

# Vorwort

**DGUV Informationen** enthalten Hinweise und Empfehlungen, die die praktische Anwendung von Regelungen zu einem bestimmten Sachgebiet oder Sachverhalt erleichtern sollen.

Diese DGUV Information wurde erarbeitet vom Sachgebiet „Nichtionisierende Strahlung“ im Fachbereich „Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (FB ETEM)“ der DGUV in Zusammenarbeit mit dem Fachbereich „Persönliche Schutzausrüstungen (PSA)“ - Sachgebiet „Augenschutz“ und dem DIN-Arbeitskreis NA 027-01-01-01 AK „Laserschutz“.

## Vorbemerkung

Die vorliegende DGUV Information beschreibt Aspekte der Auswahl von Laser-Schutzbrillen und Laser-Justierbrillen, welche zum Schutz des menschlichen Auges vor Verletzungen und Beeinträchtigungen durch Laserstrahlung eingesetzt werden. Ferner hat der Unternehmer dafür zu sorgen, dass in den Bereichen, in denen eine Gefährdung vorliegt, die geeignete persönliche Schutzausrüstung getragen wird.

Kann durch einfache Überlegung oder Wissen die richtige Schutzstufe ermittelt werden, oder hat der Hersteller der Laseranlage bereits eine Gefährdungsbeurteilung mit einer Schutzstufenempfehlung durchgeführt, so soll diese verwendet werden.

Die Auswahl von Laser-Schutzbrillen und -Justierbrillen basiert auf den allgemeinen Regeln zum Schutz vor optischer Strahlung am Arbeitsplatz, sowie sie in der Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (OStrV) und in den Technischen Regeln Laserstrahlung (TROS) hierfür festgelegt sind.

Darüber hinaus werden in dieser DGUV Information Hilfestellungen zur Auswahl geeigneter Laserschutzabschirmungen gegeben. Es werden hier insbesondere die Anwendung und Auswahl der Schutzstufe nach DIN EN 12254 erläutert.

Diese DGUV Information beinhaltet schon viele Punkte der neuen PSA-Verordnung (EU) 2016/425. Produkte können noch bis 21.04.2018 nach der „alten“ PSA RL 89/686/EWG zertifiziert werden. Diese Zertifikate gelten dann noch bis zum 21.04.2023. Erst ab 22.04.2018 werden neue Zertifikate zu Laserschutz- und Laser-Justierbrillen nach der neuen PSA-Verordnung erstellt. Zur Benutzung von „alten“ Schutzbrillen werden keine Aussagen von der PSA-Verordnung gemacht. Laser-Schutz- und -Justierbrillen gehören nach der PSA-Verordnung entsprechend der Risiken, vor denen die Nutzer geschützt werden sollen, zur Kategorie II. Damit werden Risiken beschrieben, die weder geringfügig sind noch mit schwerwiegenden Folgen verbunden sein können.

# 1 Anwendungsbereich

Diese DGUV Information hilft den Laserschutzbeauftragten, den Fachkundigen und den Unternehmern/Arbeitgebern, eine geeignete Laser-Schutzbrille, eine Laser-Justierbrille, eine Kombination oder eine Laser-Schutzabschirmung auszuwählen. Grundlage ist die Gefährdungsbeurteilung gemäß OStrV bzw. TROS Laserstrahlung beim Umgang mit Laserstrahlung.

## **Grundsätzlich gilt:**

Zunächst ist die Umsetzung technischer und organisatorischer Schutzmaßnahmen gefordert, wie sie in der TROS Laserstrahlung genannt sind. Beispiele für technische und organisatorische Schutzmaßnahmen sind die Umhausung einer Lasereinrichtung (Schutzgehäuse), Verriegelung und Sicherung der Zugangsöffnungen (Interlock) und Beschilderung, Kennzeichnung und Unterweisung.

### *Anmerkung 1:*

#### ***Maßnahmen zur Verhütung von Gefahren für Leben und Gesundheit bei der Arbeit***

*Vor dem Einsatz von Augen- und Gesichtsschutz hat der Unternehmer gemäß § 3 OStrV bzw. TROS Laserstrahlung, Teil 1 „Beurteilung der Gefährdung durch Laserstrahlung“ eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Dabei sind die Arbeitsbedingungen und die persönliche Konstitution der Versicherten zu berücksichtigen.*

### **Anmerkung 2:**

*Diese DGUV Information dient auch der Umsetzung der Anforderungen der DGUV Regel 112-192 und DGUV Regel 112-992 (bisher: BGR 192 und GUV-R 192) „Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz“.*

# 2 Definitionen

## 2.1 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.

## 2.2 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  $C_6=1$ ) 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.

## 2.3 Hinweis zu Laser-Schutzbrillen und Laser-Justierbrillen

Die Schutzwirkung der Brillen bei einer Laserbelastung unter Normbedingungen, d. h. bei einem Strahldurchmesser  $d_{63}$  (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.

## 2.4 Laser-Schutzabschirmungen

Laser-Schutzabschirmungen sind für temporäre Aufbauten, z. B. bei Wartungsarbeiten, Service oder im Labor gedacht. Sie dienen zum Schutz des Benutzers von Lasereinrichtungen gegen unbeabsichtigte, zeitlich begrenzte Laserbestrahlung im Wellenlängenbereich von 180 nm bis 1 mm. Es handelt sich dabei um überwachte Abschirmungen („beobachteter Betrieb“) für den Aufbau an Arbeitsplätzen mit Lasereinrichtungen mit einer maximalen mittleren Leistung von 100 W bzw. einer Einzelpulsenergie von maximal 30 J. Für die Vergleichbarkeit der Schutzwirkung an Laser-Schutzabschirmungen dienen sogenannte AB-Schutzstufen [DIN EN 12254]. Diese Schutzstufen zeigen an, dass die Abschirmungen in einem genormten Test einer Laserbelastung von 100 s bzw. 1000 Impulsen standhalten.

Für stationäre Schutzwände oder Einhausungen, auch für Laser höherer Leistung oder Pulsenergie, sind die Auslegungen der DIN EN 60825-4 zu verwenden (siehe TROS Laserstrahlung, Teil 3, Abschnitt 4.4 (Absätze 10 - 12)).

## 2.5 Expositionsgrenzwerte

Die Expositionsgrenzwerte (EGW) nach § 6 Absatz 2 OStrV sind maximal zulässige Werte bei Exposition der Augen oder der Haut gegenüber Laserstrahlung. Diese sind in Anlage 4 des Teils 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber Laserstrahlung“ der TROS Laserstrahlung aufgeführt.

### 3 Vereinfachtes Auswahlverfahren anhand ausgewählter Laseranwendungen

Zur vereinfachten Ermittlung der geeigneten Schutzstufe von Laser-Schutzbrillen kann die folgende Tabelle 1 angewendet werden. Hierin sind typische Beispiele an Laseranwendungen gelistet mit den jeweils einzuhaltenden Mindestschutzstufen (Ausführliche Rechnung siehe Abschnitt 5).

| Anwendung                              | Laserdaten  | Schutzstufe                  |
|--|---|------------------------------|
| Laserchirurgie                         | CO <sub>2</sub> -Laser, < 20 W CW und gepulst, 10600 nm, Fokussierhandstück f ≤ 50 mm; d <sub>63</sub> ≥ 50 mm                        | 10600 DI LB3                 |
|  | CO <sub>2</sub> -Laser, 50 W CW und gepulst, 10600 nm, Kopplung an Operationsmikroskop über Mikromanipulator; d <sub>63</sub> ≥ 26 mm | 10600 DI LB4                 |
| Laserkoagulation in der Augenheilkunde | Argonlaser, 7 W CW und gepulst, 488/514 nm, Kopplung an Spaltlampe; d <sub>63</sub> ≥ 30 mm   | 488/514 DI LB5               |
|  | Frequenzverdoppelter Nd:YAG-Laser, 3 W CW und gepulst, 532 nm, Endosonde bei Netzhautablösung; d <sub>63</sub> ≥ 62 mm                | 532 DI LB4                   |
| Kapsulotomie in der Augenheilkunde     | Nd:YAG-Laser, 40 mJ Q-Switch, Kopplung an Spaltlampe, Pilotlaser 650 nm 5 mW  | 650 nm D LB2 + 1064 nm R LB6 |
| Laserbeschriftung                      | Nd:YAG-Laser, 40 W CW, 1064 nm, Objektiv mit f = 163 mm, Schriftauflösung 50 µm; d <sub>63</sub> ≥ 23 mm                              | 1064 D LB7                   |
|  | Yb-Faserlaser, 500 µJ/10 µs/50 kHz, Objektiv mit f = 240 mm, Schriftauflösung 50 µm   | 1000 – 1070 D LB5 + I LB6    |
| Laserschneiden                         | CO <sub>2</sub> -Laser, 500 W CW und gepulst, Objektiv f = 140 mm, Abstand zum Auge 100 mm; d <sub>63</sub> ≥ 26 mm                   | 10600 DI LB5                 |
|  | CO <sub>2</sub> -Laser, 500 W CW und gepulst, Objektiv f = 140 mm, Abstand zum Auge 2 m; d <sub>63</sub> ≥ 80 mm                      | 10600 DI LB4                 |
| Laserschweißen                         | Nd:YAG-Laser, 600 W mittlere Leistung, gepulst 150 J/20 ms/4 Hz, 1064 nm mit Objektiv f = 240 mm; d <sub>63</sub> ≥ 40 mm             | 1064 D LB7 + I LB8           |
|  | Nd:YAG-Laser, 600 W mittlere Leistung, gepulst 60 mJ/100 µs/1 kHz, 1064 nm mit Objektiv f = 240 mm; d <sub>63</sub> ≥ 4 mm            | 1064 D LB7                   |

Tabelle 1: Typische Laser-Anwendungen und zugehörige Schutzstufen der Laser-Schutzbrillen

*Anmerkung:*

*In diesem Abschnitt sind leistungsstarke Anwendungen nicht berücksichtigt, da hierbei die Verwendung einer Laser-Schutzbrille in der Regel keinen ausreichenden Schutz bietet. Eine spezielle Gefährdungsbeurteilung unter Berücksichtigung der entsprechenden Abschnitte und Anhänge dieser DGUV Information ist dann notwendig.*

# 4 Gefährdungsbeurteilung bei der Auswahl von Laser-Schutzbrillen und -Justierbrillen

## 4.1 Allgemeines

Jeder Betreiber einer Laser-Einrichtung hat vor der ersten Inbetriebnahme eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Neben technischen und organisatorischen Maßnahmen sind, falls erforderlich, geeignete Laser-Schutzbrillen und -Justierbrillen auszuwählen. Zu beachten ist in jedem Fall, dass eine Laser-Schutzbrille nur ein Restrisiko abdecken soll. Zuerst sind daher immer alle anderen Schutzmaßnahmen anzuwenden.

## 4.2 Gefährdungsbeurteilung

Nach OStrV und TROS Laserstrahlung muss eine Gefährdungsbeurteilung für den Betrieb der Lasereinrichtung vorliegen. Es wird davon ausgegangen, dass die Gefährdungsbeurteilung ergeben hat, dass das Tragen einer Laser-Schutzbrille oder -Justierbrille notwendig ist. Im folgenden Abschnitt wird sich auf die Gefahrenquellen beschränkt, welche als mögliche Maßnahme das Tragen einer Laser-Schutzbrille nach sich ziehen.

### 4.2.1 Gefahrenquellen

Die Gefährdung durch eine Laser-Einrichtung hängt von der Strahlungsquelle, dem Strahlführungssystem und den Gegebenheiten am Wirkungsort der Laserstrahlung ab.

Zuerst muss die Frage geklärt werden, von welchen Stellen der Laser-Einrichtung eine Gefährdung der Augen oder anderer Körperteile ausgehen kann und in welcher Form.

Bei der Gefährdungsanalyse sind unter anderem folgenden Punkte zu beachten:

- Strahlungsquelle:
  - Die Laserstrahlungsquelle ist meist eine gekapselte Einheit mit der Strahlaustrittsöffnung als erste Stelle, an der die Strahlung zugänglich sein kann.
  - Bei einigen Lasern wird Laserstrahlung mit mehreren Wellenlängen abgestrahlt.
  - Bei frequenzvervielfachten oder bei diodengepumpten Laserstrahlungsquellen muss zusätzlich überprüft werden, ob auch weitere Wellenlängen zugänglich sind.
  - In seltenen Fällen kann auch Strahlung in der Umgebung des Laserresonators zugänglich sein (z. B. inkohärente Strahlung, Pumpstrahlung).
- Strahlführungssystem:
  - Das Strahlführungssystem besteht meist aus optischen Bauelementen, zwischen denen der Laserstrahl frei geführt wird, oder aus einer optischen Faser, in die der Laserstrahl eingekoppelt wird. Es muss überprüft werden, ob entlang dieses Weges eine Freisetzung von Strahlung möglich ist.

- Bei fasergeführten Systemen muss unter Umständen mit einem Faserbruch gerechnet werden. Dann tritt die Strahlung etwa mit der gleichen Charakteristik aus, mit der sie aus dem intakten Faserende austritt. Die Strahldivergenz wird dabei von der numerischen Apertur der Faser bestimmt.
- Am Ende des Strahlführungssystems befindet sich meist eine Optik, durch die der Laserstrahl auf den Wirkungsort gerichtet wird. In diesem Bereich ist eine unkontrollierte Freisetzung von Strahlung möglich.
- Wirkungsort:
  - Die Strahlung kann fokussiert oder kollimiert auf den Wirkungsort treffen. Viele Werkstoffe reflektieren stark. Hierdurch kann der Gefahrenbereich (Expositionsbereich) erheblich größer sein.
  - In der ersten Anlaufphase typischer Materialbearbeitung kann die Strahlung nahezu vollständig reflektiert werden.
  - Bei der Wechselwirkung von Laserstrahlung mit dem Werkstück kommt es häufig zu inkohärenter Sekundärstrahlung (z. B. Plasmaemission). Diese wird im Allgemeinen nicht von der Laser-Schutzbrille abgeschirmt.

*Anmerkungen:*

*Im Service und bei der Wartung treten in der Regel höhere Gefährdungen auf.*

*Im Servicefall und Normalbetrieb einschließlich Wartung muss meist mit unterschiedlichen Gefährdungen gerechnet werden. Im Servicefall ist häufig eine Verringerung der Gefahr möglich, indem die Laseranlage nicht mit voller Leistung betrieben wird.*

### 4.2.2 Kenngrößen zur Ermittlung der Gefährdung durch Laserstrahlung

Zur Ermittlung der Gefährdung sind folgende Parameter am Ort der Exposition zu erfassen. Die jeweiligen Größen finden sich auch auf dem Typenschild oder in der Betriebsanleitung der Laser-Einrichtung:

- Laserwellenlängen:
  - Die Laserstrahlung von konventionellen Lasern zeichnet sich durch sehr enge Wellenlängenbereiche aus.
  - Einige Lasertypen können mit unterschiedlichen Wellenlängen und Wellenlängenbereichen betrieben werden. Bei Ultrakurzpulslasern siehe auch Anhang 9.

- Zeitverhalten der Laseremission:
  - **D Dauerstrichbetrieb:** Um einen Dauerstrichbetrieb handelt es sich, wenn Laserstrahlung über mehr als 0,25 s dauerhaft emittiert wird.  
*Anmerkung:*  
*Es muss beachtet werden, dass die von vielen Herstellern angegebene mittlere Leistung darauf hindeutet, dass es sich nicht um einen Dauerstrichbetrieb handelt, sondern um einen Impulsbetrieb.*  
*Für die quantitative Ermittlung der Gefährdung muss die höchste Leistung verwendet werden, die am Ort der Exposition vorliegen kann.*
  - **I, R, M (Impuls-, Riesenimpuls-, Modengekoppelter Betrieb):** Diese Betriebsarten sind für gepulst arbeitende Laser anzuwenden, wobei sich die Bezeichnung an der Impulsdauer orientiert (siehe auch Tabelle 2).
- Mittlere Leistung, Impulsenergie und Impulsfrequenz bei Impulsbetrieb:
  - Gepulste Strahlung ist Strahlung, die in Form eines Einzelimpulses oder einer Impulsfolge vorliegt. Hierbei ist die Zeitdauer des einzelnen Impulses kleiner als 0,25 s.
  - Lasersysteme, die gepulst betrieben werden können, sind häufig hinsichtlich der Einstellung der Energie eines Einzelimpulses, der Impulsdauer und der Impulswiederholrate einstellbar. Diese Parameter hängen voneinander ab.
  - Für die Gefährdungsermittlung müssen daher verschiedene Betriebszustände, mindestens aber die Zustände bei größter Impulsenergie und höchster Impulswiederholrate betrachtet werden.  
*Anmerkung:*  
*Die mittlere Leistung eines ImpulsLasers lässt sich aus dem Produkt aus Impulsenergie und Impulswiederholrate bestimmen. Ein Mischbetrieb (CW und abwechselnd Impulsbetrieb) ist in Sonderfällen auch möglich.*  
*Eine mögliche Überhöhung der Strahlungsleistung beim Einschalten der Laserstrahlung (spiking) sollte bei der Risikoermittlung beachtet werden (siehe Herstellerinformation).*
- Bestrahlung und Bestrahlungsstärke:
  - Entscheidend für die Dimensionierung von Laserschutzprodukten ist je nach Betriebsart (D, I, R, M) die Leistung pro Fläche (Bestrahlungsstärke, Leistungsdichte) oder die Energie pro Fläche (Bestrahlung, Energiedichte), der die zu schützende Person ausgesetzt sein kann.
  - Um die Fläche zu ermitteln, benötigt man auch Kenntnis der Strahlabmessungen (im Falle eines kreisrunden Strahlquerschnittes den Strahldurchmesser) und im Falle eines fokussierten Strahles den Fokusbereich und den Divergenzwinkel (siehe Anhang 14 Glossar).