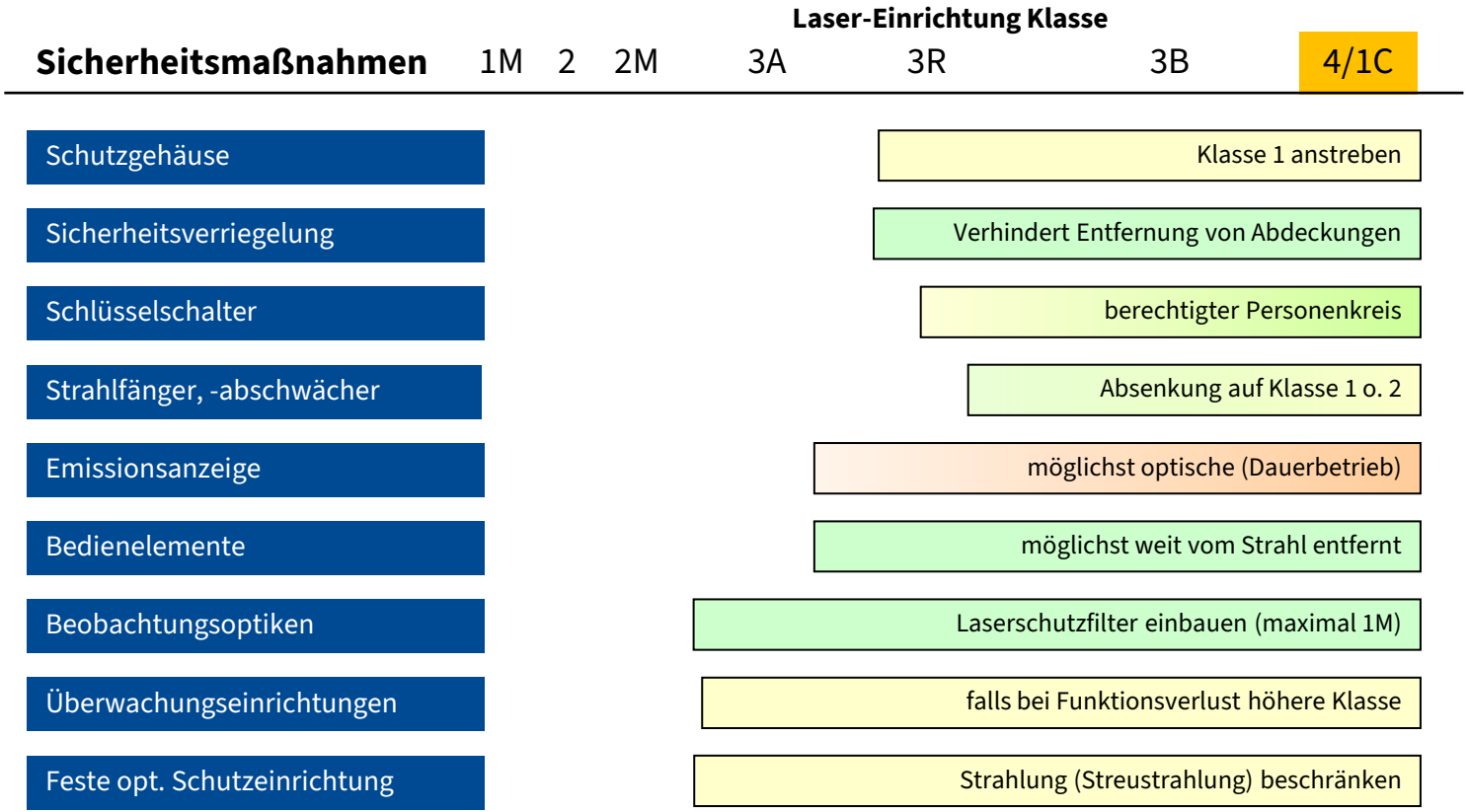
Betrieb:

1. Arbeitsschutzgesetz
2. GV 18 OStrV
3. TROS Laserstrahlung
4. Betriebssicherheitsverordnung
5. PSA-Benutzungsverordnung
6. DGUV Information 203-036 Laser-Einrichtungen für Show- und Projektionszwecke
7. DGUV Information 203-039 Umgang mit Lichtwellenleiter-Kommunikations-Systemen (LWLKS)
8. DGUV Information 203-042 Auswahl und Benutzung von Laser-Schutzbrillen, Laser-Justierbrillen und Laser-Schutzabschirmungen

Rangfolge der Schutzmaßnahmen

1. Substitution
2. Technische Schutzmaßnahmen
3. Organisatorische Schutzmaßnahmen einschließlich Unterweisung
4. Persönliche Schutzmaßnahmen

Technische Schutzmaßnahmen



Technische Schutzmaßnahmen der Arbeitsstätte

Sicherheitsmaßnahmen	Laser-Einrichtung Klasse 1M	2	2M	3A	3R	3B	4/1C
Wände						matt, hell, diffus reflektierend	
Abschirmungen (wenn möglich durchsichtig/transparent)					hohe Absorption, schwer entflammbar		
Laserbereich						Abgrenzung	
						Grenzen kennzeichnen (wenn Strahl im Arbeits- und Verkehrsbereich)	
Betriebsanzeige						optisch, an den Zugängen	
Elektroinstallation						hinreichende Anzahl Not - Aus-Schalter	
Lichtinstallation						möglichst hell, regelbar	

Organisatorische Schutzmaßnahmen

	Laser-Einrichtung Klasse						
Sicherheitsmaßnahmen	1M	2	2M	3A	3R	1*/3B	4/1C
Überwachung des sicheren Betriebs Laserschutzbeauftragter	bei Beobachtung des direkten Strahls				schriftlich bestellen		
Laserbereich					Grenzen festlegen, u.U. zeitlich begrenzen (Wartung)		
Zugangsbeschränkung	Warnschilder, zeitlich begrenzen						
Unterweisung/ Arbeitsmedizinische Beratung	erforderlich						

* Klasse 1 nach DIN EN 60825-1:2015 kann die EGW überschreiten

Persönliche Schutzmaßnahmen

Sicherheitsmaßnahmen	Laser-Einrichtung Klasse 1M	2	2M	3A	3R	1*/3B	4/1C
Laser-Schutzbrillen					In der Regel erforderlich! Raumhelligkeit anpassen!		
Laser-Justierbrillen				Einschränkungen beachten, Raumhelligkeit anpassen			
Schutzkleidung					bei entsp. Gefährdung		

* Klasse 1 nach DIN EN 60825-1:2015 kann die EGW überschreiten

Bau und Ausrüstung



Emissions-
warnanzeige



Bau und Ausrüstung



Emissionsanzeige

Schlüsselschalter

Bau und Ausrüstung

- Emissionsanzeige / Warnleuchte
- Schlüsselschalter
- Not-Aus-/Not-Halt-Taster
- Kennzeichnung / Warnschilder
- Verriegelte Einhausung des Laserbereichs

Prüfung der Absauganlage



Nach Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) mindestens jährliche Prüfung

- Hinweise zu Prüfung und Dokumentation in der Arbeitshilfe S019

Instandhaltung der Absauganlage



Zu beachten:

- staubarm arbeiten (z.B. beim Entleeren des Staubsammelbehälters oder Filterwechsel)
- Schutzmaßnahmen festlegen (z.B. bei krebserzeugenden Stäuben FFP2-Atemschutzmaske)

- Reinigungstätigkeiten bei abgelagerten Stäuben: keine Druckluft! Mit Industriestaubsauger oder Nassverfahren

Kennzeichnung der Laser-Einrichtung



Warnzeichen



Zusatzschild mit Angaben von Leistungskenngrößen

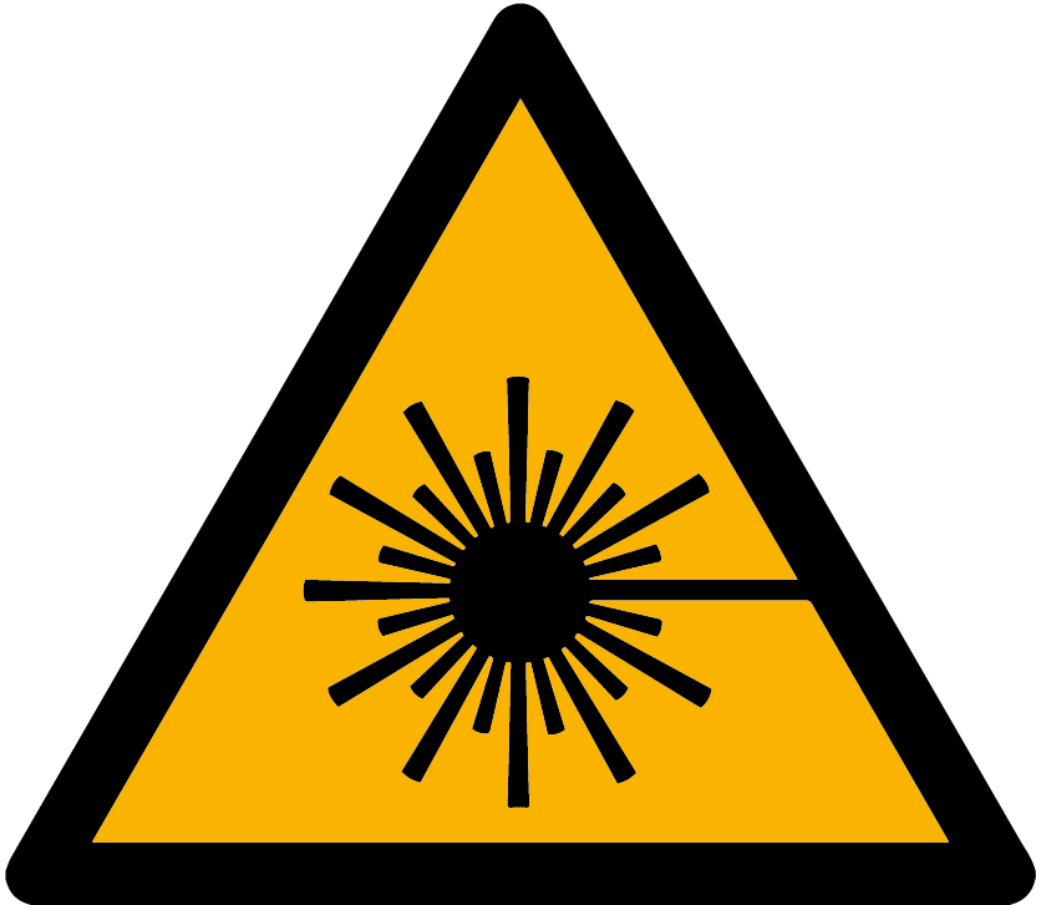
Laser der Klasse 1 und 1M:
Anstelle der obigen Hinweisschilder dürfen dieselben Aussagen auch, nach Wahl des Herstellers, in die Bedienungsanleitung aufgenommen werden.

Kennzeichnung: Laserbereich

Klasse 1M, 2, 2M oder 3A	Laserbereiche sind deutlich und dauerhaft zu kennzeichnen, wenn der Laserstrahl im Arbeits- und Verkehrsbereich verläuft.
Klasse 1C, 3R, 3B oder 4	Laserbereich muss während des Betriebes abgegrenzt und gekennzeichnet sein. Je nach Gefährdung an den Zugängen Kennzeichnung zusätzlich mit Warnleuchten.

8. Thema

Persönliche Schutzausrüstung



Auswahl und Benutzung von Laser-Schutzbrillen, Laser-Justierbrillen und Laser-Schutzabschirmungen DGUV Information 203-042



Auswahl und Benutzung von Laser-Schutzbrillen, Laser-Justierbrillen und Laser-Schutzabschirmungen DGUV Information 203-042

- **Laser-Schutzbrillen**

Laser-Schutzbrillen dienen dem Schutz der Augen gegen Laserstrahlung für die jeweils betreffende(n) Wellenlänge(n) im ultravioletten, sichtbaren und/oder infraroten Spektralbereich. Für die Vergleichbarkeit der Schutzwirkung unterschiedlicher Laser-Schutzbrillen dienen die sogenannten LB-Schutzstufen [DIN EN 207]. Diese zeigen an, bis zu welcher Bestrahlung oder Bestrahlungsstärke sie für mindestens 5 s und mindestens 50 Impulse in einem genormten Test standgehalten haben.

Auswahl und Benutzung von Laser-Schutzbrillen, Laser-Justierbrillen und Laser-Schutzabschirmungen DGUV Information 203-042

- **Laser-Justierbrillen**

Laser-Justierbrillen sind auf den Wellenlängenbereich der sichtbaren Strahlung zwischen 400 nm und 700 nm beschränkt. Sie schwächen die Laserstrahlung auf den Wert der Klasse 2-Laser ab. Für Dauerstrichlaser reduziert sich die Laserstrahlung auf maximal 1 mW (mit C6 = 1) entsprechend einer Zeitbasis von 0,25 s bzw. 60 % der Klasse 2, d. h. 0,6 mW entsprechend einer Reaktionszeit von 2 s (Zeit zur Abwendung der Gefahr; siehe Empfehlung Tabelle 5 unter 6.1). Für die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Laser-Justierbrillen dienen sogenannte RB-Schutzstufen [DIN EN 208].

Laser-Justierbrillen dienen dazu, diffuse Reflexionen der Laserstrahlung sicher beobachten zu können.

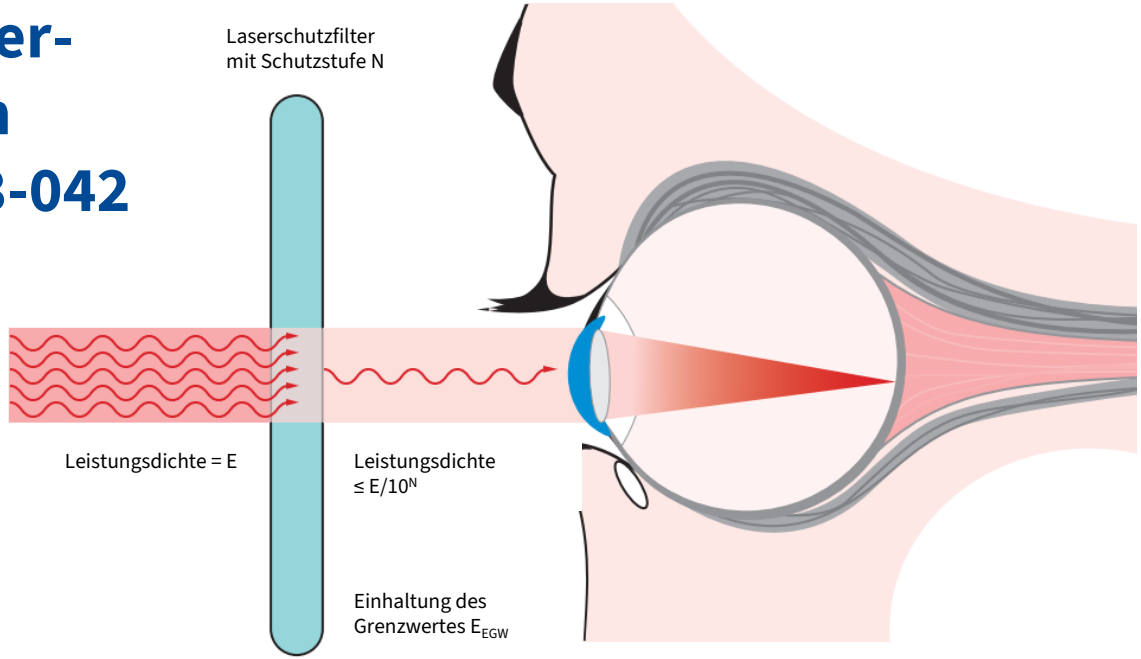
Auswahl und Benutzung von Laser-Schutzbrillen, Laser-Justierbrillen und Laser-Schutzabschirmungen DGUV Information 203-042

- **Hinweis zu Laser-Schutzbrillen und Laser-Justierbrillen**

Die Schutzwirkung der Brillen bei einer Laserbelastung unter Normbedingungen, d. h. bei einem Strahldurchmesser d63 (siehe Glossar) von 1 mm, bleibt mindestens 5 s bzw. 50 Impulse lang erhalten, sofern die Laser-Schutzbrille oder Laser-Justierbrille die Anforderungen der DIN EN 207 bzw. DIN EN 208 erfüllen. Die in der Realität auftretenden Strahldurchmesser und Strahlprofile, gegen die eine Laser-Schutzbrille beim Unfall schützen muss, lassen keine exakte Aussage über die Standzeit zu. Deshalb gilt:

Die Laser-Schutzbrillen und Laser-Justierbrillen sind nicht für den dauernden Blick in einen Laserstrahl geeignet. Niemals direkt in den Laserstrahl blicken.

Auswahl und Benutzung von Laser-Schutzbrillen, Laser-Justierbrillen und Laser-Schutzabschirmungen DGUV Information 203-042



Quelle: DGUV Information 203-042

Funktionsprinzip eines Laser-Schutzfilters

Transmissionsgrad

Die wesentlichen Kenngrößen für Laser-Schutzfilter ist der spektrale Transmissionsgrad (τ):

Er gibt an, wie stark der Laser-Schutzfilter die Laserstrahlung abschwächt.

Dabei muss τ (λ) folgende Bedingung erfüllen:

$$\tau(\lambda) \leq \frac{E_{EGW}}{E} \quad \text{bzw.} \quad \tau(\lambda) \leq \frac{H_{EGW}}{H}$$

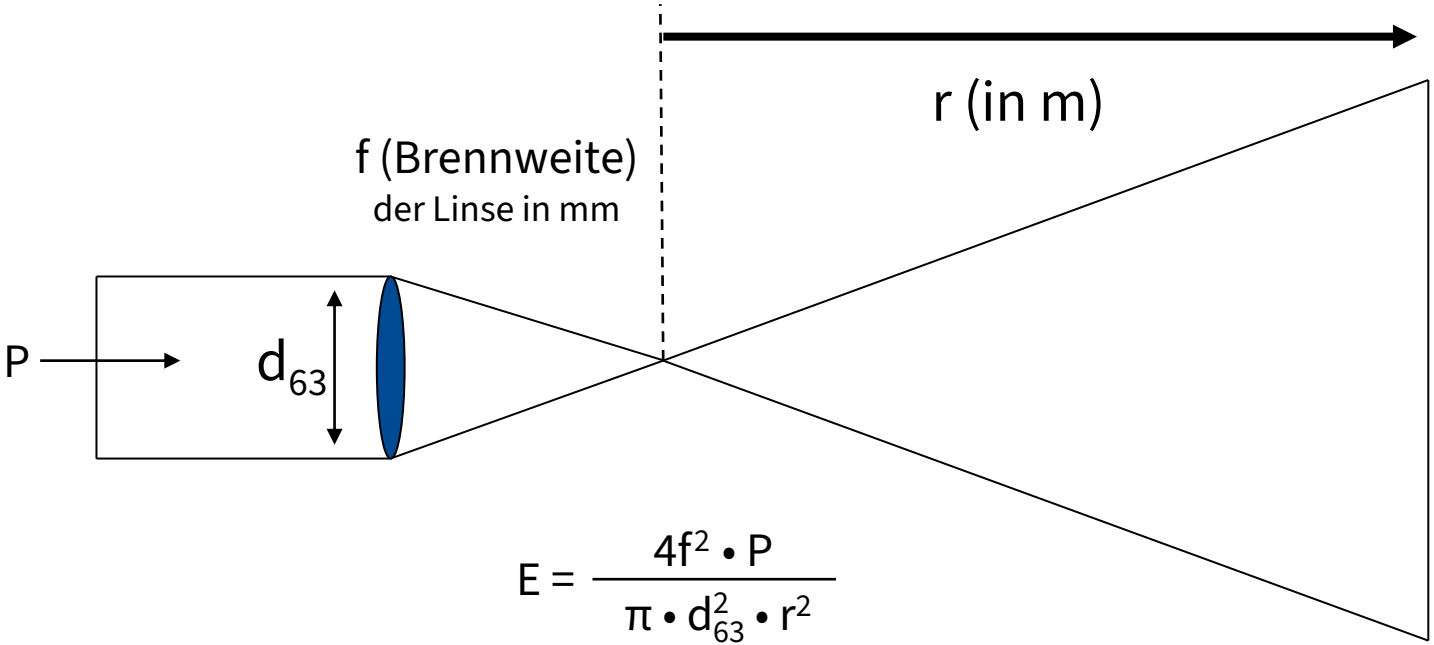
Schutzstufe

Um die Auswahl von Laserschutzfiltern zu vereinfachen, wurden Schutzstufen eingeführt.

Die Stufung erfolgt über den dekadischen Logarithmus, d. h. in Zehner-Stufen. Die Stufung wird auf ganze Zahlen abgerundet. Die Schutzstufennummer entspricht damit der auf ganze Zahlen abgerundeten optischen Dichte (OD) des Laser-Schutzfilters bei der entsprechenden Wellenlänge.

$$OD = int\,[-\log(\tau(\lambda))]$$

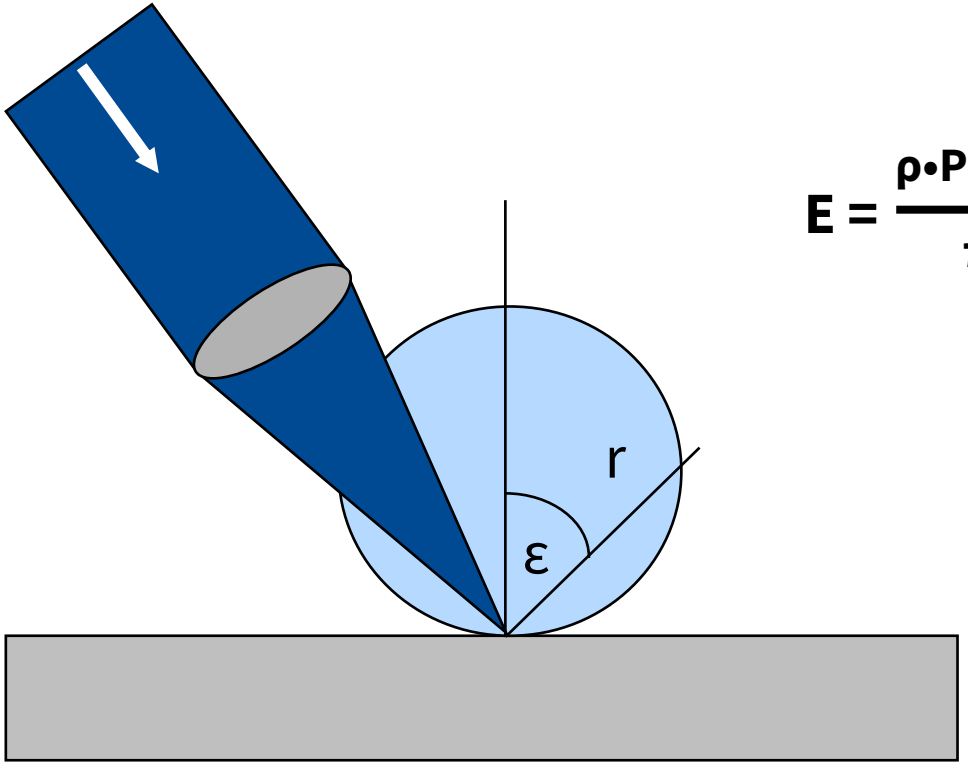
Änderung der Leistungsdichte in Abstand r



$$E = \frac{4f^2 \cdot P}{\pi \cdot d_{63}^2 \cdot r^2}$$

P: Leistung des Lasers
r: Abstand zum Fokus

Diffuse Reflexion



$$E = \frac{\rho \cdot P \cdot \cos \varepsilon}{\pi r^2}$$

Behandlungs- und Gebrauchshinweise

Eine Laser-Schutzbrille ist ein hochwertiges Produkt. Sie bedarf der Pflege und Reinigung. Deshalb ist es unbedingt notwendig, folgende Hinweise zu beachten, damit die Laser-Schutzbrillen und die Laser-Justierbrillen den erforderlichen Schutz leisten.

Die Schutzbrillen sollen:

- so kurz wie möglich dem Tageslicht oder UV-Lampen-Strahlung ausgesetzt werden
- von mechanischer Beanspruchung oder Kratzern geschützt werden

Laserschutzbrillen – Schutzstufen

Tabelle 3 nach DGUV I 203-042/ Spektraler Transmissionsgrad der Laser-Schutzbrillen sowie zugeordnete Energie- bzw. Leistungsdichte

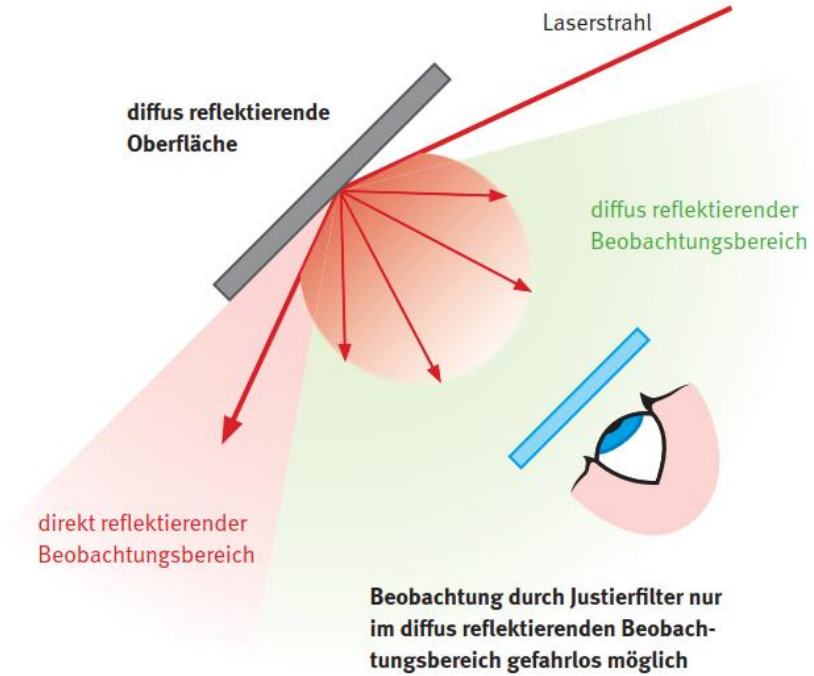
Schutz-stufe	Maximaler spektraler Transmissionsgrad bei der Laserwellenlänge τ (λ)	Maximale Leistungs- (E) und/oder Energiedichte (H) im Wellenlängenbereich								
		180 nm bis 315 nm			> 315 nm bis 1400 nm			> 1400 nm bis 1000 µm		
		Für die Laserbetriebsart								
		D	I, R	M	D	I, R	M	D	I, R	M
		E_D W/m²	$H_{I,R}$ J/m²	E_M W/m²	E_D W/m²	$H_{I,R}$ J/m²	H_M J/m²	E_D W/m²	$H_{I,R}$ J/m²	E_M W/m²
LB 1	10^{-1}	0,01	3×10^{2}	3×10^{11}	10^{2}	0,05	$1,5 \times 10^{-3}$	10^{4}	10^{3}	10^{12}
LB 2	10^{-2}	0,1	3×10^{3}	3×10^{12}	10^{3}	0,5	$1,5 \times 10^{-2}$	10^{5}	10^{4}	10^{13}
LB 3	10^{-3}	1	3×10^{4}	3×10^{13}	10^{4}	5	0,15	10^{6}	10^{5}	10^{14}
LB 4	10^{-4}	10	3×10^{5}	3×10^{14}	10^{5}	50	1,5	10^{7}	10^{6}	10^{15}
LB 5	10^{-5}	10^{2}	3×10^{6}	3×10^{15}	10^{6}	5×10^{2}	15	10^{8}	10^{7}	10^{16}
LB 6	10^{-6}	10^{3}	3×10^{7}	3×10^{16}	10^{7}	5×10^{3}	$1,5 \times 10^{2}$	10^{9}	10^{8}	10^{17}
LB 7	10^{-7}	10^{4}	3×10^{8}	3×10^{17}	10^{8}	5×10^{4}	$1,5 \times 10^{3}$	10^{10}	10^{9}	10^{18}
LB 8	10^{-8}	10^{5}	3×10^{9}	3×10^{18}	10^{9}	5×10^{5}	$1,5 \times 10^{4}$	10^{11}	10^{10}	10^{19}
LB 9	10^{-9}	10^{6}	3×10^{10}	3×10^{19}	10^{10}	5×10^{6}	$1,5 \times 10^{5}$	10^{12}	10^{11}	10^{20}
LB 10	10^{-10}	10^{7}	3×10^{11}	3×10^{20}	10^{11}	5×10^{7}	$1,5 \times 10^{6}$	10^{13}	10^{12}	10^{21}

Laserschutzbrillen – Schutzstufen

Tabelle 5 nach DGUV I 203-042/ Anwendungsbereich und spektraler Transmissionsgrad der Laser- Justierbrillen

Schutzstufe	Maximale Laserleistung für Dauerstrichlaser Zeitbasis 0,25 s	Maximale Laserleistung für Dauerstrichlaser Reaktionszeit bis 2 s	Maximale Energie für Impulslaser- Zeitbasis 0,25 s	Maximale Energie für Impulslaser Reaktionszeit bis 2 s	Bereich des spektralen Transmissions- grades
RB 1	10 mW	6 mW	$2 \cdot 10^{-6}$ J	$1{,}2 \cdot 10^{-6}$ J	10^{-1} bis 10^{-2}
RB 2	100 mW	60 mW	$2 \cdot 10^{-5}$ J	$1{,}2 \cdot 10^{-5}$ J	10^{-2} bis 10^{-3}
RB 3	1 W	600 mW	$2 \cdot 10^{-4}$ J	$1{,}2 \cdot 10^{-4}$ J	10^{-3} bis 10^{-4}
RB 4	10 W	6 W	$2 \cdot 10^{-3}$ J	$1{,}2 \cdot 10^{-3}$ J	10^{-4} bis 10^{-5}
RB 5	100 W	60 W	$2 \cdot 10^{-2}$ J	$1{,}2 \cdot 10^{-2}$ J	10^{-5} bis 10^{-6}

Definition gemäß DGUV I 203-042



Prinzipielle Verwendungsweisen von Laser-Justierbrillen

Illustration aus DGUV Information 203-042

Flussdiagramm zur Berechnung der Schutzstufe von Laser-Schutzbrillen

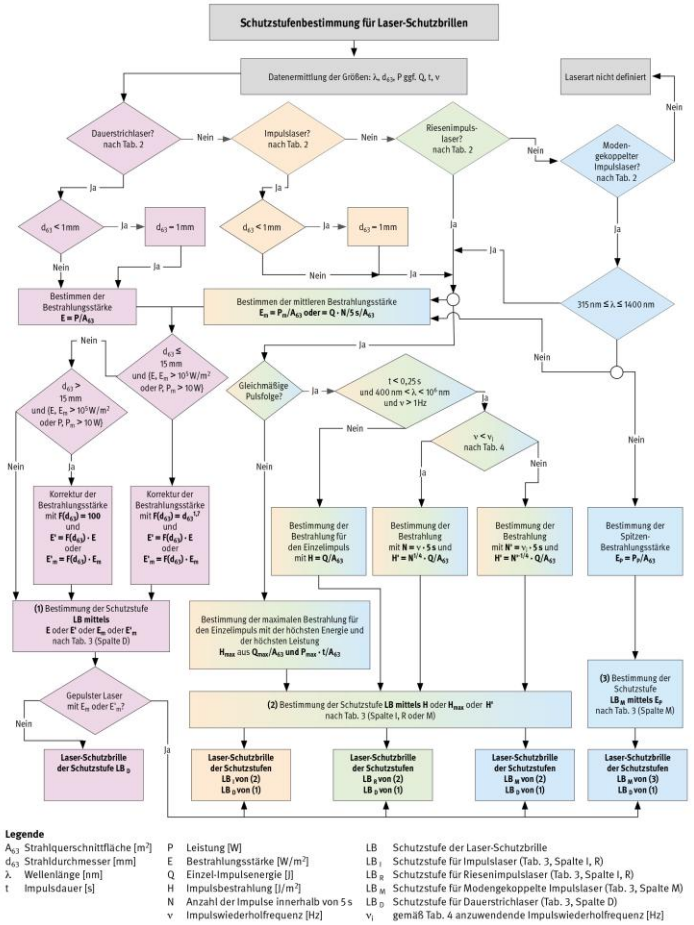


Illustration aus DGUV Information 203-042

Schutzstufenbestimmung für Laser-Justierbrillen

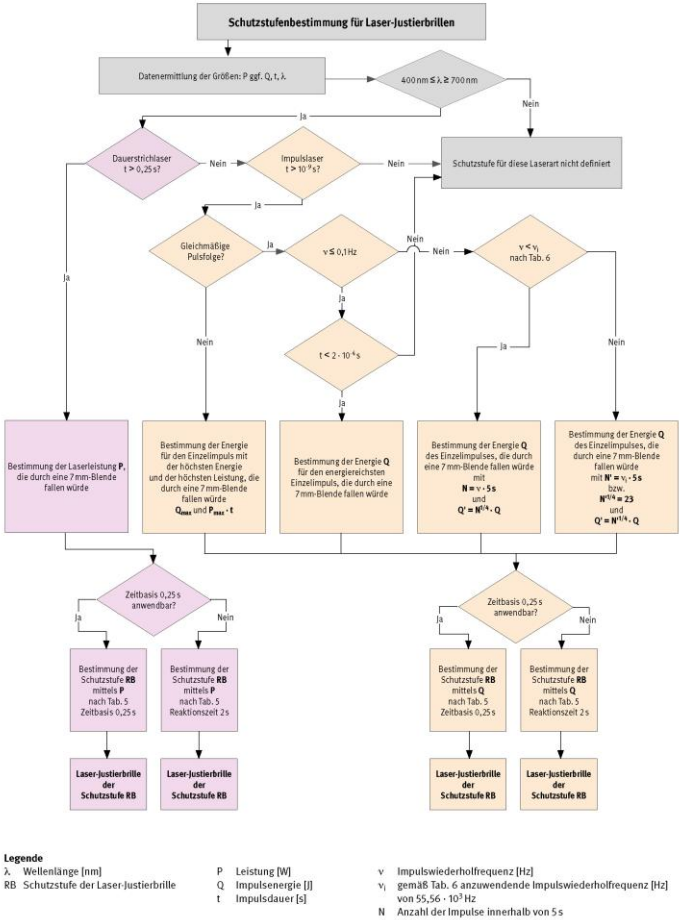


Illustration aus DGUV Information 203-042

Behandlungs- und Gebrauchshinweise

- vor Substanzen wie z. B. Säuren, Laugen oder giftigen bzw. reaktiven Gasen und Dämpfen geschützt werden
- nicht mit dem Filter nach unten abgelegt werden
- nicht auf Heizungskörpern oder sich erwärmenden Geräten gelagert werden
- trocken und im stabilen Behälter aufbewahrt werden

Reinigung und Pflege

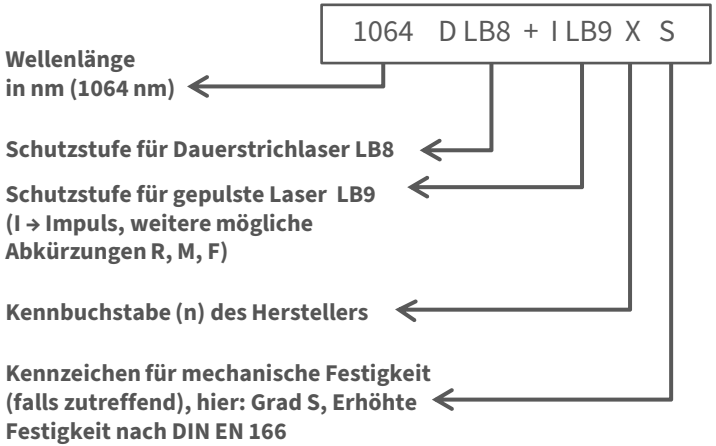
In der Regel dürfen die Laser-Schutzbrillen und Laser-Justierbrillen nur mit klarem Wasser und neutralem Reinigungsmittel (z. B. einem milden, haushaltsüblichen Glasreiniger) gesäubert und mit weichem Tuch sanft abgetrocknet werden.

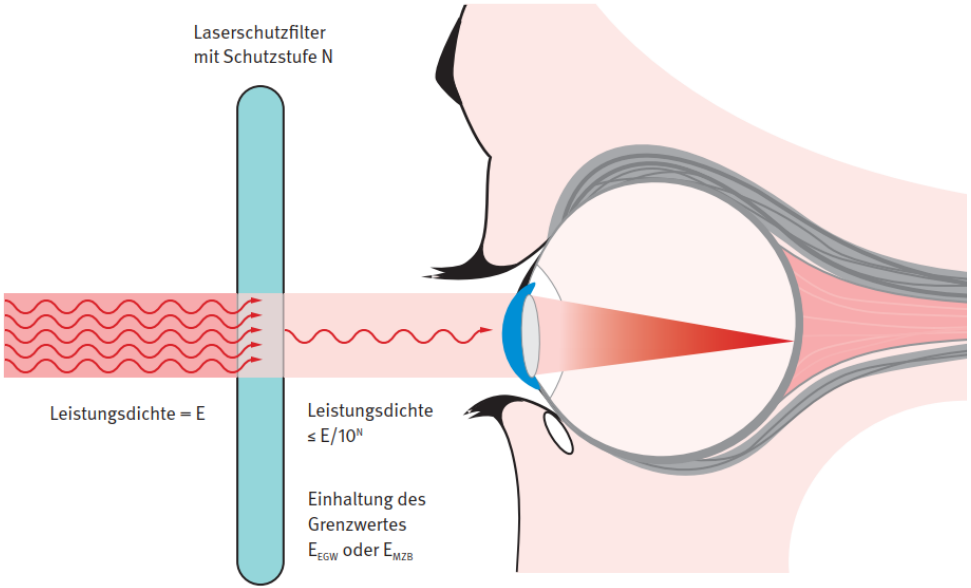
Folgende Punkte sollten beachtet werden:

- Filter nicht trocken reinigen (Trockenschleifeffekt)
- Nicht in Wasser legen
- Nicht mit Chemikalien oder scharfen Flüssigkeiten reinigen

Beispiele für die Notwendigkeit der Fachkunde bei der Auswahl von Laser-Schutzbrillen

- Die Bestimmung von Laserschutzbrillen erfolgt gemäß der Norm **DIN EN 207 (04/2012)** oder DGUV I 203-042. Hierbei werden mit komplexen Auswahl- und Berechnungsverfahren Schutzstufen für Einwirkungen von Dauerstrich-lasern und gepulsten Lasern ermittelt.
- Beispiel Kennzeichnung von Laserschutzbrillen:

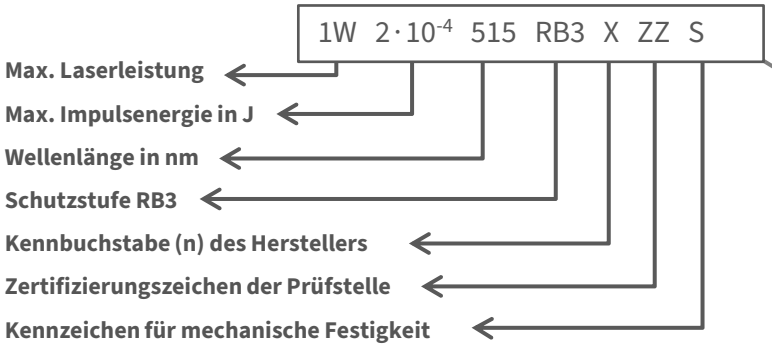




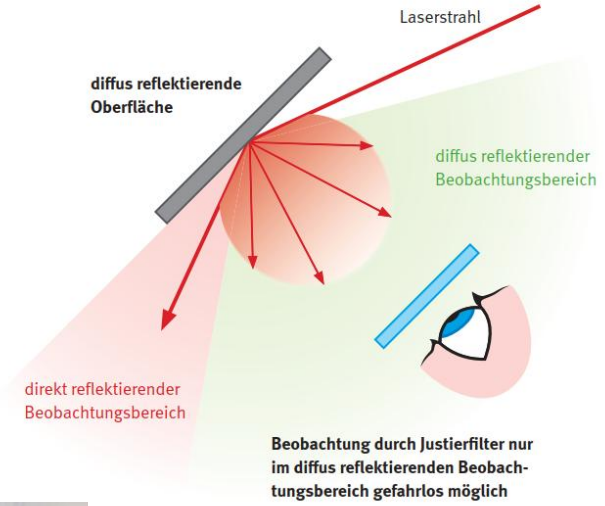
Quelle: DGUV Information 203-042

Beispiele für die Notwendigkeit der Fachkunde bei der Auswahl von Laser-Justierbrillen

- Die Bestimmung von Laser-Justierbrillen erfolgt gemäß der Norm **DIN EN 208 (04/2010)** oder DGUV I 203-42
- Hierbei werden mit komplexen Auswahl- und Berechnungsverfahren Schutzstufen für Ein-wirkungen von Dauerstrichlasern und gepulsten Lasern ermittelt.
- Beispiel der Kennzeichnung von Laser-Justierbrillen:







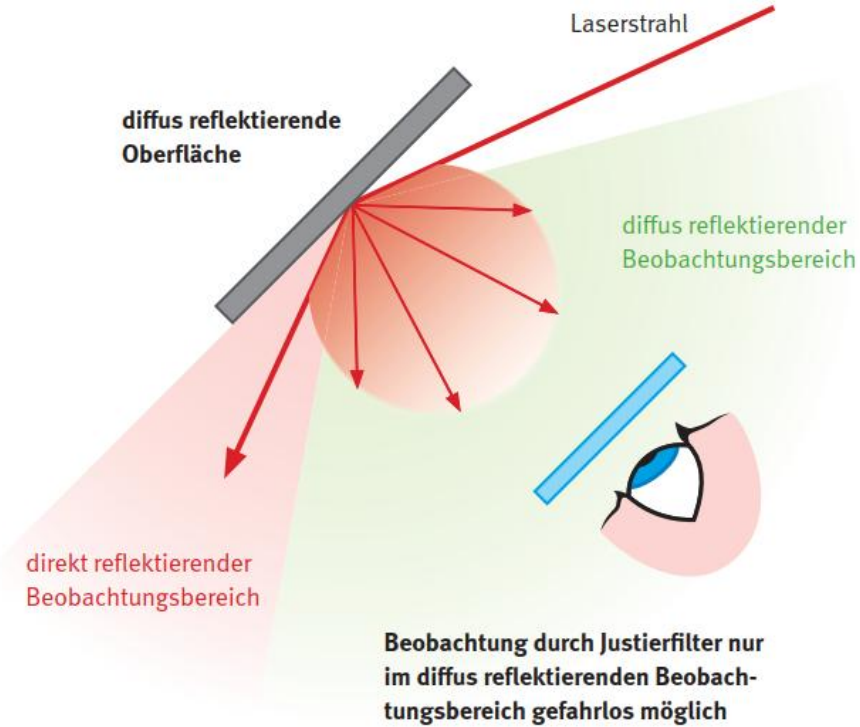
Quelle: DGUV Information 203-042

Hinweis für die Benutzung von Laser-Justierbrillen

Laser-Justierbrillen sind so ausgelegt, dass die Strahlungsleistung auf Werte unter 1 mW reduzieren (Grenzwert der Laser Klasse 2).

Deshalb ist ein Blick in den direkten Strahl bzw. in den direkt reflektierten Strahl zu vermeiden.

Beim versehentlichen Hineinsehen ist eine Abwendung vom Laserstrahl notwendig.



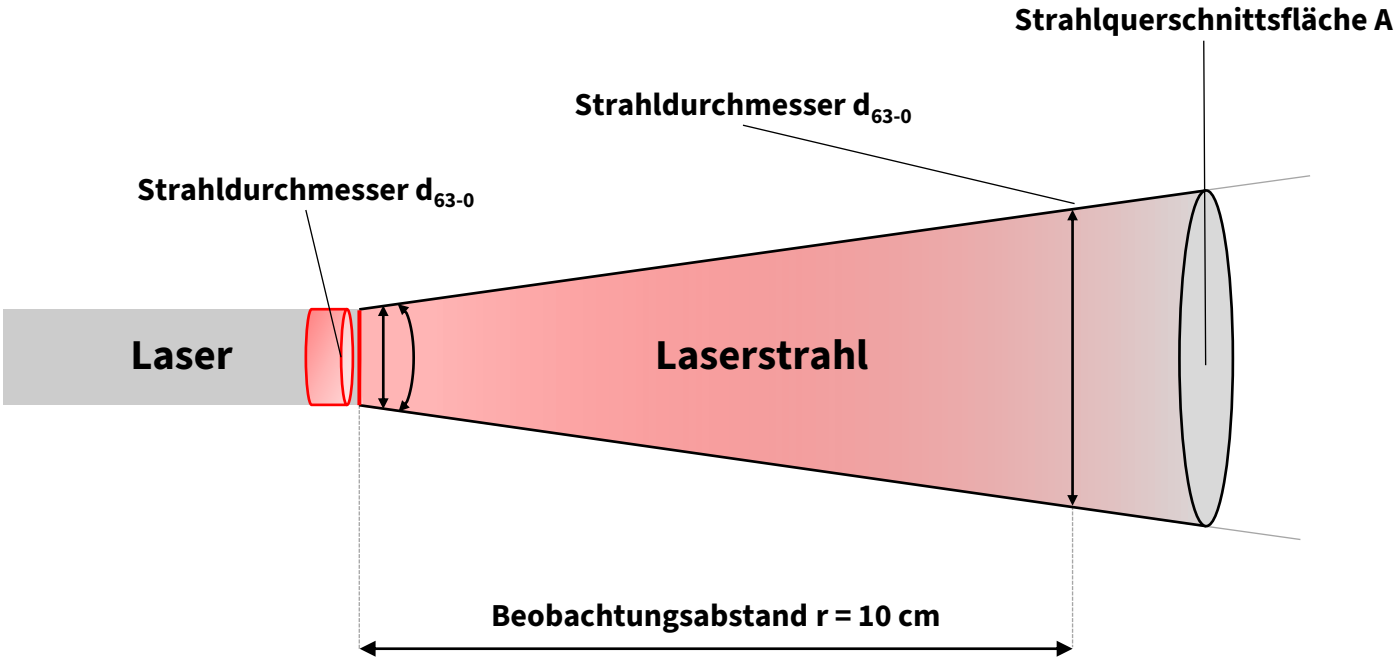
Quelle: DGUV Information 203-042

Reinigung und Pflege

- Nicht in Sterilisations- oder Desinfektionslösung legen, die nicht vom Hersteller vorgesehen ist.
- Nicht im Ultraschallbad reinigen.

Instandsetzungen dürfen in der Regel nur vom Hersteller durchgeführt werden.

Übersicht Strahlausbreitung



Bestimmung des Strahldurchmessers in einem Abstand von 10 cm (üblicher Beobachtungsabstand vom Auge zum Beachtungsobjekt)

Quelle: DGUV Information 203-042

Kennzeichnung von Laser-Justierbrillen

Die nächste Folie zeigt ein Beispiel für die Kennzeichnung von Laser-Justierbrillen nach DIN EN 208. Erfüllt der Augenschutz eine erhöhte Anforderung bezüglich mechanischer Festigkeit, so kann dies ebenfalls gekennzeichnet werden.

Der Tragkörper muss das Wort (Justierbrille) tragen, die Kennzeichnung der Laser-Justierbrille selbst kann auf den Sichtscheiben oder dem Tragkörper angebracht sein.

Beispiel für die Kennzeichnung einer Laser-Justierbrille

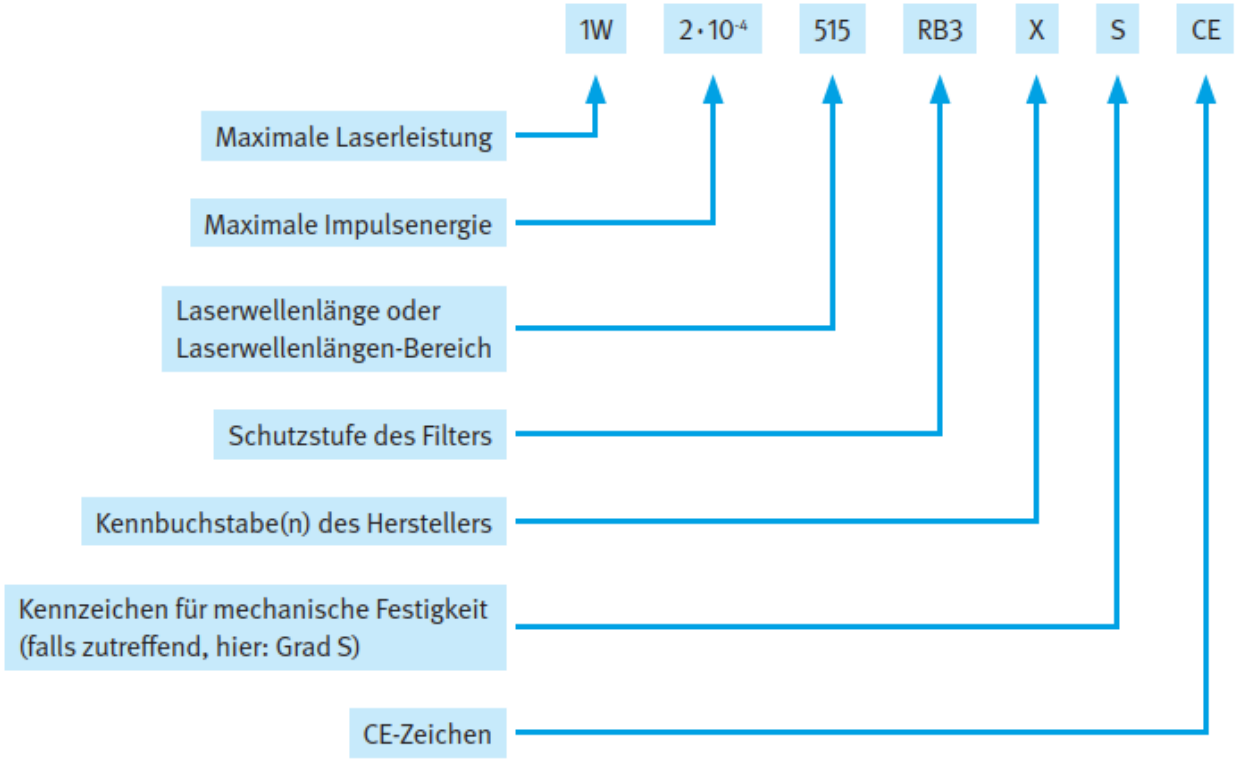


Illustration aus DGUV Information 203-042

Kennzeichnung von Laser-Schutzbrillen

Die nächste Folie zeigt ein Beispiel für die Kennzeichnung von Laser-Schutzbrillen gemäß DIN EN 208. Laser-Schutzfilter zum Einbau in Anlagen werden ebenso gekennzeichnet.

Beispiel für die Kennzeichnung einer Laser-Schutzbrille

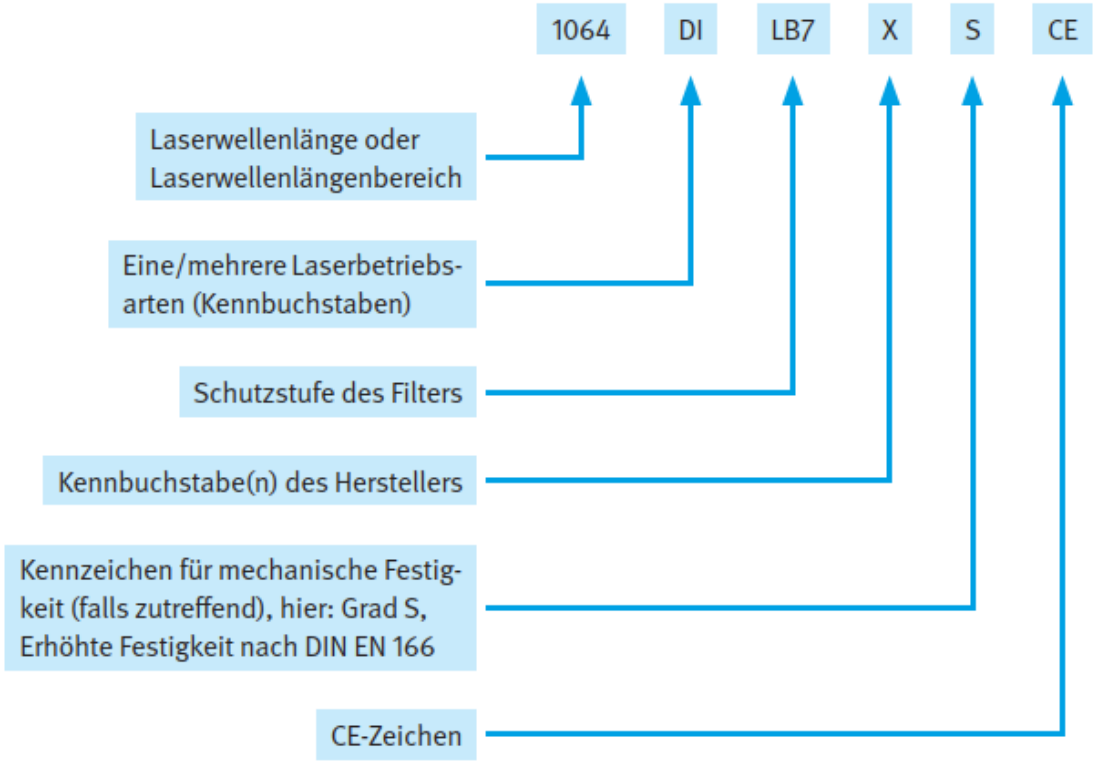


Illustration aus DGUV Information 203-042

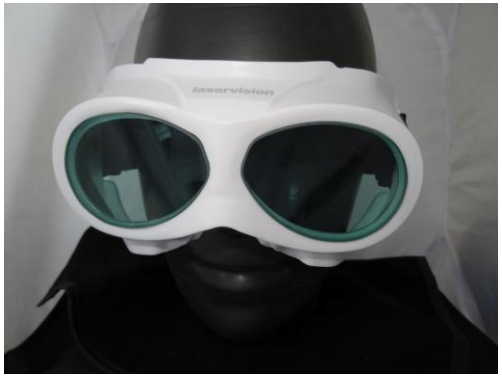
Kennzeichnung von Laser-Schutzbrillen

Die Kennzeichnung kann sehr ausgedehnt sein, wenn ein Filter oder ein Tragkörper gegen mehrere Wellenlängen schützt. In diesen Fällen kann die Kennzeichnung wie im folgenden Beispiel zusammengefasst werden:

10600 D LB3 + IR LB4
1064 DI LB8 + R LB9
633 D LB4 + IR LB5
X S

Dabei haben die Symbole die gleiche Bedeutung wie im vorhergehenden Beispiel.

Laser-Schutzbrillen und Laser-Justierbrillen









Laser-Schutzbrillen und Laser-Justierbrillen



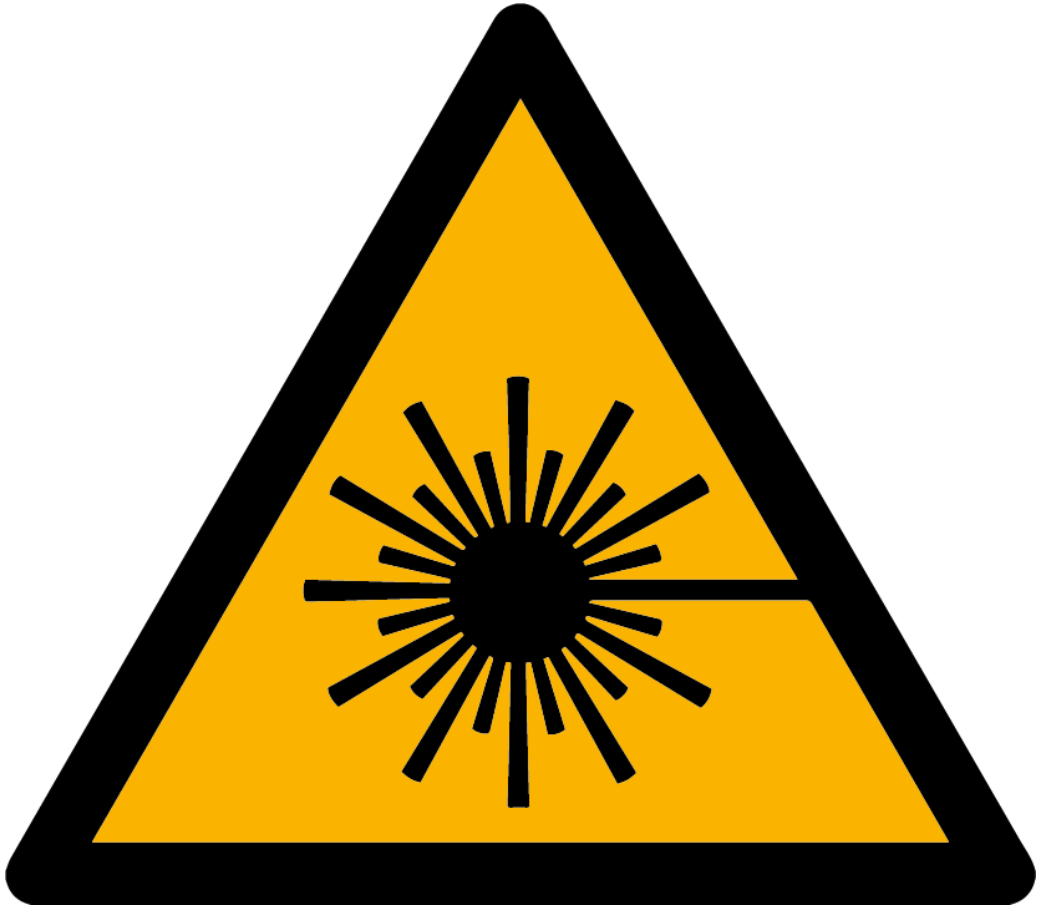






9. Thema

Laserschutz-
beauftragter (LSB)



OStrV

LSB erforderlich:

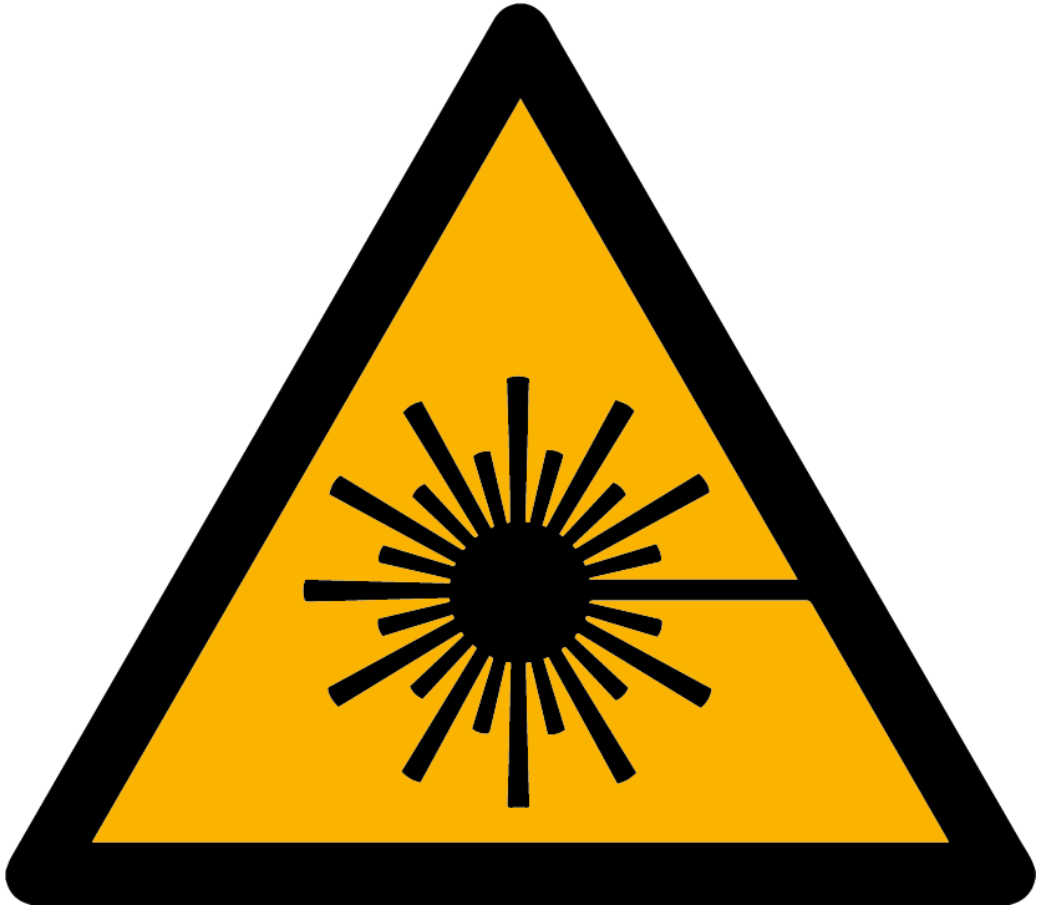
- Erforderlich für Klassen 1C, 3R, 3B oder 4, ggf. auch bei Klasse 1, 1M, 2M
  Änderung der Gefährdung bei besonderen Arbeiten,
  wie z. B. Instandhaltung, Justieren, Einrichten beachten!
- Schriftliche Bestellung mit genauer Festlegung der Aufgaben und Verantwortlichkeiten
- Erforderliche Fachkenntnisse (früher Sachkunde gemäß Unfallverhütungsvorschrift Laserstrahlung)
- Übertragung folgender Aufgaben z. B. :
  - Überwachung oder Unterstützung des sicheren Betriebs
  - Beratung hinsichtlich Sicherheit und notwendiger Schutzmaßnahmen
  - Zusammenarbeit mit Sicherheitsfachkraft

Gefährdungsbeurteilung

Betriebsanweisung

10. Thema

Unterweisung



Unterweisen

Vor Beginn der Tätigkeit im Laserbereich und jährliche Wiederholung, Aufzeichnung

Ziel: Vertrautheit mit den Gefahren der Laserstrahlung, mit den vorhandenen Sicherheitseinrichtungen und den erforderlichen Schutzmaßnahmen, damit Schädigungen durch Laserstrahlung verhindert werden.

Inhalt:

- Laserstrahlung, Eigenschaften und Gefahren
- Wirkung auf Auge und Haut (Expositionsgrenzwerte)
- Alle (Direkte und Indirekte) Gefährdungen beim Laserbetrieb
- Schutzmaßnahmen am Arbeitsplatz
- Bauliche und apparative Schutzvorrichtungen
- Benutzen von Laserschutzbrillen/ Laser-Justierbrillen
- Verhalten im Schadensfall
- u. a.

OStrV

Unterweisung der Beschäftigten

(1) Die Unterweisung der Beschäftigten nach § 8 OStrV ist auf Basis der Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Sie ist erforderlich, wenn Gefährdungen für Sicherheit und Gesundheit, auch solche durch indirekte Auswirkungen, möglich sind. Hierbei ist auch das mögliche Fehlverhalten des Bedieners zu berücksichtigen, z. B. Abschrauben der Einhausung oder Abdeckung an einer Maschine oder an einem Laser.

Die Unterweisung hat das Ziel, die Beschäftigten über die Gefährdungen durch direkte und indirekte Auswirkungen der Laserstrahlung zu informieren und sie mit den vorhandenen Sicherheitseinrichtungen und mit den erforderlichen Schutzmaßnahmen im Ergebnis der Gefährdungs-beurteilung vertraut zu machen, damit Gesundheitsschäden durch Laserstrahlung verhindert werden. Den Beschäftigten wird aufgezeigt, worin die Gefährdungen bestehen, wie die Laserstrahlung in Bezug auf die Expositionsgrenzwerte einzuschätzen ist, welche Maßnahmen ergriffen wurden und wie sie an deren Umsetzung mitwirken können. Die ordnungsgemäße Handhabung der Laser-Einrichtung kann zur Verringerung der Exposition beitragen. In diesem Zusammenhang sind z. B. erforderliche Verhaltens- und Handlungsweisen zu erklären.

OStrV

(2) Im Hinblick auf die Gefährdungen durch Laserstrahlung bei Lasern der Klasse 3R, 3B oder 4 unterstützt der LSB den Arbeitgeber bei der Unterweisung. Er kooperiert mit der Fachkraft für Arbeitssicherheit, dem Betriebsarzt und ggf. weiteren Beauftragten.

(3) Die Unterweisung ist vor Aufnahme der gefährdenden Tätigkeit, z. B. nach der Einstellung oder Versetzung bzw. vor der ersten Inbetriebnahme der Laseranlage sowie mindestens einmal jährlich durchzuführen. Sie ist in einer für die Beschäftigten verständlichen Form und Sprache durchzuführen. Vor wesentlichen Änderungen der Arbeitsbedingungen und Expositionssituationen hat der Arbeitgeber über die neue Gefährdungssituation zu unterweisen. An Laserarbeitsplätzen können solche Anlässe sein:

– Änderung der Laserklasse z. B. Änderung der Laserleistung

BG ETEM
Energie Textil Elektro
Medienerzeugnisse

**Die BG ETEM –
aktiv für Sicherheit
und Gesundheit
am Arbeitsplatz.**

Berufsgenossenschaft Energie Textil
Elektro Medienerzeugnisse
Gustav-Heinemann-Ufer 130
50968 Köln
Telefon: 0221 3778-0
Internet: www.bgetem.de

Vielen Dank für

Ihre Aufmerksamkeit.