



Laserschutz - Grundlagen

Lasers sind aus dem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken. Sie werden in der Medizin diagnostisch und therapeutisch genutzt, sie finden Anwendung in der industriellen Mikro- und Makrostrukturbearbeitung, und sie verrichten fast unbemerkt ihre Arbeit in CD-Laufwerken und Druckern. Obwohl Laser physikalisch gesehen eigentlich nur eine, obgleich auch besondere, Art der Lichterzeugung darstellen, sind sie immer noch mit einer Aura des Geheimnisvollen und Gefährlichen umgeben. Wann sind Laser wirklich gefährlich?

Gefahrenpotentiale des Lasers

Zunächst sind Laser grundsätzlich nicht gefährlicher als andere Lichtquellen entsprechender Stärke. Auch unsere Sonne ist eine Lichtquelle und kann zu Schädigungen am menschlichen Körper führen. Bekannte Beispiele sind der Sonnenbrand und die Folgen eines ungeschützten Anblicks einer Sonnenfinsternis.

Die besonderen Gefahren von Lasern sind mit folgenden Eigenschaften verbunden:

- Laser erzeugen meist stark konzentrierte Strahlung, so dass eine hohe Leistungs- und Energiedichte entsteht. Daher können auch von schwachen Lasern große Gefahren ausgehen.
- Laserstrahlung kann auch im ultravioletten und infraroten Spektralbereich erzeugt werden, so dass die Gefahr vom menschlichen Auge nicht wahrgenommen wird.

Zudem hängt die Wirkung von Laserstrahlung auf biologisches Gewebe stark von der Wellenlänge ab. Daraus folgt eigentlich, dass die Gefahren, die jeweils von einem Laser oder Lasersystem ausgehen, individuell eingeschätzt werden müssen. Primär gefährdet sind dabei die Augen. Gerade die Gefahren von Laserstrahlung für das menschliche Auge sind sehr genau bekannt, weil viele medizinischen Anwendungen nur knapp über der Schädigungsschwelle liegen. Die Einteilung in Laserklassen nach der Norm EN 60825 erlaubt keinen zuverlässigen Schluss auf die jeweils erforderliche Laserschutzbrillen zu. Deshalb sind weitere Normen wie die EN 207 und EN 208 entstanden.

Bewertung von Laserschutzprodukten

Laserschutzprodukte werden in der Regel der Persönlichen Schutzausrüstung zugeordnet, die in Europa durch die EG-Richtlinie 89/696 gesetzlich verbindlich geregelt ist. Deshalb dürfen Laserschutzbrillen in Europa nicht ohne Baumusterbescheinigung in Verkehr gebracht werden. Der Hersteller bekommt die Baumusterbescheinigung von einem Zertifizierer, der in einem EU-Land akkreditiert sein muss. Dieser lässt die Produkte durch eine Prüfstelle testen, die ebenfalls in einem EU-Land akkreditierte ist, und bewertet die Schutzwirkung. Die Baumusterprüfung erfolgt üblicherweise nach den Normen EN 207 und EN 208. Eine Prüfung nach anderen Regeln wäre jedoch mit der EG-Richtlinie nicht zwingend unvereinbar.

Durch die Zertifizierung erhält der Hersteller das Recht, auf seinen Produkten das CE-Zeichen anzubringen. Ferner muss am Produkt die Schutzstufenkennzeichnung aufgrund der Bewertung durch den Zertifizierer angebracht werden. Die Bezeichnung

>950-1064 D L5 + IR L7 OB



nach EN 207 besagt beispielsweise, dass in einem Wellenlängenbereich oberhalb 950 nm bis einschließlich 1064 nm das Produkt für Dauerstrichbetrieb mit Schutzstufe L5 und für Impuls- und Riesenimpulsbetrieb mit Schutzstufe L7 zertifiziert wurde. Es folgen das Herstellerkurzzeichen, im zuvor genannten Beispiel OB für Offenhäuser+Berger GmbH.

Die Bedeutung der Schutzstufen nach EN 207 ist wie folgt zu verstehen: Die Wirkung von Schutzfiltern beruht auf ihrer optischen Dichte, die auftreffende Strahlung auf eine unschädliche Bestrahlungsstärke reduziert. Unter der optischen Dichte versteht man den negativen dekadischen Logarithmus der Transmission. Der Transmission 10^{-7} entspricht daher die optische Dichte 7. Die maximal zulässige Bestrahlungsstärke des Filters wäre in diesem Beispiel also theoretisch das 10^7 -fache der Schädigungsschwelle für das Auge. Überschreitet diese Bestrahlungsstärke die Laserbeständigkeit des Filters z.B. um das 10^2 -fache, erreicht das Filter nur Schutzstufe 5.

Die Schutzstufen können je nach Laserbetriebsart und Wellenlänge sehr unterschiedlich ausfallen. Man unterscheidet folgende Laserbetriebsarten:

- D für Dauerstrichbetrieb
- I für Impulsbetrieb
- R für Riesenimpulsbetrieb
- M für Modenkopplung.

Bei extrem kurzen Impulsdauern, wie sie bei Riesenimpulslasern und modengekoppelten Lasern vorkommen, können außerdem Q-Switch-Effekte und Sekundärstrahlung in die Bewertung eingehen.

Praktischer Laserschutz

Der Laserschutz am Arbeitsplatz wird in Deutschland von den Berufsgenossenschaften und Gewerbeaufsichtsämtern überwacht. Der Laserbetreiber muss vor Inbetriebnahme des Lasersystems Sachkunde, einen abgegrenzten Sicherheitsbereich und ausreichende Schutzausrüstung nachweisen. Die Sachkunde kann durch eine Schulung beim Lasersystemhersteller erworben werden oder durch einschlägige Kurse für Laserschutzbeauftragte, die von Laserzentren oder privatwirtschaftlichen Dienstleistern angeboten werden.

Die erforderliche Schutzausrüstung hängt sehr stark vom Lasersystem ab. Viele Laserbeschriftungssysteme und Kleinlaser für die Materialbearbeitung werden vom Hersteller gekapselt ausgeliefert. Die Prozesse können gefahrlos durch eingebaute Laserschutzfenster beobachtet werden, die üblicherweise nach EN 207 zertifiziert sind, teilweise auch nach EN 12254 (Abschirmungen am Arbeitsplatz).

Viele Lasersysteme werden auch offen betrieben. In diesem Fall müssen alle Personen Laserschutzbrillen tragen, die sich im Lasersicherheitsbereich aufhalten.

Der im praktischen Laserschutz sehr hoch zu veranschlagende Stellenwert der Sachkunde mag mitunter zu einem nachlässigen Verhalten beim Tragen von Laserschutzbrillen verleiten. Hier gehen nicht nur die unmittelbar Betroffenen ein hohes Risiko ein, sondern auch Arbeitgeber, die dies dulden. Wenngleich zumindest die gemeldeten Laserunfälle extrem selten sind, kann das Risiko hoch sein, weil bereits ein teilweiser Verlust des Augenlichts sehr weitreichende Folgen haben kann. Die Zerstörung der Makula (Stelle des schärfsten Sehens) bewirkt beispielsweise eine bleibende Reduktion der Sehschärfe auf ca. 30%. Abgesehen davon



kann ein mangelhafter Laserschutz zur zwangsweisen Stilllegung des Lasersystems durch die Berufsgenossenschaften oder Gewerbeaufsichtsämter führen.

Ausführungsformen von Laserschutzbrillen

Laserschutzbrillen gibt es als Vollschutzbrillen nach EN 207, die die Laserwellenlänge vollständig blocken, und Justierbrillen nach EN 208, die einen geringen Anteil der Laserstrahlung durchlassen, der aufgrund des Lidschlussreflexes als ungefährlich angesehen wird. Justierbrillen gibt es daher nur im sichtbaren Spektralbereich. Der wirksame Schutz des Lidschlussreflexes wird immer wieder kontrovers diskutiert; zuletzt im Zusammenhang mit Laserpointern. Es ist bekannt, dass zahlreiche Kontaktlinsenträger einen verzögerten Lidschlussreflex haben. Bei den Bauweisen unterscheidet man Fassungen mit Bügeln, die Korrektionsbrillen sehr ähnlich sind, und Korbfassungen, unter denen Fehlsichtige Ihre Korrektionsbrille tragen können (siehe Bild 1). Außerdem sind höchste Schutzstufen oft nur mit Korbb Brillen zu erreichen.

Ein anderer wichtiger Bestandteil von Laserschutzbrillen sind die Filtergläser. Nicht selten liegt ihr Wertanteil bei über 70% der Laserschutzbrille. Man unterscheidet folgende Bauweisen:

- Volumenabsorber, bei denen die Laserstrahlung vom gesamten beaufschlagten Material aufgenommen werden.
- Spiegelfilter, bei denen die Laserstrahlung hochgradig reflektiert wird.

Träger von Laserschutzbrillen mit Spiegelfiltern müssen berücksichtigen, dass nahezu ungedämpft reflektierte Laserstrahlung an anderen Stellen gefährlich werden kann (siehe Bild 2). Laserschutzfilter können aus mineralischen Materialien oder Kunststoffen bestehen, die ihre Schutzwirkung durch Massefärbung oder nachträgliche Farbbäder erhalten, in denen der Farbstoff durch Diffusion in den blanken Kunststoff eindringt. Laserschutzfilter aus Kunststoffen sind meist relativ leicht, erreichen aber kaum höhere Schutzstufen. Sie versagen unter starker Laserstrahlung hauptsächlich durch Schmelzen. Laserschutzfilter aus mineralischen Materialien halten zum Teil sehr starker Laserstrahlung stand, versagen aber meist durch Springen infolge von Wärmespannungen. Die Laserresistenz mineralischer Materialien kann in manchen Fällen durch Härten deutlich erhöht werden. Größere Steigerungen der Laserresistenz erreicht man jedoch durch Verbundgläser, wobei meistens ein Absorberglas, auf das die Laserstrahlung fällt, mit einem neutralen Trägerglas verbunden wird, das sich auf der Augenseite befinden.

Auswahl geeigneter Laserschutzbrillen

Die Norm EN 207 ist eigentlich Grundlage der Baumusterprüfung und Bewertung. Sie enthält in Anhang B aber auch ein Verfahren zur Ermittlung der erforderlichen Schutzstufe. Die Rechenvorschriften dieses Verfahrens sind leider nicht gerade einfach.

Nach EN 207 ist aber auch eine Ermittlung des Schutzbedarfs nach EN 60825 zulässig, wobei allerdings die erforderliche Laserbeständigkeit getrennt zu bewerten ist. Auch diese Rechenvorschriften sind kompliziert und überfordern häufig den Laseranwender. Trotzdem liegt die Entscheidung und Verantwortung beim Anwender. Fast alle Anbieter von Laserschutzprodukten bieten daher eine Ermittlung der Schutzstufe aus den Laserdaten in Form von Expertensystemen an. Diese erlauben dem Anwender selbst die Schutzstufenbestimmung nach EN 207



aus den Laserdaten ohne Kenntnis der Rechenverfahren vorzunehmen. Sie können jedoch nicht die Bewertung des Gefahrenpotenzials durch einen Experten ersetzen. Hierzu ein Beispiel:

- CO₂-Hochleistungslasersystem zum Blechschneiden
- Wellenlänge 10,6 µm
- Dauerstrichleistung 3 kW
- Laserstrahldurchmesser 13 mm im Abstand 100 mm von der Strahltaile

Nach den Regeln der EN 207 ergibt sich aus diesen Werten die Notwendigkeit einer Schutzbrille der Schutzstufe D L5. Betrachtet man das gesamte Szenario, ergibt sich folgender Sachverhalt:

- Der Schneidkopf befindet sich sehr dicht über dem Blech, so dass sich ein Ringspalt von nur 1 mm Höhe ergibt, aus dem Strahlung entweichen kann.
- Nicht vom Werkstück absorbierte Strahlung wird hauptsächlich in sich reflektiert und durch Absorption im Strahlführungssystem in Verlustwärme umgewandelt.

Unter der immer noch sehr konservativen Annahme, dass die gesamte Laserleistung gleichmäßig in den Halbraum reflektiert wird (siehe Bild 3), ist nun gegen die Strahlung aus dem Ringspalt nur noch eine Schutzbrille D L3 erforderlich. Ab einem Abstand von 300 mm vom Schneidkopf ist aufgrund der Divergenz keine Laserschutzbrille mehr erforderlich. Servicetechniker, die am laufenden System arbeiten, brauchen natürlich trotzdem eine Laserschutzbrille D L5, weil sie auch Zugang zu kritischeren Stellen im Strahlweg haben.



Bild 1: Laserschutzbrillentypen

- a) Bügelbrille für Rechtsichtige
- b) Korbbrille als Überbrille für Brillenträger



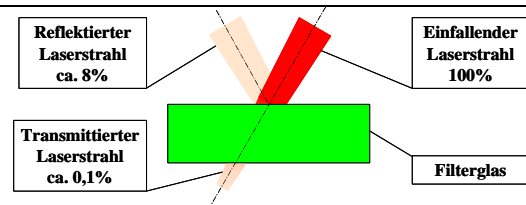
a)



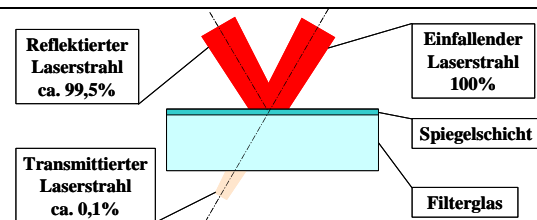
b)

Bild 2: Wirkungsmechanismen von Laserschutzfiltern (Beispiel optischen Dichte 3):

- a) Volumenabsorber (bei Material mit Brechungsindex $n = 1,5$ werden ca. 8% der einfallenden Strahlung reflektiert)
- b) Spiegelfilter (dielektrische Schichten bewirken bis zu 99,5% Reflexion)



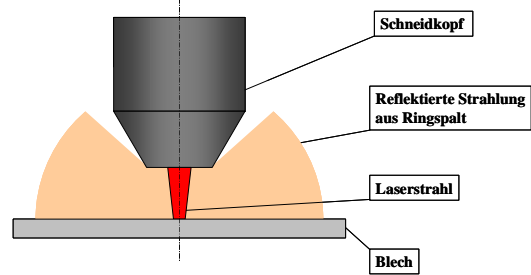
a)



b)



Bild 3: CO₂-Lasersystem zum Blechschneiden mit cw-Leistung 3 kW. Bei 13 mm Strahldurchmesser im Abstand von 100 mm vom Fokus ergibt sich streng nach EN 207 Schutzstufe D L5. Unter Annahme gleichmäßiger Reflexion der gesamten Laserleistung in den Halbraum erhält man in 100 mm Abstand vom Fokus D L3. In 300 mm Abstand ist kein Schutz mehr erforderlich



Offenhäuser+Berger GmbH
Krumme Straße 25
D-89518 Heidenheim

Tel. 07321 48061 5
Fax 0732148061 6
eMail info@offenhaeuser-berger.de

03. Dezember 2007