

	DIN EN IEC 60825-12 (VDE 0837-12)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etw Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE

ICS 31.260

Einsprüche bis 2022-01-05

Entwurf

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN IEC 60825-12
(VDE 0837-12):2019-10

**Sicherheit von Lasereinrichtungen –
 Teil 12: Sicherheit von optischen Freiraumkommunikationssystemen für
 die Informationsübertragung
 (IEC 76/655/CD:2020);
 Text Deutsch und Englisch**

Safety of laser products –
 Part 12: Safety of free space optical communication systems used for transmission of
 information
 (IEC 76/655/CD:2020);
 Text in German and English

Sécurité des appareils à laser –
 Partie 12 : Sécurité des systèmes de communication optiques en espace libre utilisés pour la
 transmission d'informations
 (IEC 76/655/CD:2020);
 Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-11-05 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 102 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 76/655/CD:2020-05 „Safety of laser products – Part 12: Safety of free space optical communication systems used for transmission of information“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom IEC/TC 76 „Optical radiation safety and laser equipment“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC . Das Dokument wurde den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf FprEN nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium DKE/GK 841 „Optische Strahlungssicherheit und Lasereinrichtungen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber **DIN EN IEC 60825-12 (VDE 0837-12):2019-10** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Sofern zutreffend und angemessen, wurden Verweisungen auf **IEC 60825-1** in Verweisungen auf eine spezifische datierte Fassung, d. h. in **IEC 60825-1:2014**, geändert.
- b) Bedingung 2 wurde von 7 mm Messblende und 70 mm Abstand wie folgt geändert:
 - für Wellenlängen unter 1 400 nm in eine Messblende von 3,5 mm und einen Abstand von 35 mm,
 - für Wellenlängen größer oder gleich 1 400 nm in eine Messblende von 3,5 mm und einen Abstand von 14 mm.
- c) Bei Wellenlängen zwischen 1 200 nm und 1 400 nm ist eine weitere Begrenzung erforderlich, die der gleichwertigen Strahlungsleistung des Haut-MZB-Werts entspricht. C7 wurde daher in Übereinstimmung mit **IEC 60825-1:2014** überarbeitet, jedoch mit einer zusätzlichen Begrenzung der Haut-MZB-Werte; siehe 4.2.2.
- d) In 4.9 wurde eine zusätzliche Erläuterung zu den Inhalten und Formaten von Beschriftungen eingefügt.
- e) Anhang A wurde hinzugefügt, der eine Begründung für die Unterschiede bei den Ansätzen dieses Dokuments und **IEC 60825-1:2014** enthält.
- f) Anhang B wurde hinzugefügt, der eine Erläuterung des Begriffs „Erreichbarkeitsstufe“ enthält.
- g) Es wurden Arbeitsbeispiele für eine Vielzahl von Szenarien hinzugefügt, siehe Anhang C.1 bis Anhang C.4.
- h) Anhang C.5 mit Angaben zu unbemannten Luftfahrzeugen (UAS, en: unmanned aerial systems) wurde hinzugefügt.

Inhalt

Seite

1	Anwendungsbereich.....	6
2	Normative Verweisungen.....	6
3	Begriffe.....	7
4	Anforderungen.....	12
4.1	Allgemeine Bemerkungen.....	12
4.2	Beurteilung der Erreichbarkeitsstufe.....	13
4.2.1	Allgemeines.....	13
4.2.2	Bestimmung der Erreichbarkeitsstufe und Anwendung von Bedingung 2.....	14
4.3	Einfluss einer automatischen Leistungsverringerung.....	18
4.4	Erreichbarkeitsstufe und Anforderungen an die Klassifizierung entsprechend dem Standorttyp.....	18
4.4.1	Allgemeines.....	18
4.4.2	Anforderungen für Standorte mit uneingeschränktem Zugang.....	20
4.4.3	Anforderungen für Standorte mit eingeschränktem Zugang.....	25
4.4.4	Anforderungen für Standorte mit kontrolliertem Zugang.....	28
4.4.5	Anforderungen für den unerreichbaren Bereich.....	28
4.5	Klassifizierung und Bewertung von Erreichbarkeitsstufen.....	29
4.5.1	Allgemeines.....	29
4.5.2	Automatische Leistungsverringerung (ALV).....	29
4.6	Sicherungssystem für Installationen (SSI).....	31
4.7	Spiegelnde Reflexionen.....	31
4.8	Organisatorische Anforderungen.....	31
4.8.1	Anforderungen an Hersteller von gebrauchsfertigen OFRKS-Sendern oder OFRKS-Systemen.....	31
4.8.2	Anforderungen an die Installations- und die Serviceorganisation.....	33
4.8.3	Anforderungen an die betreibende Organisation.....	35
4.9	Aufschriften.....	35
4.9.1	Allgemeine Anforderungen.....	35
4.9.2	Kennzeichnung der Messblende für OFRKS-Sender.....	37
4.9.3	Beständigkeits- und Abriebfestigkeits-Forderungen bei Sicherheitskennzeichnungen.....	37
4.9.4	Warnung vor unsichtbarer Strahlung.....	38
	Anhang A (informativ) Begründung.....	39
	Anhang B (informativ) Erläuterung des Begriffs „Erreichbarkeitsstufe“.....	40
B.1	Allgemeines.....	40
B.2	Klasse.....	40
B.3	Erreichbarkeitsstufe.....	40
	Anhang C (informativ) Beispiele für Anwendungen und Berechnungen.....	41
C.1	Beispiele für NGZ und ENGZ.....	41
C.2	Blick in eine spiegelnde (spiegelähnliche) Reflexion.....	42
C.3	Beispiele für divergente, diffuse IR-Sender.....	43

C.4	OFRKS-Verbindung zwischen zwei Standorten mit eingeschränktem Zugang.....	44
C.5	Unbemannte Luftfahrzeuge.....	47
Anhang D (informativ)	Methoden zur Gefährdungs-/Sicherheitsanalyse.....	50
Anhang E (informativ)	Anleitung für die Installations-, Service- und Betreiberorganisationen.....	51
E.1	Arbeitsverfahren im Zusammenhang mit OFRKS.....	51
E.1.1	Allgemeines.....	51
E.1.2	Allgemeine Arbeitsmethoden.....	51
E.1.3	Zusätzliche Arbeitsmethoden für Systeme der Klasse/Erreichbarkeitsstufe 1M, 2M 3R, 3B und 4...	52
E.2	Schulung und Unterweisung.....	52
Literaturhinweise		54
Bilder		
Bild 1	– Gewerbebauten.....	19
Bild 2	– Wohngebiete.....	19
Bild 3	– Beispiele für verschiedene Standorttypen im Außenbereich.....	21
Bild 4	– Sender der Erreichbarkeitsstufe 1M oder 2M nahe der Kante eines uneingeschränkt begehbaren Dachs.....	23
Bild 5	– Sender der Erreichbarkeitsstufe 1M an einem Standort mit uneingeschränktem Zugang.....	24
Bild 6	– Sender der Erreichbarkeitsstufe 3R an einem Standort mit eingeschränktem Zugang.....	27
Bild C.1	– Verbindung zwischen zwei weitgehend getrennten Standorten.....	44
Bild C.2	– Unbemannte Luftfahrzeuge mit OFRKS.....	47
Bild C.3	– In einer Bodenstation installiertes bodengestütztes OFRKS.....	48
Bild C.4	– Am Standort mit kontrolliertem Zugang installiertes bodengestütztes OFRKS.....	49
Tabellen		
Tabelle 1	– Einschränkungen für die Nutzung von OFRKS auf der Grundlage ihrer Erreichbarkeitsstufen...	13
Tabelle 2	– Durchmesser der Messblenden und der Messabstände für die Vorgabewerte der (vereinfachten) Bewertung.....	15
Tabelle 3	– Anforderungen für Warningschilder.....	34
Tabelle 4	– Anforderungen an die Kennzeichnung.....	36
Tabelle C.1:	Zulässige Erreichbarkeitsstufen und Anforderungen an die Installation.....	49

Sicherheit von Lasereinrichtungen – Teil 12: Sicherheit von optischen Freiraumkommunikationssystemen für die Informationsübertragung

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60825 legt Anforderungen und spezifische Richtlinien für den Hersteller sowie für den sicheren Gebrauch von Lasereinrichtungen und -systemen fest, die für die optische Freiraum-Datenübertragung von Punkt-zu-Punkt oder Punkt-zu-Mehrpunkt im Wellenlängenbereich von 180 nm bis 1 mm benutzt werden. Dieser Teil von IEC 60825 befasst sich nur mit dem offenen Strahlungsanteil des Systems. Falls Elemente der Einrichtung oder des Systems Lichtwellenleiter enthalten, die aus Gehäusebegrenzungen hinausführen, gelten die Hersteller- und Sicherheitsanforderungen in [IEC 60825-2](#) nur für diese Elemente. Dieses Dokument gilt nicht für Systeme, die für die Übertragung von optischer Leistung für Anwendungen, wie z. B. die Materialbearbeitung oder die medizinische Behandlung, entwickelt wurden. Dieses Dokument gilt auch nicht für die Benutzung von Systemen in explosionsfähiger Atmosphäre (siehe [IEC 60079-0](#)).

Licht emittierende Dioden (LEDs), die in optischen Freiraumkommunikationssystemen (OFRKS) für die optische Freiraum-Datenübertragung eingesetzt werden, gehören nicht zum Anwendungsbereich dieses Dokuments. Dieses Dokument behandelt Produkte, die in OFRKS für die optische Freiraum-Datenübertragung eingesetzt werden.

Dieses Dokument:

- stellt Informationen bereit, um Personen vor potenziell gefährlicher optischer Strahlung von OFRKS entsprechend dem Gefährdungsgrad zu schützen durch Angabe konstruktiver Maßnahmen und Anforderungen, administrativer Maßnahmen und Arbeitsregeln; und
- stellt Anforderungen an herstellende, installierende, betreibende und instandsetzende Organisationen, nach denen Arbeitsabläufe festgelegt und schriftliche Informationen bereitgestellt werden müssen, so dass die richtigen Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden können.

[Anhang A](#) enthält eine ausführlichere Begründung für dieses Dokument, [Anhang C](#) enthält einige Beispiele.

Aufgrund der Beschaffenheit von OFRKS, auch als drahtlose oder optische Freiluftinformationsübertragung bekannt, wird bei dessen Herstellung sowie bei Montage, Betrieb, Wartung und Service besondere Aufmerksamkeit darauf gerichtet, eine sichere Einrichtung und Benutzung dieser Systeme zu erreichen. Dieses Dokument übergibt die Verantwortung für die Einhaltung bestimmter Anforderungen der Produktsicherheit sowie von Anforderungen zur Bereitstellung angemessener Informationen darüber, wie das System sicher zu nutzen ist, an den Hersteller des Systems und/oder der Sender. Es weist die Verantwortung für den sicheren Einsatz und Gebrauch dieser Systeme der installierenden und/oder der betreibenden Organisation zu. Für die Einhaltung der Sicherheitsanweisungen während der Montage und des Wartungsbetriebs wird die Verantwortung wie zutreffend an die installierenden und Serviceorganisationen übertragen und während des Betriebs und bei Wartungsarbeiten an die betreibende Organisation. Es wird anerkannt, dass der Anwender dieses Dokuments in eine oder mehrere der oben aufgeführten Kategorien von herstellenden, installierenden, betreibenden und/oder instandsetzenden Organisationen fällt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

[IEC 60825-1](#), *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements*

[IEC 60825-2](#), *Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe und Bedingungen aus IEC 60825-1:2014, sowie nachfolgend aufgeführten Begriffe und Bedingungen.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Erreichbarkeitsstufe

potenzielle Gefährdung in Verbindung mit einer OFRKS-Installation an jeder erreichbaren Stelle

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Erreichbarkeitsstufe basiert auf der Stärke der Laserstrahlung, die unter vernünftigerweise vorhersehbaren Umständen, z. B. beim Eindringen in einen offenen Strahlweg, zugänglich werden könnte. Sie steht in engem Zusammenhang mit dem Laser-Klassifizierungsverfahren nach IEC 60825-1. Die Bedeutung der Erreichbarkeitsstufe wird in Anhang B erläutert.

Anmerkung 2 zum Begriff: In der Praxis dauert es zwei oder mehr Sekunden, um ein optisches Hilfsmittel vollständig auf einen Strahl auszurichten (was an einem Standort mit uneingeschränktem Zugang passieren kann). Diese Verzögerung ist in die Methode zur Bestimmung der Erreichbarkeitsstufe einbezogen.

3.2

Erreichbarkeitsstufe 1

zugewiesene Gefährdung an jedem zugänglichen Ort innerhalb eines OFRKS, an dem bei jedem vernünftigerweise vorhersehbaren Ereignis der Zugang von Menschen zu Laserstrahlung (zugängliche Strahlung), bewertet anhand der Messbedingungen für die Erreichbarkeitsstufe 1 nach diesem Dokument, 4.2, mit zusätzlichen Einschränkungen nach 4.2.2.2, die Grenzwerte der zugänglichen Strahlung der Klasse 1 für die anwendbaren Wellenlängen und die Emissionsdauer nicht überschritten werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Dabei beziehen sich die oben genannten „zusätzlichen Einschränkungen“ auf zusätzliche und strengere Einschränkungen, die nach diesem Dokument, 4.2.2.2, für die in IEC 60825-1:2014 festgelegten Werte für die Grenzwerte der zugänglichen Strahlung der Klasse 1 im Wellenlängenbereich von 1 200 nm bis 1 400 nm gelten.

3.3

Erreichbarkeitsstufe 1M

zugewiesene Gefährdung an jedem zugänglichen Ort innerhalb eines OFRKS, an dem bei jedem vernünftigerweise vorhersehbaren Ereignis der Zugang von Menschen zu Laserstrahlung (zugängliche Strahlung), bewertet anhand der Messbedingungen für die Erreichbarkeitsstufe 1M nach diesem Dokument, 4.2, mit zusätzlichen Einschränkungen nach 4.2.2.2, die Grenzwerte der zugänglichen Strahlung der Klasse 1 für die anwendbaren Wellenlängen und die Emissionsdauer nicht überschritten werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Dabei beziehen sich die oben genannten „zusätzlichen Einschränkungen“ auf zusätzliche und strengere Einschränkungen, die nach diesem Dokument, 4.2.2.2, für die in IEC 60825-1:2014 festgelegten Werte für die Grenzwerte der zugänglichen Strahlung der Klasse 1 im Wellenlängenbereich von 1 200 nm bis 1 400 nm gelten.

Anmerkung 2 zum Begriff: Wenn der anzuwendende Grenzwert für die Erreichbarkeitsstufe 1M größer als der Grenzwert für die Erreichbarkeitsstufe 2 oder 3R ist, aber kleiner als der Grenzwert für die Erreichbarkeitsstufe 3B, dann wird die Erreichbarkeitsstufe 1M zugewiesen.

3.4

Erreichbarkeitsstufe 2

zugewiesene Gefährdung an jedem zugänglichen Ort innerhalb eines OFRKS, an dem bei jedem vernünftigerweise vorhersehbaren Ereignis der Zugang von Menschen zu Laserstrahlung (zugängliche Strahlung), bewertet anhand der Messbedingungen für die Erreichbarkeitsstufe 2 nach diesem Dokument, 4.2, mit zusätzlichen Einschränkungen nach 4.2.2.3, die Grenzwerte der zugänglichen Strahlung der Klasse 2 für die anwendbaren Wellenlängen und die Emissionsdauer nicht überschritten werden

3.5

Erreichbarkeitsstufe 2M

zugewiesene Gefährdung an jedem zugänglichen Ort innerhalb eines OFRKS, an dem bei jedem vernünftigerweise vorhersehbaren Ereignis der Zugang von Menschen zu Laserstrahlung (zugängliche Strahlung), bewertet anhand der Messbedingungen für die Erreichbarkeitsstufe 2M nach diesem Dokument, 4.2, mit zusätzlichen Einschränkungen nach 4.2.2.3, die Grenzwerte der zugänglichen Strahlung der Klasse 2 für die anwendbaren Wellenlängen und die Emissionsdauer nicht überschritten werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn der anzuwendende Grenzwert für die Erreichbarkeitsstufe 2M größer als der Grenzwert für die Erreichbarkeitsstufe 3R und kleiner als der Grenzwert für die Erreichbarkeitsstufe 3B ist, wird Erreichbarkeitsstufe 2M vergeben.

3.6

Erreichbarkeitsstufe 3R

zugewiesene Gefährdung an jedem zugänglichen Ort innerhalb eines OFRKS, an dem bei jedem vernünftigerweise vorhersehbaren Ereignis der Zugang von Menschen zu Laserstrahlung (zugängliche Strahlung), bewertet anhand der Messbedingungen für die Erreichbarkeitsstufe 3R nach diesem Dokument, 4.2, mit zusätzlichen Einschränkungen nach 4.2.2.4, die Grenzwerte der zugänglichen Strahlung der Klasse 3R für die anwendbaren Wellenlängen und die Emissionsdauer nicht überschritten werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Dabei beziehen sich die oben genannten „zusätzlichen Einschränkungen“ auf zusätzliche und strengere Einschränkungen, die nach diesem Dokument, 4.2.2.4, für die in IEC 60825-1:2014 festgelegten Werte für die Grenzwerte der zugänglichen Strahlung der Klasse 1 im Wellenlängenbereich von 1 200 nm bis 1 400 nm gelten.

3.7

Erreichbarkeitsstufe 3B

zugewiesene Gefährdung an jedem zugänglichen Ort innerhalb eines OFRKS, an dem bei jedem vernünftigerweise vorhersehbaren Ereignis der Zugang von Menschen zu Laserstrahlung (zugängliche Strahlung), bewertet anhand der Messbedingungen für die Erreichbarkeitsstufe 3B nach diesem Dokument, 4.2, die Grenzwerte der zugänglichen Strahlung der Klasse 3B für die anwendbaren Wellenlängen und die Emissionsdauer nicht überschritten werden

3.8

Erreichbarkeitsstufe 4

zugewiesene Gefährdung an jedem zugänglichen Ort innerhalb eines OFRKS, an dem bei jedem vernünftigerweise vorhersehbaren Ereignis der Zugang von Menschen zu Laserstrahlung (zugängliche Strahlung), bewertet anhand der Messbedingungen für die Erreichbarkeitsstufe 4 nach diesem Dokument, 4.2, die Grenzwerte der zugänglichen Strahlung der Klasse 3B für die anwendbaren Wellenlängen und die Emissionsdauer nicht überschritten werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieses Dokument ist auf den Betrieb und die Wartung von OFRKS anwendbar. Um ein angemessenes Maß an Sicherheit für Personen zu sicherzustellen, die mit dem optischen Übertragungspfad unter Umständen in Berührung kommen, ist die Erreichbarkeitsstufe 4 in diesem Dokument nicht erlaubt. Es ist aber zulässig, Schutzsysteme zu verwenden, zum Beispiel Systeme zur automatischen Leistungsverringerung (ALV, siehe 3.9) oder Sicherungssystem für Installationen (SSI, siehe 3.16), um die erforderliche Erreichbarkeitsstufe an Orten zu erzielen, an denen die übertragene Leistung unter normalen Betriebsbedingungen (z. B. unter normalen oder Fehlerbedingungen) die für einen bestimmten Standort zulässige Leistung überschreitet. Zum Beispiel ist eine Erreichbarkeitsstufe 1 für zugängliche Teile eines OFRKS möglich, obwohl die unter normalen Betriebsbedingungen im Lichtwellenleiter übertragene Leistung der Klasse 4 entspricht.

3.9

Messblende für OFRKS-Sender

Anteil der Messblende für den OFRKS-Sender, durch den der Sendestrahl emittiert wird

3.10

automatische Leistungsverringerung

ALV

Eigenschaft eines vom Hersteller der Systemeinrichtung bereitgestellten OFRKS-Senders, durch die die zugängliche Leistung in der nominellen Gefährdungszone (NGZ) oder der erweiterten nominellen Gefährdungszone (ENGZ) innerhalb einer vorgegebenen Zeit auf einen vorgegebenen Wert verringert wird.

Anmerkung 1 zum Begriff: Der in diesem Dokument verwendete Begriff „automatische Leistungsverringerung“ (ALV) umfasst die folgenden Begriffe, die in den Empfehlungen der Internationalen Fernmeldeunion verwendet werden:

- automatische Laserabschaltung (ALA);
- automatische Leistungsverringerung (ALV);
- automatische Energieabschaltung (AEA).

Anmerkung 2 zum Begriff: Die zugängliche Leistung in der NGZ oder der ENGZ wird innerhalb einer vorgegebenen Zeit auf einen festgelegten Wert verringert, wann immer ein Ereignis eintritt, durch das Personen optischer Strahlung oberhalb der maximal zulässigen Bestrahlung (MZB) ausgesetzt werden könnten, z. B. wenn eine Person in die NGZ oder die ENGZ, wie zutreffend, eindringt. Bei einem OFRKS kann diese Eigenschaft vom Hersteller des Senders für die Festlegung der Klassifizierung genutzt werden.

3.11

Leitstrahl

optische Strahlungsquelle zur Unterstützung der Ausrichtung und Justierung eines optischen Systems

3.12

durchgehendes System

OFRKS, das mindestens aus einem Sender, einem Empfänger und weiteren Peripheriegeräten besteht, die für eine wirksame Datenübertragung entlang eines Übertragungswegs durch den Raum von einer Stelle zur anderen notwendig sind

3.13

erweiterte nominelle Gefährdungszone

ENGZ

Raum, in dem die Bestrahlung der Augen durch direkte, reflektierte oder gestreute Strahlung bei der Anwendung optischer Hilfsmittel die geltende maximal zulässige Bestrahlung (MZB) nach der Festlegung in **IEC 60825-1** übertrifft

Anmerkung 1 zum Begriff: Außerhalb der Grenzen der ENGZ liegen die Bestrahlungsstärken bei der Anwendung optischer Hilfsmittel unterhalb der geltenden MZB.

Anmerkung 2 zum Begriff: Dieser Raum ist vor der Aktivierung von SSI oder ALV-Systemen zu ermitteln, außer wenn die ALV für die Klassifizierung unter den Bedingungen in **4.5** dieses Dokuments verwendet wird.

3.14

optisches Freiraumkommunikationssystem

OFRKS

fest installiertes, bewegliches oder zeitweilig montiertes Freiraumsystem, das typischerweise für Sprach-, Daten-, oder Multimediakommunikation und/oder für Steuerungszwecke mittels modulierter optischer Strahlung von einem Laser „durch die Luft“ vorgesehen ist oder genutzt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: „Freiraum“ bezeichnet optische drahtlose Anwendungen im Innen- und Außenbereich mit ungerichteter und gerichteter Übertragung.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Emitter- und Detektoraufbauten können, müssen aber nicht getrennt sein.

3.15

OFRKS-Sender

Sender

optischer Sender, der Strahlung durch die Luft abstrahlt und in einem OFRKS benutzt wird

3.16

installierende Organisation

Einrichter

Organisation oder Einzelperson, die für die Installation eines OFRKS verantwortlich ist

3.17

Sicherungssystem für Installationen

SSI

von der installierenden oder betreibenden Organisation bereitgestellte Einrichtung an einem Montageort mit zwei Funktionen: (1) das Eindringen von Personen in den zugänglichen Raum der NGZ an eingeschränkten oder kontrollierten Standorten oder der ENGZ an uneingeschränkten Standorten festzustellen und, (2) wenn solch ein Eindringen festgestellt wurde, die Verringerung der zugänglichen Leistung des Lasers innerhalb einer vorgegebenen Zeit auf einen festgelegten Wert zu veranlassen

3.18

Verriegelung

Mittel, um den Zugang zu einer Gefahrenstelle zu verhindern, bis die Gefährdung beseitigt ist, oder um die Gefahrenbedingung automatisch zu beseitigen, wenn ein Zugang erlangt wird

3.19

Standort

eine Stelle oder ein Ort, der erreichbar ist oder erreichbar werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Andere Normen können die gleichen Benennungen für Standorte (3.19 bis 3.22) mit etwas anderen Definitionen benutzen.

3.20

Standort im unerreichbaren Raum

unerreichbarer Raum

Raum, in dem sich eine Person normalerweise nicht aufhalten kann, d. h. der Raum, der sich horizontal in einem Abstand von mehr als 2,5 m von jeglichem uneingeschränktem Standort und sowohl in einem Abstand von mehr als 6 m über der Grundfläche von jeglichem uneingeschränktem Standort als auch von mehr als 3 m über der Grundfläche von jeglichem eingeschränktem Standort befindet

Anmerkung 1 zum Begriff: In den unerreichbaren Raum kann z. B. mit einem Flugzeug eingedrungen werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Jeder offene Raum, der weder ein uneingeschränkter, ein eingeschränkter noch ein kontrollierter Standort ist.

3.21

Standort mit kontrolliertem Zugang

kontrollierter Standort

Bereich, der aufgrund konstruktiver oder administrativer Maßnahmen unerreichbar ist, außer für befugtes Personal, das über eine angemessene Lasersicherheitsausbildung verfügt

3.22

Standort mit eingeschränktem Zugang

eingeschränkter Standort

Bereich, der für die allgemeine Öffentlichkeit (einschließlich Arbeiter, Besucher und Anwohner in unmittelbarer Nähe) aufgrund administrativer oder konstruktiver Maßnahmen normalerweise nicht erreichbar ist, jedoch für befugtes Personal (z. B. Wartungs- und Servicepersonal einschließlich von Fensterreinigern an Außenflächen), das über keine Lasersicherheitsausbildung verfügen muss

3.23

Standort mit uneingeschränktem Zugang

uneingeschränkter Standort

Bereich, in dem der Zugang zu Sende-/Empfangsgeräten und zum offenen Strahl nicht begrenzt ist (für die allgemeine Öffentlichkeit erreichbar)

3.24

Hersteller

Organisation oder Einzelperson, die optische Bauelemente und andere Komponenten für den Aufbau oder die Modifizierung eines OFRKS herstellt oder konfektioniert

3.25

nominelle Gefährdungszone

NGZ

Raum, in dem die Bestrahlung der Augen durch direkte, reflektierte oder gestreute Strahlung die geltende maximal zulässige Bestrahlung (MZB) nach der Festlegung in IEC 60825-1 übertrifft

Anmerkung 1 zum Begriff: Außerhalb der Grenzen der NGZ liegen die Bestrahlungsstärken unterhalb der geltenden MZB.

Anmerkung 2 zum Begriff: Dieser Raum ist vor der Aktivierung von SSI oder ALV-Systemen zu ermitteln, außer wenn die ALV für die Klassifizierung unter den Bedingungen in 4.5 dieses Dokuments verwendet wird.

3.26

betreibende Organisation

Betreiber

Organisation oder Einzelperson, die für den Betrieb und die Wartung eines OFRKS verantwortlich ist

3.27

Blick mit optischen Hilfsmitteln

Benutzung optischer Hilfsmittel (z. B. Ferngläser oder Lupen) beim direkten Blick in eine Strahlungsquelle aus einer Position im Strahlweg

Anmerkung 1 zum Begriff: Teleskoptiken einschließlich von Ferngläsern können beim direkten Blick in einen gebündelten Strahl aus einiger Entfernung die Gefährdung für das Auge erhöhen.

3.28

abnehmbares Lasersystem

Lasersystem, das aus seinem Schutzgehäuse genommen und einfach durch Anschließen an das elektrische Netz oder an die Anschlüsse einer Batterie betrieben werden kann

3.29

Primärstrahl

Strahl, der das modulierte Datensignal überträgt

3.30

vernünftigerweise vorhersehbares Ereignis

vorstellbares Ereignis (oder vorstellbare Bedingung), dessen (deren) Eintrittswahrscheinlichkeit (oder Vorhandensein) nicht vernachlässigt werden kann

3.31

Serviceorganisation

Organisation oder Einzelperson, die für die Wartung eines OFRKS verantwortlich ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff „Service“ ist in IEC 60825-1:2014, 3.79, definiert.

3.32

Spezialwerkzeug

Werkzeug, das nicht einfach in Eisenwarengeschäften im Einzelhandel erhältlich ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein typisches Beispiel dafür sind Werkzeuge für eine manipulationssichere Befestigung.

3.33

Überstrahlung

Strahlungsenergie, die sich hinter dem Empfangsendgerät weiter ausbreitet

3.34

Zeitbasis

Emissionsdauer, die für die Bestimmung der Erreichbarkeitsstufe betrachtet wird

3.35

ohne optisches Hilfsmittel

optisch ungestützt

mit bloßem Auge, ohne Vergrößerungsgeräte oder andere optische Hilfsmittel

Anmerkung 1 zum Begriff: Verordnete Brillen und Kontaktlinsen werden nicht als optische Hilfsmittel betrachtet.

4 Anforderungen

4.1 Allgemeine Bemerkungen

Für OFRKS, die Laser für die optische Freiraum-Datenübertragung benutzen, muss die gesamte Klassifizierung nach **IEC 60825-1** erfolgen.

Umfasst ein OFRKS ein ausbaubares Lasersystem, so muss dieses den anwendbaren Anforderungen von **IEC 60825-1** entsprechen.

OFRKS unterliegen Einschränkungen, die durch dieses Dokument auferlegt werden und sich nach dem (den) Standorttyp(en) richten, an dem/denen sie installiert sind. Die Einschränkungen für die Klassifizierung von Einrichtungen und die Erreichbarkeitsstufen nach dem Standorttyp sind in **Tabelle 1** zusammengefasst.

Jeder Ort, an dem Strahlung ausgesendet oder empfangen wird oder der von Strahlung durchquert wird, muss bezüglich der Bestrahlungsbedingungen einzeln bewertet werden. Weiterhin müssen auch potenziell erreichbare Stellen entlang des Strahlwegs innerhalb der NGZ oder ENGZ daraufhin bewertet werden, ob die Erreichbarkeitsstufen zulässig sind (**Tabelle 1**) und ob angemessene Vorkehrungen getroffen worden sind. Bereiche, in die Teilreflexionen von Fenstern gelangen, die sich im Strahlweg befinden, müssen ebenfalls daraufhin bewertet werden, ob diese Strahlung die Erreichbarkeitsstufe 1 oder 2 überschreiten kann. An jedem vorgegebenen Ort müssen die Installations- und Betriebsbeschränkungen nach **4.4** danach festgelegt werden, was jeweils gefährlicher ist: die ausgesendete oder die empfangene optische Strahlung.

Im Falle eines Orts, an dem Strahlung der Erreichbarkeitsstufe 1 oder 2 empfangen wird, aber ein Sender der Erreichbarkeitsstufe 1M in die entgegengesetzte Richtung strahlt, sind diese kombinierten Bedingungen für eingeschränkte Standorte zulässig, jedoch nicht für einen uneingeschränkten Standort, sofern die Sendereinrichtung nicht so installiert ist, wie in **4.4.2.2** zur Reduzierung der Erreichbarkeitsstufe für den Sender auf 1 oder 2 beschrieben.

Für Verbindungen mit einer Überstrahlung über den Empfänger hinaus, jedoch innerhalb der ENGZ, d. h. mit Erreichbarkeitsstufe 1M oder 2M, darf diese Überstrahlung (und jegliche andere zugängliche Strahlung außerhalb der Empfängerausrichtung, z. B. direkt davor) nur an einen Standort mit eingeschränktem oder kontrolliertem Zugang, an einen Standort mit uneingeschränktem Zugang nach **4.4.2.2** oder in einen unerreichbaren Bereich gelangen.

Von Sendern der Klassen 3B und 4 an Standorten mit kontrolliertem Zugang muss der gesamte Strahlweg, der andere Standorttypen einschließlich eines unerreichbaren Bereichs möglicherweise durchquert, die Einschränkungen auf die Erreichbarkeitsstufen nach **Tabelle 1** einhalten. Dem kann in einigen Anwendungen durch eine kontinuierliche Überwachung der gesamten NGZ entsprochen werden, um eine schnelle automatische Leistungsreduzierung sicherzustellen, wenn der Strahlweg durch Personen unterbrochen werden sollte. Jegliche Überstrahlung über den Empfänger hinaus (und jegliche andere zugängliche Strahlung außerhalb der Empfängerausrichtung – z. B. direkt davor) innerhalb der NGZ ist auch nur an einem Standort mit kontrolliertem Zugang oder im unerreichbaren Bereich zulässig. Jegliche zusätzliche Überstrahlung innerhalb der ENGZ darf nur an einen Standort mit eingeschränktem oder kontrolliertem Zugang, an einen Standort mit uneingeschränktem Zugang nach **4.4.2.2** oder in einen unerreichbaren Bereich gelangen.

Tabelle 1 – Einschränkungen für die Nutzung von OFRKS auf der Grundlage ihrer Erreichbarkeitsstufen

Standorttyp	Zulässige Erreichbarkeitsstufen	Zusätzliche Zugangskontrollen
Uneingeschränkt	Erreichbarkeitsstufe 1 oder 2	Keine
	Erreichbarkeitsstufe 1M oder 2M	Siehe 4.4.2.2
	Erreichbarkeitsstufe 3R	Siehe 4.4.2.3
	Erreichbarkeitsstufe 3B oder 4	Nicht anwendbar
Eingeschränkt	Erreichbarkeitsstufe 1, 2, 1M oder 2M	Keine
	Erreichbarkeitsstufe 3R	Siehe 4.4.3.2
	Erreichbarkeitsstufe 3B oder 4	Nicht anwendbar
Kontrolliert	Erreichbarkeitsstufe 1, 2, 1M, 2M oder 3R	Keine
	Erreichbarkeitsstufe 3B oder 4	Siehe 4.4.4.2
Unerreichbarer Bereich	Erreichbarkeitsstufe 1 oder 2	Keine
	Erreichbarkeitsstufe 1M, 2M oder 3R	Siehe 4.4.5
	Erreichbarkeitsstufe 3B oder 4	Nicht anwendbar

Die endgültige Verantwortung für Installation, Wartung, Service und die sichere Nutzung des durchgehenden Systems liegt bei der betreibenden Organisation. Das schließt insbesondere ein:

- die Kennzeichnung des Standorttyps an allen Teilen der gesamten Übertragungsstrecke einschließlich von Überstrahlungen außerhalb der Detektorfläche des Empfängers und von Teilreflexionen durch im Strahlweg befindliche Fenster, die für Personen zugänglich werden können;
- die Sicherstellung, dass die Klassifizierung der Einrichtung, die Anforderungen der Erreichbarkeitsstufe und die Einbaubedingungen nach [Tabelle 1](#) für den jeweiligen Standorttyp erfüllt werden;
- die Sicherstellung, dass die Einrichtung, Wartung und der Service nur von solchen Organisationen durchgeführt werden, die die Anforderungen nach [4.4](#) erfüllen.

Diese Norm enthält außerdem Anforderungen an die Hersteller von Sendern und an die Installations- und Serviceorganisationen.

Für die Klassifizierung und die Bewertung der Gefährdungsgrade von OFRKS, die Laser für die Datenübertragung über Lichtwellenleiterkabel einsetzen, müssen [IEC 60825-1](#) und [IEC 60825-2](#) angewendet werden.

4.2 Beurteilung der Erreichbarkeitsstufe

4.2.1 Allgemeines

Die endgültige Verantwortung für die Bestimmung der Erreichbarkeitsstufen liegt beim Hersteller und bei der betreibenden Organisation. Sie dürfen jedoch auch durch die Wartungs-, Installations- oder Serviceorganisation bestimmt werden. Die Übereinstimmung mit einer Erreichbarkeitsstufe wird mit den gleichen Methoden festgestellt wie sie für die Klassifizierung in [IEC 60825-1](#) beschrieben sind, mit folgenden Ausnahmen:

- a) an einem vorgesehenen Standort muss die Erreichbarkeitsstufe an jeder Stelle in Bezug zum OFRKS-Sender ermittelt werden, an der die Erreichbarkeitsstufe maximiert ist, und sie könnte von im Strahlengang befindlichen Systemelementen, wie z. B. Fenstern, abhängig sein;
- b) die Erreichbarkeitsstufe kann von der Aktivierung eines SSI oder ALV-Systems abhängen;
- c) Wenn ein SSI- oder ein ALV-System den betreffenden Standort überwacht, darf die zugängliche Strahlung während einer Dauer von 2 s unmittelbar nach der Unterbrechung die MZB nicht überschreiten. Andererseits wird zur Feststellung der Erreichbarkeitsstufe die gleiche Methode angewendet wie für die Klassifizierung. Die Sehbedingungen ohne optische Hilfsmittel beziehen sich auf die Tabelle der MZBs in IEC 60825-1.

ANMERKUNG 1 Begründung für die Dauer von 2 s: Da es für eine Person mit Fernglas oder anderen optischen Hilfsmitteln schwierig ist, sich exakt auf einen optischen Freiraumstrahl auszurichten, ist es nicht vernünftigerweise vorhersehbar, dass diese Person innerhalb von 2 s bereits die gesamte Strahlungsleistung auffängt. Während der Dauer von 2 s nach Beginn der Bestrahlung würde kein Körperteil einem Wert oberhalb der MZB ohne optische Hilfsmittel für die Erreichbarkeitsstufe 1, 2, 1M, 2M oder 3R ausgesetzt werden.

ANMERKUNG 2 Grenzwerte für das Auge und die Haut von Mitarbeitern am Arbeitsplatz und für die Allgemeinbevölkerung sind in vielen Ländern durch nationale Gesetze spezifiziert. Diese gesetzlich verbindlichen nationalen Expositionsgrenzen weichen unter Umständen von den MZB-Werten des informativen Anhangs A aus IEC 60825-1:2014 ab.

Nachweisprüfungen für Erreichbarkeitsstufen müssen unter Berücksichtigung von vernünftigerweise vorhersehbaren Einzelfehlern durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die ALV und/oder das SSI gegebenenfalls richtig funktionieren. In Fällen, in denen es schwierig ist, direkte Messungen durchzuführen, darf eine Bestimmung der Erreichbarkeitsstufe auf der Grundlage von Berechnungen zulässig sein. Fehler, die für eine begrenzte Dauer zu einer Strahlungsaussendung oberhalb des geltenden GZS führen und für die es vernünftigerweise nicht vorhersehbar ist, dass die Strahlung für Personen zugänglich sein wird, bevor die Einrichtung außer Betrieb genommen oder auf den GZS eingestellt wird, brauchen nicht berücksichtigt zu werden.

4.2.2 Bestimmung der Erreichbarkeitsstufe und Anwendung von Bedingung 2

4.2.2.1 Allgemeines

Die Erreichbarkeitsstufe wird durch die Messung der optischen Strahlung bestimmt, die nach einem vernünftigerweise vorhersehbaren Ereignis während des Betriebs oder der Wartung zugänglich werden könnte. Die Methoden zur Überprüfung der Übereinstimmung mit den festgelegten Strahlungsgrenzwerten sind die gleichen wie die für die Klassifizierung in IEC 60825-1 beschrieben.

Alle drei Bedingungen müssen geprüft werden. Bedingung 1 und Bedingung 3 müssen nach IEC 60825-1 geprüft werden.

Bei allen Wellenlängen müssen Messungen zur Bestimmung der Erreichbarkeitsstufen entsprechend Bedingung 2 mit einer Messblende von 3,5 mm Durchmesser im Abstand von 14 mm vom Ende des OFRKS-Senders durchgeführt werden (Nachbildung einer 18-fachen Vergrößerung).

Zusätzlich und bei allen Wellenlängen darf die vom OFRKS-Sender ausgehende Gesamtabstrahlung bei Systemen der Erreichbarkeitsstufe 3B den GZS der Klasse 3B nicht überschreiten.

Ist es schwierig, direkte Messungen auszuführen, ist eine Bestimmung der Erreichbarkeitsstufe auf der Grundlage von Berechnungen zulässig.

Bei OFRKS mit automatischer Leistungsverringerung wird die Erreichbarkeitsstufe aus der zugänglichen Leistung (Impuls oder Dauerstrich) nach dem Zeitintervall von 2 s bestimmt. Außerdem muss die MZB-Anforderung in 4.3 erfüllt werden.

**Tabelle 2 – Durchmesser der Messblenden und der Messabstände
für die Vorgabewerte der (vereinfachten) Bewertung**

	Bedingung 1		Bedingung 2		Bedingung 3	
	Anzuwenden auf kollimier- te gebündelte Strahlen, bei denen z. B. Teleskope oder Ferngläser die Ge- fährdung erhöhen können		Anzuwenden bei faseroptischen Kommunikations- systemen, sie- he IEC 60825-2 Anzuwenden bei Freiraum- kommunikati- onssystemen		Anzuwenden bei der Bestimmung der relevanten Bestrahlung des ohne optische Hilfsmittel verse- henen Auges, bei Lupen mit ge- ringer Vergrößerung und bei rich- tungsveränderlichen Strahlen	
Wellenlänge	Messblende	Abstand	Mess- blende	Ab- stand	Messblen- de/Grenzblende	Abstand
nm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
< 302,5	–	–			Siehe IEC 60825-1	Siehe IEC 60825-1
≥ 302,5 bis < 400	Siehe IEC 60825-1	Siehe IEC 60825-1	3,5	35	Siehe IEC 60825-1	Siehe IEC 60825-1
≥ 400 bis < 1 400	Siehe IEC 60825-1	Siehe IEC 60825-1	3,5	35	Siehe IEC 60825-1	Siehe IEC 60825-1
≥ 1 400 bis < 4 000	Siehe IEC 60825-1	Siehe IEC 60825-1	3,5	14	Siehe IEC 60825-1	Siehe IEC 60825-1
≥ 4 000 bis < 10 ⁵	–	–			Siehe IEC 60825-1	Siehe IEC 60825-1
≥ 10 ⁵ bis < 10 ⁶	–	–			Siehe IEC 60825-1	Siehe IEC 60825-1
<p>ANMERKUNG 1 Die Beschreibungen in der Spalte „Bedingung“ sind typische Fälle, die nur der Information dienen und nicht als ausschließlich anzusehen sind.</p> <p>ANMERKUNG 2 Einschränkungen des Klassifizierungssystems werden in IEC 60825-1:2014, C.3, erläutert. Darin werden Fälle beschrieben, in denen eine zusätzliche Risikoanalyse und Warnhinweise unter Umständen angebracht sind. Bedingung 2 wurde in den vorangegangenen Ausgaben von IEC 60825-1 als „Vergrößerungsglas“-Bedingung bezeichnet.</p> <p>ANMERKUNG 3 Die Werte für Bedingung 1 und Bedingung 3 müssen aus IEC 60825-1:2014, Tabelle 10, entnommen werden.</p>						

4.2.2.2 Erreichbarkeitsstufen 1 und 1M

Gilt bei Wellenlängen unter 302,5 nm und über 4 000 nm, wenn die zugängliche Strahlung wie folgt ist:

- kleiner oder gleich der GZS von Klasse 1 bei Bedingung 3; dann wird dem OFRKS die Erreichbarkeitsstufe 1 zugewiesen.

Gilt bei Wellenlängen ab 302,5 nm bis 4 000 nm, wenn die zugängliche Strahlung wie folgt ist:

- kleiner oder gleich der GZS von Klasse 1 bei Bedingung 1 und Bedingung 2 und Bedingung 3; dann wird
- dem OFRKS die Erreichbarkeitsstufe 1 zugeordnet.

Wenn die zugängliche Strahlung:

- größer als der GZS der Klasse 1 für die Bedingungen 1 oder 2 ist und
- kleiner als der GZS der Klasse 3B für die Bedingungen 1 oder 2 ist und
- kleiner als der GZS der Klasse 1 für Bedingung 3 ist,

wird der Lasereinrichtung die Erreichbarkeitsstufe 1M zugeordnet.

ANMERKUNG 1 In der Regel überschreitet die zugängliche Strahlung einer Einrichtung der Erreichbarkeitsstufe 1M den GZS der Klasse 1 bei Bedingung 1 oder Bedingung 2. Wenn sie diesen GZS für Bedingung 1 und Bedingung 2 überschreitet, wird sie jedoch ebenfalls als Erreichbarkeitsstufe 1M eingestuft.

ANMERKUNG 2 Der Grund für die Überprüfung des GZS der Klasse 3B ist die Begrenzung der größten Leistung, die ein optisches Gerät durchläuft.

Bei Wellenlängen zwischen 1 200 nm und 1 400 nm muss der GZS der Klasse 1 auf die äquivalente Strahlungsleistung entsprechend dem mit einer Messblende von 3,5 mm Durchmesser bestimmten Haut-MZB-Wert begrenzt werden.

ANMERKUNG 3 Die vorgenannte Überprüfung des Haut-MZB-Werts ist ergänzend zu der und strenger als die in den Anmerkungen d) und f) zu IEC 60825-1:2014, Tabelle 3 und Tabelle 4, beschriebenen Prüfung der GZS der Klasse 3B.

ANMERKUNG 4 Der Haut-MZB-Wert gilt auf der Grundlage der Fußnoten in IEC 60825-1:2014, Tabelle A.1 bis Tabelle A.4, die besagen, dass im Wellenlängenbereich zwischen 1 250 nm und 1 400 nm die in dieser Tabelle angebenen Grenzwerte für den Schutz der Netzhaut die äußeren Augenpartien (Hornhaut, Iris) nicht adäquat schützen können und daher Vorsicht geboten ist. Falls die Bestrahlung die Haut-MZB-Werte nicht überschreitet, besteht für die äußeren Augenpartien auch kein Anlass zur Sorge. Die Haut-MZB-Werte sind in IEC 60825-1:2014, Tabelle A.5, aufgeführt.

Bei allen Wellenlängen und den Erreichbarkeitsstufen 1 und 1M darf die zugängliche Strahlung, die mit einer Messblende von 3,5 mm Durchmesser am OFRKS-Sender bestimmt wird, den GZS der Klasse 3B nicht überschreiten.

Wenn die zugängliche Strahlung nach der Bestimmung mit einer Messblende von 3,5 mm Durchmesser an der nächsten für Personen zugänglichen Stelle den GZS der Klasse 3B übersteigt, muss ein zusätzlicher Warnhinweis über eine mögliche Gefährdung der Haut gegeben werden.

ANMERKUNG 5 Es besteht die Möglichkeit, dass eine Lasereinrichtung der Klasse 1M mit einem stark divergierenden Strahl in der Nähe der Quelle oder bei deren Berührung so hohe Bestrahlungspegel erzeugt, dass die Haut verletzt werden kann.

4.2.2.3 Erreichbarkeitsstufen 2 und 2M

Die Erreichbarkeitsstufen 2 und 2M gelten für den Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm. Wenn die zugängliche Strahlung die geforderten Grenzen für die Klassen 1 und 1M überschreitet und sie:

- kleiner oder gleich dem GZS für Klasse 2 nach Bedingung 1, Bedingung 2 und Bedingung 3 ist,

dann wird das OFRKS der Erreichbarkeitsstufe 2 zugeordnet.

Wenn die zugängliche Strahlung die für die Klassen 1 und 1M geforderten Grenzen überschreitet und:

- größer als der GZS der Klasse 2 für die Bedingungen 1 oder 2 ist, und
- kleiner als der GZS der Klasse 3B für die Bedingungen 1 oder 2 ist, und
- kleiner als der GZS der Klasse 2 für Bedingung 3 ist,

dann wird dem OFRKS die Erreichbarkeitsstufe 2M zugeordnet.

ANMERKUNG 1 Der Grund für die Überprüfung des GZS der Klasse 3B ist die Begrenzung der größten Leistung, die ein optisches Gerät durchläuft, und der Ausschluss hoher Bestrahlungspegel in der Nähe von divergierenden Quellen oder bei deren Berührung, die zu Verletzungen führen können.

ANMERKUNG 2 Üblicherweise übersteigt die zugängliche Strahlung der Erreichbarkeitsstufe 2M den GZS für Klasse 2 entweder für Bedingung 1 oder Bedingung 2. Sie wird jedoch ebenfalls als Gefährdungsgrad 2M klassifiziert, wenn sie den GZS für Klasse 2 sowohl für Bedingung 1 als auch für Bedingung 2 überschreitet.

Bei den Gefährdungsgraden 2 und 2M darf die zugängliche Strahlung, die mit einer Messblende von 3,5 mm Durchmesser am OFRKS-Sender bestimmt wird, den GZS der Klasse 3B nicht überschreiten.

Wenn die zugängliche Strahlung nach der Bestimmung mit einer Messblende von 3,5 mm Durchmesser an der nächsten für Personen zugänglichen Stelle den GZS der Klasse 3B übersteigt, muss ein zusätzlicher Warnhinweis über eine mögliche Gefährdung der Haut gegeben werden.

ANMERKUNG 3 Es besteht die Möglichkeit, dass ein Lasererzeugnis der Klasse 2M mit einem stark divergierenden Strahl in der Nähe der Quelle oder bei deren Berührung (z. B. an der Faserspitze) so hohe Bestrahlungspegel erzeugt, dass die Haut verletzt werden kann.

4.2.2.4 Erreichbarkeitsstufe 3R

Gilt bei Wellenlängen unter 302,5 nm oder ab 4 000 nm die zugängliche Strahlung nach Bedingung 3:

- kleiner als der oder gleich dem GZS der Klasse 3R und
- größer als der GZS der Klasse 1,

dann wird dem OFRKS die Erreichbarkeitsstufe 3R zugeordnet.

Bei Wellenlängen größer oder gleich 302,5 nm und kleiner als 4 000 nm, wenn die zugängliche Strahlung:

- kleiner als der oder gleich dem GZS für Klasse 3R nach Bedingung 1, Bedingung 2 und Bedingung 3 ist und
- den GZS von Klasse 1 und Klasse 2 nach Bedingung 3 übersteigt,

dann wird dem OFRKS die Erreichbarkeitsstufe 3R zugeordnet.

Bei Wellenlängen zwischen 1 200 nm und 1 400 nm muss der GZS der Klasse 3R auf die äquivalente Strahlungsleistung entsprechend dem fünffachen Haut-MZB-Wert begrenzt werden, der mit einer Messblende von 3,5 mm Durchmesser bestimmt wird.

ANMERKUNG 1 Die vorgenannte Überprüfung des 5-fachen Haut-MZB-Werts ist ergänzend zu der und strenger als die in den Anmerkungen d) und c) zu IEC 60825-1:2014, Tabelle 6 und Tabelle 7, beschriebenen Prüfung der GZS der Klasse 3B.

Die zugängliche Strahlung der Erreichbarkeitsstufe 3R, die mit einer am OFRKS-Sender platzierten Messblende von 3,5 mm Durchmesser bestimmt wird, darf den GZS der Klasse 3B nicht überschreiten.

4.2.2.5 Erreichbarkeitsstufe 3B

Gilt bei Wellenlängen unter 302,5 nm oder ab 4 000 nm die zugängliche Strahlung nach Bedingung 3:

- kleiner oder gleich dem GZS der Klasse 3B und
- größer als der GZS der Klasse 3R,

dann wird dem OFRKS die Erreichbarkeitsstufe 3B zugeordnet.

Bei Wellenlängen größer oder gleich 302,5 nm und kleiner 4 000 nm, wenn die zugängliche Strahlung:

- kleiner oder gleich dem GZS für Klasse 3B nach Bedingung 1, Bedingung 2 und Bedingung 3 und
- größer als der GZS der Klasse 3R,
- den GZS von Klasse 1 und Klasse 2 nach Bedingung 3 übersteigt,

dann wird dem OFRKS die Erreichbarkeitsstufe 3B zugeordnet.

Die zugängliche Strahlung der Erreichbarkeitsstufe 3B, die mit einer am OFRKS-Sender platzierten Messblende von 3,5 mm Durchmesser bestimmt wird, darf den GZS der Klasse 3B nicht überschreiten.

4.2.2.6 Erreichbarkeitsstufe 4

Wenn der Bestrahlungspegel für Bedingung 1, Bedingung 2 oder Bedingung 3 den GZS der Klasse 3B übersteigt, dann muss dem OFRKS die Erreichbarkeitsstufe 4 zugeordnet werden.

4.2.2.7 Zeitbasis:

In dieser Norm werden für die Bestimmung der Erreichbarkeitsstufen die folgenden Zeitbasen verwendet:

- 1) 0,25 s für Erreichbarkeitsstufe 2, Erreichbarkeitsstufe 2M und Erreichbarkeitsstufe 3R mit Laserstrahlung im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm;
- 2) 100 s für Laserstrahlung bei allen Wellenlängen größer 400 nm mit den in 1) und 3) aufgeführten Ausnahmen;
- 3) 30 000 s für Laserstrahlung bei allen Wellenlängen kleiner oder gleich 400 nm und für Laserstrahlung bei Wellenlängen größer 400 nm, wenn eine absichtliche und langzeitige Beobachtung für die Konstruktion oder die Funktion der Lasereinrichtung notwendig ist.

Innerhalb der Zeitbasis muss bei der Bestimmung der Klasse einer Einrichtung jede mögliche Emissionsdauer betrachtet werden. Dies bedeutet, dass die Höhe der Emission eines einzelnen Impulses mit dem für die Emissionsdauer des Impulses zutreffenden Grenzwert verglichen werden muss usw. Es genügt nicht, die Höhe der Emission bloß über die Dauer der Zeitbasis für die Klassifizierung zu mitteln oder nur die Bewertung für den Wert der Zeitbasis durchzuführen, ohne kürzere Emissionsdauern zu betrachten.

ANMERKUNG Bei einer Lasereinrichtung, die mehrere zeitlich und räumlich überlappende Wellenlängen im sichtbaren und unsichtbaren Teil des Spektrums emittiert und bei der die Emission als additiv zu betrachten ist (siehe IEC 60825-1:2014, Tabelle 1) und bei welcher der sichtbare Teil allein als Erreichbarkeitsstufe 2 oder Erreichbarkeitsstufe 2M oder Erreichbarkeitsstufe 3R klassifiziert würde und der nicht sichtbare Teil allein als Erreichbarkeitsstufe 1 oder als Erreichbarkeitsstufe 1M klassifiziert würde, darf die Zeitbasis für die Bewertung der nicht sichtbaren Emission 0,25 s sein.

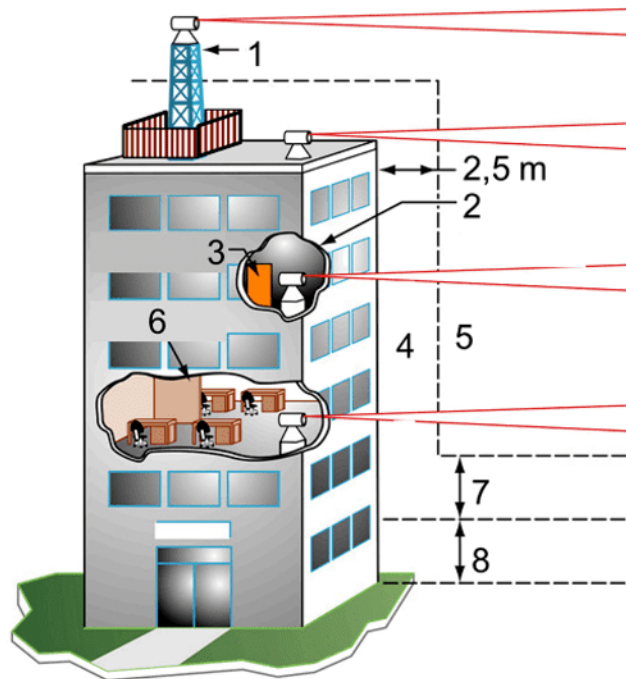
4.3 Einfluss einer automatischen Leistungsverringerung

Wird bei einem OFRKS eine automatische Leistungsverringerung benutzt, um die Grenzen einer Erreichbarkeitsstufe einzuhalten, die niedriger ist als diejenige, die ohne automatische Leistungsverringerung erreicht werden würde, dann darf die Bestrahlungsstärke oder Bestrahlung während der in 4.2 festgelegten, für das Erreichen der niedrigeren Erreichbarkeitsstufe maximalen Dauer (2 s) die MZB nicht überschreiten.

4.4 Erreichbarkeitsstufe und Anforderungen an die Klassifizierung entsprechend dem Standorttyp

4.4.1 Allgemeines

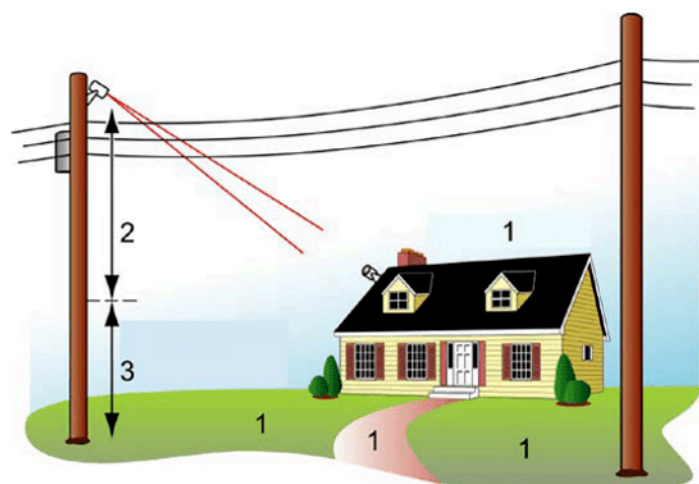
Der Standort eines OFRKS muss die zulässigen Erreichbarkeitsstufen der zu nutzenden Strahlungen sowie die sich daraus ergebenden Arten der Sicherheitsmaßnahmen bestimmen. Tabelle 1 zeigt die zulässigen Erreichbarkeitsstufen für die verschiedenen Standorttypen. Bild 1 und Bild 2 veranschaulichen einige der in 4.4 beschriebenen Standorttypen für Gewerbebauten und Wohngebiete.



Legende

- 1 kontrollierter Standort (Außenbereich)
- 2 kontrollierter Standort (Innenbereich)
- 3 verschlossene Tür
- 4 eingeschränkter Zugang
- 5 unerreichbarer Bereich
- 6 uneingeschränkter Zugang
- 7 3 m eingeschränkter Zugang
- 8 3 m uneingeschränkter Zugang

Bild 1 – Gewerbebauten



Legende

- 1 uneingeschränkter Zugang
- 2 eingeschränkter Zugang
- 3 3 m uneingeschränkter Zugang

Bild 2 – Wohngebiete

4.4.2 Anforderungen für Standorte mit uneingeschränktem Zugang

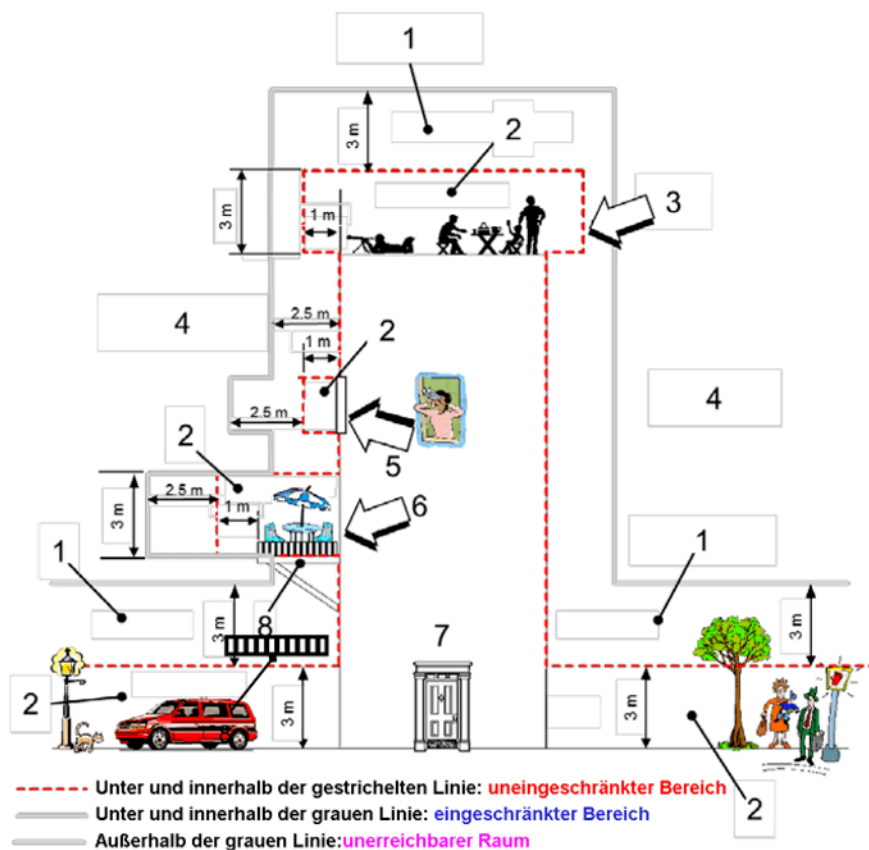
4.4.2.1 Allgemeines

Standorte mit uneingeschränktem Zugang sind normalerweise solche Bereiche, die der Öffentlichkeit zugänglich sind (z. B. uneingeschränkte Bereiche auf Hausdächern, ebenerdige öffentliche Bereiche, offene Bereiche in Büros und auf Firmengeländen usw.). Vor Fenstern, die geöffnet werden können, oder vor hervorragenden Balkonen erstreckt sich der uneingeschränkte Bereich 1 m horizontal von der Umfangsbegrenzung, wie in [Bild 3](#) gezeigt.

An Standorten mit uneingeschränktem Zugang muss die durchquerende oder empfangene OFRKS-Strahlung die Erreichbarkeitsstufe 1 oder 2 haben.

Freistrahllasersender, die in OFRKS benutzt werden und ohne zusätzliche Maßnahmen an Standorten mit uneingeschränktem Zugang installiert werden, müssen der Erreichbarkeitsstufe 1 oder der Erreichbarkeitsstufe 2 angehören.

ANMERKUNG Im Hinblick auf die Verwendung eines handgehaltenen Geräts, das Teil eines FSOCS ist, an einem Ort ohne Zugangsbeschränkung gilt: Wenn der Sender des handgehaltenen Geräts einen stark divergierenden Strahl aussendet, der in sehr kurzer Entfernung von der Laseröffnung gefährlich sein kann, sollten zusätzliche technische Sicherheitsmaßnahmen (z. B. durch die physische Konstruktion des Geräts oder durch ein SSI) in Betracht gezogen werden, die vor diesem nahen Zugang schützen. Ein Beispiel für ein solches handgehaltenes Gerät ist ein Mobiltelefon.



- Der Bereich außerhalb und innerhalb der gestrichelten Linie ist **uneingeschränkt**
- Der Bereich unterhalb und innerhalb der grauen Linie ist **eingeschränkt**
- Der Bereich außerhalb der grauen Linie ist ein **unzugänglicher Bereich**

Legende

- 1 eingeschränkter Zugang
- 2 uneingeschränkter Zugang
- 3 begehbare Dach
- 4 unerreichbarer Bereich
- 5 zu öffnendes Fenster
- 6 Balkon
- 7 Wohn- oder Bürobereich
- 8 Balkonboden

Bild 3 – Beispiele für verschiedene Standorttypen im Außenbereich

4.4.2.2 Einsatz von OFRKS der Erreichbarkeitsstufen 1M und 2M an Standorten mit uneingeschränktem Zugang

Die Installation und Nutzung von OFRKS-Sendern der Erreichbarkeitsstufe 1M oder 2M sind an Standorten mit uneingeschränktem Zugang erlaubt, wenn alle folgenden Bedingungen erfüllt sind:

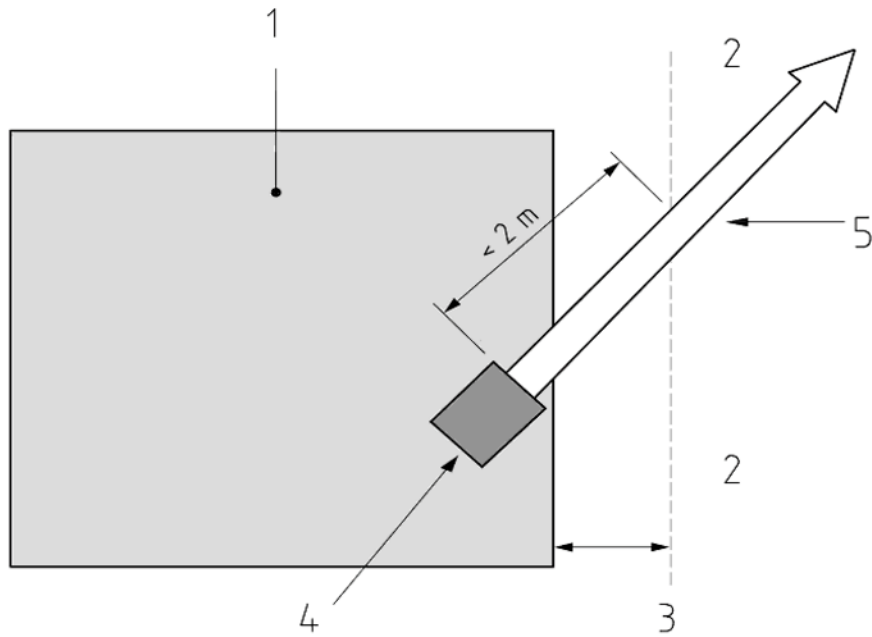
- a) Der Sender muss installiert werden und muss mindestens eine der folgenden Bedingungen erfüllen:
- 1) Die Anwendung optischer Hilfsmittel innerhalb der ENGZ ist kein vernünftigerweise vorhersehbares Ereignis.
 - i) Sender mit gerichteter Strahlung

Bei Sendern mit kollimiertem gebündeltem Strahl müssen Sender, die nach 4.2 dieses Dokuments gemessen und bewertet wurden und den GZS der Erreichbarkeitsstufe 1M oder 2M überschreiten, so installiert sein, dass die ENGZ in Abständen vom Sender von weniger als 2 m nicht mit Ferngläsern oder Teleskopen zugänglich ist. Zum Beispiel ist die Positionierung von Einrichtungen der Erreichbarkeitsstufe 1M oder 2M nahe der Kante eines uneingeschränkt begehbaren Dachs unter der Voraussetzung zulässig, dass alle Stellen innerhalb der ENGZ im Abstand von mehr als 2 m vom Sender sich an einem Standort mit eingeschränktem Zugang befinden (über die 1-m-Verlängerung des Standorts mit uneingeschränktem Zugang von der Dachkante hinaus, wie in Bild 3 gezeigt). Diese Bedingung wird in Bild 4 veranschaulicht.

ANMERKUNG Die Anwendung von Ferngläsern oder Teleskopen in Abständen von weniger als 2 m vom Sender wird nicht als vernünftigerweise vorhersehbares Ereignis angesehen. Die Sender werden jedoch so nahe wie vernünftigerweise möglich an einem Fenster oder einer Dachkante angeordnet.
 - ii) Sender mit divergenter Strahlung

Bei Sendern mit divergenter Strahlung müssen Sender, deren Erreichbarkeitsstufe 1M oder 2M durch Messung oder Bewertung nach 4.2 dieses Dokuments bestimmt wurde, so installiert sein, dass die ENGZ in Abständen von weniger als 100 mm vom Sender nicht mit Lupen oder Vergrößerungsgläsern zugänglich ist. So ist die Anordnung eines drahtlosen Senders der Erreichbarkeitsstufe 1M oder 2M an einer Raumdecke unter der Voraussetzung zulässig, dass der Zugang zu allen Stellen des Strahlwegs im Abstand von weniger als 100 mm vom Sender durch ein Fenster oder eine andere Barriere verhindert wird.

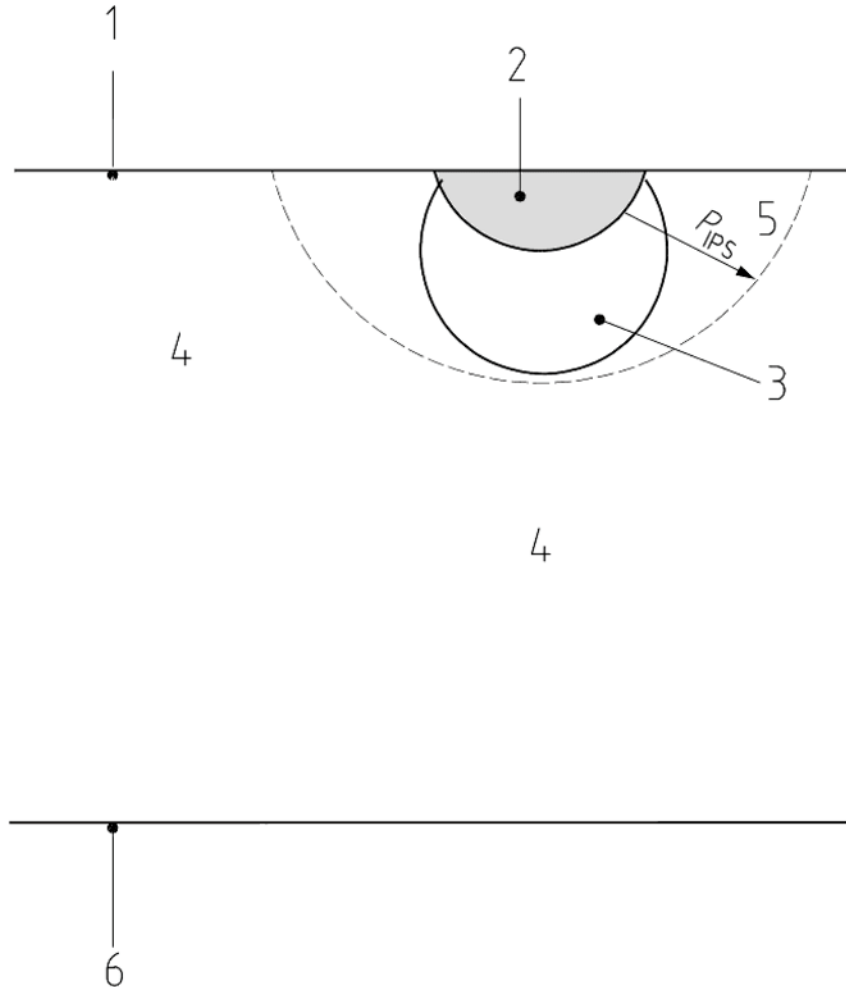
ANMERKUNG Die Festlegung, was als vernünftigerweise vorhersehbares Ereignis anzusehen ist, liegt in der Verantwortung der betreibenden Organisation (z. B. ist ISO 12100 eine Norm für die Risikobewertung).
 - 2) Der Sender muss über ein SSI und einen Steckanschluss für ferngesteuerte Sicherheitsverriegelungen verfügen, der bei der Montage mit einem SSI verbunden wird, so dass die zugängliche Energie auf Erreichbarkeitsstufe 1 oder Erreichbarkeitsstufe 2 begrenzt wird, wie in Bild 5 gezeigt.
- b) Durch die Montageanordnung muss sichergestellt sein, dass keine Laserenergie oberhalb der Erreichbarkeitsstufe 1 oder 2 an den Standort mit uneingeschränktem Zugang zurückreflektiert wird (zum Beispiel von einem Fenster).
- c) Zum Verrücken/Entfernen des Senders und/oder der Abschirmung muss ein Spezialwerkzeug erforderlich sein, zudem ist ein Schild anzubringen, das vor der Gefährdung vor und nach einer Veränderung an Sender oder Abschirmung warnt. Alternativ müssen der Sender und/oder die Abschirmung mit einer Sicherheitsverriegelung ausgestattet werden.



Legende

- 1 uneingeschränkt begehbares Dach
- 2 eingeschränkter Zugang oder unzugänglicher Bereich
- 3 1-m-Verlängerung des uneingeschränkt zugänglichen Bereichs von der Dachkante aus
- 4 OFRKS-Sendeeinheit der Erreichbarkeitsstufe 1M oder 2M
- 5 Sendestrahl

Bild 4 – Sender der Erreichbarkeitsstufe 1M oder 2M nahe der Kante eines uneingeschränkt begehbaren Dachs



Legende

- 1 Decke
- 2 Sender
- 3 ENGZ
- 4 < MZB mit optischen Hilfsmitteln (außerhalb der ENGZ)
- 5 P_{IPS} = Profil des Überwachungsbereichs für das Sicherungssystem für Installationen
- 6 Boden

ANMERKUNG Dies ist ein Beispiel für ein SSI, das die ENGZ eines Senders der Erreichbarkeitsstufe 1M überwacht. Die Leistung würde auf einen Wert unterhalb der MZB mit optischen Hilfsmitteln reduziert werden, falls der überwachte Bereich betreten würde.

Bild 5 – Sender der Erreichbarkeitsstufe 1M an einem Standort mit uneingeschränktem Zugang

4.4.2.3 Einsatz von Einrichtungen der Erreichbarkeitsstufe 3R an Standorten mit uneingeschränktem Zugang

Die Installation und Nutzung von OFRKS-Sendern der Erreichbarkeitsstufe 3R sind an Standorten mit uneingeschränktem Zugang erlaubt, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

- a) Der Sender muss installiert werden und muss mindestens eine der folgenden Bedingungen erfüllen:
- 1) eine Bestrahlung der Augen innerhalb der NGZ und die Anwendung optischer Hilfsmittel innerhalb der ENGZ sind keine vernünftigerweise vorhersehbaren Ereignisse, oder
 - 2) der Sender muss einen Steckanschluss für ferngesteuerte Sicherheitsverriegelungen haben, der bei der Montage mit einem SSI verbunden wird, so dass die zugängliche Energie auf Erreichbarkeitsstufe 1 oder 2 begrenzt wird, wie in [Bild 5](#) gezeigt.

ANMERKUNG Die Festlegung, was als vernünftigerweise vorhersehbares Ereignis anzusehen ist, liegt in der Verantwortung der betreibenden Organisation (z. B. ISO 12100).

- b) Durch die Montageanordnung muss sichergestellt sein, dass keine Laserenergie oberhalb der Erreichbarkeitsstufe 1 oder 2 an den Standort mit uneingeschränktem Zugang zurückreflektiert wird (zum Beispiel von einem Fenster).
- c) Zum Verrücken/Entfernen des Senders und/oder der Abschirmung muss ein Spezialwerkzeug erforderlich sein, zudem ist ein Schild anzubringen, das vor der Gefährdung vor und nach einer Veränderung an Sender oder Abschirmung warnt. Alternativ müssen der Sender und/oder die Abschirmung mit einer Sicherheitsverriegelung ausgestattet werden.

4.4.3 Anforderungen für Standorte mit eingeschränktem Zugang

4.4.3.1 Allgemeines

Standorte mit eingeschränktem Zugang sind solche Bereiche, die für die allgemeine Öffentlichkeit nicht zugänglich sind, jedoch für befugtes Personal, das nicht unbedingt eine Lasersicherheitsausbildung hat. Wo es vernünftigerweise vorhersehbar ist, dass optische Hilfsmittel benutzt werden, muss ein angemessener Warnhinweis angebracht werden, wie in [Tabelle 3](#) angeführt.

Beispiele für eingeschränkte Standorte im Innenbereich sind: Gehäuse für Ausrüstungen und Kästen (Schränke) in Büros und Industriegebäuden sowie verschlossene/zweckbestimmte Räume. Eingeschränkte Standorte im Innenbereich können durch Service-/Wartungspersonal oder durch begleitete Besucher ohne OFRKS-Lasersicherheitsausbildung betreten werden.

Eingeschränkte Standorte gibt es auch im Außenbereich. Der eingeschränkte Standort an der Außenseite von Gebäuden erstreckt sich 2,5 m nach außen von der äußeren Oberfläche, Balkonen oder Treppenhäusern des Gebäudes, wie in [Bild 3](#) gezeigt. Beispiele für eingeschränkte Standorte im Außenbereich sind: Bereiche mit begrenztem Zutritt auf Hausdächern von Handels- oder Industriegebäuden, Telefonmasten oder Bereiche, in denen sich Baugerüste befinden können. Eingeschränkte Räume im Außenbereich können durch Fensterreiniger oder Service-/Wartungspersonal ohne OFRKS-Lasersicherheitsausbildung betreten werden.

Standorte im Außenbereich können auch dann als eingeschränkt betrachtet werden, wenn eine der beiden folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- a) der Standort befindet sich im Bereich von 3 m bis 6 m über der Grundfläche eines uneingeschränkten Standorts oder
- b) der Standort befindet sich innerhalb des horizontalen Abstands von 2,5 m von jeglichem uneingeschränktem Standort und, wenn zutreffend, oberhalb von 3 m über der Grundfläche von jeglichem darunter liegenden, uneingeschränkten Standort.

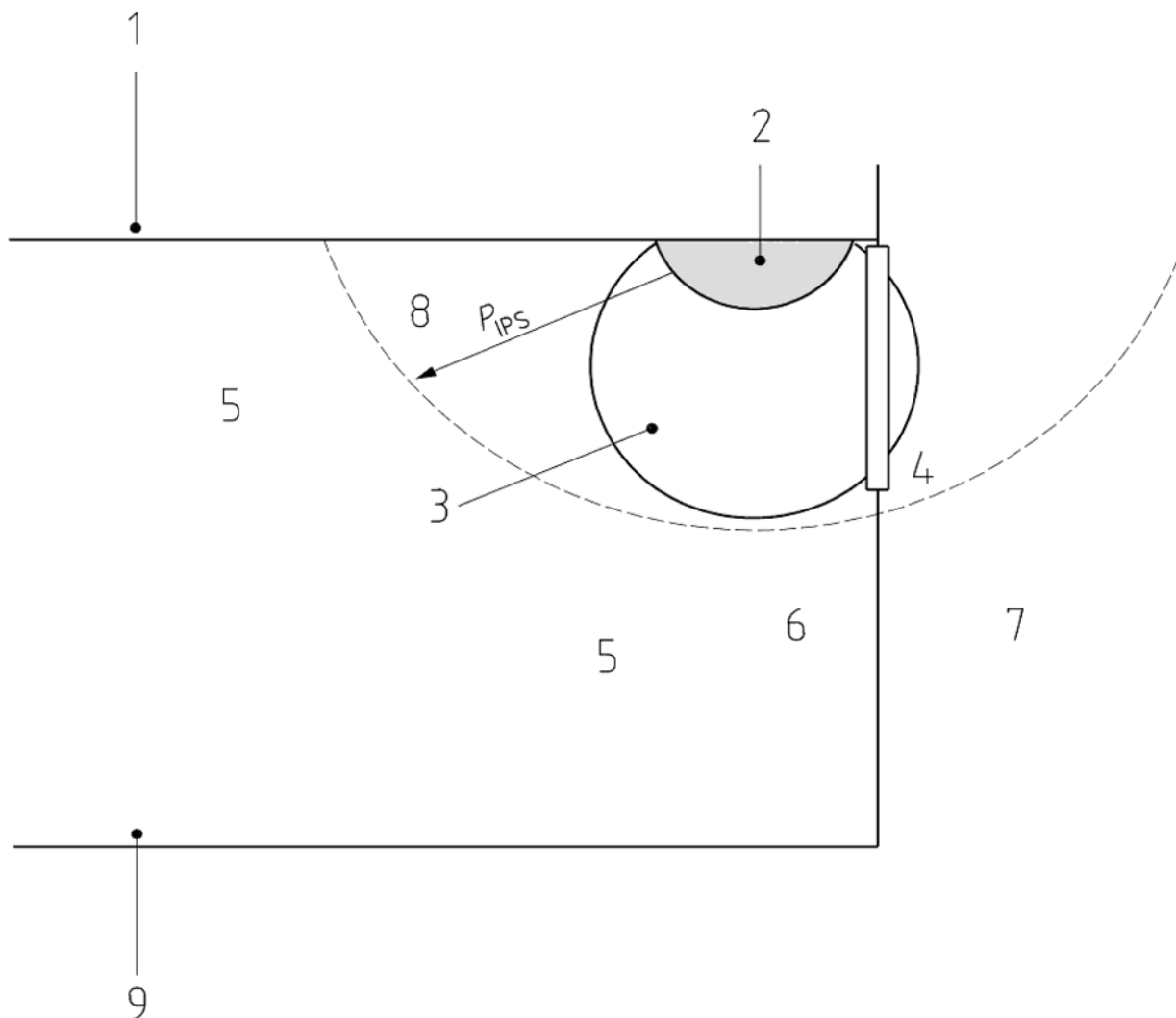
Optische Signale der Freiraumübertragung, die eingeschränkte Standorte durchqueren oder dort empfangen werden, dürfen Erreichbarkeitsstufe 1M oder 2M nicht überschreiten (d. h. unterhalb der MZB-Grenzwerte ohne optische Hilfsmittel).

Freistrahllasersender, die in einem OFRKS benutzt und ohne zusätzliche Maßnahmen an Standorten mit eingeschränktem Zugang installiert werden, müssen der Erreichbarkeitsstufe 1, 2, 1M oder 2M angehören.

4.4.3.2 Einsatz von Einrichtungen der Erreichbarkeitsstufe 3R an Standorten mit uneingeschränktem Zugang

Die Installation und Nutzung von Sendern der Erreichbarkeitsstufe 3R sind an Standorten mit eingeschränktem Zugang erlaubt, wenn alle folgenden Bedingungen erfüllt werden:

- a) Der Sender muss installiert werden und muss mindestens eine der folgenden Bedingungen erfüllen:
 - 1) eine Bestrahlung der Augen innerhalb der NGZ und die Anwendung optischer Hilfsmittel innerhalb der ENGZ sind keine vernünftigerweise vorhersehbaren Ereignisse, oder
 - 2) der Sender muss einen Steckanschluss für ferngesteuerte Sicherheitsverriegelungen haben, der bei der Montage mit einem SSI verbunden wird, so dass die zugängliche Strahlungsenergie auf Erreichbarkeitsstufe 1, 2, 1M oder 2M begrenzt wird, wie in Bild 6 gezeigt.
- b) Durch die Montageanordnung muss sichergestellt sein, dass keine Laserenergie oberhalb der Erreichbarkeitsstufe 1M oder 2M an den Standort mit eingeschränktem Zugang zurückreflektiert wird (zum Beispiel von einem Fenster).
- c) Zum Verrücken/Entfernen des Senders und/oder der Abschirmung muss ein Spezialwerkzeug erforderlich sein, zudem ist ein Schild anzubringen, das vor der Gefährdung vor und nach einer Veränderung an Sender oder Abschirmung warnt. Alternativ müssen der Sender und/oder die Abschirmung mit einer Sicherheitsverriegelung ausgestattet werden.
- d) Jegliche Überstrahlung über das Empfangsendgerät innerhalb der ENGZ hinaus muss sich am eingeschränkten Standort befinden oder, falls sie sich an einem uneingeschränkten Standort befindet, den Anforderungen nach 4.4.2.2 genügen.



Legende

- 1 Decke
- 2 Sender
- 3 NGZ
- 4 Fenster
- 5 < MZB ohne optische Hilfsmittel (außerhalb der NGZ)
- 6 Innenbereich
- 7 Außenbereich
- 8 P_{IPS} = Profil des Überwachungsbereichs für das Sicherungssystem für Installationen
- 9 Boden

Wenn sich die NGZ vom Innenbereich in den Außenbereich erstreckt, ist es wichtig, darüber hinaus besondere Sorgfalt bei der Überwachung walten zu lassen.

ANMERKUNG Dies ist ein Beispiel für ein SSI, das die gesamte NGZ eines Senders der Erreichbarkeitsstufe 3R überwacht. Die Leistung wird auf einen Wert unterhalb der MZB ohne optische Hilfsmittel reduziert, sofern ein Betreten des überwachten Bereichs durch eine Person erkannt wird.

Bild 6 – Sender der Erreichbarkeitsstufe 3R an einem Standort mit eingeschränktem Zugang

4.4.4 Anforderungen für Standorte mit kontrolliertem Zugang

4.4.4.1 Allgemeines

Standorte mit kontrolliertem Zugang sind Bereiche, die normalerweise unzugänglich sind, außer für befugtes Personal, das eine angemessene Lasersicherheitsausbildung hat (z. B. auf Türmen montierte Endgeräte, umzäunte/gesicherte Bereiche auf Hausdächern, verschlossene Räume mit strengster Zutrittskontrolle usw.).

Die Installation und Nutzung von Sendern der Erreichbarkeitsstufen 1, 2, 1M, 2M und 3R sind an kontrollierten Standorten ohne zusätzliche Bedingungen erlaubt.

OFRKS-Strahlung, die kontrollierte Standorte durchquert oder dort empfangen wird, darf die Erreichbarkeitsstufe 1M, 2M oder 3R nicht überschreiten, außer unter den nach 4.4.4.2 beschriebenen Bedingungen.

4.4.4.2 Einsatz von Lasereinrichtungen der Erreichbarkeitsstufen 3B und 4 an Standorten mit kontrolliertem Zugang

Es ist grundsätzlich vorzuziehen, die Installation und Nutzung von OFRKS-Einrichtungen so zu konzipieren, dass die Erreichbarkeitsstufen 3B und 4 vermieden werden. Sofern jedoch der Bereich, in dem Erreichbarkeitsstufe 1M, 2M oder 3R überschritten wird, auf einen kontrollierten Standort begrenzt ist, ist die Anwendung von Sicherheitsverfahren aus Industrienormen erlaubt, um eine Bestrahlung von Personen mit Pegeln der Erreichbarkeitsstufen 3B und 4 zu verhindern. Es ist zu beachten, dass die Erreichbarkeitsstufe 3B oder 4 außerhalb von kontrollierten Standorten nicht erlaubt ist.

Freistrahl-Lasersender der Erreichbarkeitsstufen 3B und 4 dürfen an kontrollierten Standorten installiert und benutzt werden, wenn alle folgenden Bedingungen erfüllt werden:

- a) Es ist ein SSI vorhanden, das ein Eindringen von Personen in den Raum feststellt, der den gesamten Teil der NGZ umfasst, der sich außerhalb der Begrenzung des kontrollierten Standorts erstreckt, und das eine Verringerung der Laserleistung innerhalb einer vorgegebenen Zeit auf einen festgelegten Wert (siehe 4.6) bewirkt.
- b) Es sollte darauf geachtet werden, eine NGZ festzulegen, die Fehlerquellen oder fehljustierte Strahlen berücksichtigt.
- c) Wenn sich der Empfänger innerhalb der NGZ befindet, darf jegliche Überstrahlung über das Empfangsendgerät hinaus ebenfalls nur an einen kontrollierten Standort gelangen.
- d) Jegliche Überstrahlung über einen Empfänger innerhalb der ENGZ hinaus darf nicht an einen uneingeschränkten Standort gelangen, es sei denn, die Anforderungen nach 4.4.2.2 werden erfüllt.
- e) Ein Lasersicherheitsbeauftragter (siehe IEC TR 60825-14) der betreibenden Organisation muss für die Einrichtung und Ausführung von Sicherheitsmaßnahmen gegen Lasergefährdungen am kontrollierten Standort verantwortlich sein.

4.4.5 Anforderungen für den unerreichbaren Bereich

Der unerreichbare Bereich erfasst den gesamten Raum, der sich nicht an uneingeschränkten, eingeschränkten oder kontrollierten Standorten befindet. Dieser Bereich erstreckt sich horizontal nach außen,

- a) 2,5 m ausgehend von der Außenseite von Gebäuden oder 3,5 m ausgehend von begeh- oder erreichbaren Stellen (z. B. Balkone oder Treppenaufgänge oder zu öffnende Fenster) von Gebäuden oder
- b) ausgehend von den Begrenzungen von eingeschränkten Standorten,

und vertikal nach oben entweder 6 m über der Grundfläche eines uneingeschränkten Standorts oder 3 m über der Grundfläche eines eingeschränkten Standorts. Diese Bedingungen sind in Bild 3 gezeigt.

Die Erreichbarkeit optischer Freiraumstrahlung im unerreichbaren Bereich darf die Erreichbarkeitsstufe 3R nicht übersteigen.

Falls die NGZ eines OFRKS-Senders den Luftraum für Flugverkehr erreicht, müssen die zuständigen Luftfahrtbehörden informiert werden. Außerdem gilt, dass wenn der OFRKS-Sender an Luftfahrzeugen, wie z. B. unbemannten Luftfahrzeugen (siehe [Anhang C.5](#)), installiert ist und die NGZ den navigierbaren Luftraum darstellt, die zuständigen Luftfahrtbehörden benachrichtigt oder um Genehmigung ersucht werden müssen. Weitere behördliche Anforderungen können gelten, falls sichtbare Laserstrahlung in der Nähe von Flughäfen benutzt wird.

4.5 Klassifizierung und Bewertung von Erreichbarkeitsstufen

4.5.1 Allgemeines

Die Klassifizierung der optischen Sender wird durch den Hersteller auf der Grundlage von Messungen oder Analysen der zugänglichen optischen Strahlung festgelegt, wie in [IEC 60825-1](#) angegeben. Es ist wichtig, bei der Klassifizierung der Einrichtung und bei der Festlegung ihrer Nutzung an angemessenen Standorten, wie in [Tabelle 1](#) betrachtet, neben dem Primärstrahl jegliche Justier- und Leitstrahlen, die bei Betrieb zugänglich sind, zu berücksichtigen. Nachweisprüfungen müssen unter den anzuwendenden Bedingungen durchgeführt werden, z. B. an den erreichbaren Stellen und bei Zugrundelegung der Grenzblenden und Dauern, wie sie in [IEC 60825-1](#) und [4.2](#) dieses Dokuments festgelegt sind.

OFRKS-Einrichtungen dürfen für den Betrieb mit einem ALV-System ausgelegt sein, so dass die abgestrahlte Leistung reduziert wird, wenn eine Person in die NGZ oder die ENGZ eindringt (siehe [4.5.2](#)). Für die OFRKS-Anwendung ist es zulässig, die Erreichbarkeitsstufe von OFRKS-Sendern sowie ihre Klassifizierung und Zuordnung auf Basis der Strahlung festzulegen, die mit einer Verzögerung von 2 s nach dem Eintreten oder Eindringen in den durch eine ALV geschützten Raum zugänglich ist. Während dieser 2 s langen Dauer darf bei Geräten, denen die Erreichbarkeitsstufe 1, 2, 1M oder 2M zugewiesen wurde, die MZB, gemessen unter Sehbedingungen ohne optische Hilfsmittel, nicht überschritten werden. Die Sehbedingungen ohne optische Hilfsmittel beziehen sich auf die Tabelle der MZBs in [IEC 60825-1](#). Ein ALV-System ist nur bei Sendern erlaubt, die mit aktiviertem ALV-System in die Erreichbarkeitsstufe 1, 2, 1M oder 2M eingeordnet sind.

ANMERKUNG 1 Begründung für die Dauer von 2 s: Da es für eine Person mit Fernglas oder anderen optischen Hilfsmitteln schwierig ist, sich exakt auf einen optischen Freiraumstrahl auszurichten, ist es nicht vernünftigerweise vorhersehbar, dass diese Person innerhalb von 2 s bereits die gesamte Strahlungsleistung auffängt. Während der Dauer von 2 s nach Beginn der Bestrahlung würde kein Körperteil einem Wert oberhalb der MZB ohne optische Hilfsmittel für die Erreichbarkeitsstufe 1, 2, 1M, 2M oder 3R ausgesetzt werden.

ANMERKUNG 2 Aufgrund unterschiedlicher Messbedingungen ist es möglich, dass sich die Klasse eines Lasersenders von der Erreichbarkeitsstufe dieses Senders unterscheidet.

4.5.2 Automatische Leistungsverringerung (ALV)

4.5.2.1 Allgemeines

Ein ALV-System ist eine Einrichtung, die ein Hersteller zusammen mit einem OFRKS-Sender bereitstellen darf und durch die die zugängliche Leistung innerhalb einer vorgegebenen Zeit auf einen festgelegten Wert reduziert wird, wann immer ein Ereignis eintritt, das zu einer Bestrahlung von Personen oberhalb der zutreffenden MZB führen könnte, z. B. eine Person, die einen Strahl oder sogar nur einen sehr kleinen Strahlanteil abfängt, der durch eine Messblende von 50 mm, 25 mm, 7 mm oder eine andere Messblende passt, wie in [Tabelle 2](#) angegeben.

Der Betrieb eines ALV-Systems beeinflusst die Klassifizierung des OFRKS-Senders und die Erreichbarkeitsstufe in überwachten Bereichen, wie in [4.2](#) beschrieben. Die ALV bezieht sich lediglich auf den Mechanismus, der die NGZ oder ENGZ überwacht und die Leistung reduziert. Sie bezieht sich nicht auf integrierte Überwachungssysteme, die für die Zugangsbegrenzung zu einem uneingeschränkten, eingeschränkten oder kontrollierten Standort benutzt werden.

OFRKS-Sender, die ohne ALV-System der Klasse 4 zugeordnet werden würden, dürfen nicht in einer Weise installiert werden, dass im Falle eines Versagens der ALV die Erreichbarkeitsstufe 4 an einem uneingeschränkten Standort auftreten würde.

4.5.2.2 Leistungsanforderungen für die ALV

Die ALV muss folgende Anforderungen erfüllen:

- a) die gesamte NGZ oder ENGZ überwachen – abhängig von der reduzierten Erreichbarkeitsstufe;
- b) feststellen, wenn Personen oder Objekte in die NGZ oder ENGZ, wie jeweils zutreffend, eindringen und die zugängliche Leistung innerhalb der vorgegebenen Zeit auf einen festgelegten Wert reduzieren sowie die Leistung auf oder unter dem vorgegebenen Wert für die Dauer der potenziellen Gefährdung halten;
- c) die Emissionsgrade des Senders innerhalb von 2 s verringern;
 - 1) auf Erreichbarkeitsstufe 1 oder 2 bei Installation an einem Standort mit uneingeschränktem Zugang; oder
 - 2) auf Erreichbarkeitsstufe 1, 2, 1M oder 2M bei Installation an einem eingeschränkten oder kontrollierten Standort;
- d) innerhalb der für die Leistungsverringerung zulässigen Dauer von 2 s sicherstellen, dass die MZB ohne optische Hilfsmittel (nach den Festlegungen in **IEC 60825-1**) bei Geräten der Erreichbarkeitsstufe 1, 2, 1M oder 2M nicht überschritten wird;

Anmerkung In den oben aufgeführten Fällen brauchen nur die Sehbedingungen ohne optische Hilfsmittel berücksichtigt zu werden, da es nicht vernünftigerweise vorhersehbar ist, dass optische Betrachtungshilfen in diesem Szenario von Belang sind.

- e) ein ausreichendes Zuverlässigkeitsniveau bei allen Teilsystemen aufweisen (einschließlich z. B. Schalter, Elektronik, Software und Sensoren) und einzelfehlertolerant sein, so dass, wenn beispielsweise einzelne Fehler des Systems auftreten, die eine zugängliche Energie oberhalb der Erreichbarkeitsstufe 1 oder 2 innerhalb der ENGZ oder oberhalb der Erreichbarkeitsstufe 1M oder 2M innerhalb der NGZ ermöglichen könnten, die Sicherheitsfunktion der ALV ausgeführt wird.

ANMERKUNG [Anhang D](#) enthält Beispiele für Methoden zur Bewertung der Zuverlässigkeit.

- f) falls ein Mechanismus zur Außerkraftsetzung der ALV für Montage- oder Wartungsarbeiten vorliegt, muss, solange dieser aktiv ist, (basierend auf den Anforderungen für die Außerkraftsetzung von Verriegelungen von **IEC 60825-1**) die Wiederaufnahme des normalen Betriebs verhindert werden und eine sichtbare oder hörbare Warnung deutlich darauf hinweisen, dass die ALV außer Kraft gesetzt wurde;
- g) in Sendern, die ohne ein ALV-System der Erreichbarkeitsstufe 3B oder 4 zugeordnet werden würden, muss ein Einzelfehler in der Sicherheitsfunktion des ALV-Systems Folgendes verursachen:
 - 1) Verringerung des Strahlungspegels des Senders innerhalb von 2 s nach dem Eintreten des Fehlers auf Werte der Erreichbarkeitsstufe 1 oder 2 bei Installation an einem uneingeschränkten Standort oder auf Werte der Erreichbarkeitsstufe 1, 2, 1M oder 2M bei Installation an einem eingeschränkten oder kontrollierten Standort (siehe auch [4.5.2.2 c\)](#)); und
 - 2) Anzeige des Einzelfehlers bei der betreibenden Organisation über ein erforderliches Netzwerküberwachungssystem; und
- h) wegen der breiten Auswahl an möglichen Erkennungsmethoden muss der Hersteller eine Prüfmethode festlegen, mit der die Funktion des Erkennungssystems, das die ALV auslöst, angemessen geprüft werden kann. Die Prüfung sollte die Eignung für Personen aller Altersgruppen zwischen Kind und Erwachsenen nachweisen (außer das Alter wird durch den Standorttyp sinnvoll eingeschränkt). Gleichmaßen sollten bei der Eignung der Prüfungen die Zutrittsgeschwindigkeiten in den Strahl berücksichtigen werden, die an dem geplanten Installationsort vernünftigerweise vorhersehbar sind.

Falls die Verringerung in weniger als 2 s eintritt, kann die MZB für diese Dauer benutzt werden.

Prüfungen und Beurteilungen müssen unter vernünftigerweise vorhersehbaren Fehlerbedingungen durchgeführt werden. In einigen komplexen Systemen, bei denen die optische Ausgangsstrahlung von der Unversehrtheit anderer Komponenten und von der Leistungsfähigkeit vom Schaltungsaufbau und von der Software abhängt, kann es notwendig sein, andere anerkannte Methoden für die Bewertung von Gefährdung/Sicherheit anzuwenden (siehe [Anhang A](#)).

Sobald die ALV eine sichere Betriebsbedingung sicherstellt, ist der Betrieb des Senders mit voller Leistung erlaubt.

Alternativ könnte die ALV im Zustand geringer Leistung verbleiben, bis sie manuell zurückgesetzt wird, sobald der Betreiber festgestellt hat, dass die Gefährdung nicht mehr besteht. Die Klassifizierung und Bewertung der Erreichbarkeitsstufe von ALV-basierten OFRKS müssen nachweislich die Bedingungen bei Anlauf und Neustart unter allen anwendbaren Zeitbasen berücksichtigen. Solange kein sicherer Zustand hergestellt ist, dürfen die für den jeweiligen Aufstellungsort geltenden Emissions-/Expositionsgrenzwerte nicht überschritten werden.

Wann immer ein Ereignis eintritt, durch das Personen optischer Strahlung oberhalb der maximal zulässigen Bestrahlung (MZB) ausgesetzt werden könnten, z. B. wenn eine Person in die NGZ bzw. ENGZ, wie zutreffend, eindringt. Bei einem OFRKS kann diese Eigenschaft vom Hersteller des Senders für die Festlegung der Klassifizierung genutzt werden.

4.6 Sicherungssystem für Installationen (SSI)

Ein SSI ist eine Einrichtung, die in ähnlicher Weise wie ein ALV-System funktioniert, die aber nicht durch den Hersteller in einen OFRKS-Sender integriert ist. Stattdessen kann ein Einrichter ein SSI mit einem OFRKS-Sender so verbinden, dass die zugängliche Leistung an einem bestimmten Standort innerhalb einer vorgegebenen Zeit auf einen festgelegten Wert reduziert wird, wann immer ein Ereignis eintritt, das zu einer Bestrahlung von Personen oberhalb der zutreffenden MZB führen kann. Die Anforderungen von 4.5.2 für ALV-Systeme sind auch auf SSI anwendbar, die Klassifizierung von Sendern kann jedoch nicht auf dem Betrieb von SSI basieren.

Als Schnittstelle zwischen dem SSI und dem OFRKS-Sender muss ein Steckanschluss für ferngesteuerte Sicherheitsverriegelungen dienen, der vom Hersteller des Senders mitgeliefert oder mit vergleichbaren Mitteln realisiert wird. OFRKS-Sender, die keinen derartigen Steckanschluss oder dergleichen besitzen, dürfen nicht mit einem SSI installiert werden.

4.7 Spiegelnde Reflexionen

Bei Installation und Betrieb eines OFRKS sollte einige Aufmerksamkeit darauf gelegt werden, unbeabsichtigte Reflexionen (Total- und/oder Teilreflexion) des Primärstrahls und, falls benutzt, der Justier- und Leitstrahlen zu verhindern. (Dies sollte als Bestandteil einer guten Arbeitspraxis bei allen Laserklassen gelten.) Die Möglichkeit einer unbeabsichtigten Fehllenkung des Laserstrahls und von unbeabsichtigten Reflexionen muss bei der Bewertung der Erreichbarkeitsstufe und der NGZ, wie zutreffend, durch die installierende/betreibende Organisation des Systems berücksichtigt werden.

4.8 Organisatorische Anforderungen

4.8.1 Anforderungen an Hersteller von gebrauchsfertigen OFRKS-Sendern oder OFRKS-Systemen

4.8.1.1 Allgemeines

Hersteller von OFRKS-Sende- und -Empfangeinrichtungen und/oder gebrauchsfertigen durchgehenden Systemen müssen: