

Bitte wenden Sie sich in allen Fragen des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit bei der Arbeit an den Unfallverhütungsdienst der für Sie zuständigen Landesstelle:

Wien, Niederösterreich und Burgenland:

UVD der Landesstelle Wien
Webergasse 4, 1203 Wien
Telefon +43 1 33 1 33-252

UVD der Außenstelle St. Pölten
Kremser Landstraße 8, 3100 St. Pölten
Telefon +43 2742 25 89 50-0

UVD der Außenstelle Oberwart
Hauptplatz 11, 7400 Oberwart
Telefon +43 3352 353 56-300

Steiermark und Kärnten:

UVD der Landesstelle Graz
Göstinger Straße 26, 8021 Graz
Telefon +43 316 505-2604

UVD der Außenstelle Klagenfurt
Waidmannsdorfer Straße 35,
9021 Klagenfurt am Wörthersee
Telefon +43 463 58 90-5000

Oberösterreich:

UVD der Landesstelle Linz
Garnisonstraße 5, 4017 Linz
Telefon +43 732 23 33-8405

Salzburg, Tirol und Vorarlberg:

UVD der Landesstelle Salzburg
Dr.-Franz-Rehrl-Platz 5, 5010 Salzburg
Telefon +43 662 21 20-4442

UVD der Außenstelle Innsbruck
Ing.-Etzel-Straße 17, 6020 Innsbruck
Telefon +43 512 520 56-0

UVD der Außenstelle Dornbirn
Eisengasse 12, 6850 Dornbirn
Telefon +43 5572 269 42-21

www.auva.at

www.auva.at



Lasersicherheit bei optischen Richtfunk-Systemen

Inhalt

Vorbemerkung	2
Was ist Richtfunk?	3
Reichweite	4
Verwendete Wellenlängen	5
Gefährdung durch Laserstrahlung	7
Standort-Typen und Erreichbarkeiten	9
Lasergefahrendistanz	12
Schutzmaßnahmen	15
Schutzmaßnahmen bei der Installation	18
Schutzmaßnahmen für den Betrieb	20
Anforderungen an den Hersteller	22
Zusammenfassung	23
Weitere Informationsquellen	24
Anhang	25

Vorbemerkung

Informationsaustausch hat in der heutigen Welt eine zentrale Stellung. Die damit verbundene permanent steigende Datenflut kann nur über ein breitbandiges Datennetz bewältigt werden. Dafür werden unter anderem optische Freiraumkommunikationssysteme (auch optische Richtfunk-Systeme genannt) eingesetzt.



Optischer Richtfunk

Dieses Merkblatt informiert über die Gefährdungen, die beim Umgang mit optischen Freiraumkommunikationssystemen – im weiteren **OFRKS** (engl. **FSO** ... Free Space Optic) oder optischer Richtfunk genannt - bestehen. Dies schließt den Betrieb, die Wartung, Servicearbeiten und die Herstellung von OFRKS -Systemen mit ein. Um den potenziellen Gefährdungen in geeigneter Weise zu begegnen, werden in der Folge praktische Schutzmaßnahmen empfohlen.

Was ist Richtfunk?

Richtfunk ist eine Funktechnik (mit Hilfe elektromagnetischer Wellen), bei der die ausgesendeten Signale auf einen bestimmten Punkt (Empfängerstation) gerichtet werden und am Empfänger auch nur gerichtet empfangen werden können (der Empfänger hat einen eingeschränkten optischen Empfangswinkel). Optischer Richtfunk wird im Prinzip wie konventioneller Richtfunk betrieben. Hierfür werden anstatt Antennen optische Linsen verwendet und anstatt (Funk-) Mikrowellen wird „Laserstrahlung“ eingesetzt – s. Abb. 1. Sender und Empfänger sind in einem einzigen Gerät untergebracht.

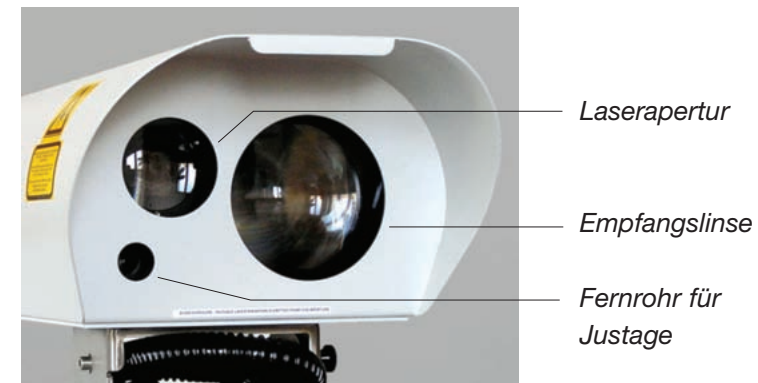


Abb. 1: Sende- und Empfangsstation

Neben Einstrahlssystemen werden auch Produkte mit mehreren Laserstrahlen (bis zu 8) angeboten, wobei alle Laserquellen dasselbe Signal abstrahlen. Mehrstrahlssysteme werden eingesetzt, wenn eine höhere Übertragungssicherheit gefordert ist oder die zu überbrückende Distanz länger wird.

a Einige Systeme verwenden LEDs anstatt Laserquellen, allerdings ist hierbei die Reichweite deutlich eingeschränkt.

Richtfunk ist leider störrbar

Reichweite

Die Reichweite von optischen Richtfunkssystemen ist im Vergleich zu Lichtwellenleiter-Systemen deutlich kürzer. Optischer Richtfunk ist eine Alternative im Kurzstreckenbereich, der sich zurzeit von einigen zehn Metern bis etwa 5 km erstreckt.

Einen wesentlichen Einfluss auf die Reichweite hat das Wetter. Vor allem Nebel schränkt die Verfügbarkeit der Verbindung als auch die Reichweite unter Umständen auf längere Zeit stark ein. Regen und Schneefall dämpfen zwar das Signal, aber die Verbindung bleibt in der Regel aufrecht. Es hängt somit stark von den örtlichen Klimafaktoren ab, ob die angegebenen Reichweiten eingehalten werden können. Um die Verbindung auch bei Nebel garantieren zu können, werden manche Anlagen mit einem Back-up-System, einer gewöhnlichen Richtfunkanlage, versehen. Die übertragbare Datenrate beim Wechsel auf das Back-up-System selbstverständlich reduziert.

Weitere Einflussgrößen sind Änderungen des Brechungsindex in der Atmosphäre oder auch Vogelflug und Kräne, die alle zu kurzen Strahlunterbrechungen führen können. All diese Beeinflussungen sind „naturgegeben“ und deshalb nicht vermeidbar.

Wo wird optischer Richtfunk eingesetzt?

Da mit optischer Strahlung gearbeitet wird, muss zwischen Sender und Empfänger eine Sichtverbindung vorhanden sein. Die Endgeräte sind daher oft in äußerst exponierten

b Die Reichweite hängt von der geforderten Verfügbarkeit ab.

c In Österreich ist aufgrund der Wetterbedingungen die Reichweite im Mittel auf 500 bis 1000 m beschränkt (je nach gewünschter Verfügbarkeit).

Lagen, wie z.B. an Dachkanten oder an Giebelfenstern, zu finden. Natürlich können OFRKS auch in Gebäuden installiert werden und durch ein Fenster hinausstrahlen. Sind unüberwindliche Hindernisse vorhanden, kann der Strahlenweg über eine Art „Relaisstation“ um die Ecke gelenkt werden.



Außenmontage



Innenmontage

Verwendete Wellenlängen

Nicht jede Wellenlänge ist geeignet, um durch die Atmosphäre geführt zu werden. Dämpfung und Streuung von elektromagnetischer Strahlung ist unterschiedlich für verschiedene Wellenlängen. Die optimalen Wellenlängen für den optischen Richtfunk liegen im nahen infraroten Spektralbereich – s. Abb. 2.

Für die Übertragung können grundsätzlich dieselben Wellenlängen wie bei Lichtwellenleitern genutzt werden. Aus Kostengründen wird meistens der Wellenlängen-Bereich um 850 nm verwendet, selten 1550 nm. Weil diese Wellenlängen auch für Lichtwellenleitersysteme benutzt werden, können Standardkomponenten verwendet werden.

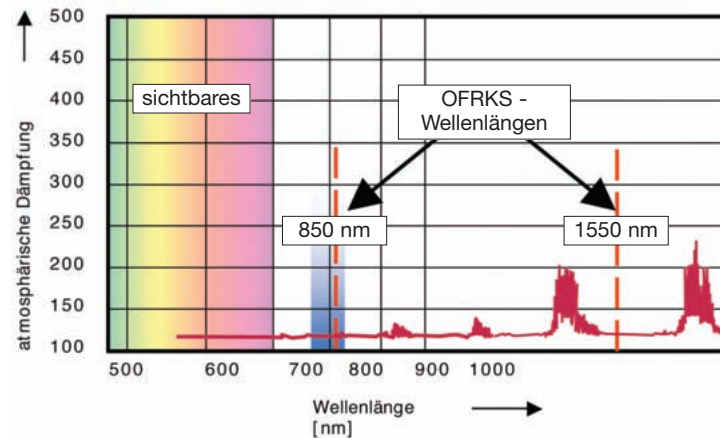


Abb. 2: genutzte Wellenlängen(bereiche) für OFRKS.

Die Anbindung des OFRKS an das Sprach- und Datennetz kann elektrisch oder auch optisch über Lichtwellenleiter (LWL) erfolgen (geräteabhängig stehen elektrische und optische Schnittstellen zur Verfügung).

d 1 nm = 0,000 000 001 m = 10⁻⁹ m (der Milliardste Teil eines Meters).

Gefährdung durch Laserstrahlung

Was ist die Gefahr bei Laserstrahlung? – Es ist vor allem die Schädigung des Auges.

Das Auge fokussiert die Laserstrahlung bestimmter Wellenlängen auf einen sehr kleinen Fleck auf der Netzhaut, so dass die Leistungsdichte um bis zu 100 000-mal höher ist als auf der Hornhaut. Die Netzhaut kann somit schon bei relativ geringen Leistungen irreparabel geschädigt werden. Ernsthaftige Hautschäden können jedoch nur entstehen, wenn die Leistung einige 100 mW beträgt und der Strahl sehr genau auf die Haut fokussiert wird (ist bei der optischen Freiraumübertragung nicht vernünftigerweise vorhersehbar).

Grenzwerte

Ab welchen Leistungen ein Augenschaden eintritt, wird durch Grenzwerte angegeben. Diese werden als **Maximal zulässige Bestrahlung** oder kurz als **MZB-Werte** bezeichnet. Welcher Teil des Auges geschädigt wird, hängt von der Wellenlänge ab – s. Abb. 4.

Sichtbares Licht – das ist Strahlung mit Wellenlängen zwischen 400 und 700 nm - wird auf die Netzhaut fokussiert und kann sie schädigen. Infrarotes Licht mit Wellenlängen zwischen 700 und 1400 nm ist zwar unsichtbar, wird aber – so wie sichtbares Licht – bis zur Netzhaut durchgelassen. Der mittlere Infrarot-Bereich von 1400 bis 3000 nm belastet vor allem die Augenlinse und die Hornhaut.

Neben der Wellenlänge bestimmt die Bestrahlungsdauer die Wirkung der Laserstrahlung. Eine angemessene Bestrahlungsdauer ist die anzuwendende Zeitbasis zur Bestimmung des MZB-Wertes. Im Sinne eines worst-case-Szenarios werden für den Infrarot-Bereich meist 10 Sekunden als Bestrahlungsdauer angenommen.

Laser kann die Augen schädigen

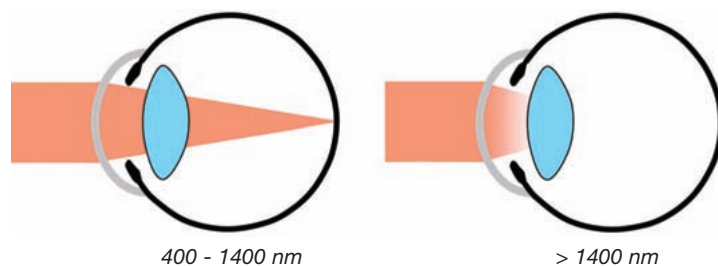


Abb. 3: Augenabsorption

Für einige wichtige Wellenlängen sind in Tabelle 1 die MZB-Werte (für das Auge) sowie die entsprechende Leistung, die durch die Messblende tritt, aufgelistet. Ein Vergleich der Grenzwerte zeigt, dass der MZB-Wert für 1550 nm um einen Faktor von etwa 50 höher ist als der MZB-Wert für 850 nm. Aus diesem Grund können bei OFRK-Systeme, die die Wellenlänge 1550 nm nutzen, deutlich höhere Leistungen verwendet werden.

Tabelle 1: MZB-Werte (Zeitbasis ≥ 10 Sekunden)

Wellenlänge [nm]	MZB-Wert [W/m ²]	Leistung *) [mW]
700	10	0,4
850	20,2	0,78
1550	1000	9,62

*) für Wellenlängen 400 - 1400 nm gelangt diese Leistung ins Auge – der Messblendendurchmesser beträgt daher 7 mm. Für die Wellenlänge 1550 nm ist das die Leistung, die innerhalb der Messblende mit 3,5 mm Durchmesser auf die Hornhaut trifft.)

Standort-Typen und Erreichbarkeitsstufen

Welche Strahlungsleistung verwendet werden darf, hängt vom Standort der Sende- bzw. Empfangsstation ab. Beim optischen Richtfunk sind unterschiedliche Standort-Typen festgelegt, die sich durch ihre **Erreichbarkeit** unterscheiden. Im Teil 12 der Normenreihe EN 60825 werden – in Analogie zu den Laserklassen – entsprechende **Erreichbarkeitsstufen** definiert, wobei sowohl die gesendete als auch die empfangene Leistung am Standort berücksichtigt werden muss!

Uneingeschränkte Standorte sind alle Bereiche, die für die Öffentlichkeit zugänglich sind. Sie schließen im Außenbereich das gesamte Volumen innerhalb von 3 m Höhe über dem Boden und innerhalb von 1 m horizontaler Entfernung von einfach erreichbaren Standorten mit ein. Hier ist eine Erreichbarkeitsstufe von 1 oder 2 zulässig. Wenn die Verwendung von Teleskopen nicht vernünftig vorhersehbar ist oder ein Sicherheitssystem installiert ist, dann sind auch Erreichbarkeitsstufen 1M, 2M oder 3R erlaubt.

Eingeschränkte Standorte sind Bereiche, die nur befugtem Personal (z.B. Service- oder Wartungspersonal) zugänglich sind. Telefonmaste oder Baugerüste im Außenbereich oder zweckbestimmte Räume im Innenbereich gelten in diesem Sinn ebenfalls als eingeschränkter Standort. Im Außenbereich wird das Raumvolumen gegenüber uneingeschränkten Standorten horizontal um 2,5 m und vertikal um nochmals 3 m erweitert. Die maximale Erreichbarkeitsstufe darf in eingeschränkten Standorten 1M und 2M nicht überschreiten. Bedingt ist auch hier eine Erreichbarkeitsstufe von 3R erlaubt.

Wer darf in die Nähe des optischen Richtfunks?

Außerhalb dieser Grenzen gilt alles als unerreichbarer Bereich. Die maximale Erreichbarkeitsstufe darf hier 1M, 2M oder 3R nicht überschreiten. Eine Übersicht der Standort-Typen gibt Abb. 4.

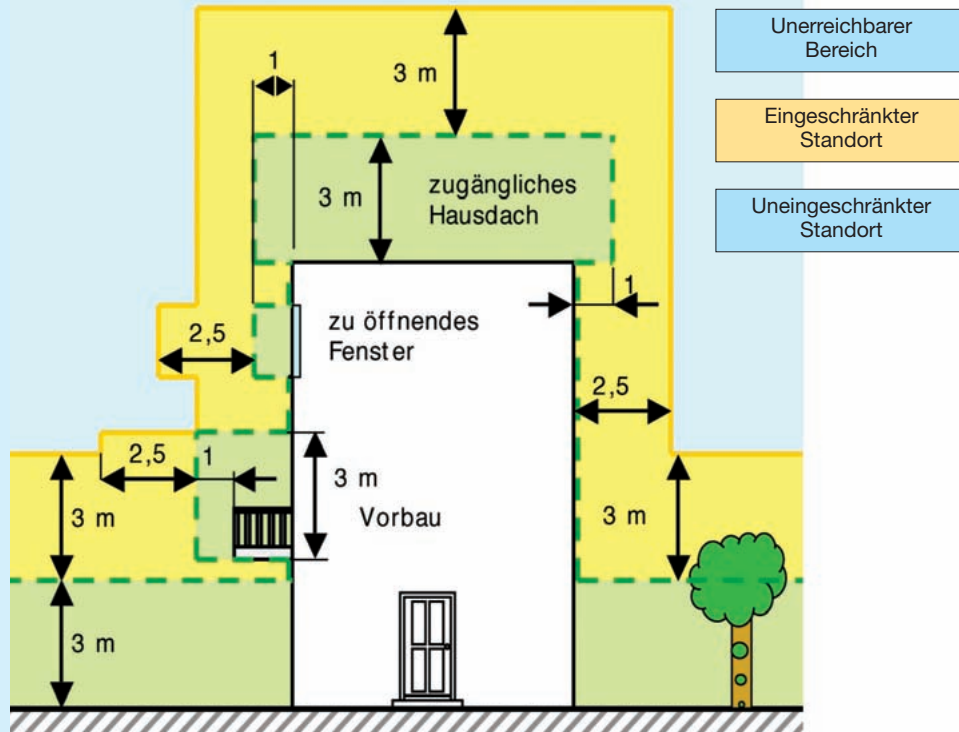


Abb. 4: Definition der Standorte bzw. des unerreichbaren Bereiches.

e Die anzuwendenden Messblenden sind in den Normen EN 60825 Teil 1 und Teil 14 festgelegt.

f Reihenfolge der Erreichbarkeitsstufen (mit ansteigender Gefährdung): 1, 2, 1M, 2M, 3R, 3B und 4. Sie ist aufgrund des speziellen Einsatzgebietes nicht identisch mit der Reihenfolge nach EN 60825-1.

Werden Laser höherer Leistung verwendet, kann die Erreichbarkeitsstufe sogar der Klasse 3B oder 4 entsprechen. Standorte mit solchen Erreichbarkeitsstufen müssen kontrolliert werden. Das schließt jeden möglichen Standort innerhalb des Lasergefahrenbereiches – z.B. auch das Nachbardach - mit ein. Kontrollierte Standorte zeichnen sich durch ein geeignetes Sicherungssystem und organisatorische Schutzmaßnahmen aus.

Dazu zählt vor allem die automatische Leistungsverminderung, die z.B. die Bestrahlung in eingeschränkten und kontrollierten Bereichen auf ein Niveau der Klasse 1M oder 2M reduziert, sobald eine Person in die Gefährdungszone eindringt. Kontrollierte Standorte sind nur befugtem Personal mit entsprechender Lasersicherheitsausbildung zugänglich.

Tabelle 2: Einschränkungen für Produktklassen und Erreichbarkeitsstufen.

Standort-Typ	Erlaubte Produkt klasse und Einbau bedingungen	Zulässige Erreichbarkeitsstufe
Uneingeschränkt	Klasse 1 oder 2 Bedingt: Klasse 1M, 2M, 3R *)	1 oder 2
Eingeschränkt	Klasse 1, 2, 1M oder 2M Bedingt 3R *)	1, 2, 1M oder 2M
Kontrolliert	Klasse 1, 2, 1M, 2M oder 3R Bedingt: Klasse 3B oder 4 *)	1, 2, 1M, 2M oder 3R Bedingt 3B oder 4
Unerreichbarer Bereich	n.a.	1, 2, 1M, 2M oder 3R

*) Bedingt heißt, dass die Verwendung von Teleskopen nicht vernünftiger Weise vorhersehbar ist oder ein Sicherheitssystem installiert ist.

Lasergefahrendistanz

Die Lasergefahrendistanz (engl. NOHD = nominal ocular hazard distance) beginnt bei der Laseraustrittsöffnung (Apertur) des Sendeelements und hängt sowohl von der Aufweitung des Strahls (Divergenz), von der Leistung als auch von der Wellenlänge, die den MZB-Wert bestimmt, ab. Bei Mehrstrahlssystemen können sich die Strahlkegel ab einer gewissen Distanz - je nach Abstand der Laserquellen bzw. -aperturen zueinander und der Strahldivergenz der Teilstrahlen - überlappen. Dadurch kann sich der Lasergefahrenbereich gegenüber der Gefährdungszone eines Einzelstrahls erweitern.

Da für Laserprodukte der Klasse 1 und 2 kein Gefahrenbereich besteht, existiert auch für die Erreichbarkeitsstufen 1 und 2 kein Gefahrenbereich. Die Betrachtung von Laseraustrittsöffnungen an Standorten mit der zugewiesenen Erreichbarkeitsstufe 1M oder 2M ist nur bei Verwendung von Teleskopen (Fernrohren), mit der Erreichbarkeitsstufe 3R, 3B oder 4 auch für das freie Auge potenziell gefährlich. In Tabelle 3 und Abb. 5 sind exemplarisch ein paar Lasergefahrenbereiche angeführt. Alle Berechnungen basieren auf kontinuierlichem Betrieb der Laserquelle. Die Breite des Lasergefahrenbereiches beträgt dabei nur wenige Zentimeter. (Annahme für die Berechnung: Wellenlänge = 850 nm; Divergenz = 2 mrad).

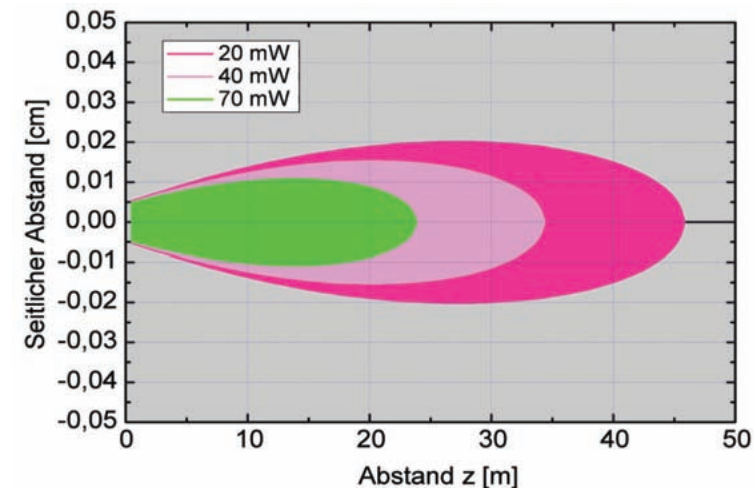
g Da einerseits der Laserstrahl eine bestimmte Breite aufweist, und andererseits etwaige Reflexionen im Strahlweg zu berücksichtigen sind, wird auch der Begriff „Lasergefahrenbereich“ (engl. NOHA ... nominal ocular hazard area) verwendet. In der Norm EN 60825-12 wird dafür der Begriff „Gefahrenzone“ definiert.

h Ein Betrachtungsabstand von weniger als 2 m wird als nicht vernünftigerweise vorhersehbar eingestuft.

Tabelle 3: Lasergefahrendistanz (gerundet).

Leistung [mW]	Laser- gefahrendistanz [m]	Erweiterte Laser- gefahrendistanz [m]
20	25	176
40	36	252
70	47	335

Abb. 5: Lasergefahrenbereiche für verschiedene Ausgangsleistungen.



Muss die Verwendung eines Teleskops angenommen werden, dann muss auch von einer erweiterten Lasergefahrendistanz (eng. ENOHD ... enhanced NOHD) bzw. von einem erweiterten Lasergefahrenbereich – s. Tabelle 3 - ausgegangen werden! Diese Erweiterung hängt vom Durchmesser des Teleskopobjektivs ab. Bei einem Standardobjektiv mit 50 mm Durchmesser nimmt die Bestrahlungsstärke vom Objektiv zum Auge um den Faktor 51 zu. Die maximale zulässige Bestrahlung am Objektiv verringert sich daher um

denselben Faktor. (Die Breite des Gefahrenbereiches erhöht sich im obigen Beispiel auf maximal 30 cm).

In welchen Situationen kann man gefährlicher Laserstrahlung ausgesetzt sein?

Grundsätzlich bei Installations-, Wartungs- und Servicearbeiten.

Man sollte daher in der Praxis auf folgende Punkte achten:

- Die verwendete Laserstrahlung ist meist nicht sichtbar. Aus diesem Grund gibt es keinen „Schutzreflex“, der die Augen schützt.
- Achten Sie darauf, ob Herstelleraussagen mit den Angaben im Benutzerhandbuch oder den Hinweisschildern am Gerät übereinstimmen.
- Klären Sie ab, welche Leistung und welche Wellenlänge vorliegen.

Praxistipps

Schutzmaßnahmen

Aufgrund der dargestellten Gefahrenmomente sind entsprechende Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

a) Warnschilder und Kennzeichnung

Mit Ausnahme der uneingeschränkten Standorte sind in Ergänzung zu den technischen Maßnahmen Warnschilder anzubringen. Während bei einer Erreichbarkeitsstufe 2M in eingeschränkten und kontrollierten Bereichen nur neben der Einrichtung auf die Laserstrahlung und die Erreichbarkeitsstufe hinzuweisen ist, muss in kontrollierten Standorten mit Erreichbarkeitsstufen 3R bis 4 auf die Laserstrahlung und die Erreichbarkeitsstufe neben der Einrichtung als auch bei der Eingangstür hingewiesen werden – s. **Abb. 6** und **Tabelle 4**.

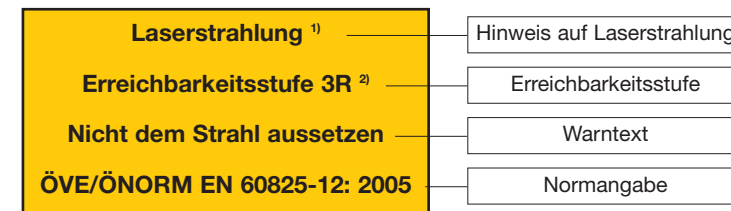


Abb. 6: Beispiel für ein Warnschild

- 1) a) wenn die Wellenlänge im sichtbaren Spektralbereich liegt, kann der Begriff „Laserstrahlung“ durch „Laserlicht“ ersetzt werden.
- b) wenn die Wellenlänge im unsichtbaren Spektralbereich liegt, muss dem Wort „Laserstrahlung“ das Wort „unsichtbar“ vorgesetzt werden.
- 2) Bei Erreichbarkeitsstufen 1M und 2M muss der Warntext die Aussage „Keine optischen Instrumente (Binokulare oder Teleskope) benutzen“ enthalten.

**Warnungen
sind zu
beachten**

Erreichbarkeitsstufe	uneingeschränkt	eingeschränkt	kontrolliert
1	---	---	---
2	---	---	---
1M	n.a. *)	---	---
2M	n.a.	Erreichbarkeitsstufe 2M ...	Erreichbarkeitsstufe 2M ...
3R	n.a.	n.a.	Erreichbarkeitsstufe 2M ...
3B	n.a.	n.a.	Erreichbarkeitsstufe 2M ...
4	n.a.	n.a.	Erreichbarkeitsstufe 2M ...

*) n.a. = nicht anwendbar (weil die Erreichbarkeitsstufe an diesem Standort nicht erlaubt ist).

Tabelle 4: Warnschilder für OFRKS-Standorte

b) Automatische Leistungsverringerung (ALV)

Die **automatische Leistungsverringerung** ist eine technische Maßnahme, die hilft, den vorgegebenen Gefährdungsgrad einzuhalten. Die Umsetzung der ALV kann z.B. mechanisch, mit Hilfe von Sensoren und/oder über Softwareeinstellungen erfolgen. Der Begriff ALV umfasst auch folgende Begriffe, die in den Empfehlungen der internationalen Fernmeldeunion verwendet werden: automatische Laserabschaltung (ALA), automatische Energieabschaltung (AEA). Wenn der Gefährdungsgrad vom Funktionieren des ALV abhängt, dann ist die Zuverlässigkeit des ALV-Systems besonders wichtig. Es wird empfohlen, dass die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls 500 FIT nicht übersteigt.

i Oft werden im deutschen Sprachraum auch die englischen Abkürzungen verwendet: ALS für „automatic laser shutdown“, APR für „automatic power reduction“, APSD für „automatic power shutdown“.

j FIT ... Failure in time; beschreibt die Fehleranzahl pro 109 Stunden.

Beim Auslösen der Sicherheitsfunktion muss die Strahlung auf das vorgegebene Niveau innerhalb von 2 Sekunden reduziert werden. Innerhalb dieser zwei Sekunden dürfen die MZB-Werte (Beurteilung ohne Teleskop) am Ort der Unterbrechung nicht überschritten werden.

Falls die ALV außer Kraft gesetzt wurde, muss auf diesen Umstand sichtbar oder hörbar hingewiesen werden. Solange die ALV abgeschaltet ist, muss die Wiederaufnahme des Normalbetriebs verhindert sein.

Bei Sendeelementen, die ohne ALV-System in der Klasse 3B oder 4 wären, muss ein einzelner Fehler in der Sicherheitsfunktion Folgendes einleiten:

- a) Reduzierung der Strahlung auf das vorgegebene Niveau innerhalb von 2 Sekunden.
- b) Fehlermeldung an die Betreiberorganisation.
- c) Allgemeine Schutzmaßnahmen
 - Systemausfälle, besonders der Ausfall eines ALV- oder eines anderen Sicherheitssystems, sollten innerhalb einer vorab festgelegten Zeit repariert werden. Vor allem bei Systemen, die ohne ALV Klasse 3B oder 4 wären, sollte die Fehlerbeseitigung innerhalb eines Zeitraums erfolgen, in dem ein zweiter Fehler vernünftigerweise nicht zu erwarten ist.
 - Nie absichtlich in die Laseraustrittsöffnung blicken.
- d) Laserschutzbrillen

Das Tragen von Laserschutzbrillen ist nur dann notwendig, wenn Arbeiten innerhalb des Lasergefahrenbereiches notwendig sind. Auch bei Arbeiten mit unbekanntem, mit Laserenergie beaufschlagten OFRKS sind geeignete Laserschutzbrillen zu tragen, wenn die Laserquellen nicht abgeschaltet werden können.

Kein Laser ohne Gläser

Gefahrenmomente und Schutzmaßnahmen bei der Installation

Mögliche Gefährdungen ergeben sich in erster Linie bei der Installation, d.h. bei der Montage, Erstausrüstung und Feinjustage der Sende- bzw. Empfangsgeräte. Für die Erstausrüstung werden integrierte Fernrohre verwendet, um die Gegenseite anzuvisieren. Hierbei sollte sichergestellt sein, dass die Gegenseite die Laserquellen noch nicht eingeschaltet hat. Während der anschließenden Feinjustage, bei der der Signalpegel maximiert wird, sollte nach Möglichkeit die abgegebene Leistung unterhalb der Grenzwerte für Klasse 1 oder 2 bleiben.

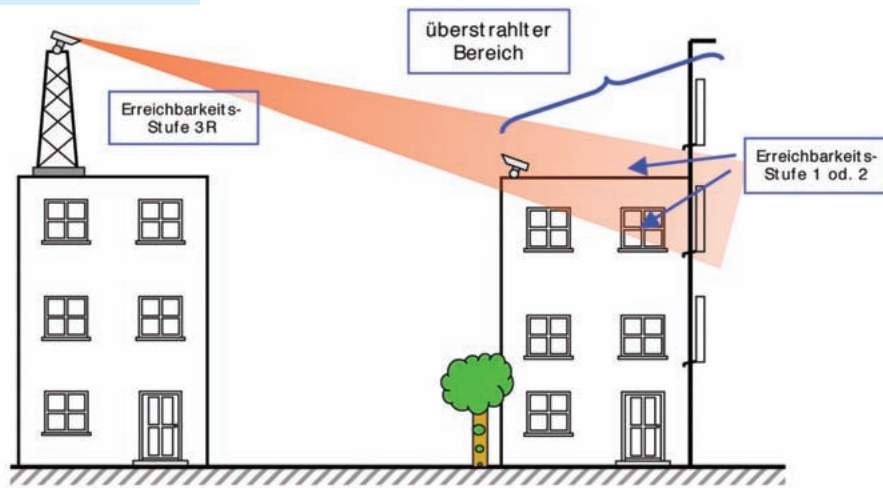


Abb. 7: Überstrahlter Bereich an der Empfängerseite. Die Strahlkeule erfasst in diesem Fall das gesamte Flachdach sowie angrenzende Fenster.

k Hierfür muss zumindest die Wellenlänge in Erfahrung gebracht werden.

Überdies muss beachtet werden, dass die Empfangsstation in der Regel überstrahlt wird und daneben oder dahinter liegende Bereiche betroffen sind. Die dort geltenden Erreichbarkeitsgrade müssen bei der Festlegung der Übertragungsstrecke berücksichtigt werden. Ein Beispiel ist in Abb. 7 zu sehen. Der Sendestation ist der Erreichbarkeitsgrad 3R zugewiesen. Am frei zugänglichen Dach und an der Fensterfront gegenüber darf nur mehr eine Erreichbarkeitsstufe von 1 oder 2 vorhanden sein.

Neben der Gefährdung durch den Laserstrahl ist vor allem die Absturzgefahr das größte Gefahrenmoment. Besonders bei Außeninstallationen am Dach müssen die Mitarbeiter durch geeignete Sicherungsgurte und Seile gegen Absturz abgesichert sein.



Abb. 8: Absicherung



Ankerpunkt für Sicherung

Schutzmaßnahmen für den Betrieb

- ⊕ Ist für den Betrieb eine automatische Leistungsverringereung vorgesehen, dann muss die Reduzierung der Strahlung auf das vorgegebene Niveau innerhalb von 2 Sekunden gewährleistet sein. Eine weitere Grundvoraussetzung der automatischen Leistungsverringereung ist eine ausreichende Zuverlässigkeit, die die Einfehlertoleranz mit einschließt.
- ⊕ Auf eine feste Montage der Geräte ist zu achten, sodass auch Wind- und Schneedruck die Strahlachse nicht verdrehen.
- ⊕ Einen besonderen Einfluss hat die Temperatur des Untergrundes. Bedingt durch Sonneneinstrahlung können sich Stützkonstruktionen und selbst ganze Fassaden verwinden.
- ⊕ Auch Erschütterungen - z.B. an stark befahrenen Straßen - können die Strahlachse kurzfristig verkippen.
- ⊕ Der Laserstrahl wird aber auch durch aufsteigende warme Luft - z.B. oberhalb von Schornsteinen oder heißen Dachflächen - abgelenkt.
- ⊕ Gleichfalls sind reflektierende Flächen - wie z.B. Glasfenster - bei der Überlegung hinsichtlich des Strahlweges zu beachten. Auch bei Innenmontagen sind die Reflexionen von der Glasscheibe zurück in den Anwendungsraum zu berücksichtigen. In beiden Fällen muss von einem Reflexionsgrad von mindestens 8% ausgegangen werden, bei doppelglasigen Fenstern ist sogar von etwa 15% auszugehen. Dieser Wert steigt mit zunehmendem Auftreffwinkel!

- ⊕ Bei Einrichtungen mit Schlüsselschalter ist der Zugang festzulegen sowie ein Mitarbeiter zu berufen, der für die Verwahrung und Überwachung verantwortlich ist.
- ⊕ Nicht zuletzt sind alle Mitarbeiter - außer bei Geräten der Klasse 1 und 2 - zu unterweisen. Für Einrichtungen der Klasse 3B und 4 ist ein Laserschutzbeauftragter zu bestellen.

Anforderungen an den Hersteller

Was kann man als Anwender vom Hersteller von OFRKS-Sende- und Empfangselemente erwarten?

- a) Die Anforderungen gemäß EN 60825 1 müssen erfüllt sein, das schließt folgende Punkte mit ein:
 - korrekte Laserklassifizierung.
 - technische Sicherheitsmaßnahmen (z.B. Emissionsanzeige, Anschluss für Sicherheitsverriegelung).
 - entsprechende Warnschilder und -hinweise.
- b) Falls das OFRKS mit Lichtwellenleiter verbunden ist, dann sind auch die Anforderungen gemäß EN 60825 2 zu erfüllen.
- c) Bereitstellung der Information über
 - ... korrekte Montage, Justage, Betrieb und Wartung.
 - ... alle Maßnahmen, die in das Gerät eingebaut sind, die den Zugang zu Strahlung oberhalb der geforderten Erreichbarkeitsstufe verhindern.
 - ... die Reaktionszeit und die Betriebsparameter des ALV-Systems (sofern vorhanden).
 - ... alle Schutzmaßnahmen, wenn das ALV-System außer Betrieb gesetzt wird.
 - ... den Lasergefahrenbereich, den erweiterten Lasergefahrenbereich.
 - ... alle Punkte, die notwendig sind, um die maximale Erreichbarkeitsstufe in jeder Position bezogen auf das Sendeelement zu bestimmen.
 - ... die Schnittstellen, die für ein Sicherungssystem herangezogen werden können.

I Winkel zwischen Strahlachse und dem Lot auf die reflektierende Fläche.

Zusammenfassung

Die Lasergefahrenbereiche sind bei 850 nm wesentlich größer als bei 1550 nm. Der erweiterte Gefahrenbereich kann sogar (unter worst-case Annahmen) einige 100 Meter betragen. Die Strahlkeulen sind sehr schmal (einige Zentimeter). In Sonderfällen kann sich bei Mehrstrahlsystemen der Gefahrenbereich aufgrund der Überlappung der Teilstrahlen erweitern.

Eine sichere Anwendung der optischen Freiraumübertragung beginnt bei der geeigneten Standortwahl und dem geeigneten Strahlweg.

Der Standortwahl folgt die Bestimmung des Standorttyps (z.B. eingeschränkter Standort). Dieser legt fest, welche Schutzmaßnahmen für den Standort in Folge zu ergreifen sind.

In Ergänzung sollte eine automatische Leistungsverringern (ALV) bei allen Geräten in Betrieb sein, wenn eine Exposition über den maximal zulässigen Bestrahlungswerten nicht ausgeschlossen werden kann. Die ALV sollte innerhalb von 2 Sekunden die Laserstrahlung auf das vorgegebene Niveau reduzieren.

Die Sicherheit bei Installationen beruht vor allem auf organisatorischen Schutzmaßnahmen, womit der Unterweisung des Personals und entsprechenden Arbeitsanweisungen zentrale Bedeutung zukommt.

Für Alle, die noch mehr wissen wollen (oder müssen)

Weitere Informationsquellen

Ausgangspunkt ist das Arbeitnehmerinnenschutzgesetz. Danach muss jeder Arbeitgeber mögliche Gefahren an den Arbeitsplätzen ermitteln und nach Bedarf Schutzmaßnahmen einleiten. In Ergänzung zum vorliegenden Merkblatt bieten folgende Normen bzw. Informationsschriften konkrete Hilfestellung:

- ÖVE/ÖNORM EN 60825-1: Sicherheit von Lasereinrichtungen, Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien
- ÖVE/ÖNORM EN 60825-12: Sicherheit von Lasereinrichtungen, Teil 12: Sicherheit von optischen Freiraumkommunikationssystemen für die Informationsübertragung
- IEC TR 60825-14: Safety of laser products – part 14: A user's guide.
- Merkblätter der AUVA
 - M 012 Mobilfunkanlagen
 - M 080 Grundlagen der Lasersicherheit
 - M 470 Elektromagnetische Felder

Anhang

Leistungsangabe

In der Nachrichtentechnik wird für die Leistungsangabe meist die Einheit Dezibel anstatt Watt verwendet. Als Referenzmaß dient hierfür 1 Milliwatt. Gemäß der unten angeführten Formel lässt sich die Leistung P, in Watt angegeben, in Dezibel umrechnen. Der Abkürzung dB für Dezibel folgt noch der Buchstabe „m“, um darauf hinzuweisen, dass auf 1 mW referenziert wird. In Abb. A-1 sind zur Orientierung die Leistungswerte in beiden Einheiten abgebildet.

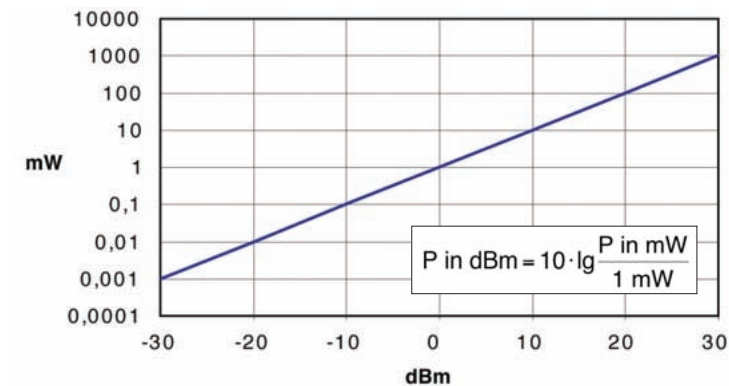


Abb. A-1: Graphische Darstellung der Umrechnung von dBm in mW.

Lizenzfreie Übertragung

Der genutzte Wellenlängenbereich 850 – 1550 nm entspricht ungefähr 200 THz. Die Federal Communications commission (FCC) reguliert die Nutzung von Frequenzen oberhalb von 300 GHz nicht – dies gilt weltweit. Somit erfordern OFRK-Systeme keine Betriebserlaubnis.

Standort-Typen

- a) uneingeschränkter Standort
- Privatgelände.
 - alle Bereiche, die für die Öffentlichkeit zugänglich sind (Geschäfte, Hotels, Parks, Straßen, etc.).
 - ungesicherte Bereiche innerhalb Gewerbe-, Industrie- und Firmengeländen (Büros, etc.).
- b) eingeschränkter Standort
- Innenbereich: Gehäuse für Ausrüstungen, Kästen (Schränke) in Büros sowie zweckbestimmte Räume.
 - Außenbereich: begrenzter Zutritt auf Hausdächern von kommerziellen oder industriellen Gebäuden, Telefonmaste, oder Bereich, wo sich Baugerüste aufgestellt sind.
 - Zutritt nur für befugtes Personal (z.B. für Service und Wartung), auch ohne Lasersicherheitsausbildung.
 - Einschränkung erfolgt durch technische als auch organisatorische Schutzmaßnahmen.
- c) kontrollierter Standort
- Zutritt nur für befugtes Personal mit entsprechender Lasersicherheitsausbildung.
 - Die Kontrolle erfolgt durch technische als auch organisatorische Schutzmaßnahmen.
- d) unerreichbarer Bereich
- Raum, der sich horizontal in einem Abstand von mehr als 2,5 m von einem uneingeschränkten Standort und vertikal in einem Abstand von mehr als 6 m über der Grundfläche eines ungeschränkten Standorts oder mehr als 3 m über der Grundfläche eines eingeschränkten Standorts befindet. Schließt daher den gesamten Luftraum außerhalb dieser Grenzen ein.

Vernünftigerweise vorhersehbare Ereignisse

Ein Ereignis, dessen Auftreten unter bestimmten Voraussetzungen ziemlich sicher vorhergesagt werden kann und dessen Eintrittswahrscheinlichkeit nicht klein ist. Rücksichtsloser Umgang oder Verwendung der Laserprodukte für völlig ungeeignete Zwecke gehören nicht zu vernünftigerweise vorhersehbaren Ereignissen.

Zugängliche Stelle

Jede Stelle, wo unter vernünftigerweise vorhersehbaren Umständen Laserstrahlung ohne Benutzung eines Werkzeugs zugänglich werden kann.

Erreichbarkeitsstufe

Stellt die potentielle Gefährdung in Verbindung mit einer OFRKS-Installation an jeder erreichbaren Stelle dar. Die Erreichbarkeitsstufe ist in Analogie zu den Laserklassen definiert und basiert auf der optischen Strahlung, die unter vernünftigerweise vorhersehbaren Umständen am gegebenen Standort zugänglich werden könnte.

Gefahrenbereich

Es gibt mehrere Ausdrücke für den Gefahrenbereich, deren Bedeutung aber identisch ist: Laserbereich (lt. Norm EN 60825-1), Lasergefahrenbereich oder auch Gefährdungszone (lt. Norm EN 60825-12). Mit diesen Begriffen ist immer jener Bereich gemeint, innerhalb dessen die MZB-Werte überschritten sind.

Abkürzungen

AEA	automatische Energieabschaltung
ALA	automatische Laserabschaltung
ALS	automatic laser shutdown automatische Laserabschaltung
ALV	automatische Leistungsverringering
APR	automatic power reduction automatische Leistungsverringering
APSD	automatic power shutdown automatische Energieabschaltung
ENOHD	enhanced nominal ocular hazard distance erweiterter Lasergefahrenbereich
FCC	Federal Communications Commission
FIT	Failure in time Fehleranzahl pro 109 Stunden
FSO	free space optic optischer Freiraum
GZS	Grenzwert zugänglicher Strahlung
IR	infrared Infrarot
LED	light emitting diode Licht aussendende Diode
LWL	Lichtwellenleiter
MZB	maximal zulässige Bestrahlung
NOHD	nominal ocular hazard distance Lasergefahrendistanz
NOHA	nominal ocular hazard area Lasergefahrenbereich
OFRKS	Optisches Freiraumkommunikationssystem

Dieses Merkblatt entstand im Rahmen eines Forschungsprojekts von Austrian Research Centers GmbH, welches im Auftrag der AUVA durchgeführt wurde.



und



Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Helmut Brusl
Tel.: +43 1 33 111-533
E-Mail: helmut.brusl@auva.at

Dr. Karl Schulmeister
Laser und optische Strahlung

Austrian Research Centers GmbH - ARC
Forschungszentrum: 2444 Seibersdorf, Austria
Tel.: +43 (0) 50 550-2533
E-Mail: karl.schulmeister@arcs.ac.at

Autor

Dr. Georg Veess
Laser und optische Strahlung

Austrian Research Centers GmbH - ARC
Forschungszentrum: 2444 Seibersdorf, Austria
Tel.: +43 (0) 50 550-2531
E-Mail: georg.vees@arcs.ac.at