

**DIN EN IEC 60825-2
(VDE 0837-2)**
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 „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.

VDE

ICS 13.280; 31.260; 33.180.01

Einsprüche bis 2019-06-26

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 60825-2
(VDE 0837-2):2011-06

Entwurf

**Sicherheit von Lasereinrichtungen –
Teil 2: Sicherheit von Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen (LWLKS)
(IEC 76/601/CD:2018);
Text Deutsch und Englisch**

Safety of laser products –
Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)
(IEC 76/601/CD:2018);
Text in German and English

Sécurité des appareils à laser –
Partie 2: Sécurité des systèmes de télécommunication par fibres optiques (STFO)
(IEC 76/601/CD:2018);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-04-26 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 76/601/CD:2018 „Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)“ (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 TC 76 „Optical radiation safety and laser equipment“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und 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 GK 841 „Optische Strahlungssicherheit und Lasereinrichtungen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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 60825-2 (VDE 0837-2):2011-06** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- C7 wurde in Übereinstimmung mit **IEC 60825-1:2014** überarbeitet, jedoch mit einer zusätzlichen Überprüfung der Haut-MZB-Werte; siehe [Abschnitt 4.7.2](#).
- Die Bedingung 2 wurde geändert und eine detaillierte Beschreibung des Mess- und Bestimmungsverfahrens für den Gefährungsgrad wurde ergänzt, siehe Abschnitte 4.1.7 und [4.7.2](#).
- Berechnungsbeispiele für die Gefährungsgrade wurden ergänzt.

- d) Abschnitt [D.5](#) Fehleranalyse – Erläuterung und Anleitung wurde vereinfacht.
- e) Die Empfehlungen für einzelne Komponenten und Baugruppen wurden verdeutlicht, siehe [Abschnitt 1](#), Absatz 3.
- f) Die deutsche Fassung wurde im [Abschnitt 2](#) an den aktuellen Standardtext angepasst.

Inhalt

Seite

1	Anwendungsbereich und Zweck	6
2	Normative Verweisungen	7
3	Begriffe	7
4	Anforderungen	10
4.1	Allgemeines	10
4.2	Schutzgehäuse für LWLKS	11
4.3	Lichtwellenleiterkabel	11
4.4	Kabel-Steckverbinder	11
4.5	Aufkleber und Kennzeichnungen	12
4.6	Organisatorische Anforderungen	16
4.7	Untersuchung des Gefährdungsgrades	18
4.8	Automatische Leistungsverringerung (ALV) und Neustart-Impulse	22
4.9	Gefährdungsgrad-Anforderungen abhängig vom Standort	24
Anhang A (informativ) Begründung		25
Anhang B (informativ) Zusammenfassung der Standorttypen in LWLKS		26
Anhang C (informativ) Verfahren zur Gefahren-/Sicherheitsanalyse		27
Anhang D (informativ) Anwendungshinweise zum sicheren Gebrauch von Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen		28
D.1	Einleitung	28
D.2	Anwendungsbereiche	28
D.2.1	Typische Lichtwellenleiteranlagen	28
D.2.2	Typische Systembauteile	29
D.2.3	Typische Arbeitsbereiche	29
D.3	Leistungsgrenzwerte von Lichtwellenleiter-Übertragungssystemen	30
D.4	Beispiele für die Bestimmung des Gefährdungsgrades	32
D.4.1	Einzelne Wellenlänge auf demselben Lichtwellenleiter	32
D.4.2	Mehrere Wellenlängen auf demselben Lichtwellenleiter	36
D.4.3	Bidirektionale (Duplex-)Übertragung	38
D.4.4	Automatische Leistungsverringerung	38
D.4.5	Bündeladern	40
D.4.6	Flachbandkabel	40
D.4.7	Leistungsverlust aufgrund von Strahlteilern und Lichtwellenleiterdämpfung	42
D.4.8	Allgemeingültige Überlegungen und Beispiele	42
D.5	Fehleranalyse – Erläuterung und Anleitung	43
D.5.1	Allgemeines	43
D.5.2	Gebräuchliche Techniken der Fehleranalyse	43
D.5.3	Ausfallart-, Auswirkungs- und Risikoanalyse	43
D.5.4	Auswirkungsanalyse	44

D.6	Empfohlene Arbeitsverfahren.....	45
D.6.1	Allgemeine Arbeitsverfahren	45
D.6.2	Arbeitsverfahren für laufenden Betrieb bei Gefährdungsgraden 1, 1M, 2, 2M und 3R	46
D.6.3	Arbeitsverfahren für den Gefährdungsgrad 3B	46
D.6.4	Ordnungsgemäßes Aus- und Einschaltverfahren für den Gefährdungsgrad 3B	46
D.7	Maximale Ausgangsleistung während der Abschaltung	47
Anhang E (informativ)	Anleitungen für Instandsetzung und Wartung	50
E.1	Prüfungen und Messungen	50
E.2	Sicherheitsvorkehrungen	50
E.2.1	Allgemeine Anmerkungen	50
E.2.2	Vorsichtsmaßnahmen an Standorten mit den Gefährdungsgraden 1M, 2M, 3R und 3B	51
E.2.3	Ausbildungsprogramm	51
Anhang F (informativ)	Erläuterung des Begriffs „Gefährdungsgrad“	52
F.1	Allgemeines.....	52
F.2	Klasse.....	52
F.3	Gefährdungsgrad	52
F.4	Erklärung zu den Definitionen 3.1, 3.4 bis 3.11 und zu Abschnitt 4	52
F.5	Erklärung zu 4.7.1 und 4.7.2	53
F.6	Erklärung zu Abschnitt D.5.....	53
Literaturhinweise		54
Bilder		
Bild D.1	– System, basierend auf passivem optischem Netzwerk (PON).....	42
Tabellen		
Tabelle B.1	– Zusammenfassung der Standorttypen in LWLKS.....	26
Tabelle D.1	– Leistungsgrenzwerte für 11-µm-Modenfelddurchmesser-Einmoden-Lichtwellenleiter (SM) und Mehrmoden-Lichtwellenleiter (MM) mit numerischer Apertur von 0,18 (Kerndurchmesser < 50 µm)	31
Tabelle D.2	– Beziehung zwischen der Anzahl der Lichtwellenleiter in einem Flachband-Lichtwellenleiter und der maximal zulässigen Leistung (Beispiel).....	41

Sicherheit von Lasereinrichtungen – Teil 2: Sicherheit von Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen (LWLKS)

1 Anwendungsbereich und Zweck

Dieses Dokument beinhaltet Anforderungen und spezifische Richtlinien für den sicheren Einsatz und die Wartung von Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen (LWLKS). Bei solchen Systemen kann optische Leistung außerhalb der Einkapselung durch Sendeeinrichtungen und/oder in großer Entfernung von der optischen Quelle zugänglich sein.

Dieses Dokument fordert die Festlegung von Gefährdungsgraden für jede zugängliche Stelle des LWLKS als Ersatz für die Produktklassifizierung nach **IEC 60825-1**. Es gilt für das installierte LWLKS als fertig konstruierte, durchgehende Anlage zur Erzeugung, Übertragung und zum Empfang von optischer Strahlung aus Lasern, lichtemittierende Dioden (LED) oder optischen Verstärkern, in der die Übertragung durch Lichtwellenleiter für Kommunikations- und/oder Steuerungszwecke geschieht.

Einzelne Bauteile und Baugruppen die der Definition einer Lasereinrichtung entsprechen unterliegen den anwendbaren Teilen von **IEC 60825-1**. Dieses Dokument ist auf die einzelnen Bauteile und Baugruppen, die in LWLKS installiert werden sollen, anwendbar.

Dieses Dokument gilt nicht für Lichtwellenleitersysteme, die hauptsächlich für die Übertragung von optischer Leistung entwickelt wurden, zum Beispiel für die Materialbearbeitung oder die medizinische Behandlung.

Zusätzlich zur Gefährdung durch Laserstrahlung können LWLKS auch andere Gefährdungen verursachen, zum Beispiel Feuer.

Dieses Dokument behandelt keine Gefahren im Zusammenhang mit Explosionen oder Feuer, die von LWLKS ausgehen, die in Umgebungen mit explosiven Gasen installiert sind.

In diesem Dokument sind LEDs und optische Verstärker mit eingeschlossen, wenn der Begriff „Laser“ verwendet wird.

ANMERKUNG Die Gefährdung durch optische Strahlung vom Lichtwellenleiter ist von der Wellenlänge, der abgestrahlten Leistung und auch den optischen Eigenschaften des Lichtwellenleiters abhängig (siehe [Anhang A](#)).

Dieser Teil 2 von IEC 60825 hat den Zweck:

- Personen vor optischer Strahlung aus LWLKS zu schützen;
- Anforderungen an Hersteller, Installations-, Instandsetzungs- und Betreiberorganisationen festzulegen, damit Anweisungen erstellt und Informationen geliefert werden, damit geeignete Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden können;
- durch Schilder, Aufkleber und Anweisungen angemessene Warnungen an einzelne Personen vor den mit LWLKS verknüpften Gefährdungen sicherzustellen.

[Anhang A](#) enthält eine ausführliche Begründung für dieses Dokument.

Die Sicherheit eines LWLKS hängt zu einem erheblichen Teil von den Eigenschaften der im System verwendeten Bauteile ab. Abhängig von den Eigenschaften der Ausrüstung ist es notwendig, wichtige Sicherheitsinformationen auf dem Produkt anzubringen oder sie in der Bedienungsanleitung abzdrukken.

Abhängig vom Grad der möglichen Gefährdung liegt die Verantwortung für die sichere Installation und Benutzung dieser Systeme durch dieses Dokument beim Einrichter oder beim Endbenutzer / der Betreiberorganisation oder beiden. Nach diesem Dokument sind die installierende Organisation und die Instandsetzungsorganisation für die Einhaltung der Sicherheitsvorschriften während der Installation und der Instandsetzung verantwortlich, je nachdem, was zutrifft. Entsprechendes gilt für den Endbenutzer oder die Betreiberorganisation beim Betrieb und bei der Wartung. Es ist bekannt, dass der Benutzer dieses Dokuments möglicherweise in eine oder mehrere der genannten Kategorien von Herstellern, installierenden Organisationen, Endbenutzern oder Betreiberorganisationen 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 60825-1:2014, *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements*

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 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach **IEC 60825-1** und die folgenden Begriffe.

3.1

zugängliche Stelle

jeder Teil oder Bereich eines LWLKS, zu dem unter vernünftigerweise vorhersehbaren Umständen menschlicher Zugang zu Laserstrahlung ohne Benutzung eines Werkzeugs möglich ist

3.2

automatische Leistungsverringerung (ALV)

Eigenschaft eines LWLKS, durch die bei jedem Ereignis, das zu einer Bestrahlung eines Menschen führen könnte, z. B. Bruch des Lichtwellenleiters, die zugängliche Leistung innerhalb einer vorgegebenen Zeit zuverlässig 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: Der Begriff der automatischen Laserabschaltung (ALA) wurde von einigen Herstellern in der Branche verwendet.

3.3

Endbenutzer

Person oder Organisation, die das LWLKS in der beim Entwurf vorgesehenen Art und Weise nutzt

Anmerkung 1 zum Begriff: Normalerweise besitzt der Endbenutzer keine Möglichkeit, die in einem LWLKS erzeugte und übertragene Leistung zu beeinflussen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Wenn eine Person oder Organisation das LWLKS für eine Kommunikations-Anwendung anders nutzt als vom Hersteller entwickelt, dann übernimmt diese Person/Organisation die in diesem Dokument festgelegten, auf einen Hersteller anwendbaren Verantwortlichkeiten oder einer installierenden Organisation.

3.4

Gefährdungsgrad

mögliche Gefährdung an jeder zugänglichen Stelle innerhalb eines LWLKS

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Gefährdungsgrad beruht auf dem optischen Strahlungspegel, der bei einem vernünftigerweise vorhersehbaren Ereignis, z. B. bei einem Lichtwellenleiterbruch, zugänglich werden könnte. Er steht in

engem Zusammenhang mit dem Laser-Klassifizierungsverfahren nach IEC 60825-1. Die Bedeutung des Gefährdungsgrads wird in Anhang F erläutert.

3.5

Gefährdungsgrad 1

festgelegte Gefährdung für jeden zugänglichen Bereich eines LWLKS, zu dem unter vernünftigerweise vorhersehbaren Umständen kein menschlicher Zugang zu Laserstrahlung, gemessen mit den Messbedingungen für Lasereinrichtungen der Klasse 1 (siehe IEC 60825-1:2014), jedoch mit Bedingung 2 wie in 4.7.2 a) dieses Dokuments definiert, über den Grenzwerten der zugänglichen Strahlung der Klasse 1 für die zutreffende Wellenlänge und Bestrahlungsdauer möglich ist.

3.6

Gefährdungsgrad 1M

festgelegte Gefährdung für jeden zugänglichen Bereich eines LWLKS, zu dem unter einem vernünftigerweise vorhersehbaren Umstand kein menschlicher Zugang zu Laserstrahlung, gemessen mit den Messbedingungen für Lasereinrichtungen der Klasse 1M (siehe IEC 60825-1:2014), jedoch mit Bedingung 2 wie in 4.7.2 a) dieses Dokuments definiert, über den Grenzwerten der zugänglichen Strahlung der Klasse 1 für die zutreffende Wellenlänge und Bestrahlungsdauer möglich ist.

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

3.7

Gefährdungsgrad 2

festgelegte Gefährdung für jeden zugänglichen Bereich eines LWLKS, zu dem unter einem vernünftigerweise vorhersehbaren Umstand kein menschlicher Zugang zu Laserstrahlung, gemessen mit den Messbedingungen für Lasereinrichtungen der Klasse 2 (siehe IEC 60825-1:2014), jedoch mit Bedingung 2 wie in 4.7.2 b) dieses Dokuments definiert, über den Grenzwerten der zugänglichen Strahlung der Klasse 2 für die zutreffende Wellenlänge und Bestrahlungsdauer möglich ist.

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn der anzuwendende Grenzwert für Gefährdungsgrad 1M größer als der Grenzwert für den Gefährdungsgrad 2 ist, aber kleiner als der Grenzwert für den Gefährdungsgrad 3B, dann wird der Gefährdungsgrad 1M vergeben.

3.8

Gefährdungsgrad 2M

festgelegte Gefährdung für jeden zugänglichen Bereich eines LWLKS, zu dem unter einem vernünftigerweise vorhersehbaren Umstand kein menschlicher Zugang zu Laserstrahlung, gemessen mit den Messbedingungen für Lasereinrichtungen der Klasse 2M (siehe IEC 60825-2:2014), jedoch mit Bedingung 2 wie in 4.7.2 b) dieses Dokuments definiert, über den Grenzwerten der zugänglichen Strahlung der Klasse 2 für die zutreffende Wellenlänge und Bestrahlungsdauer möglich ist.

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn der anzuwendende Grenzwert für Gefährdungsgrad 2M größer als der Grenzwert für den Gefährdungsgrad 3R ist, aber kleiner als der Grenzwert für den Gefährdungsgrad 3B, dann wird der Gefährdungsgrad 2M vergeben.

3.9

Gefährdungsgrad 3R

festgelegte Gefährdung für jeden zugänglichen Bereich eines LWLKS, zu dem unter einem vernünftigerweise vorhersehbaren Umstand kein menschlicher Zugang zu Laserstrahlung, gemessen mit den Messbedingungen für Lasereinrichtungen der Klasse 3R (siehe IEC 60825-1:2014), jedoch mit Bedingung 2 wie in 4.7.2 c) dieses Dokuments definiert, über den Grenzwerten der zugänglichen Strahlung der Klasse 3R für die zutreffende Wellenlänge und Bestrahlungsdauer möglich ist.

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

3.10

Gefährdungsgrad 3B

festgelegte Gefährdung für jeden zugänglichen Bereich eines LWLKS, zu dem unter einem vernünftigerweise vorhersehbaren Umstand kein menschlicher Zugang zu Laserstrahlung, gemessen mit den Messbedingungen für Lasereinrichtungen der Klasse 3B (siehe [IEC 60825-1:2014](#)), jedoch mit Bedingung 2 wie in [4.7.2 d](#)) dieses Dokuments definiert, über den Grenzwerten der zugänglichen Strahlung der Klasse 3B für die zutreffende Wellenlänge und Bestrahlungsdauer möglich ist.

3.11

Gefährdungsgrad 4

festgelegte Gefährdung für jeden zugänglichen Bereich eines LWLKS, zu dem unter einem vernünftigerweise vorhersehbaren Umstand ein menschlicher Zugang zu Laserstrahlung, gemessen mit den Messbedingungen für Lasereinrichtungen der Klasse 3B (siehe [IEC 60825-1:2014](#)), jedoch mit Bedingung 2 wie in [4.7.2 e](#)) dieses Dokuments definiert, über den Grenzwerten der zugänglichen Strahlung der Klasse 3B für die zutreffende Wellenlänge und Bestrahlungsdauer möglich ist.

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieses Dokument ist auf den Betrieb und die Wartung von LWLKS anwendbar. Um ein angemessenes Maß an Sicherheit für Personen zu sicherzustellen, die mit dem optischen Übertragungspfad in Berührung kommen könnten, ist der Gefährdungsgrad 4 in diesem Dokument nicht erlaubt. Es ist aber zulässig, Schutzsysteme zu verwenden, zum Beispiel automatische Leistungsverringerung, um den erforderlichen Gefährdungsgrad zu erzielen, wobei die übertragene Leistung unter normalen Betriebsbedingungen (das heißt ohne Fehler auf der Lichtwellenleiterstrecke) die für einen bestimmten Standort zulässige Leistung überschreitet. Zum Beispiel ist ein Gefährdungsgrad 1 für zugängliche Teile eines LWLKS möglich, obwohl die unter normalen Betriebsbedingungen im Lichtwellenleiter übertragene Leistung Klasse 4 ist.

3.12

installierende Organisation

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

3.13

Standort mit kontrolliertem Zugang

kontrollierter Standort

zugänglicher Ort, bei dem der Zugang durch konstruktive oder organisatorische Maßnahmen verhindert wird, außer für befugte Personen mit einer ausreichenden Lasersicherheitsunterweisung

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Beispiele in [D.2.1 a](#)).

3.14

Standort mit eingeschränktem Zugang

eingeschränkter Standort

zugänglicher Ort, bei dem der Zugang für die Öffentlichkeit durch organisatorische oder konstruktive Maßnahmen normalerweise verhindert wird, bei dem aber Zugang durch befugte Personen möglich ist, die möglicherweise nicht in Lasersicherheit unterwiesen sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Beispiele in [D.2.1 b](#)).

3.15

Standort mit uneingeschränktem Zugang

uneingeschränkter Standort

zugänglicher Ort ohne Maßnahmen zur Beschränkung des öffentlichen Zugangs

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Beispiele in [D.2.1 c](#)).

3.16

Hersteller

Organisation oder Einzelperson, die optische Bauelemente und andere Bauteile zusammenfügt oder integriert, um ein LWLKS zu bauen oder zu verändern

Anmerkung 1 zum Begriff: Typische Systembauteile werden in [D.2.2](#) dargestellt.

3.17

betreibende Organisation

Organisation bzw. Einzelperson, die für den Betrieb eines LWLKS verantwortlich ist

3.18

Lichtwellenleiter-Kommunikationssystem

LWLKS

fertig konstruierte, durchgehende Anlage zur Erzeugung, Übertragung und zum Empfang von optischer Strahlung aus Lasern, LED oder optischen Verstärkern, in der die Übertragung durch Lichtwellenleiter für Kommunikations- und/oder Steuerungszwecke geschieht

3.19

vernünftigerweise vorhersehbares Ereignis

Ereignis, dessen Auftreten unter bestimmten Voraussetzungen ziemlich sicher vorhergesagt werden kann und dessen Eintrittswahrscheinlichkeit oder -häufigkeit nicht niedrig oder sehr niedrig ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele für vernünftigerweise vorhersehbare Ereignisse könnten einschließen: Bruch des Lichtwellenleiters, Öffnen des Steckverbinders, Irrtum oder Nichtbeachten der Sicherheitsrichtlinien durch den Betreiber.

Anmerkung 2 zum Begriff: Jede vorsätzliche Handlung, die zu einer Gefährdung führt, gilt nicht als vernünftigerweise vorhersehbarer Umstand.

3.20

Instandsetzungs-Organisation

Organisation oder eine Person, die für die Instandsetzung eines LWLKS verantwortlich ist

3.21

Baugruppe

jede(s) einzelne Einheit, Untergruppe, Netzwerkelement oder Modul eines LWLKS, das einen optischen Sender oder einen optischen Verstärker enthält

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Definition einer Baugruppe kann sich von einer Unterbaugruppe nach IEC/TS 62538 unterscheiden.

4 Anforderungen

4.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt legt die Einschränkungen für LWLKS und für Standorttypen, an denen diese Systeme arbeiten, entsprechend den Gefährdungen fest, die von optischer Strahlung herrühren, die aufgrund eines vernünftigerweise vorhersehbaren Ereignisses zugänglich wird. Bei allen Änderungen am LWLKS muss die für die Änderung verantwortliche Organisation ermitteln, ob die Änderung den ursprünglich klassifizierten Gefährdungsgrad verändern könnte. Wenn der ursprünglich klassifizierte Gefährdungsgrad verändert ist, muss die verantwortliche Organisation die Aufkleber an den zugänglichen Standorten des Systems ändern, um eine ununterbrochene Erfüllung dieses Dokuments sicherzustellen.

Jede zugängliche Stelle innerhalb eines LWLKS muss getrennt untersucht werden, um den Gefährdungsgrad an dieser Stelle festzulegen. Falls es mehrere Kommunikationssysteme an einem Standort gibt, muss der Gefährdungsgrad dieses Standorts, unter Berücksichtigung der ungünstigsten kumulativen Effekte, gleich dem höchsten aller dieser Systeme sein. Abhängig vom festgestellten Gefährdungsgrad sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um die Einhaltung dieses Dokuments sicherzustellen. Diese Maßnahmen können beispielsweise Zugangsbeschränkungen zu diesem Standort, Einbau von zusätzlichen Sicherheitsmerkmalen oder Neukonstruktion des optischen Kommunikationssystems beinhalten, um den Gefährdungsgrad zu reduzieren.

Eine Sichtprüfung der Spitze des Lichtwellenleiters durch eine Vergrößerungsoptik sollte vermieden werden, wenn deren optische Emission möglich ist.

Kabel zur Übertragung elektrischer Energie, die LWLKS mit Lichtwellenleiterkabeln umfassen, müssen neben diesem Dokument die Anforderungen jeder anwendbaren elektrischen Norm erfüllen.

ANMERKUNG 1 Bei der Feststellung des Gefährdungsgrads werden im Allgemeinen zwei Eigenschaften berücksichtigt.

1) Höchste zulässige Leistung

Das LWLKS kann mit der höchsten zulässigen Leistung arbeiten, nachdem ein vernünftigerweise vorhersehbares Ereignis (zum Beispiel ein Lichtwellenleiterbruch) zugängliche Strahlung freigesetzt hat. Nach einer Aktivierung des ALV-Systems könnte diese maximal zulässige Leistung niedriger als die normale Betriebsleistung sein. Anforderungen sind in 4.7.3 beschrieben;

2) Maximal zulässige Bestrahlung (MZB)

Der Bestrahlungspegel wird an der Stelle ermittelt, wo es vernünftigerweise vorhersehbar ist, dass eine Person Strahlung aus dem LWLKS ausgesetzt ist. Wenn das LWLKS über ein ALV-System verfügt, wird der Expositionspegel nicht über dem MZB-Wert gehalten, der in diesem Fall unter Berücksichtigung der gesamten Zeit zur Fertigstellung des ALV-Systems entsprechend 4.7.4 bestimmt wird, d. h. der MZB-Wert ist während der ALV-Zeit in der Regel größer als jener ohne ALV. Falls das LWLKS nicht über eine ALV verfügt, dann wird die Erfüllung der Anforderungen aus der zuvor genannten Eigenschaft 1) automatisch und ohne weitere Untersuchungen oder Prüfungen als Erfüllung der Anforderungen aus 4.7.4 angesehen.

ANMERKUNG 2 In diesem Dokument sind MZBs für das Auge und die Haut von Mitarbeitern am Arbeitsplatz und für die Allgemeinbevölkerung in vielen Ländern durch nationale Gesetze spezifiziert. Diese gesetzlich verbindlichen nationalen Expositionsgrenzwerte können von den MZB-Werten des informativen Anhangs A von IEC 60825-1 abweichen und diese aufheben.

4.2 Schutzgehäuse für LWLKS

Alle LWLKS müssen ein Schutzgehäuse haben, das im installierten Zustand unter normalen Betriebsbedingungen menschlichen Zugang zu Laserstrahlung über den Grenzwerten des Gefährdungsgrads 1 verhindert.

4.3 Lichtwellenleiterkabel

Wenn die mögliche Gefährdung an einer zugänglichen Stelle des LWLKS gleich den Gefährdungsgraden 1, 1M, 2M, 3R oder 3B ist, dann muss das Lichtwellenleiterkabel mechanische Eigenschaften aufweisen, die dem physikalischen Standort entsprechen. Kabel für verschiedene physikalische Standorte sind in der Reihe IEC 60794 beschrieben. Wo nötig, kann zusätzlicher Schutz, zum Beispiel Führungen oder Kabelkanäle, an solchen Standorten erforderlich sein, wo der Lichtwellenleiter sonst möglicherweise beschädigt werden könnte.

4.4 Kabel-Steckverbinder

4.4.1 Allgemeines

Die folgenden Anforderungen an Kabel-Steckverbinder können durch die mechanische Formgebung, durch die Positionierung des Steckverbinders oder durch andere geeignete Maßnahmen erfüllt werden. Was auch immer gewählt wird: Menschlicher Zugang zu Strahlung oberhalb der für Steckverbinder an dem betreffenden Standort zulässigen Strahlung muss verhindert werden.

ANMERKUNG Die Benutzung eines Werkzeugs zur Trennung ist ein Beispiel für eine mechanische Lösung.

4.4.2 Uneingeschränkte Standorte

An uneingeschränkten Standorten müssen geeignete Maßnahmen den Zugang zu Strahlung aus dem Steckverbinder verhindern, wenn die Strahlung den Grenzwert zugänglicher Strahlung von

- Gefährdungsgrad 2 im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm oder
- Gefährdungsgrad 1 in allen anderen Fällen

überschreitet.

ANMERKUNG An einem uneingeschränkten Standort sind höchstens zulässig: Gefährdungsgrad 2M im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm und Gefährdungsgrad 1M in allen anderen Fällen (siehe 4.9.2).

4.4.3 Eingeschränkte Standorte

An eingeschränkten Standorten müssen geeignete Maßnahmen den Zugang zu Strahlung aus dem Steckverbinder verhindern, wenn die Strahlung den Grenzwert zugänglicher Strahlung von

- Gefährungsgrad 2M im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm oder
- Gefährungsgrad 1M in allen anderen Fällen

überschreitet.

ANMERKUNG An einem eingeschränkten Standort sind höchstens zulässig: Gefährungsgrad 1M, 2M oder 3R, was immer höher ist (siehe 4.9.3).

4.4.4 Kontrollierte Standorte

An kontrollierten Standorten müssen geeignete Maßnahmen den Zugang zu Strahlung aus dem Steckverbinder verhindern, wenn die Strahlung den Grenzwert zugänglicher Strahlung von

- Gefährungsgrad 2M im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm oder
- Gefährungsgrad 1M in allen anderen Fällen

überschreitet.

ANMERKUNG An einem kontrollierten Standort ist höchstens der Gefährungsgrad 3B zulässig (siehe 4.9.4).

4.5 Aufkleber und Kennzeichnungen

4.5.1 Allgemeine Anforderungen

Entsprechend den Anforderungen dieses Abschnitts sind jede optische Steckverbindung, jedes Spleißgehäuse oder alle anderen Teile, die beim Öffnen Strahlung emittieren, zu kennzeichnen (zum Beispiel mit einem Aufkleber, einer Hülse, einem Anhänger, einem Klebeband usw.), wenn der Gefährungsgrad an dieser Stelle über dem des Gefährungsgrades 1 liegt. Die Information muss aus dem Inhalt der [Tabelle 1, 2](#) oder [3](#) bestehen, je nachdem, was zutrifft.

Dort, wo an den Trennstellen die zugängliche Strahlung Gefährungsgrad 1 oder Gefährungsgrad 1M ist, darf die obige Information in den Benutzerinformationen enthalten sein anstatt als Kennzeichnung auf dem Gerät.

Die Kennzeichnungen müssen schwarz auf gelbem Untergrund sein. Schilder, die in der Dokumentation des Herstellers oder der Betreiberorganisation nachgebildet sind, dürfen schwarz auf weißem Untergrund sein.

Es ist zulässig, die Kennzeichnungen zu verkleinern, vorausgesetzt, das Ergebnis ist lesbar. Für sämtliche Aufkleber zum Gefährungsgrad ist der Einrichter oder Endbenutzer / die Betreiberorganisation verantwortlich, einschließlich der Aufkleber von Baugruppen, die Laser oder optische Verstärker enthalten. Dies ist dadurch begründet, dass der Gefährungsgrad eine Eigenschaft des (durchgehenden) LWLKS ist und von systemweiten Eigenschaften wie ALV usw. abhängig ist.

Außer in den unten angeführten Fällen sind jede optische Steckverbindung, jedes Spleißgehäuse oder alle anderen Teile, bei denen beim Öffnen Zugang zu optischer Strahlung beabsichtigt ist, entsprechend [Tabelle 1, 2](#) oder [3](#) zu kennzeichnen, je nachdem, was zutrifft (zum Beispiel mit einem Aufkleber, einer Hülse, einem Anhänger, einem Klebeband usw.).

ANMERKUNG Baugruppen mit optischem Ausgang sind in Teil 2 gekennzeichnet, wenn sie für LWLKS verwendet werden, während sie in Teil 1 von IEC 60825 für unabhängige Einsätze verwendet werden.

Tabelle 1 – Kennzeichnung an uneingeschränkten Standorten

Zugänglicher Gefährungsgrad	Erforderliche Kennzeichnung – Uneingeschränkter Standort
1	Keine Kennzeichnung erforderlich
1M	Keine Kennzeichnung erforderlich ^a
2	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">  b </div> <div style="border: 2px solid black; border-radius: 10px; padding: 10px; flex-grow: 1;"> <p align="center">VORSICHT</p> <p align="center">LASERSTRAHLUNG^{c d} GEFÄHRDUNGSGRAD 2 NICHT IN DEN STRAHL BLICKEN</p> </div> <div style="margin-left: 10px;"> e </div> </div>
2M	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">  b </div> <div style="border: 2px solid black; border-radius: 10px; padding: 10px; flex-grow: 1;"> <p align="center">VORSICHT</p> <p align="center">LASERSTRAHLUNG^{c d} GEFÄHRDUNGSGRAD 2M NICHT IN DEN STRAHL BLICKEN ODER DIREKT MIT OPTISCHEN INSTRUMENTEN OHNE ABSCHWÄCHUNG BETRACHTEN</p> </div> <div style="margin-left: 10px;"> e </div> </div>
3R	Nicht zulässig
3B	Nicht zulässig
ANMERKUNG Siehe 4.5.5 zur Gefährdung durch unsichtbare Laserstrahlen.	
<p>^a 4.4.2 macht es erforderlich, den Zugang zur Strahlung aus einem Stecker auf Gefährungsgrad 1 durch geeignete Maßnahmen zu begrenzen, und die mechanische Konstruktion des Lichtwellenleiterkabels muss mit der maßgeblichen Norm der Reihe IEC 60794 übereinstimmen (siehe 4.3). Deshalb ist beim Gefährungsgrad 1M keine Kennzeichnung erforderlich.</p> <p>^b Warnschild mit Gefahrensymbol entsprechend IEC 60825-1, 2014, Bild 3.</p> <p>^c Wenn die Strahlungsquelle eine licht emittierende Diode ist, ist das Wort „Laser“ durch „LED“ zu ersetzen.</p> <p>^d Bei Strahlung im Bereich von 400 nm bis 700 nm kann das Wort „Strahlung“ wahlweise durch „Licht“ ersetzt werden.</p> <p>^e Hinweisschild (Rahmen) entsprechend IEC 60825-1, Bild 4. Es ist zulässig, zusätzlich zu diesem Rahmen das Gefahrensymbol entsprechend IEC 60825-1, Bild 3, hinzuzufügen.</p>	

Tabelle 2 – Kennzeichnung an eingeschränkten Standorten

Zugänglicher Gefährdungsgrad	Erforderliche Kennzeichnung – Eingeschränkter Standort
1	Keine Kennzeichnung erforderlich
1M	<p>Kennzeichnung ist nur in solchen Fällen erforderlich, bei denen die Anforderungen für Kabel-Steckverbinder an uneingeschränkten Standorten nicht erfüllt sind (siehe 4.4.2). Man beachte aber ANMERKUNG 2 unten.</p> <div> <div>  <p>a</p> </div> <div> <p>VORSICHT</p> <p>LASERSTRAHLUNG^{b,c} GEFÄHRDUNGSGRAD 1M NICHT DIREKT MIT OPTISCHEN INSTRUMENTEN OHNE ABSCHWÄCHUNG BETRACHTEN</p> <p>d</p> </div> </div>
2	<div> <div>  <p>a</p> </div> <div> <p>VORSICHT</p> <p>LASERSTRAHLUNG^{b,c} GEFÄHRDUNGSGRAD 2 NICHT IN DEN STRAHL BLICKEN</p> <p>d</p> </div> </div>
2M	<div> <div>  <p>a</p> </div> <div> <p>VORSICHT</p> <p>LASERSTRAHLUNG^{b,c} GEFÄHRDUNGSGRAD 2M NICHT IN DEN STRAHL BLICKEN ODER DIREKT MIT OPTISCHEN INSTRUMENTEN OHNE ABSCHWÄCHUNG BETRACHTEN</p> <p>d</p> </div> </div>
3R	<div> <div>  <p>a</p> </div> <div> <p>VORSICHT</p> <p>LASERSTRAHLUNG^{b,c} GEFÄHRDUNGSGRAD 3R NICHT DEM STRAHL AUSSETZEN</p> <p>d</p> </div> </div>
3B	Nicht zulässig
<p>ANMERKUNG 1 Wenn die zugängliche Strahlung an den Trennstellen Gefährdungsgrad 1 oder Gefährdungsgrad 1M ist, ist diese Angabe in den Benutzerinformationen anstelle der Kennzeichnung auf (z. B.) dem Gerät, dem Lichtwellenleiter oder dem Steckverbinder möglich.</p>	
<p>ANMERKUNG 2 Siehe 4.5.5 zur Gefährdung durch unsichtbare Laserstrahlen.</p>	
<p>a Warnschild entsprechend IEC 60825-1, Bild 3.</p> <p>b Wenn die Strahlungsquelle eine lichtemittierende Diode ist, ist das Wort „Laser“ durch „LED“ zu ersetzen.</p> <p>c Wenn die Strahlung im Bereich von 400 nm bis 700 nm liegt, kann das Wort „Strahlung“ wahlweise durch „Licht“ ersetzt werden.</p> <p>d Hinweisschild (Rahmen) entsprechend IEC 60825-1, Bild 4. Es ist zulässig, zusätzlich zu diesem Rahmen das Gefahrensymbol entsprechend IEC 60825-1, Bild 3, hinzuzufügen.</p>	

Tabelle 3 – Kennzeichnung an kontrollierten Standorten

Zugänglicher Gefährdungsgrad	Erforderliche Kennzeichnung – Kontrollierter Standort	
1	Keine Kennzeichnung erforderlich	
1M	Keine Kennzeichnung erforderlich ^e	
2	 ^a	<div>VORSICHT LASERSTRAHLUNG^{b,c} GEFÄHRDUNGSGRAD 2 NICHT IN DEN STRAHL BLICKEN</div> ^d
2M	 ^a	<div>VORSICHT LASERSTRAHLUNG^{b,c} GEFÄHRDUNGSGRAD 2M NICHT IN DEN STRAHL BLICKEN ODER DIREKT MIT OPTISCHEN INSTRUMENTEN OHNE ABSCHWÄCHUNG BETRACHTEN</div> ^d
3R	 ^a	<div>VORSICHT LASERSTRAHLUNG^{b,c} GEFÄHRDUNGSGRAD 3R DIREKTE BESTRAHLUNG DER AUGEN VERMEIDEN</div> ^d
3B	 ^a	<div>VORSICHT LASERSTRAHLUNG^{b,c} GEFÄHRDUNGSGRAD 3B NICHT DEM STRAHL AUSSETZEN</div> ^d
ANMERKUNG Siehe 4.5.5 zur Gefährdung durch unsichtbare Laserstrahlen.		
<p>^a Warnschild entsprechend IEC 60825-1, Bild 3.</p> <p>^b Wenn die Strahlungsquelle eine lichtemittierende Diode ist, ist das Wort „Laser“ durch „LED“ zu ersetzen.</p> <p>^c Wenn die Strahlung im Bereich von 400 nm bis 700 nm liegt, kann das Wort „Strahlung“ wahlweise durch „Licht“ ersetzt werden.</p> <p>^d Hinweisschild (Rahmen) entsprechend IEC 60825-1, Bild 4. Es ist zulässig, zusätzlich zu diesem Rahmen das Gefahrensymbol entsprechend IEC 60825-1, Bild 3, hinzuzufügen.</p> <p>^e Es ist empfohlen, aber nicht erforderlich, Steckverbinder mit einem optischen Ausgang mit dem Warnschild entsprechend IEC 60825-1, Bild 3 zu kennzeichnen.</p>		

4.5.2 Kennzeichnung von Steckverbindern an optischen Sendern und optischen Verstärkern

Für Steckverbinder von optischen Sendern und Verstärkern, bei denen ein optischer Ausgang oder eine Gruppe von Ausgängen (siehe 4.5.3) mit einem Lichtwellenleiter verbunden werden kann, werden die Anforderungen von 4.5.1 wie folgt geändert.

Wenn in 4.5.1 eine Kennzeichnung gefordert wird, dann muss zu den bereits in den Tabellen 1, 2 und 3 geforderten Angaben der Wellenlängenbereich hinzugefügt werden. Bevorzugte Werte für Wellenlängenbereiche sind:

- 400 nm bis 700 nm
- 700 nm bis 1 150 nm
- 1 200 nm bis 1 250 nm
- 1 400 nm bis 1 600 nm.

Zwischen 1 150 nm und 1 200 nm und zwischen 1 250 nm und 1 400 nm muss die genaue Wellenlänge angegeben werden.

ANMERKUNG 1 Von 1 150 nm bis 1 200 nm sowie von 1 250 nm bis 1 400 nm steigt der Wert von C_7 (und damit der Wert des entsprechenden GZS) mit der Wellenlänge deutlich an (siehe IEC 60825-1:2014).

ANMERKUNG 2 Auch Eingänge von (z. B.) Raman-Verstärkern können gefährliche Strahlung emittieren und sollen nach Möglichkeit entsprechend beschildert sein.

ANMERKUNG 3 Oben sind Beispiele von Wellenlängenbereichen angegeben. Es kann auch der tatsächliche Betriebswellenlängenbereich in der Kennzeichnung angegeben werden, z. B. 1 300 nm bis 1 600 nm.

4.5.3 Kennzeichnung von Steckverbindergruppen

Gruppen von Steckverbindern, beispielsweise Steckerfelder, dürfen als Gruppen mit nur einer einzigen, deutlich sichtbaren Kennzeichnung des Gefährdungsgrades anstelle der getrennten Beschilderung jedes einzelnen Steckverbinders versehen sein. Wenn eine Gruppe von Steckverbindern in einem geschlossenen Gehäuse untergebracht ist und beim Zugang zum Gehäuse eine Bestrahlung oberhalb des Gefährdungsgrades 1M vorhersehbar ist, muss die Kennzeichnung sowohl vor als auch nach Öffnen einer Abdeckung deutlich sichtbar sein. Dies kann eine weitere Kennzeichnung erforderlich machen.

4.5.4 Beständigkeits- und Abriebfestigkeits-Forderungen bei Sicherheitskennzeichnungen

Jede von diesem Dokument geforderte Kennzeichnung muss dauerhaft und lesbar sein. Im Zusammenhang mit der Beständigkeit müssen die Auswirkungen von normalem Gebrauch berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Die Forderung und Prüfung sind in 1.7.11 von IEC 60950-1:2005 [13] enthalten.

4.5.5 Warnung vor unsichtbarer Strahlung

Wenn die Laserstrahlung außerhalb des Wellenlängenbereichs von 400 nm bis 700 nm liegt, ist das Wort „Laserstrahlung“ auf den Schildern der Tabellen 1, 2 und 3 durch „unsichtbare Laserstrahlung“ zu ersetzen oder, wenn die Strahlung Wellenlängen sowohl innerhalb als auch außerhalb dieses Wellenlängenbereichs umfasst, durch „sichtbare und unsichtbare Laserstrahlung“. Wenn ein Gerät auf Basis der sichtbaren Laserstrahlung klassifiziert wurde und außerdem noch Strahlung bei unsichtbaren Wellenlängen oberhalb des GZS von Klasse 1 emittiert, dann muss das Schild die Worte „sichtbare und unsichtbare Laserstrahlung“ anstelle von „Laserstrahlung“ beinhalten.

4.6 Organisatorische Anforderungen

4.6.1 Hersteller von gebrauchsfertigen LWLKS oder schlüsselfertigen Systemen

Hersteller von LWLKS oder schlüsselfertigen durchgehenden Systemen müssen:

- a) sicherstellen, dass die Anlage die anwendbaren Anforderungen dieses Dokuments erfüllt;
- b) die folgenden Informationen zur Verfügung stellen:
 - 1) eine angemessene Beschreibung der konstruktiven Merkmale, die in das Produkt eingebaut sind, um den Zugang zu Strahlung oberhalb der MZB-Werte zu verhindern;

- 2) angemessene Anweisungen für eine korrekte Montage, Wartung und den sicheren Einsatz, einschließlich eindeutiger Warnungen in Bezug auf Vorsichtsmaßnahmen, um mögliche Bestrahlung oberhalb der MZB-Werte zu vermeiden;
- 3) angemessene Anleitungen für installierende und instand setzende Organisationen, um sicherzustellen, dass das Produkt so installiert und instand gesetzt werden kann, dass die bei vernünftigerweise vorhersehbaren Ereignissen zugängliche Strahlung die Anforderungen von Abschnitt 4 erfüllt;
- 4) die Gefährungsgrade an den zugänglichen Stellen innerhalb des Systems und die Kenngrößen, auf welchen diese Gefährungsgrade beruhen;
- 5) für Systeme mit ALV:
 - die Reaktionszeit und die Betriebskenngrößen der ALV;
 - wenn es die Installation oder die Instandsetzung erfordert, eine ALV außer Betrieb zu nehmen, sind Informationen beizustellen, so dass die betreibende Organisation spezifizieren kann, wie in der ALV-Abschaltzeit sicher gearbeitet werden kann und wie solche Systeme wieder sicher in Betrieb genommen und sicher geprüft werden können;
 - wenn ein manuell ausgelöster Neustart die ALV zeitweilig außer Kraft setzt, muss der zeitliche Ablauf des Neustarts klar in der Bedienungsanleitung angegeben werden;
 - alle Szenarien (zum Beispiel Entfernung oder Ausfall eines Steuerelements oder eines anderen Bauteils), bei dem die ALV nicht betriebsbereit wäre, und die unter diesen Bedingungen nötigen Vorkehrungen;
- 6) alle weiteren Informationen im Zusammenhang mit der sicheren Benutzung des LWLKS;
- 7) eine Feststellung, dass die Anlage nach den Anweisungen des Herstellers installiert werden muss, einschließlich der Warnung: „VORSICHT: Andere als die hier beschriebenen Einstellungen, Justierungen oder Verfahren können gefährliche Bestrahlung auslösen.“

4.6.2 Installations- und Instandsetzungs-Organisationen

Die für die Installation und die Instandsetzung des LWLKS verantwortliche Organisation muss den Herstelleranweisungen für die Installation der Anlage in einer Art und Weise folgen, dass die Einhaltung der Anforderungen von Abschnitt 4 für die unter vernünftigerweise vorhersehbaren Umständen zugängliche Strahlung sichergestellt ist.

Bevor ein LWLKS in Betrieb gesetzt wird, muss die maßgebliche Installations- oder Instandsetzungs-Organisation sicherstellen, dass die ALV, falls angewandt, sich in dem richtigen Arbeitszustand befindet, wie in 4.5 und 4.8 festgelegt.

Bei Systemen mit zugänglichen Stellen mit einem anderen Gefährungsgrad als 1 oder 2 muss die Installations- und/oder Instandsetzungs-Organisation:

- a) dem für die Installation oder die Instandsetzung verantwortlichen Personal eine angemessene Lasersicherheits-Unterweisung geben;
- b) sicherstellen, dass geeignete Zugangseinschränkungen und Warnaufkleber an den kontrollierten und eingeschränkten Standorten vorhanden sind.

4.6.3 Betreibende Organisation

Die betreibende Organisation hat die letzte Verantwortung für die Sicherheit des gesamten Systems. Das schließt insbesondere ein:

- a) Festlegen der Art des Standorts bei allen zugänglichen Stellen für das gesamte LWLKS;
- b) Sicherstellen, dass die Gefährungsgrade an diesen Stellen unter vernünftigerweise vorhersehbaren Umständen nicht überschritten werden;
- c) Sicherstellen, dass die Installation und die Instandsetzung nur von Organisationen ausgeführt werden, die in der Lage sind, die Bedingungen 4.2 bis 4.9 zu erfüllen;
- d) Sicherstellen, dass der Zugang zu den eingeschränkten und kontrollierten Standorten in für die Lasersicherheit geeigneter Weise geregelt ist;

- e) Sicherstellen, dass die Anforderungen an Herstellung, Betrieb, Installation, Instandsetzung und Sicherheit ständig erfüllt sind.

ANMERKUNG Anleitungen für Instandsetzung und Wartung werden in [Anhang E](#) beschrieben.

4.7 Untersuchung des Gefährdungsgrades

4.7.1 Bestimmung des Gefährdungsgrads und Anwendung von Bedingung 2

Der Gefährdungsgrad wird durch die Messung der optischen Strahlung bestimmt, die nach einem vernünftigerweise vorhersehbaren Ereignis (z. B. Bruch des Lichtwellenleiters) während des Betriebes oder der Wartung zugänglich werden könnte. Die Verfahren zur Überprüfung der Übereinstimmung mit den festgelegten Strahlungsgrenzwerten für die Bedingung 1 und 3 sind die gleichen wie die für die Klassifizierung in [IEC 60825-1](#) beschriebenen.

Zur Bestimmung des Gefährdungsgrads für alle Wellenlängen siehe Tabelle 4.

Tabelle 4 – Durchmesser der Messblenden und Abstände für die (vereinfachte) Standard-Bewertung

	Bedingung 1 ^a <i>anzuwenden auf kollimierte Strahlen, bei denen z. B. Teleskope oder Ferngläser die Gefährdung erhöhen können</i>		Bedingung 2 ^b <i>wird auf Lichtwellenleiter-Kommunikationssysteme (LWLKS) und Freiraum-Lichtwellenleiter - Kommunikationssystemen (IEC 60825-12 [16]) angewandt</i>		Bedingung 3 ^a <i>wird auf kollimierte Strahlung und diffuses Licht mit bloßem Auge oder kleiner Vergrößerung angewandt</i>	
Wellenlänge nm	Messblende mm	Abstand X mm	Messblende mm	Abstand X mm	Messblende/ Grenzblende mm	Abstand X 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	14	Siehe IEC 60825-1	Siehe IEC 60825-1
≥ 400 bis 1 400	Siehe IEC 60825-1	Siehe IEC 60825-1	3,5	14	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

Grenzen des Klassifizierungsschemas werden in [Anhang C.3](#) von [IEC 60825-1](#) diskutiert, wo Fälle vorgeschlagen werden, bei denen zusätzliche Risikoanalysen und Warnhinweise angezeigt sein könnten.

ANMERKUNG Die Beschreibungen unterhalb der Überschriften „Bedingung“ sind nur zur Information bezüglich typischer Fälle ohne die Absicht, ausschließlich zu sein.

^a Die Werte für Bedingung 1 und 3 in dieser Tabelle wurden [IEC 60825-1:2014](#) entnommen. Wird eine spätere Ausgabe von [IEC 60825-1](#) ausgearbeitet, muss der Leser von [IEC 60825-2](#) die in der letzten Version von [IEC 60825-1](#) festgelegten Werte anwenden.

^b Es gilt eine Messbedingung mit einem Vergrößerungsbereich von x18, der durch eine Messblende mit 3,5 mm in einem Abstand von 14 mm vom Faserende definiert ist, da der Benutzer einer solchen Lupe an Tageslicht gewöhnt ist und die Pupille kleiner wäre. Wenn Multimode-Lichtwellenleiter mit großen Kerndurchmessern für LWLKS verwendet werden, muss der Winkelausdehnungs-Effekt berücksichtigt werden.

4.7.2 Festlegung des Gefährungsgrads des LWLKS

a) Gefährungsgrad 1 und 1M

Ist für Wellenlängen unter 302,5 nm und über 4 000 nm die zugängliche Strahlung kleiner als der GZS von Klasse 1 nach Bedingung 3, dann wird das LWLKS dem Gefährungsgrad 1 zugeordnet.

Für Wellenlängen von 302,5 nm bis 4 000 nm, wenn die zugängliche Strahlung

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

wird das LWLKS dem Gefährungsgrad 1 zugewiesen.

Ist die zugängliche Strahlung

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

wird das LWLKS dem Gefährungsgrad 1M zugewiesen.

ANMERKUNG 1 Üblicherweise übersteigt die zugängliche Strahlung eines Produkts der Klasse 1M den GZS der Klasse 1 entweder für die Bedingung 1 oder Bedingung 2. Sie kann jedoch auch als Klasse 1M klassifiziert werden, wenn sie den GZS für Bedingung 1 und Bedingung 2 überschreitet.

ANMERKUNG 2 Der Grund für die Überprüfung des GZS der Klasse 3B ist die Begrenzung der maximalen Leistung, die durch ein optisches Instrument tritt.

Für Wellenlängen zwischen 1 200 nm und 1 400 nm muss der GZS der Klasse 1 durch den Haut-MPE-Wert, gemessen durch eine Öffnung mit einer Blende von 3,5 mm Durchmesser (siehe D.4.1), abgemildert werden.

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

ANMERKUNG 4 Der Haut-MZB-Wert gilt auf der Grundlage der Fußnoten in Tabelle A.1-A.4 von IEC 60825-1:2014, 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) unter Umständen nicht adäquat schützen können und daher ist Vorsicht angebracht. Falls die Bestrahlung die Haut-MZB-Werte nicht überschreitet, besteht für die äußeren Augenpartien auch kein Anlass zur Sorge.

Die zugängliche Strahlung der Gefahrenstufen 1 und 1M, die mit einer Blende von 3,5 mm Durchmesser, die an der Spitze des Lichtwellenleiters platziert wird, bestimmt wird, darf den GZS der Klasse 3B nicht überschreiten.

ANMERKUNG 5 Es ist möglich, dass eine Lasereinrichtung der Klasse 1M mit einem stark divergenten Strahl nahe bei der Quelle oder in Kontakt mit dieser (z. B. ein Faserende) Bestrahlungsstärkewerte erzeugt, die so hoch sind, dass Hautverletzungen möglich sind.

b) Gefährungsgrad 2 und 2M

Die Gefährungsgrade 2 und 2M sind anwendbar im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm. Überschreitet die zugängliche Strahlung die für Klasse 1 und für Klasse 1M geforderten Grenzwerte und ist sie:

- kleiner als der oder gleich dem GZS für Klasse 1 nach Bedingung 1 und Bedingung 2 sowie Bedingung 3,

wird das LWLKS dem Gefährungsgrad 2 zugewiesen.

Überschreitet die zugängliche Strahlung die für Klasse 1 und für Klasse 1M geforderten Grenzwerte und ist sie:

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

wird das LWLKS dem Gefährdungsgrad 2M zugewiesen.

ANMERKUNG 6 Üblicherweise übersteigt die zugängliche Strahlung eines Produkts der Klasse 2M den GZS der Klasse 2 entweder für die Bedingung 1 oder Bedingung 2. Sie kann jedoch auch als Klasse 2M klassifiziert werden, wenn sie den GZS der Klasse 2 für die Bedingungen 1 und 2 überschreitet.

ANMERKUNG 7 Der Grund für die Überprüfung des GZS der Klasse 3B ist die Begrenzung der maximalen Leistung, die durch ein optisches Instrument tritt, und hohe Bestrahlungsstärkewerte in der Nähe von oder im Kontakt mit divergenten Quellen auszuschließen, die zu Hautverletzungen führen können.

Die zugängliche Strahlung der Gefährdungsgrade 2 und 2M, die mit einem Durchmesser von 3,5 mm festgelegt und an der Spitze des Lichtwellenleiters platziert werden dürfen den GZS der Klasse 3B nicht übersteigen.

ANMERKUNG 8 Es ist möglich, dass eine Lasereinrichtung der Klasse 2M mit einem stark divergenten Strahl nahe bei der Quelle oder in Kontakt mit dieser (z. B. ein Lichtwellenleiterende) Bestrahlungsstärkewerte erzeugt, die so hoch sind, dass Hautverletzungen möglich sind.

c) Gefährdungsgrad 3R

Ist für Wellenlängen unter 302,5 nm und größer als oder gleich 4 000 nm die zugängliche Strahlung entsprechend Bedingung 3:

- kleiner als der oder gleich dem GZS von Klasse 3R und
- größer als der GZS der Klasse 1 und Klasse 2,

dann wird das LWLKS dem Gefährdungsgrad 3R zugeordnet.

Für 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 und Bedingung 2 sowie Bedingung 3 ist und
- den GZS der Klasse 1 und Klasse 2 nach Bedingung 3 übersteigt,

dann wird das LWLKS dem Gefährdungsgrad 3R zugeordnet.

Für Wellenlängen zwischen 1 200 nm und 1 400 nm muss der GZS der Klasse 3R durch das 5-Fache des Haut-MPE-Werts und eine Blende von 3,5 mm Durchmesser (siehe D.4.1), abgemildert werden.

ANMERKUNG 9 Die vorgenannte Überprüfung des 5-fachen Haut-MPE-Werts ist ergänzend zu der und strenger als die in den Anmerkungen d) und c) zu den Tabellen 6 und 7 von IEC 60825-1:2014 beschriebenen Prüfung der GZS der Klasse 3B.

Die zugängliche Strahlung der Gefahrenstufen 3R, die mit einer Blende von 3,5 mm Durchmesser, die an der Spitze des Lichtwellenleiters platziert wird, bestimmt wird, darf den GZS der Klasse 3B nicht überschreiten.

d) Gefährdungsgrad 3B

Ist die zugängliche Strahlung

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

wird das LWLKS dem Gefährdungsgrad 3B zugewiesen.

Bei allen Wellenlängen darf die Gesamtabstrahlung des Lichtwellenleiters im Fall von Systemen des Gefährdungsgrads 3B den GZS der Klasse 3B nicht überschreiten.

e) Gefährdungsgrad 4

Überschreitet die gesamte zugängliche Strahlung am Faserende (oder gemessen mit einer Blende von 3,5 mm Durchmesser, die an der Faserspitze platziert wird) den GZS für Klasse 3B, wird das LWLKS dem Gefährdungsgrad 4 zugeordnet.

4.7.3 Zusätzliche Anforderungen, die auf alle Gefährdungsgrade anwendbar sind

Messungen müssen unter geeigneten Bedingungen durchgeführt werden, z. B. bei simuliertem Bruch eines Lichtwellenleiters, und müssen auf den maßgeblichen Abschnitten der [IEC 60825-1](#) beruhen.

Die Beurteilung des Gefährdungsgrades mit und ohne ALV muss stattfinden:

- an uneingeschränkten Standorten 1 s nach dem vernünftigerweise vorhersehbaren Ereignis, außer wenn Messungen zu einem späteren Zeitpunkt eine stärkere Bestrahlung ergeben würden;
- an eingeschränkten oder kontrollierten Standorten 3 s nach dem vernünftigerweise vorhersehbaren Ereignis, außer wenn die Messungen zu einem späteren Zeitpunkt eine stärkere Bestrahlung ergeben würden.

Ist es schwierig, direkte Messungen auszuführen, ist eine Bestimmung des Gefährdungsgrades auf der Grundlage von Berechnungen annehmbar. Zum Beispiel könnte man möglicherweise aus der Kenntnis der Laser- oder Verstärkerleistung und der Lichtwellenleiterdämpfung die Gefährdung an jeder beliebigen Stelle bestimmen.

Bei LWLKS mit automatischer Leistungsverringerung wird der Gefährdungsgrad aus der zugänglichen Leistung (Impuls oder Dauerstrich) nach der oben festgelegten Zeit bestimmt (1 s an uneingeschränkten Standorten, 3 s an eingeschränkten Standorten oder kontrollierten Standorten). Außerdem muss die MZB-Anforderung in [4.7.2](#) erfüllt werden.

4.7.4 Anforderungen und Messbedingungen bei ALV

Wird bei einem LWLKS eine automatische Leistungsverringerung benutzt, um die Grenzen eines Gefährdungsgrades zu erreichen, der niedriger als derjenige ist, der ohne automatische Leistungsverringerung erreicht würde, dann darf die Bestrahlungsstärke oder Bestrahlung während der in [4.7.1](#) festgelegten, für das Erreichen des niedrigeren Gefährdungsgrades maximalen Zeitspanne (nicht größer als 1 s an uneingeschränkten Standorten, 3 s an eingeschränkten Standorten oder kontrollierten Standorten) die MZB-Grenzen von Auge und Haut für die Bestrahlungsstärke oder Bestrahlung nicht überschreiten. Für uneingeschränkte / eingeschränkte Standorte und kontrollierte Standorte entsprechen die Messabstände, jeweils nur für diesen Unterabschnitt, 100 mm bzw. 250 mm.

4.7.5 Bedingungen für Prüfung und Beurteilung

Prüfungen und Beurteilungen müssen unter vernünftigerweise vorhersehbaren Fehlerbedingungen erfolgen.

Bei manchen komplexen Systemen (z. B. wo die optische Ausgangsleistung von der Unversehrtheit anderer Bauteile und der Funktionstüchtigkeit des Schaltungsentwurfs und der Software abhängt) kann es notwendig sein, andere anerkannte Verfahren zur Beurteilung der Gefährdung und der Sicherheit zu benutzen (siehe [Anhang C](#)).

Allerdings müssen Fehler, die zu einer Strahlung oberhalb des Gefährdungsgrades führen, nicht berücksichtigt werden, wenn

- die Dauer, während der Grenzwert der Strahlung den Gefährdungsgrad überschreitet, begrenzt ist; und
- menschlicher Zugang zu der Strahlung nicht vernünftigerweise vorhersehbar ist, bevor die Anlage außer Betrieb genommen wird.

ANMERKUNG Bei der Anwendung der maßgeblichen MZB-Anforderung in 4.7 auf den austretenden Strahl, z. B. ein gebrochenes Faserende oder ein geöffneter Stecker, sind zwei Faktoren wichtig:

- a) Ist es vernünftigerweise vorhersehbar, dass das Auge einer Person dem Strahl ausgesetzt wird?
- b) Ist es vernünftigerweise vorhersehbar, dass die Haut einer Person durch den Strahl gereizt wird?

Bei der Untersuchung, was vernünftigerweise vorhersehbar ist, müssen der physikalische Ort des Strahlausgangs, der Abstand zwischen dem Strahlausgangspunkt und dem Auge oder der Haut und die Zeit, die die ALV benötigt, um die Bestrahlung auf das durch 4.9 geforderte Niveau zu verringern, berücksichtigt werden. Auch wenn die Bestrahlung des ungeschützten Auges oder der Haut nicht vernünftigerweise vorhersehbar ist, sollte die Möglichkeit einer Feuergefährdung ebenfalls betrachtet werden.

4.8 Automatische Leistungsverringerung (ALV) und Neustart-Impulse

4.8.1 Allgemeines

Falls die Anlage eine automatische Leistungsverringerung (ALV) benutzt, um den festgelegten Gefährdungsgrad zu verringern, dann muss ein Neustart unter Einschränkungen erfolgen, die in den folgenden drei Szenarios beschrieben sind. Außerdem muss die ALV eine angemessene Zuverlässigkeit haben (siehe ANMERKUNG 1).

ANMERKUNG 1 Beispiele zur Berechnung der Zuverlässigkeit von ALV-Systemen sind in D.5 beschrieben.

ANMERKUNG 2 Der in den folgenden Szenarios beschriebene zeitliche Ablauf eines Neustarts ist wellenlängenabhängig.

4.8.2 Automatischer Neustart

Im Fall, dass der Neustart automatisch erfolgt, müssen der zeitliche Ablauf und die Leistung des Neustart-Prozesses so eingeschränkt werden, dass der Gefährdungsgrad jeder zugänglichen Stelle des Systems nicht überschritten wird.

4.8.3 Manueller Neustart mit abgesicherter Kontinuität

Im Fall, dass der Neustart manuell ausgelöst wird und die Kontinuität des Übertragungspfads durch organisatorische oder andere Maßnahmen abgesichert ist, gibt es keine Einschränkungen bezüglich des zeitlichen Ablaufs und der Leistung des Neustart-Prozesses (siehe ANMERKUNG). In den Herstelleranweisungen muss festgelegt sein, dass die organisatorischen (oder anderen) Maßnahmen berücksichtigen müssen, dass der Gefährdungsgrad jeder zugänglichen Stelle während des Neustarts überschritten werden kann.

ANMERKUNG Da in diesem Fall der zeitliche Ablauf und die Leistung des Neustart-Prozesses nicht eingeschränkt sind, müssen die organisatorischen oder anderen Maßnahmen jedes möglicherweise erhöhte Risiko durch neue Gefährdungen berücksichtigen (zum Beispiel Feuer). Es ist wichtig, dass diese zusätzlichen Maßnahmen in den entsprechenden Instandsetzungsanweisungen dokumentiert werden.

4.8.4 Manueller Neustart ohne abgesicherte Kontinuität

Im Fall, dass der Neustart manuell ausgelöst wird und die Kontinuität des Übertragungspfads nicht gewährleistet ist, müssen der zeitliche Ablauf und die Leistung des Neustart-Prozesses so eingeschränkt werden, dass der für jede zugängliche Stelle des Systems festgelegte Gefährdungsgrad nicht überschritten wird.

4.8.5 Deaktivierung der ALV

Falls der manuell ausgelöste Neustart die ALV zeitweilig außer Kraft setzt, muss das System melden, dass die ALV für die Dauer des Neustarts nicht funktioniert, so dass die betreibende Organisation geeignete

Vorsichtsmaßnahmen ergreifen kann. Wenn diese Bedingungen nicht erfüllt sind, muss der Gefährdungsgrad auf der Basis des Leistungspegels festgelegt werden, vorausgesetzt, dass kein APR vorhanden ist.

Eine Abschaltung der ALV-Funktion ist im Fall von übertragenen Leistungen der Klassen 3B und 4 nicht zulässig, wenn nicht alle der folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- a) Diese Abschaltung ist nur in seltenen Fällen bei der System-Installation und bei der Instandsetzung nötig;
- b) diese Abschaltung kann nur mit entsprechend zuverlässigen Software-Befehlen oder einem Schlüsselsystem mit manueller Verriegelung ausgelöst werden;

ANMERKUNG 1 Siehe IEC 61508 für Probleme mit der Zuverlässigkeit der Software.

- c) falls die Abschaltung mit Software-Befehlen ausgelöst wird, muss die Software ein Sicherheitssystem beinhalten, das unbeabsichtigtes Ausschalten des ALV-Mechanismus verhindert;
- d) diese Software beinhaltet ein Warnsignal, dass die ALV bei Fortführung des Verfahrens abgeschaltet wird;
- e) ein kontinuierlicher Betrieb des Nachrichten übertragenden LWLKS muss durch geeignete Konstruktionsmaßnahmen verhindert werden, wenn die ALV abgeschaltet ist;

ANMERKUNG 2 Ein Beispiel für eine „geeignete Konstruktionsmaßnahme“ aus Bedingung e) ist ein Überwachungssystem, das die ALV automatisch so bald wie möglich wieder einschaltet, und zwar nach einer Zeitspanne, die genügend lang ist, um die Aufgabe zu beenden, die ursprünglich zur Abschaltung der ALV geführt hatte.

- f) in der Dokumentation sind geeignete Anweisungen zum sicheren Gebrauch der Anlage bei abgeschalteter ALV enthalten;
- g) es darf nicht möglich sein, die ALV dauerhaft abzuschalten – die ALV muss sich automatisch wieder einschalten (siehe auch ANMERKUNG 2 oben);
- h) die Abschaltung der ALV darf nur lokal auf der Senderseite möglich sein (d. h. ferngesteuerte Abschaltung der ALV darf normalerweise nicht möglich sein), außer wenn man in direkter Verbindung mit den Personen (möglicherweise an entfernten Orten) steht, die voraussichtlich höheren Strahlungspegeln als vor der ALV-Abschaltung ausgesetzt sind;

ANMERKUNG 3 Es ist zu berücksichtigen, dass Raman-Systeme auch hohe Leistungen vom Empfängerende abstrahlen können.

- i) es muss eine klare und unmissverständliche Warnung angezeigt werden, solange die ALV abgeschaltet bleibt;
- j) Hochleistungssysteme mit deaktivierter ALV dürfen nur durch manuellen Start oder manuellen Neustart neu gestartet werden.

Es ist bekannt, dass optische Hochleistungssysteme (aufgrund ihrer Natur) zur Absicherung eines ununterbrochenen Betriebs hohe Leistung benötigen – sonst wird am fernen Ende kein Signal empfangen. Es ist deshalb zulässig, hohe Leistungen (Klasse 4) beim ersten Einschalten des Systems zu benutzen, vorausgesetzt, dies geschieht durch ausgebildetes Personal unter festgelegten Bedingungen.

Es müssen alle Anstrengungen unternommen werden, um die Durchgängigkeit des Systems sicherzustellen (z. B. dadurch, dass man die Durchgängigkeit von beiden Seiten mit einer optischen Rückstreuungsmessung (OTDR) prüft) und um sicherzustellen, dass kein Personal Strahlung der Klasse 3B oder der Klasse 4 ausgesetzt wird. Das kann auch durch strenge organisatorische Maßnahmen geschehen.

ANMERKUNG 4 Nach diesem Dokument ist es nicht zulässig, dass ein durchgehendes LWLKS in Betrieb geht, wenn zugängliche Stellen in diesem System den Gefährdungsgrad 4 besitzen, außer wenn das ausdrücklich anders angegeben ist. Wenn die übertragene Leistung eines Senders, Verstärkers usw. der Klasse 4 entspricht und die ALV abgeschaltet wurde, dann würde das dazu führen, dass zugängliche Stellen mit dem Gefährdungsgrad 4 betrieben werden. Es wird aber anerkannt, dass es notwendig sein kann, die ALV unter bestimmten Bedingungen abzuschalten. Diese Bedingungen müssen jedoch sorgfältig überwacht und zeitlich begrenzt werden, so dass die Wahrscheinlichkeit einer Bestrahlung mit Strahlung der Klasse 4 sehr niedrig ist.

ANMERKUNG 5 Als geeignete Zeit wird eine Stunde vorgeschlagen. Danach sollte die ALV wieder eingeschaltet werden, entweder manuell oder automatisch.

4.9 Gefährdungsgrad-Anforderungen abhängig vom Standort

4.9.1 Allgemeines

Der erforderliche Gefährdungsgrad muss für jede zugängliche Stelle innerhalb des LWLKS bestimmt werden.

ANMERKUNG 1 Das schließt Zugang zu möglicherweise gebrochenen Lichtwellenleitern ein.

ANMERKUNG 2 Dieses Dokument ist auf den Betrieb und die Wartung von LWLKS anwendbar. Zum Zweck der Benutzersicherheit ist der Gefährdungsgrad 4 in dieser Norm nicht zulässig. Wenn in Systemen normalerweise Leistungen transportiert werden, die den zulässigen Gefährdungsgrad für den jeweiligen Standorttyp überschreiten, können Schutzsysteme, wie beispielsweise automatische Leistungsverringerung, benutzt werden, um den aktuellen Gefährdungsgrad zu bestimmen.

4.9.2 Uneingeschränkte Standorte

An Standorten mit uneingeschränktem Zugang muss der Gefährdungsgrad 1, 1M, 2 oder 2M sein.

ANMERKUNG Wenn der anzuwendende Grenzwert für Gefährdungsgrad 1M größer als der Grenzwert für den Gefährdungsgrad 2 ist, aber kleiner als der Grenzwert für den Gefährdungsgrad 3B, dann wird der Gefährdungsgrad 1M vergeben.

4.9.3 Eingeschränkte Standorte

An Standorten mit eingeschränktem Zugang muss der Gefährdungsgrad 1, 1M, 2, 2M oder 3R sein.

ANMERKUNG 1 Wenn der anzuwendende Grenzwert für Gefährdungsgrad 1M oder 2M größer als der Grenzwert für den Gefährdungsgrad 3R ist, aber kleiner als der Grenzwert für den Gefährdungsgrad 3B, dann wird jeweils der Gefährdungsgrad 1M oder 2M vergeben.

ANMERKUNG 2 Wenn der anzuwendende Grenzwert für Gefährdungsgrad 1M größer als der Grenzwert für den Gefährdungsgrad 2 ist, aber kleiner als der Grenzwert für den Gefährdungsgrad 3B, dann wird der Gefährdungsgrad 1M vergeben.

4.9.4 Kontrollierte Standorte

An Standorten mit kontrolliertem Zugang muss der Gefährdungsgrad 1, 1M, 2, 2M, 3R oder 3B sein.

Anhang A (informativ)

Begründung

Die Sicherheit von Laser-Einrichtungen, Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien werden in IEC 60825-1 und IEC/TR 60825-14 behandelt. Teil 1 bezieht sich hauptsächlich auf selbständige Geräte unter wirksamer lokaler Kontrolle. Ein LWLKS ist unter üblichen Betriebsbedingungen sicher, da im bestimmungsgemäßen Betrieb die Strahlung vollkommen eingeschlossen ist. Jedoch werden die Vorkehrungen, um Gefährdungen möglichst klein zu halten, unterschiedlich zu denen von Laserquellen unter normalerweise örtlicher Kontrolle eines Betreibers sein, da diese Systeme räumlich ausgedehnt sind (die optische Leistung kann unter bestimmten Bedingungen viele Kilometer weit von der optischen Quelle entfernt zugänglich sein). (Es wird darauf hingewiesen, dass viele LWLKSLED enthalten, die vom Anwendungsbereich der IEC 60825-1 ausgeschlossen sind.)

Die potentielle Gefährdung durch ein LWLKS hängt davon ab, wie wahrscheinlich ein Bruch des Schutzmantels zu erwarten ist (zum Beispiel ein geöffneter Lichtwellenleiter-Steckverbinder oder ein gebrochenes Kabel), und von der Art der optischen Strahlung, die dadurch zugänglich werden könnte. Die Anforderungen an die Konstruktion solcher Systeme und die Vorsichtsmaßnahmen der Benutzer, um Gefährdungen möglichst klein zu halten, sind in diesem Teil 2 der IEC 60825 festgelegt.

Jeder zugänglichen Stelle innerhalb eines LWLKS wird durch die betreibende Organisation oder durch eine von ihr beauftragte Person ein Gefährdungsgrad zugeordnet, der einen Hinweis auf die mögliche Gefährdung gibt, falls die Strahlung zugänglich wird. Diese Gefährdungsgrade werden als Gefährdungsgrade 1 bis 4 beschrieben, ähnlich dem in IEC 60825-1 beschriebenen Klassifizierungsverfahren. Bei Lichtwellenleiteranwendungen sind die Grenzwerte der Gefährdungsgrade 1M und 2M oft höher als der Grenzwert des Gefährdungsgrads 3R, aber niedriger als der Grenzwert des Gefährdungsgrads 3B. Für diese Anwendungen ist der Gefährdungsgrad 3R nicht anwendbar.

Wenn betreibende Organisationen die Installation, den Betrieb oder die Wartung des LWLKS an Unterauftragnehmer vergeben, sollte der Betreiber die Verantwortlichkeiten für die Lasersicherheit klar festlegen.

Zusammengefasst sind die wesentlichen Unterschiede zwischen IEC 60825-1 und diesem Teil 2 wie folgt:

- Ein durchgehendes LWLKS wird nicht in der gleichen Weise klassifiziert wie in IEC 60825-1 gefordert. Dies ist dadurch begründet, dass in der beabsichtigten Betriebsart die optische Strahlung vollständig eingeschlossen ist. Deshalb würde eine strenge Interpretation der IEC 60825-1 allen Systemen die Klasse 1 zuordnen, was aber möglicherweise die mögliche Gefährdung nicht korrekt widerspiegelt. Wenn aber die Quelle getrennt betrieben werden kann, sollte sie nach IEC 60825-1 klassifiziert werden.
- Jeder zugänglichen Stelle in einem ausgedehnten umschlossenen LWLKS wird ein Gefährdungsgrad zugeordnet, was nach ähnlichen Verfahren wie die Klassifizierung in IEC 60825-1 erfolgt. Dieser Gefährdungsgrad stützt sich jedoch nicht auf der zugänglichen Strahlung ab, sondern auf der Strahlung, die unter vernünftigerweise vorhersehbaren Umständen zugänglich werden könnte (zum Beispiel beim Bruch des Lichtwellenleiters oder bei einem geöffneten Lichtwellenleiter-Steckverbinder).
- Die Art der Sicherheitsvorkehrungen, die für einen bestimmten Gefährdungsgrad erforderlich sind, werden vom Standorttyp abhängen – zum Beispiel Wohnungen, Industriegelände, bei denen es einen eingeschränkten Zugang gibt, und Schaltzentralen, bei denen der Zugang kontrolliert sein könnte. Zum Beispiel ist festgelegt, dass ein geöffneter Steckverbinder in einer Wohnung nur zu einer Strahlung führen darf, die der Klasse 1 oder 2 entspricht, während die Strahlung an Standorten mit kontrolliertem Zugang höher sein darf.
- In diesem Dokument wird die Messung unter Bedingung 2 mit einer Lupe zur Bestimmung des Gefährdungsgrads sowie der Bedingungen 1 und 3 angewendet.

Anhang B (informativ)

Zusammenfassung der Standorttypen in LWLKS

Tabelle B.1 zeigt die Zusammenfassung der Standorttypen in LWLKS.

Tabelle B.1 – Zusammenfassung der Standorttypen in LWLKS

Gefährdungsgrad	Standorttyp		
	Uneingeschränkt	Eingeschränkt	Kontrolliert
1	Keine Anforderungen	Keine Anforderungen	Keine Anforderungen
1M	Gefährdungsgrad 1 aus Steckverbindern, die vom Endnutzer geöffnet werden können ^a Keine Anforderungen bezüglich Aufklebern oder Kennzeichnungen ^b	Aufkleber oder Kennzeichnung nicht erforderlich, wenn Steckverbinder, die vom Endnutzer geöffnet werden können, Gefährdungsgrad 1 sind. Wenn Gefährdungsgrad 1M abgestrahlt wird, sind Aufkleber oder Kennzeichnung erforderlich. ^b	Keine Anforderungen
2	Aufkleber oder Kennzeichnungen ^b	Aufkleber oder Kennzeichnungen ^b	Aufkleber oder Kennzeichnungen ^b
2M	Aufkleber oder Kennzeichnungen ^b , und Gefährdungsgrad 2 aus Steckverbindern ^a	Aufkleber oder Kennzeichnungen ^b	Aufkleber oder Kennzeichnungen ^b
3R	Nicht zulässig ^{c, d}	Aufkleber oder Kennzeichnungen ^b , und Gefährdungsgrad 1M oder 2M aus Steckverbindern ^a	Aufkleber oder Kennzeichnungen ^b , und Gefährdungsgrad 1M oder 2M aus Steckverbindern ^a
3B	Nicht zulässig ^{c, d}	Nicht zulässig ^{c, d}	Aufkleber oder Kennzeichnungen ^b , und Gefährdungsgrad 1M oder 2M aus Steckverbindern ^a
4	Nicht zulässig ^{c, d}	Nicht zulässig ^{c, d}	Nicht zulässig ^{c, d}
ANMERKUNG Falls die in diesem Anhang enthaltenen Informationen von den Anforderungen des Abschnitts 4 abweichen, haben die Anforderungen des Abschnitts 4 Vorrang.			
^a Siehe 4.4. ^b Siehe 4.5. ^c Siehe 4.7.2 and 4.8. Wenn in Systemen normalerweise Leistung übertragen wird, die den am jeweiligen Standort erlaubten Gefährdungsgrad überschreitet, dürfen Schutzsysteme wie eine automatische Leistungsverringerung benutzt werden, um den tatsächlichen Gefährdungsgrad festzulegen. ^d Siehe 4.9.			

Anhang C (informativ)

Verfahren zur Gefahren-/Sicherheitsanalyse

Einige der Verfahren zur Gefahren-/Sicherheitsanalyse sind nachfolgend aufgeführt:

- a) Vorab-Gefährdungs-Analyse [en: Preliminary Hazard Analysis (PHA)] einschließlich einer Schaltungsanalyse. Dieses Verfahren darf auch allein verwendet werden, ist aber ein wichtiger erster Schritt für die Anwendung von anderen Verfahren zur Gefahren-/Sicherheitsanalyse;
- b) Auswirkungsanalyse [en: Consequence analysis] – siehe Normen der Reihe IEC 61508 [5];
- c) Fehler-Zustands- und -Wirkungs-Analyse [en: Failure modes and effects analysis (FMEA)];
- d) Ausfallart-, Auswirkungs- und Risikoanalyse [en: Failure modes, effects and criticality analysis (FMECA)], (siehe IEC 60812 [1]);
- e) Fehlerbaum-Analyse [en: Fault tree analysis (FTA)];
- f) Ereignisbaum-Analyse;
- g) Gefährdungs- und Betriebs-Studien [en: Hazards and operability studies (HAZOPS)].

Angemessene Prüfungen sollen nach Möglichkeit verwendet werden, um diese Analysen nötigenfalls zu unterstützen. Das Verfahren der Analyse und die bei der Durchführung der Prüfung getroffenen Annahmen über die Leistungsfähigkeit der Analysen sollten vom Hersteller angegeben werden.

Anhang D (informativ)

Anwendungshinweise zum sicheren Gebrauch von Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen

D.1 Einleitung

Dieser Anhang stellt einen Leitfaden für die Anwendung des Dokuments in der Praxis dar. Es handelt sich um einen informativen Anhang, der die Anwender dieses Dokuments bei der Erfüllung der Anforderungen der **IEC 60825-1** und der **IEC 60825-2** bei der jeweiligen Anwendung unterstützen soll. Er enthält keinerlei Anforderungen.

ANMERKUNG Wenn die Berechnungen in diesem **Anhang D** Daten entsprechend **IEC 60825-1** verwenden, wird die Ausgabe **IEC 60825-1:2014** angewandt.

Dieses Dokument ist auf LWLKS anwendbar. In solchen Systemen kann optische Leistung in große Entfernungen von der Quelle übertragen werden, und es müssen Maßnahmen ergriffen werden, um sicherzustellen, dass mögliche Gefährdungen durch einen gebrochenen Übertragungspfad minimiert werden. Um das Maß der möglichen Gefährdung durch ein LWLKS festzustellen, ist es notwendig, möglicherweise zugänglichen Stellen einen Gefährdungsgrad zuzuordnen. Das ist ähnlich wie die Festlegung einer Klasse für Anlagen durch die **IEC 60825-1**, ersetzt sie aber.

Es ist möglich, ein LWLKS so zu konfigurieren, dass es als geschlossenes Regelsystem arbeitet und dass die Leistung des übertragenen Signals in kurzer Zeit automatisch auf einen sicheren Wert reduziert wird, wenn der Übertragungspfad unterbrochen wird. Es ist daher möglich, zwei Systeme zu unterscheiden, das eine mit automatischer Leistungsverringerung (ALV) und das andere ohne ALV, die beide den gleichen Gefährdungsgrad besitzen (und damit das gleiche Sicherheitsniveau); das im System mit ALV unter Normalbedingungen übertragene Signal kann viel leistungsstärker sein als das Signal im System ohne ALV. Da die ALV-Funktion sicherheitskritisch ist, sollte die Zuverlässigkeit dieser Funktion angemessen sein. Empfehlungen werden in diesem Anhang gegeben.

Während Teil 1 der Norm für sich allein stehende Lasereinrichtungen behandelt, ist dieser Teil 2 auf durchgehende Systeme anwendbar. Weil die Baugruppen, die optische Strahlung erzeugen oder verstärken, kritisch für die Sicherheit des Lichtwellenleiter-Übertragungssystems sind und weil sie einen Teil der Anforderungen erfüllen müssen, sind sie ebenfalls im Anwendungsbereich dieses Dokuments inbegriffen. Die Hersteller von einzelnen passiven Bauteilen oder passiven Baugruppen, die noch nicht im durchgehenden System eingebaut sind, können den zugehörigen Gefährdungsgrad nicht kennen. Deshalb sind solche Teile aus dem Anwendungsbereich dieses Dokuments ausgeschlossen.

Dieses Dokument behandelt keine Sicherheitsfragen im Zusammenhang mit Explosion oder Feuer bei LWLKS, die an gefährlichen Standorten installiert sind.

D.2 Anwendungsbereiche

D.2.1 Typische Lichtwellenleiteranlagen

- a) Standorte mit kontrolliertem Zugang (siehe 3.13):
- Kabelkanäle;
 - Kabelverzweigergehäuse auf Straßen;
 - ausgewiesene und abgegrenzte Bereiche von Verteilerzentren;
 - Prüfräume auf Kabelverlegeschiffen.

ANMERKUNG Wo der Zugang zu Kabelkanälen und Kabelverzweigergehäusen auf Straßen bei Instandsetzungsarbeiten dazu führen könnte, dass die Öffentlichkeit einer Strahlung oberhalb der Grenzwerte zugänglicher Strahlung

der Klasse 1 ausgesetzt wird, sollen nach Möglichkeit geeignete temporäre Einrichtungen zum Ausschluss solcher Strahlung (z. B. eine Hütte) bereitgestellt werden.

- b) Standorte mit eingeschränktem Zugang (siehe 3.14):
- gesicherte Bereiche auf Industriegeländen, die für die Öffentlichkeit nicht zugänglich sind;
 - gesicherte Bereiche in Gewerbegebieten/Firmengeländen, die für die Öffentlichkeit nicht zugänglich sind (zum Beispiel Räume mit Telefon-Nebenstellenanlagen, Räume mit Computersystemen usw.);
 - allgemeine Bereiche in Fernmeldezentralen;
 - abgegrenzte Bereiche in Zügen, auf Schiffen und auf anderen Fahrzeugen, die für die Öffentlichkeit nicht zugänglich sind.
- c) Standorte mit uneingeschränktem Zugang (siehe 3.15):
- Privatgelände;
 - Dienstleistungsbetriebe, die für die Öffentlichkeit zugänglich sind (z. B. Geschäfte und Hotels);
 - öffentliche Bereiche in Zügen, auf Schiffen oder anderen Fahrzeugen;
 - öffentliche Bereiche wie Parks, Straßen usw.;
 - ungesicherte Bereiche innerhalb von Gewerbe-, Industrie- und Firmengeländen, wo öffentlicher Zugang erlaubt ist, wie zum Beispiel manche Bürobereiche.

LWLKS können sowohl durch öffentlich zugängliche Bereiche führen (zum Beispiel durch Wohnungen), durch Bereiche mit eingeschränktem Zugang innerhalb von Industriegeländen als auch durch kontrollierte Bereiche wie Kabelkanäle und Kabelverzweigergehäuse auf Straßen.

Optische lokale Netzwerke (LANs) können sich gänzlich über Gewerbegebiete mit eingeschränktem Zugang erstrecken.

Lichtwellenleitersysteme können sich vollständig auf Privatgelände mit uneingeschränktem Zugang befinden, wie zum Beispiel bei Hi-Fi-Verbindungen.

Für Anforderungen an drahtlose Infrarot (IR)-LANs oder optische Freiraumübertragungssysteme, siehe anwendbaren Teil der [IEC 60825-12 \[16\]](#).

D.2.2 Typische Systembauteile

- a) Lichtwellenleiterkabel: Einzelader-, Bündelader-, Flachbandkabel-Bauweise
Einmoden-Lichtwellenleiter/Mehrmoden-Lichtwellenleiter
vollständig dielektrische oder hybride Bauweise
Übertragung einzelner oder mehrerer Wellenlängen
unidirektionale oder bidirektionale Lichtwellenleiter
Übertragungseinrichtungen mit Fernspeisung
- b) Optische Quellen: LED, VCSEL, Fabry-Perot- oder DFB-Laser, Pumplaser,
optische Verstärker
konzentriert oder verteilt, Daueremission, niederfrequente Emission,
hochfrequente Emission
- c) Steckverbinder: einfach, doppelt, vielfach, hybrid
- d) Strahlteiler, Wellenlängenmultiplexer, Dämpfungsglieder
- e) Schutzumhüllungen und Schutzgehäuse
- f) Lichtwellenleiter-Verteilergestelle

D.2.3 Typische Arbeitsbereiche

- a) Installation
- b) Betrieb

- c) Wartung
- d) Instandsetzung
- e) Störungssuche
- f) Messung (einschließlich OTDR)

D.3 Leistungsgrenzwerte von Lichtwellenleiter-Übertragungssystemen

Der Höchstwert der mittleren Leistung für jeden Gefährungsgrad, für die in LWLKS wichtigsten Wellenlängen und die wichtigsten Lichtwellenleitertypen ist in [Tabelle D.1](#) aufgeführt. Bei den meisten der üblichen Systeme mit Tastverhältnissen von 10 % bis 100 % darf die Spitzenleistung bei abnehmendem Tastverhältnis ansteigen. Für Tastverhältnisse ≤ 50 % ist es aber am einfachsten, die Spitzenleistung auf die doppelte mittlere Leistung zu begrenzen, obwohl [IEC 60825-1](#) für eine genauere Berechnung herangezogen werden kann, um für diese Systeme jeden erlaubten Anstieg der Spitzenleistung zu bestimmen. Dies gilt insbesondere, wenn „sichtbare Quellen“ mit Wellenlängen im photochemischen Gefährdungsbereich verwendet werden.

ANMERKUNG 1 Für die üblichen Einmoden-Lichtwellenleiter sind die Grenzwerte der Punktquellen anzuwenden, während für die konventionellen Mehrmoden-Lichtwellenleiter mit Gradientenindex mit einem Kerndurchmesser von 50 μm (GI50) die Wirkung der mit C_6 verbundenen Winkelausdehnung für Wellenlängen zwischen 400 nm und 1 400 nm zu berücksichtigen ist. Siehe ANMERKUNG 5 in [Tabelle D.1](#) für Mehrmoden-Lichtwellenleiter, die als mittelgroße ausgehende Quellen angesehen werden müssen.

Es sind die folgenden Blendendurchmesser und Messabstände zu verwenden:

- 3,5 mm bei 14 mm für Wellenlängen $\geq 302,5$ nm und $< 4\,000$ nm.

ANMERKUNG 2 Bei Einmoden-Lichtwellenleitern mit Wellenlängen $\geq 1\,400$ nm wird durch diese Bedingung in der großen Mehrzahl aller Fälle die Gesamtabstrahlung des Lichtwellenleiters gemessen, wodurch jede beliebige Vergrößerung erfasst wird.

ANMERKUNG 3 Eine Alternative zu dieser Bedingung für Einmoden-Lichtwellenleiter $\geq 1\,400$ nm besteht darin, die Gesamtabstrahlung des Lichtwellenleiters zu messen, wobei anerkannt wird, dass dies in bestimmten Fällen zu einer Überbewertung der tatsächlichen Gefährdung führen kann.

ANMERKUNG 4 Die Gesamtabstrahlung bei Systemen mit dem Gefährungsgrad 3B muss auf kleiner als der GZS der Klasse 3B begrenzt sein (effektiv wird dadurch die optische Leistung im Lichtwellenleiter für Bestrahlungen für länger als 0,25 s auf 500 mW begrenzt beziehungsweise auf den entsprechenden Pegel bei kürzeren Bestrahlungen, z. B. bei Neustartimpulsen).

Tabelle D.1 – Leistungsgrenzwerte für 11-µm-Modenfelddurchmesser-Einmoden-Lichtwellenleiter (SM) und Mehrmoden-Lichtwellenleiter (MM) mit numerischer Apertur von 0,18 (Kerndurchmesser < 50 µm)

Wellenlänge und Lichtwellenleitertyp	Gefährdungsgrad					
	1	1M	2	2M	3R	3B
633 nm (MM)	1,23 mW (+0,9 dBm)	3,77 mW (+5,8 dBm)	3,17 mW (+5,0 dBm)	9,66 mW (+9,9 dBm)	15,8 mW (+12,0 dBm)	500 mW
780 nm (MM)	1,78 mW (+2,5 dBm)	5,45 mW (+7,4 dBm)	–	–	8,90 mW (+9,5 dBm)	500 mW
850 nm (MM)	2,46 mW (+3,9 dBm)	7,52 mW (+8,8 dBm)	–	–	12,3 mW (+10,9 dBm)	500 mW
980 nm (MM)	4,47 mW (+6,5 dBm)	13,7 mW (+11,4 dBm)	–	–	22,4 mW (+13,5 dBm)	500 mW
980 nm (SM)	1,80 mW (+2,5 dBm)	2,66 mW (+4,2 dBm)	–	–	8,98 mW (+9,5 dBm)	500 mW
1 270 nm (MM)	88,1 mW (+19,5 dBm)	270 mW (+24,3 dBm)	–	–	441 mW (+26,4 dBm)	500 mW
1 270 nm (SM)	28,0 mW (+14,5 dBm)	76,5 mW (+18,8 dBm)	–	–	140 mW (+21,5 dBm)	500 mW
1 400 nm 1 600 nm (MM)	13,3 mW (+11,2 dBm)	371 mW (+25,7 dBm)	–	–	siehe Anmerkung zu 3.9	500 mW
1 420 nm (SM)	10,1 mW (+10,0 dBm)	115 mW (+20,6 dBm)	–	–	siehe Anmerkung zu 3.9	500 mW
1 550 nm (SM)	10,2 mW (+10,1 dBm)	136 mW (+21,3 dBm)	–	–	siehe Anmerkung zu 3.9	500 mW

ANMERKUNG 1 Gefährdungsgrade 1M und 2M

Die maximale Leistung, die in der Tabelle für 11-µm-Einmoden-Lichtwellenleiter aufgeführt ist, ist durch die Leistungsdichte begrenzt. Der genaue Leistungsgrenzwert für Lichtwellenleiter wird deshalb durch die kleinste zu erwartende Strahldivergenz bestimmt, die wiederum vom Modenfelddurchmesser (MFD) der Einmoden-Lichtwellenleiter abhängig ist. Dies kann sich bei unterschiedlichen Werten des MFD ändern und zu bedeutenden Unterschieden bei den Grenzwerten der Klassen bei sich änderndem Modenfelddurchmesser führen. In manchen Hochleistungs-Steckverbindern werden vergrößerte MFD verwendet, wobei die Fernfeld-Divergenz geringer ist. Diese Steckverbinder können einen höheren Gefährdungsgrad zur Folge haben. Bei Benutzung solcher Steckverbinder wird die Bestimmung des Gefährdungsgrads dringend empfohlen.

ANMERKUNG 2 Wellenlänge 1 270 nm

Eine Wellenlänge von 1 270 nm entspricht der kürzesten Wellenlänge im 1 310-nm-Übertragungsfenster.

ANMERKUNG 3 Lichtwellenleiter-Parameter

Die verwendeten Lichtwellenleiter-Parameter decken den jeweils schlimmsten Fall ab. Die Werte für die Einmoden-Lichtwellenleiter sind für einen Lichtwellenleiter mit 11 µm Modenfelddurchmesser berechnet und die Werte für die Mehrmoden-Lichtwellenleiter für einen Lichtwellenleiter mit einer numerischen Apertur von 0,18. Viele Systeme, die bei 980 nm und 1 550 nm arbeiten, benutzen Lichtwellenleiter mit kleinerem Modenfelddurchmesser. Zum Beispiel gilt ein Grenzwert von 197 mW für den Gefährdungsgrad 1M, wenn ein dispersionsverschobenes Lichtwellenleiterkabel bei 1 550 nm betrieben wird, das einen oberen Grenzwert für den Modenfelddurchmesser von 9,1 µm aufweist.

ANMERKUNG 4 Grenzwerte für den Gefährdungsgrad 1M für < 1 310 nm

Für Einmoden-Lichtwellenleiter und Wellenlängen von 900 nm und weniger werden hier keine Grenzwerte für den Gefährdungsgrad 1M angegeben, weil die bei diesen Wellenlängen auftretende Divergenz ziemlich variiert. Der Grund dafür ist, dass sich diese Wellenlängen in Wirklichkeit in mehreren Moden in einem Standard-1 310-nm-Lichtwellenleiter ausbreiten und die genaue Divergenz vom eher unvorhersehbaren Grad der Modenmischung abhängig ist. Die veränderliche Modenmischung ist ebenfalls ein großes Problem, wenn man versucht, diese Wellenlängen in einem echten Mehrmoden-Lichtwellenleiter zu bewerten. Wenn notwendig, kann man in diesen Fällen einen Wert mit der Annahme berechnen, dass der Lichtwellenleiter die gesamte Leistung in der fundamentalen Mode führt. Mit den Gleichungen für Einmoden-Lichtwellenleiter erhält man einen konservativen Wert.

ANMERKUNG 5 Mehrmoden-Lichtwellenleiter mit Kerndurchmessern von mehr als 150 µm

Für Wellenlängen von 400 nm bis 1 400 nm ist der GZS für Klasse 1 unter Berücksichtigung einer Winkelausdehnung des Kerndurchmessers, selbst bei geringeren Vergrößerungslupen zu berechnen. Diese Lichtwellenleiter (z. B. Hartmantel-Silica-Lichtwellenleiter (HCS) mit 200 µm Kerndurchmesser oder Plastik-Lichtwellenleiter mit 1 000 µm Kerndurchmesser) müssen daher als mittelgroße ausgedehnte Quellen angesehen werden, wenn eine Winkelausdehnung in einem Abstand von 100 mm 1,5 mrad überschreitet. Die anwendbare Quellengröße kann vom Grad der Modenfüllung abhängen und sollte genau bestimmt werden, bevor man die Grenzwerte berechnet.

ANMERKUNG 6 Bündelader-Lichtwellenleiter und Flachbandkabel

Die Grenzwerte in der Tabelle wurden nur für Einzel-Lichtwellenleiter berechnet. Wenn Bündelader-Lichtwellenleiter oder Flachbandkabel mit Einzel-Lichtwellenleitern in dichter Nachbarschaft zueinander beurteilt werden müssen, dann muss jeder einzelne Lichtwellenleiter und jede mögliche Gruppe dieser Lichtwellenleiter untersucht werden (siehe D.4.6).

ANMERKUNG 7 1 420-nm-Wert

Die 1 420-nm-Werte wurden für den Raman-Bereich von 1 420 bis 1 500 nm berechnet.