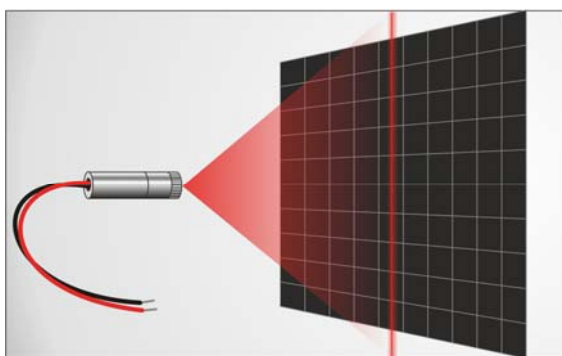


Sicherheitsinformationen

Klassifikation:	Information	Spec: 09- 2016
Produkt Name:	Lasersicherheit bei Linienlaser Modulen	
Beschreibung:	OEM Linienlaser Module und Sets	Rev: Running
Produktlinie:	Linienlaser/Kreuzlaser	

Übersicht:



Lasers sind potentiell gefährlich, davon kann erst einmal ausgegangen werden. Das sehr stark gebündelte Laserlicht erzeugt bei direkter Bestrahlung eines menschlichen Auges, respektive Netzhaut, eine sehr hohe Energiedichte, was zu einer Beschädigung der Sehzellen führen kann.

Bei höheren Leistungen kann sogar eine Gefährdung der Haut entstehen.

Um eine Gefährdung von Personen auszuschliessen, lassen sich unsere Linien- und Kreuzlaser sehr einfach in eine ungefährliche Laserklasse einstufen. Dies geschieht allein schon durch die technische Umsetzung des Laserstrahls in eine Linie oder ein Kreuz und somit eine Aufteilung des Laserlichts auf eine relativ grosse Fläche. Bereits nach sehr kurzen Distanzen wird somit die Laserklasse 2 erreicht, die laut EN 60825-1, BGV-B2 und OstrV als ungefährlich gilt, da der unter normalen Umständen vorhandene Lidschlussreflex des menschlichen Auges dafür sorgt, dass eine Schädigung ausgeschlossen werden kann.

Nach welcher Entfernung das Laserlicht in Klasse 2 eingestuft werden kann, und somit als ungefährlich gilt, hängt von der Zusammenstellung des Linienlasers ab. Je nach Leistung und Auslenkwinkel differiert dies. Im Anhang finden Sie deshalb eine Übersichtstabelle mit den notwendigen Abständen.

Unterschied „Laser“ und „Lasereinrichtung“

Als „Laser“ wird das Lasergerät bzw. das Lasermodul bezeichnet. Wird dieses an eine Maschine oder einer anderen Einrichtung angebaut, so entsteht eine „Lasereinrichtung“. Für die Sicherheitseinstufung eines installierten Linienlasers ist es sehr wichtig, die Gesamtinstallation zu betrachten. Diese wird als „Lasereinrichtung“ bezeichnet und beinhaltet alle Maßnahmen und die gesamte Umgebung, in der der Laser eingesetzt wird. Das Lasergerät und die Lasereinrichtung können bzw. müssen unterschiedliche Laserklassen besitzen. Dies ist normal. Für die Klassenvergabe laut OstRv ist also unbedingt die „Lasereinrichtung“, also der Laser im installierten Zustand, zu betrachten.

Linienlaser korrekt montieren

Um die Lasersicherheit zu erreichen, muss ein Linienlaser dementsprechend an einer Maschine oder Vorrichtung montiert werden. Prinzipiell gilt: Der Werker oder Anwender darf nicht direkt am Modul in den Laserstrahl schauen können. Das Modul ist mechanisch sicher anzubauen, so dass es nicht aus Versehen wegfallen oder sich lösen kann und somit eine Gefährdung darstellt.

Sollte es nicht möglich sein, das Lasermodul entsprechend weit vom Anwender weg zu montieren, so kann mittels einer seitlichen Abdeckung der Werker ebenfalls vor zufälligem Blick in den Laserstrahl geschützt werden. Grundsätzlich gilt hierbei: Je grösser der Winkel, desto ungefährlicher der Laser. Da sich die Leistung auf eine grössere Fläche verteilt, wird bei einem grösseren Winkel der Montageabstand zunehmend unkritischer.

Sicherheitsabstände zum Werker bzw. Anwender

Wie bereits angesprochen, besteht zum Werker bzw. Anwender ein Mindestabstand vom Laser, der nach der Montage des Lasermoduls einhalten werden muss. Innerhalb dieses Abstandes darf keine Bestrahlung eines menschlichen Auges möglich sein. Hierzu zählen auch zufällig mögliche Bestrahlungen, wenn z.B. jemand den Kopf auf die Arbeitsfläche auflegen würde und so in den Strahl schauen könnte. Wie man aus den nachfolgenden Ausführungen entnehmen kann, sind diese Abstände jedoch recht grosszügig und unkritisch, da sich bei einem Linienlaser die Leistung mit zunehmendem Abstand stark abschwächt.

Gefährungsbeurteilung nach OStRv und TROS 2015

Die Strahlung eines Linienlasers wird in den aktuellen TROS als "ausgedehnte Quelle" bezeichnet, da es sich nicht um einen vollkollimierten Laserstrahl, sondern um eine stark divergente und aufgeweitete Laserquelle handelt. Die Gefährungsbeurteilung einer ausgedehnten Quelle kann anhand einer Versuchsanordnung mit einer Kollimationslinse beurteilt werden. Hierbei simuliert die Kollimationslinse die Linse im menschlichen Auge. Das aufgeweitete Laserlicht der ausgedehnten Quelle wird auf eine netzhauttaugliche Grösse gebündelt und erzeugt auf der Netzhaut eine nicht-runde Abbildung, die meist rechteckig erscheint. Dadurch reduziert sich die Gefährung im Gegensatz zu regulär kollimierter Laserstrahlung. Diese Gefährungsverringeringung kann mit einem Korrekturfaktor, der in der Regel zwischen 2 und 5 liegt, angegeben werden. Dieser Korrekturfaktor wird als Multiplikator für den MZB der Klasse 2 benutzt. Liegt dieser Korrekturfaktor bspw. bei 2, so wäre der MZB bei $1\text{mW} \times 2 = 2\text{mW}$ an einer Apertur von 7mm.

Um die Gefährdung durch einen Linienlaser zu beurteilen, stehen also zwei Möglichkeiten zur Verfügung.

1. Beurteilung anhand der Leistung pro Apertur (einfache, rechnerische Methode)
2. a. Beurteilung anhand der Abbildung, verringert durch den einen gemessenen Korrekturfaktor
b. Beurteilung anhand eines errechneten Korrekturfaktors

Die einfachere, rechnerisch mögliche Gefährungsbeurteilung anhand der Leistung pro Apertur, kann aufgrund der Einfachheit jederzeit durchgeführt und berechnet werden. Ein möglicher Korrekturfaktor wird hierbei nicht abgezogen. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die rechnerische Gefährungsermittlung noch eine starke Abweichung in die sichere Richtung bedeutet. Im Bedarfsfall ist eine Bewertung mittels Messmethode und daraus resultierendem Korrekturfaktor durchzuführen.

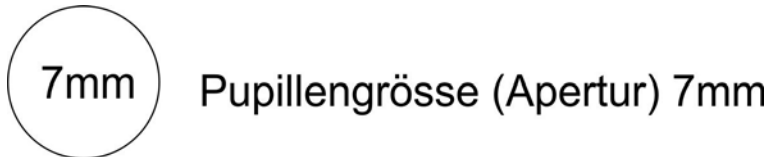
Momentan die am meisten gebräuchliche Methodik ist die Beurteilung anhand eines errechneten Korrekturfaktors. Für bekannte Laserquellen gibt uns die 60825-1 bereits fertige Formeln vor, anhand derer der Korrekturfaktor sowie die neu ermittelten MZB Werte errechnet werden können. Für die Laserklasse 2, in die wir unseren Linienlaser bzw. die Lasereinrichtung, die einen Linienlaser enthält, einklassifizieren müssen, haben wir eine maximal zulässige Laserleistung von 1mW, gemessen an einer Messblende (Apertur) von 7mm Durchmesser. Für eine ausgedehnte Quelle multiplizieren wir diesen Wert mit dem errechneten Korrekturfaktor und berechnen nun die notwendige Linienlänge am Auftreffpunkt. Der Auftreffpunkt ist der Punkt, an dem zum ersten Mal eine Gefährung auftreten könnte.

Weitere Hinweise und Durchführungsvorschläge zur Bewertung von Linienlasern finden Sie in der aktuellen TROS Teil 2, 5.7

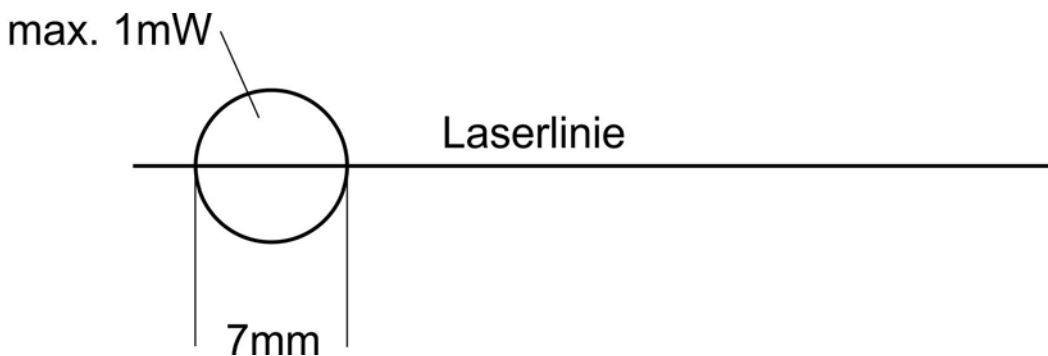
Einfache rechnerische Bestimmung der Gefährdung bzw. der Laserklasse einer Lasereinrichtung

Grundsätzlich gilt nach der Unfallverhütungsvorschrift für die Laserklasse 2:

Die Apertur der Pupille (Pupillengrösse) wird mit 7mm angegeben.
Es darf maximal 1mW Leistung ins Auge (Apertur) fallen.

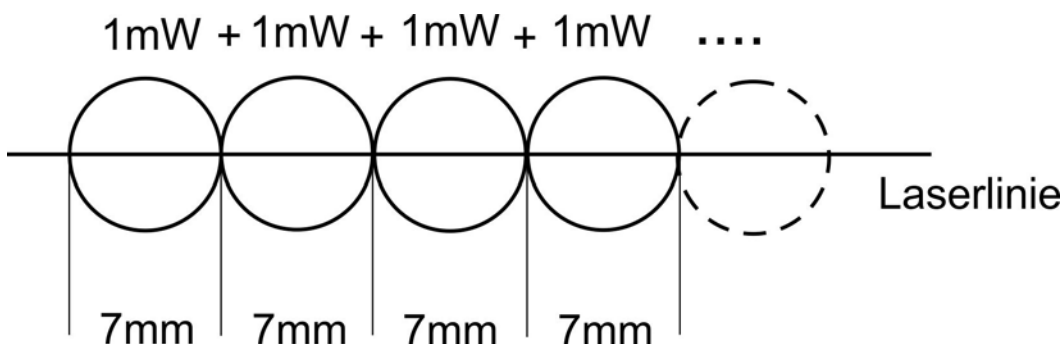


Somit gilt: Max. 1mW Leistung auf 7mm Apertur. Als Apertur (Messblende) kann eine einfache Lochblende herangezogen werden.



Ginge man also davon aus, dass an einem bestimmten Punkt ein Anwender bzw. Werker in die Laserlinie schauen könnte, so kann folgendes gesagt werden:

Man kann rechnerisch die Laserlinie in 7mm Abschnitte aufteilen und somit pro 7mm 1mW Laserleistung addieren. Habe ich also an dem Gefährdungspunkt eine Laserlinie mit 70mm Länge, so wären hier 10mW Laserleistung zulässig, bei 140mm bereits 20mW, usw. Hierbei ist die Linienlänge zu beachten und nicht der Abstand zum Linienlaser. Die Linienlänge verändert sich mit unterschiedlichem Abstrahlwinkel. Wir wenden nun die Apertur-Additionsmethode an:



So kann sehr simpel und einfach die Gefährdung beurteilt und auch ausgeschlossen werden.

Man berechnet also die Linienlänge aufgrund des Linienwinkels mit der Formel

$$\text{Linienlänge} = 2 \times (\tan (\text{Winkel}/2)) \times \text{Abstand}$$

und nutzt dann obige Leistungsberechnung, um die notwendige Linienlänge zur Einstufung in die Klasse 2 zu ermitteln. Daraus lässt sich dann der Sicherheitsabstand ableiten. Wichtig dabei ist, dass dieser Sicherheitsabstand unter allen Umständen einzuhalten ist. Unter Umständen muss dieser Sicherheitsabstand mittels Blende, Trichter oder Abstandshalter sichergestellt werden.

Rechnerische Bestimmung der Gefährdung mittels eines errechneten Korrekturfaktors

Sind die Daten eines Linienlasers bekannt, so kann anhand der vorhandenen Winkel bzw. Divergenzen der Korrekturfaktor für den MZB relativ einfach errechnet werden.

Ein kurzes Beispiel kann ich geben anhand eines aktuellen Projektes, in dem wir einen 100mW starken Linienlaser mit einem Winkel von 110° einsetzen. Der errechnete Korrekturfaktor liegt bei 2,34, was bedeutet, dass die maximal zulässige Bestrahlungsleistung an der Messblende den Wert von 2,34mW nicht übersteigen darf. Wir dividieren nun die Laserleistung durch den Korrekturfaktor und multiplizieren das Resultat mit 7mm (Messblendengrösse) und erhalten die minimale Linienlänge von 299mm. Ab 299mm Linienlänge (nicht Entfernung!) wäre der Laser somit in Klasse 2 einzustufen. Wie wird nun dieser Korrekturfaktor berechnet?

Zur Klassifizierung der Lasereinrichtung wird die aktuelle EN 60825-1 in der Fassung von 2014 herangezogen, herausgegeben von der CENELEC.

Kapitel 4 „Klassifizierung“

Abschnitt 4.3 „Klassifizierungsregeln“

4.3c „Strahlung von ausgedehnten Quellen“

„Eine Quelle wird als ausgedehnte Quelle betrachtet, wenn die Winkelausdehnung der Quelle grösser als α_{\min} ist. α_{\min} wird in der EN 60825-1 mit 1,5mrad angenommen. Die zu bewertende ausgedehnte Quelle liegt bei 110° optischer Auslenkung, was 1920 mrad entspricht. Es muss jedoch für Berechnungen eine maximal zulässige Ausdehnung von 100mrad angenommen werden.

>> Die vorliegende Lasereinrichtung ist somit eindeutig als „ausgedehnte Quelle“ zu bezeichnen.

Die Messzeit t_2 für ausgedehnte Quellen >100mrad liegt laut 60825-1 Tabelle 9 bei 100s. Die maximale Bestrahlungszeit für die Laserklasse 2 liegt jedoch nur bei 0,25s, bedingt durch den Lidschlussreflex des Auges.

>> Die max. Messzeit t_2 wird eingehalten

Zur Bewertung für die Unfallverhütung werden zusätzliche die aktuelle OstrV (Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher, optischer Strahlung) in der Fassung von Juli 2010 sowie die TROS (Technische Regularien zu optischer Strahlung) in der Fassung von April 2015 herangezogen. Diese Vorschriften bauen auf der EN 60825-1 auf.

EN 60825-1

Anhand der Berechnung für ausdehnte Quellen wird der Korrekturfaktor C_E errechnet:

$$\alpha_{\max} = 100\text{mrad (max zul. Wertung)}$$

$$\alpha_{\min} = 1,5\text{mrad (min zul. Wertung)}$$

$$\text{Somit wird } \alpha_m = (100\text{mrad} + 1,5\text{mrad})/2 = 50,75\text{mrad}$$

$$\text{Der Korrekturfaktor wird somit festgesetzt: } C_E = \alpha_m / \alpha_{\min} = 50,75\text{mrad} / 1,5\text{mrad} = \underline{\underline{33,8}}$$

Für die Leistungsüberprüfung ergibt sich ein Grenzwert von:

$$\text{EEGW} = 18 \times C_E \times 0,25 \times \text{m}^{-2} = \underline{\underline{608,65 \text{ W} \times \text{m}^{-2}}}$$

Dieser wird mit der Fläche der zulässigen Messapertur von 7mm multipliziert:

$$608,65 \text{ W} \times \text{m}^{-2} \times 38,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = \underline{\underline{2,34\text{mW}}}$$

Die zulässige Messleistung an der Messapertur von 7mm beträgt somit 2,34mW. Für die Berechnung der Linienlänge ziehen wir wieder die Apertur-Additionsmethode heran.

Anhang 1. Geltende Vorschriften und Normen

Laser werden nach folgenden Normen eingestuft und bewertet:

<u>Art:</u>		<u>Bezugsquelle</u>
Norm:	VDE 0837 / EN 60825-1	Bezug über den VDE
Noch gültige Unfallverhütungsvorschrift:	BGV-B2 der BGFE	Download
Arbeitsschutzverordnung:	OstrV von 2010	Download
Weiterführende Hinweise:	TROS 2015	Download

Anhang 2. Kennzeichnung des Laserbereichs

Jede Lasereinrichtung ist mit dem entsprechenden Warnhinweis zu kennzeichnen. Wird ein Linienlaser entsprechend obigen Sicherheitsabständen montiert, so fällt die dadurch entstandene Lasereinrichtung unter Klasse 2m und muss deshalb mit den nachfolgenden Kennzeichnungen versehen werden:



Wir beraten Sie gerne bei der sicherheitstechnischen Umsetzung oder Kalkulation. Desweiteren erstellen wir Gutachten für Ihre Lasereinrichtung mit einer Gefährdungsbeurteilung sowie Laser-Klasseneinstufung.

Sachkunde Schulungen zum Laserschutzbeauftragten finden Sie hier: www.laserschutzbeauftragter.de

Copyright 2016 by MediaLas Electronics GmbH

Autor: Dirk Baur - Tel. 07433-9079911

www.medialas.de
www.lasershop.de