

Technische Information

Sicherheitsdatenblatt

MediaLas Laser Module LLM/KLM**Klassifikation von Linienlaser und Kreuzlaser nach EN60825-1, TROS, OstrV**

Linienlaser und Kreuzlaser sind nach EN60825-1, Fassung 2014 u.f., sogenannte „ausgedehnte Quellen“ im Gegensatz zu den sonstigen „fokussierten Quellen“, und werden anhand eines zusätzlichen Korrekturfaktors bewertet. Die nachfolgende Tabelle gilt als Faustregel für die sichere Einstufung bzw. Montage von MediaLas Linienlasern, dürfen jedoch nicht für Fremdprodukte herangezogen werden, da die Kalkulationswerte ausschliesslich für MediaLas Laser errechnet sind. Für eine rechtlich bindende Zertifizierung ist jedoch eine Einzelgeräteprüfung unumgänglich.

Die u.a. tabellarischen Werte wurden sowohl anhand der Berechnungsformeln der TROS und EN60825-1 ermittelt und angenähert, als auch anhand von Gerätemustern mittels eines Laserleistungsmessgerätes zusätzlich bestätigt. Wir empfehlen jedoch ausdrücklich eine Einzelgeräteprüfung, je nach Anwendungsfall.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die verschiedenen Laserleistungen in Verbindung mit den verschiedenen Auslenkwinkeln. Je grösser der Auslenkwinkel, desto kürzer der Sicherheitsabstand. Die Wellenlänge bzw Laserfarbe ist für die Sicherheitseinstufung unerheblich, solange der Laser sichtbar ist.

Für eine Risikoeinstufung ist die Lasereinrichtung zu klassifizieren, NICHT das Lasergerät (der Linienlaser selbst). Die LaserEINRICHTUNG ist das Gerät, die Maschine oder die Umgebung, in welcher das Lasergerät verbaut und betrieben wird. Weitere Hinweise hierzu entnehmen Sie bitte den o.a. rechtlichen Vorschriften und Normen, oder auf unserem Sicherheitsblog im Lasershop.

Näherungsweise Sicherheitsabstände für MediaLas Linienlaser und Kreuzlaser

Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über unsere Empfehlungen für Mindestabstände zur Einhaltung der Laserschutzklasse 2 bei verschiedenen Lasermodulen. In den meisten Fällen führt eine detaillierte Betrachtung am eigentlichen Anbau, also der endgültigen Lasereinrichtung, zu wesentlich kürzeren und toleranteren Abständen. Eine spezifizierte Risikoeinschätzung kann hierzu zusätzlich zielführend sein.

Für die Zugrundelegung der u.a. Abstände wurde ein sehr konservativer Korrekturfaktor für "ausgedehnte Quellen" von 1,5 herangezogen. In vielen Fällen liegt dieser Korrekturfaktor sogar im Bereich bis ca 7, das heisst, es darf 7x mehr Licht ins Auge gelangen als bei fokussierten Quellen. Somit können sich die Sicherheitsabstände nochmals deutlich verkürzen.

Ob es sich bei den Lasern um rot- oder grünstrahlende Modelle handelt, ist unerheblich, denn die EN 60825-1 behandelt den gesamten sichtbaren Bereich von 400 - 700nm mit den selben MZBs. Somit wird die u.a. Tabelle ausschliesslich an der Laserleistung ausgerichtet.

Sicherheitsabstände für HighPower Linienlaser sind etwas anders zu berechnen, da die Linienbreite deutlich grösser ist als bei „regulären“ Linienbreiten. Es besteht also die Möglichkeit, dass der Korrekturfaktor noch höher liegt. Hier sollte unbedingt eine Vor-Ort Prüfung angewandt werden.

	20°	35°	45°	60°	90°	110°	120°	120° Glas
4mW	55mm	35mm	27mm	20mm	12mm	12mm	12mm	12mm
5mW	70mm	45mm	34mm	23mm	15mm	14mm	13mm	15mm
10mW	140mm	78mm	60mm	42mm	25mm	22mm	20mm	25mm
20mW	275mm	150mm	115mm	80mm	46mm	35mm	31mm	46mm
25mW	340mm	190mm	145mm	100mm	58mm	45mm	39mm	58mm
30mW	410mm	225mm	175mm	120mm	70mm	55mm	46mm	70mm
40mW	530mm	300mm	230mm	160mm	93mm	72mm	62mm	93mm
50mW	685mm	375mm	285mm	200mm	115mm	90mm	78mm	115mm
75mW	1050mm	560mm	380mm	300mm	175mm	135mm	115mm	175mm
100mW	1400mm	750mm	575mm	400mm	230mm	180mm	155mm	230mm
300mW	2800mm	1500mm	1225mm	950mm	680mm	540mm	470mm	700mm
500mW	3500mm	2200mm	1850mm	1500mm	1100mm	900mm	800mm	1150mm
700mW	4200mm	2800mm	2300mm	1800mm	1300mm	1070mm	950mm	1300mm
1000mW	5000mm	3300mm	2800mm	2250mm	1650mm	1350mm	1200mm	1750mm

ACHTUNG! Die Informationen in diesem Datenblatt sind lediglich als Anhaltspunkt zu betrachten!
Für eine genauere Einstufung sollte eine Detailprüfung an der jeweiligen Lasereinrichtung stattfinden.

Kreuzlinien Laser:

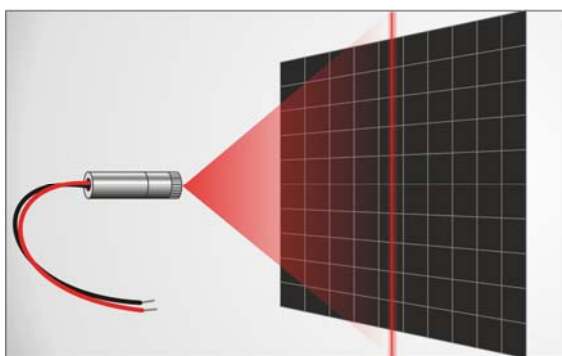
	5°	15°	55°
4mW	110mm	35mm	15mm
5mW	130mm	45mm	18mm
10mW	280mm	78mm	25mm
20mW	550mm	150mm	45mm
25mW	680mm	190mm	55mm
30mW	820mm	225mm	62mm
40mW	1060mm	300mm	85mm
50mW	1370mm	375mm	110mm
75mW	2100mm	560mm	160mm
100mW	2800mm	750mm	220mm

ACHTUNG! Die Informationen in diesem Datenblatt sind lediglich als Anhaltspunkt zu betrachten!
Für eine genauere Einstufung sollte eine Detailprüfung an der jeweiligen Lasereinrichtung stattfinden.

Sicherheitsinformationen

Klassifikation:	Information	Spec: 12- 2020
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 2018

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 aktuelle TROS 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 laut Berechnungen der TROS, gemessen an einer Messblende (Apertur) von 7mm Durchmesser. Für eine ausgedehnte Quelle setzen wir den errechneten Korrekturfaktor ein, und berechnen nun die notwendige, minimale Linienlänge am Auftreffpunkt. Der Auftreffpunkt ist der Punkt, an dem zum ersten Mal eine Gefährdung für einen Betrachter auftreten könnte.

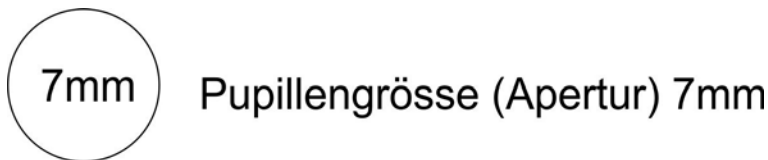
Weitere Hinweise und Durchführungsvorschläge zur Bewertung von Linienlasern finden Sie in der aktuellen TROS Teil 2, 5.7

**Einfache rechnerische Bestimmung der Gefährdung bzw. der Laserklasse einer Lasereinrichtung
OHNE Korrekturfaktor**

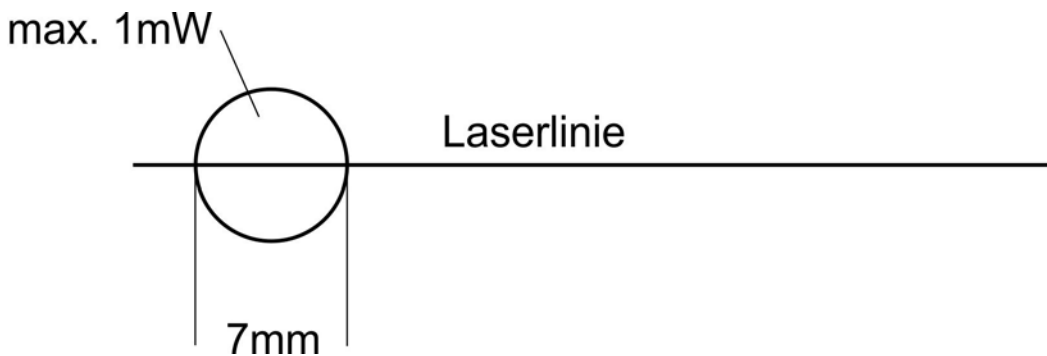
Lassen wir den zulässigen Korrekturfaktor für eine „ausgedehnte Laserquelle“ ausser acht und nehmen die Standard Tabelle für die zulässigen Bestahlungswerte einer kollimierten Quelle, so kann man anhand nachfolgender Methode eine überschlägige Sicherheitsberechnung durchführen.

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.

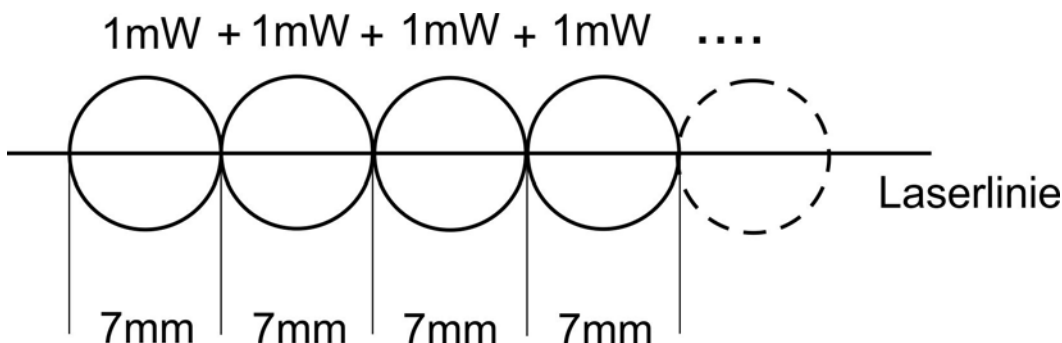


Somit gilt: Max. 1mW Leistung auf 7mm Apertur. Als Apertur (Messblende) kann eine einfache Lochblende herangezogen werden.



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 MIT errechnetem Korrekturfaktor laut TROS

Sind die Daten eines Linienlasers bekannt, so kann anhand der vorhandenen Winkel bzw. Divergenzen der Korrekturfaktor für den MZB 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 7,39, was bedeutet, dass die maximal zulässige Bestrahlungsleistung an der Messblende den Wert von 7,39 mW nicht übersteigen darf. Wir dividieren nun die Laserleistung durch den Korrekturfaktor und multiplizieren das Resultat mit 7mm (Messblendengrösse) und erhalten die minimale Linienlänge von 95 mm. Ab 95 mm Linienlänge (nicht Entfernung!) wäre der Laser somit in Klasse 2 einzustufen. Kann man theoretisch so machen, wir empfehlen jedoch eine Sicherheitsabwertung dieser maximalen Leistung auf die Hälfte des errechneten Wertes, siehe nachfolgende Berechnung.

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. Desweiteren steht uns die nationale OstrV, sowie die korrespondierenden TROS, zur Verfügung, die weitere Hinweise zu „ausgedehnten Quellen“ liefern. Da die Angaben für den Korrekturfaktor in der EN und den TROS unterschiedlich ausfallen, ziehen wir die nationalen Vorschriften aus der TROS heran.

EN 60825-1
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 100 mrad angenommen werden.

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

Die Messzeit T_2 für ausgedehnte Quellen >100 mrad liegt laut 60825-1 Tabelle 9, bzw TROS Teil 2, Tabelle A4.6, 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 2018 herangezogen. Diese Vorschriften bauen auf der EN 60825-1 auf.

OstrV und TROS Teil 2, Abschnitt 5.7

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)

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

Der Korrekturfaktor wird somit festgesetzt: $C_E = \text{Alpha}_m / \text{Alpha}_Y = 50,75\text{mrad} / 1,5\text{mrad} = \underline{33,8}$

Für die Leistungsüberprüfung ergibt sich ein Grenzwert von:

$$\begin{aligned} \text{EEGW} &= 18 \times C_E \times T^{2-0,25} \text{ W x m}^{-2} = \\ &18 \times 33,8 \times 100^{-0,25} \text{ W x m}^{-2} = \\ &18 \times 33,8 \times 0,3158 = \underline{192,15 \text{ W x m}^{-2}} \end{aligned}$$

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

$$192,15 \text{ W x m}^{-2} \times 38,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = \underline{7,39 \text{ mW}}$$

Die zulässige Messleistung an der Messapertur von 7 mm beträgt somit 7,39 mW. Für die Berechnung der Linienlänge ziehen wir dann wieder die Apertur-Additionsmethode heran.

Um eine maximal sichere Lasereinrichtung zu erhalten, empfehlen wir, diesen Wert nochmals zu halbieren, um eventuelle Unwägbarkeiten bzw. Hotspots innerhalb der Linie abzufangen. Somit lautet unsere Empfehlung für die maximal zulässige Aperturleistung 3,69 mW.

Ziehen wir nun wieder den oben erwähnten 100 mW Linienlaser mit 110° Linienwinkel heran, dann wäre nach unserer Empfehlung der minimale Sicherheitsabstand zum Laseraustritt nach ca. 65 mm erreicht, da nach dieser Entfernung die Linienlänge ca. 190 mm beträgt. Diesen Wert teilen wir durch den Aperturdurchmesser von 7 mm, nehmen die oben angeführte Additionsmethodik und erhalten somit 27 Einzelabschnitte zu je 3,69 mW = 100 mW.

Anhang 1. Geltende Vorschriften und Normen

Laser werden nach den folgenden Normen eingestuft und bewertet:

<u>Art:</u>		<u>Bezugsquelle</u>
Norm:	VDE 0837 / EN 60825-1	Bezug über den VDE
Arbeitsschutzverordnung:	OstrV von 2010u ff	Download
Weiterführende Hinweise:	TROS 2018	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
Einen Blog mit Hinweisen zur Sicherheitseinstufung von Linienlasern: www.linienlaser.blogspot.de

Copyright 2020 / 2021 by MediaLas Electronics GmbH
Autor: Dirk Baur - Tel. 07433-9079911

www.medialas.de
www.lasershop.de