

DIN EN 4650



ICS 49.060

Ersatz für
DIN EN 4650:2011-04**Luft- und Raumfahrt –
Leitungs- und Kabelkennzeichnungsverfahren durch UV-Laser;
Deutsche und Englische Fassung EN 4650:2023**

Aerospace series –
Wire and cable marking process, UV Laser;
German and English version EN 4650:2023

Série aérospatiale –
Procédé de marquage des fils et câbles au laser UV;
Version allemande et anglaise EN 4650:2023

Gesamtumfang 58 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

Nationales Vorwort

Der Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie – Normung (ASD-STAN) ist vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) für zuständig erklärt worden, Europäische Normen (EN) für das Gebiet der Luft- und Raumfahrt auszuarbeiten. Durch die Vereinbarung vom 3. Oktober 1986 wurde ASD Assoziierte Organisation (ASB) des CEN.

Das vorliegende Dokument (EN 4650:2023) wurde von ASD-STAN, Fachbereich Elektrotechnik, unter Mitwirkung deutscher Experten des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) erarbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 131-04-02 AA „Elektrische Leitungen“ im DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL).

Entsprechend Beschluss 57/9 des Technischen Ausschusses des Beirats des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) sind die europäischen Luft- und Raumfahrt-Normungsergebnisse zweisprachig, in Deutsch und Englisch, in das Deutsche Normenwerk zu überführen. Aus diesem Grund wird die Norm beide Sprachfassungen enthalten.

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 4650:2011-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aktualisierung der normativen Verweisungen;
- b) der Abschnitt „Begriffe“ wurde erweitert und aktualisiert;
- c) die Anforderungen wurden erweitert und aktualisiert;
- d) der Abschnitt „Prüfverfahren“ wurde erweitert und angepasst;
- e) Messverfahren zur Punktüberlappung (Abschnitt A.1) und Laserstrahl-Fluenzverteilungsprofil (Abschnitt A.2) hinzugefügt;
- f) Norm wurde redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN 4650: 2011-04

Deutsche Fassung

**Luft- und Raumfahrt —
Leitungs- und Kabelkennzeichnungsverfahren durch UV-Laser**

Aerospace series —
Wire and cable marking process, UV Laser

Série aérospatiale —
Procédé de marquage des fils et câbles au laser UV

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 2. Oktober 2022 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Symbole und Abkürzungen	12
4 Anforderungen	12
4.1 Anforderungen hinsichtlich der Kennzeichnung von Leitungen mit UV-Laser	12
4.2 Konstruktionsunterlagen	12
4.3 Anforderungen an das Verfahren	12
4.3.1 Laserwellenlänge	12
4.3.2 Laserkennzeichnungssysteme mit Maske (siehe Abschnitt 8)	13
4.3.3 Scanning-Laserkennzeichnungssysteme (siehe Abschnitt 8)	14
4.3.4 IR-Strahlung	15
4.4 Anforderungen an das System	15
4.4.1 Lasertyp	15
4.4.2 Regelung der Laserleistung	15
4.5 Anforderungen an die Qualität - Allgemeines	15
4.5.1 Beschädigung der Isolierung	15
4.5.2 Lesbarkeit und Dauerhaftigkeit	16
4.5.3 Kontrast der Kennzeichnung	16
5 Regelungen hinsichtlich der Qualitätssicherung	16
5.1 Verantwortlichkeit hinsichtlich der Prüfung	16
5.1.1 Allgemeines	16
5.1.2 Prüfgeräte und Prüfeinrichtungen	16
5.2 Prüfung der Qualitätskonformität	16
5.2.1 Allgemeines	16
5.2.2 Prüfungsbedingungen	16
5.3 Verifizierungsprüfung	17
5.4 Prüfung der Qualitätskonformität	17
6 Prüfverfahren	17
6.1 Konstruktionsunterlagen	17
6.2 Laserwellenlänge (siehe Abschnitt 8)	17
6.3 Laserpulslänge (siehe Abschnitt 8)	18
6.4 Angewendete Laserfluenz	18
6.4.1 Kennzeichnungssysteme mit Maske	18
6.4.2 Kennzeichnungssysteme mit Scanning-Laser	18
6.5 Laserpunktüberlappung in Kennzeichnungssystemen mit Scanning-Laser	19
6.6 IR-Strahlung	20
6.7 Lasertyp	20
6.8 Regelung der Laserleistung	20
6.9 Beschädigung der Isolierung	20
6.10 Lesbarkeit und Dauerhaftigkeit	20
6.11 Kontrastmessungen der Kennzeichnung	20
7 Verpackung	20
8 Hinweise	20
8.1 Prinzip des Kennzeichnungsverfahrens	20
8.1.1 Allgemeines	20
8.1.2 Laserkennzeichnungssysteme mit Maske	20
8.1.3 Kennzeichnungssysteme mit Scanning-Laser	21

8.2	Kennzeichnungsfähigkeit von Leitungen	21
8.3	Eigenschaften von mit UV-Laserkennzeichnung versehenen Materialien der Isolierung	22
8.3.1	Allgemeines	22
8.3.2	Tiefe der Kennzeichnung	22
8.3.3	Dauerhaftigkeit der Kennzeichnung	22
8.3.4	Farbe der Kennzeichnung	23
8.3.5	Hintergrundfarbe der Polymerisolierung	23
8.3.6	Pilze	23
8.4	Laserwellenlänge	23
8.5	Pulslänge	24
8.6	Impulsfrequenz	24
8.7	Lasertyp	24
Anhang A (normativ) Informationen zu Verfahren zur Messung der Punktüberlappung für die Kennzeichnung mit Scanning-Laser und zu Laserstrahl-Verteilungsprofilen		26
A.1	Verfahren zur Messung der Punktüberlappung	26
A.1.1	Messverfahren für die „hoch überlappende“ Kennzeichnung mit Scanning-Laser	26
A.1.2	Messverfahren für die „gering überlappende“ Kennzeichnung mit Scanning-Laser	27
A.2	Laserstrahl-Fluenzverteilungsprofile: gaußförmiges und gleichmäßiges Flat-Top-Profil	29

Bilder

Bild 1	— Schema einer typischen Anordnung zur Kalibrierung der Laserkennzeichnungsfluenz	19
Bild 2	— Beispiel für Zeichenpunkte	21
Bild A.1	— Punktmessung für die „hohe Überlappung“	27
Bild A.2	— Beispielabbildung	27
Bild A.3	— Optische Messung der Punktbreite für den Durchmesser D	28
Bild A.4	— Beispiel für die Messung der Block-Kennzeichnungen	28
Bild A.5	— Beispiel für die Berechnung der Punktüberlappung	28
Bild A.6	— Fluenzverteilung in Abhängigkeit von Profiltypen	29

Tabellen

Tabelle 1	— Wesentliche Änderungen im Vergleich zur früheren Ausgabe	4
Tabelle 2	— Daten für die erste Verifizierungsprüfung	17
Tabelle 3	— Lasertyp	24
Tabelle A.1	— Zulässige Grenzwerte für die Punktbreite	28

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 4650:2023) wurde vom Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie — Normung (ASD-STAN) erstellt.

Nachdem Umfragen und Abstimmungen entsprechend den Regeln dieses Verbandes durchgeführt wurden, hat dieses Dokument die Zustimmung der nationalen Verbände und offiziellen Behörden der Mitgliedsländer von ASD erhalten, bevor es CEN vorgelegt wurde.

Dieses Dokument muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis September 2023, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis September 2023 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] ist/sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 4650:2010.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zu den früheren Ausgaben sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Wesentliche Änderungen im Vergleich zur früheren Ausgabe

prEN/EN-Nummer	Ausgabe	Datum der Veröffentlichung	Änderung	Grund und Validierung
prEN 4650	P1	2008-08-30	3 – Begriffe: Abschnitt aktualisiert	Hinzufügung neuer Definitionen in Bezug auf Laserparameter und Kennzeichnungen mit Scanning-Laser
			4 – Anforderungen: Wesentliche Überarbeitung des Abschnitts	Erweitert und aktualisiert, einschließlich neuer detaillierter Anforderungen für Kennzeichnungssysteme mit Scanning-Laser

Tabelle 1 (fortgesetzt)

prEN/EN-Nummer	Ausgabe	Datum der Veröffentlichung	Änderung	Grund und Validierung
			5 – Regelungen hinsichtlich der Qualitätssicherung: Abschnitt aktualisiert	Tabelle 2 wurde aktualisiert, um den Änderungen in Abschnitt 4 zu entsprechen
			6 – Prüfverfahren: Abschnitt aktualisiert	Ergänzungen und Aktualisierungen in Bezug auf Kennzeichnungssysteme mit Scanning-Laser
			8 – Anmerkungen: Abschnitt aktualisiert	Aktualisiert für Scanning-Lasersysteme, Anmerkung auf Pilzprüfung hinzugefügt, Tabelle 3 mit neuen Lasertypen aktualisiert
			Anhang A hinzugefügt	Hinzufügung von Informationen zu Verfahren zur Messung der Punktüberlappung für Kennzeichnungen mit Scanning-Laser und Laserstrahl-Verteilungsprofile

Einleitung

Die Kennzeichnung von Leitungen mit Ultraviolett(UV)-Laser wurde 1987 entwickelt, um ein sicheres, dauerhaftes Mittel zur Kennzeichnung dünnwandiger Isolierungen bereitzustellen; es ist derzeit das in der Luft- und Raumfahrtindustrie angewendete Standardverfahren, bei dem die Oberflächen von elektrischen Leitungen und Kabeln mit Identifizierungscodes für Leitungen gekennzeichnet werden. Durch dieses Verfahren wird ein einfaches, bequemes, umweltfreundliches und kostengünstiges Mittel zur Kennzeichnung und Identifizierung von Leitungen und ummantelten Kabeln bereitgestellt. Da einige größere Flugzeughersteller während der Einführung dieser Technologie Verfahrensnormen und Spezifikationen für ihre eigene Verwendung erstellt haben, gab es bezüglich der in diesen Spezifikationen behandelten Punkte Unterschiede; es lag kein umfassendes Dokument für ein genormtes Verfahren vor, das für die allgemeine Anwendung erstellt wurde. Der vorgesehene Verwendungszweck dieses Dokuments besteht darin, hinsichtlich der UV-Laser-Kennzeichnung von Leitungen direkt als eine Verfahrensnorm zu dienen. Es kann auch als Muster für umfassende Anforderungen dienen, das von Organisationen verwendet wird, die betriebsinterne Verfahrensspezifikationen für die Kennzeichnung mit Laser erarbeiten wollen oder als ein Mittel zur Bewertung der Angemessenheit und Vollständigkeit derartiger Spezifikationen durch Beschaffungsaktivitäten dienen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument ist anwendbar auf das Kennzeichnen von elektrischen Leitungen und Kabeln von Luft- und Raumfahrzeugen unter Anwendung von Ultraviolett(UV)-Lasern.

Dieses Dokument legt die Anforderungen an das Verfahren zur Einführung des Kennzeichnens von elektrischen Leitungen, Kabeln und Lichtwellenleiterkabeln mit UV-Laser fest, um mit für die Kennzeichnung von Leitungen mit UV-Laser konstruierten Geräten eine Kennzeichnung von annehmbarer Qualität auf für die Luft- und Raumfahrt vorgesehenen Leitungen und Kabeln zu erzeugen, die den Anforderungen der EN 3475-100, *Luft- und Raumfahrt — Elektrische Leitungen für Luftfahrt, Verwendung — Prüfverfahren — Teil 100: Allgemeines*, unterliegen. Leitungen, die entsprechend den Festlegungen mit UV-Laser gekennzeichnet werden können und die entsprechend diesem Dokument gekennzeichnet wurden, erfüllen die Anforderungen von EN 3838.

Dieses Dokument ist anwendbar auf die Kennzeichnung von elektrischen Leitungen und Kabeln für Flugwerke unter Anwendung von Ultraviolett(UV)-Lasern. Die in dieser Norm festgelegten Praktiken hinsichtlich des Laserverfahrens sind zwingend vorgeschrieben.

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).

EN 3475-100, *Luft- und Raumfahrt — Elektrische Leitungen für Luftfahrtverwendung — Prüfverfahren — Teil 100: Allgemeines*

EN 3475-705, *Luft- und Raumfahrt — Elektrische Leitungen für Luftfahrtverwendung — Prüfverfahren — Teil 705: Kontrastmessung*

EN 3475-706, *Luft- und Raumfahrt — Elektrische Leitungen für Luftfahrtverwendung — Prüfverfahren — Teil 706: UV-Laser-Markierung*

EN 3838, *Luft- und Raumfahrt — Anforderungen und Prüfungen der Anwenderkennzeichnung auf elektrischen Luftfahrzeugleitungen*

EN ISO 10012, *Messmanagementsysteme — Anforderungen an Messprozesse und Messmittel (ISO 10012)*

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

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

3.1.1

Kabel

elektrisches Kabel, falls nicht als Lichtwellenleiterkabel angegeben. 2 (zwei) oder mehr isolierte Leiter, massiv oder verseilt, in einer üblichen Ummantelung enthalten, oder 2 (zwei) oder mehr isolierte Leiter, verdreht oder zusammengepresst ohne übliche Ummantelung, oder ein isolierter Leiter mit metallischer Ummantelung oder äußerem Leiter

3.1.2

Bauteil

für die Anwendung dieses Dokuments muss dies eine elektrische Leitung, ein mehradriges Kabel oder ein Lichtwellenleiterkabel sein

3.1.3

Kontrast

Messung bezüglich der Differenz der Leuchtdichte der Kennzeichnung und deren dazugehörigem Hintergrund nach einem genau festgelegten Verfahren

3.1.4

Beschädigung

für die Anwendung dieses Dokuments, bezogen auf Leitungen und Kabel, wird der Begriff Beschädigung festgelegt als eine nicht annehmbare Herabsetzung der mechanischen oder elektrischen Eigenschaften der Isolierung (d. h. insbesondere eine messbare Minderung der Leistungsdaten der Leitung oder des Kabels, die außerhalb der festgelegten Anforderungen liegen oder aus anderen Gründen nicht zulässig sind)

3.1.5

Punktüberlappung

Punktüberlappung bei Scanning-Lasersystemen ist festgelegt im Verhältnis zum Durchmesser D des Laserstrahls/Punktes auf der Oberfläche der Leitung und dem Abstand d zwischen den Mittelpunkten der benachbarten Punkte

Anmerkung 1 zum Begriff: Die prozentuale Überlappung = $(1 - (d/D)) \times 100 \%$.

3.1.6

Excimer

gasförmiger Laser, dessen Name von dem Begriff „excited dimer“ (angeregter Dimer) hergeleitet ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Laser wird durch eine elektrische Entladung in einem speziellen Gemisch aus Edelgasen und Halogenen gespeist. Excimer-Laser arbeiten mit verschiedenen diskreten Wellenlängen im UV-Bereich, die üblichsten sind 193 nm, 248 nm, 308 nm und 351 nm. Die Wellenlänge hängt nur vom verwendeten Gasgemisch ab; 308 nm wird üblicherweise für die Leitungskennzeichnung mit UV-Laser verwendet.

3.1.7

Lichtwellenleiterkabel

Kabel, dessen konstruktive Ausführung die Übertragung von Lichtwellen zwischen einer Lichtquelle und einem Empfänger ermöglicht

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Signalverarbeitungsanwendungen enthalten der Sender und der Empfänger Geräte, die zur Umwandlung zwischen optischen und elektronischen Impulsen verwendet werden. Typische Kabel enthalten einen Glas- oder Kunststoffkern, eine Mantelschicht mit einer geringeren Brechzahl, an der das Licht am äußeren Bereich des Kerns/Mantel gebrochen oder vollständig reflektiert wird, eine Sekundär-Beschichtung, Zugentlastungselemente und eine Ummantelung zum Schutz des inneren Kabels vor Umweltschäden.

3.1.8

Fluenz

Energiedichte, gemessen in J/cm^2 (Joule je Quadratzentimeter) eines Einzelimpulses eines Laserstrahles, an der Oberfläche der Leitungsisolierung oder des Kabelmantels

3.1.9

Schriftart

Festlegung der Form und der Gestaltung eines zum Bedrucken oder Kennzeichnen festgelegten Zeichens

3.1.10

Drahtdurchmesser

in der Leitungsbündelzeichnung für eine in einer Leitungsbündelbaugruppe enthaltene Leitung festgelegte Leitungsgröße

3.1.11

Oberwellenerzeugung

Anwendung von nichtlinearen optischen Verfahren, um die Wellenlänge eines Lasers zu ändern, wodurch es ermöglicht wird, dass die Ausgangsleistung eines Infrarot-Lasers in kürzere Wellenlängen umgewandelt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Für Neodym(Nd)-Laser ergibt sich daraus eine Ausgangsleistung mit doppelter Frequenz bei 532 nm im grünen und eine Ausgangsleistung mit dreifacher Frequenz bei 355 nm im UV-Bereich, die für die Leitungskennzeichnung angewendet wird.

3.1.12

Leitungsbündel

Baugruppe mit einer beliebigen Anzahl an Leitungen, elektrischen/optischen Kabeln und/oder Gruppen und deren Anschlüssen, deren konstruktive Ausführung und Herstellung so erfolgt, dass sie als eine Einheit eingebaut und entfernt werden können

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Leitungsbündel kann ein offenes Leitungsbündel oder ein geschütztes Leitungsbündel sein.

3.1.13

Infrarot

IR

elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von etwa 700 nm bis mehr als 10 000 nm

3.1.14

Isolierung

die äußere Polymerummantelung einer elektrischen Leitung, eines mehradrigen Kabels oder eines Lichtwellenleiterkabels

3.1.15

IR-Laser

Laser, der ein Strahlungsbündel im IR-Bereich erzeugt

3.1.16

Ummantelung

äußere Schutzhülle für ein Kabel

3.1.17

Laser

Abkürzung für „light amplification by the stimulated emission of radiation“ (Lichtverstärkung durch simulierte Strahlungsemission). Laser stellen eine Quelle starken monochromatischen Lichts im ultravioletten, sichtbaren oder im Infrarotspektrum dar. Das „aktive“ oder lichtverstärkende Medium kann fest, flüssig oder gasförmig sein. Der Laserstrahl wird erzeugt durch Erregen des aktiven Mediums unter Verwenden einer fremden Stromquelle, welche meist elektrisch oder optisch ist.

3.1.18

Laser-Durchschnittsleistung

optische Leistung, gemessen in Watt (W), die von der Laserquelle erzeugt wird

3.1.19

Laserpulsenergie

optische Energie, gemessen in Joule (J), die in jedem Laserpuls enthalten ist

3.1.20

Laserpulslänge

Zeitintervall zwischen der steigenden und der abfallenden Flanke des Impulses, bei der die Laserenergie jeweils die Hälfte beträgt; genannt FWHM (en: full width half maximum)

Anmerkung 1 zum Begriff: Pulslängen werden in Nanosekunden, ns, gemessen. $1 \text{ ns} = 10^{-9} \text{ s}$.

3.1.21

Laserpulsrate

Anzahl der je Sekunde erzeugten Laserimpulse, gemessen in Hertz (Hz); auch als Laserpulsfrequenz oder Folgefrequenz bezeichnet

3.1.22

Lesbarkeit

Eigenschaften einer Kennzeichnung, durch die es möglich ist, diese leicht und richtig zu lesen

3.1.23

Leuchtdichte

quantitative Messung des sichtbaren Lichts, das von einer Oberfläche reflektiert wird, in diesem Falle die Isolierung der Leitung oder des Kabels

3.1.24

Kennzeichnung

alphanumerische oder maschinell lesbare Kennzeichnung, die eine Bedeutung enthält und die auf die Oberfläche einer Leitungs- oder einer Kabelummantelung aufgebracht wird

3.1.25

Kennzeichnungsfähigkeit

Fähigkeit einer zu kennzeichnenden Leitungskonstruktion, lesbare Identifizierungskennzeichnungen eines festgelegten Kontrasts zur Verfügung zu stellen, wenn die Kennzeichnung entsprechend den Anforderungen in diesem Dokument erfolgt

3.1.26

Neodym

Nd

Elementarmetall, das das aktive Lasermaterial im meist gebräuchlichen Typ des Festlasers bildet

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Neodym wird in einem optisch transparentem festen „Host“-Material gehalten und wird durch optische Einspeisung erregt, entweder von einer Blitzlampe oder von der optischen Ausgangsleistung eines Dioden-Lasers. Das Host-Material spielt keine unmittelbare Rolle, kann aber die Laserwellenlänge etwas beeinflussen. Typische Host-Materialien sind spezielle Kristalle, wie Yttrium-Aluminiumgranat (YAG) und Yttrium-Lithiumfluorid (YLF) und Yttrium-Vanadat (YVO₄). Diese Laser werden im Allgemeinen Nd:YAG, Nd:YLF und Nd:YVO₄ genannt. Die häufigste Wellenlänge von Nd-Festkörperlasern liegt im Infrarotbereich (IR) bei einer Wellenlänge von etwa 1 064 nm. Die IR-Ausgangswellenlänge derartiger Laser kann leicht auf geringere Wellenlängen, die für Leitungskennzeichnungen unter Anwendung von Oberwellenerzeugung geeignet sind, reduziert werden.

3.1.27

Käufer

Aktivität, aus der heraus ein Kaufauftrag erteilt oder ein Vertrag geschlossen werden kann

3.1.28

gütegeschalteter Laser

Laser, der die Laserenergie im Inneren des Lasers zurückhält und zirkulieren lässt, bis ein Signal gesendet wird, den „Güteschalter“, in der Regel ein elektrooptisches Bauteil, zu öffnen. Der Güteschalter arbeitet wie ein Tor, das, wenn es geöffnet wird, den eingefangenen Laserstrahl innerhalb einer Nanosekunde austreten lässt. Diese Technik wird routinemäßig bei Langpuls-Festkörperlasern verwendet, um kurze Laserpulse zu erzeugen, wie sie für die Leitungskennzeichnung mit UV-Laser erforderlich sind

3.1.29

Qualitätskonformität

an Proben aus der Fertigung durchgeführte Prüfungen bei einer festgelegten Frequenz, um sicherzustellen, dass die Anforderungen dieses Dokuments erfüllt werden

3.1.30

Prüfung der Qualitätskonformität

Verfahren, das Messungen, zerstörungsfreie Prüfungen, Analysen und die dazugehörigen Daten enthält und mit dem eine Verifizierung erfolgt, dass ein bestimmtes einzelnes Bauteil fortlaufend den in der Norm festgelegten Anforderungen entspricht

3.1.31

Lieferant

Originalgerätehersteller (en: original equipment manufacturer; OEM) oder Hersteller, der Standardprodukte durch eigene Entwicklungsleistungen ergänzt, der die bei der konstruktiven Ausführung und der Produktion angewendeten Verfahren steuert, um das Endprodukt entsprechend dieser Norm herzustellen

3.1.32

Ultraviolett

UV

elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von etwa 200 nm bis 400 nm

3.1.33

UV-Laser

Laser, der einen Strahl aus dem UV-Spektrum erzeugt

3.1.34

Verifizierungsprüfung

Verfahren, durch das nachgewiesen wird, dass ein Produkt in der Lage ist, allen in einer Norm festgelegten Anforderungen zu entsprechen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Verifizierungsprüfung umfasst Festlegungen hinsichtlich der Messungen, Prüfungen, Analysen und dazugehörige Daten, durch die entsprechende Gründe für die Annahme einer bestimmten vom Hersteller bereitgestellten konstruktiven Ausführung bereitgestellt werden, beispielsweise das Erfüllen von in der Norm enthaltenen Anforderungen, üblicherweise vor dem Erwerb durch den Käufer.

3.1.35

Wellenlänge

λ

Abstand zwischen sich wiederholenden Wellenmustereinheiten

BEISPIEL Der Abstand zwischen einem Wellenscheitel und dem darauffolgenden Wellenscheitel.

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Laserwellenlänge wird üblicherweise in Nanometern (nm) ermittelt.

Anmerkung 2 zum Begriff: $\lambda = c/f$

Dabei ist

c die Lichtgeschwindigkeit;

f die Frequenz.

3.1.36

Leitung

Einzelleiter aus massivem, ein- oder mehrdrähtigem Metall, durch dessen konstruktive Ausführung Strom in einem Stromkreis geführt wird, der allerdings keine(n) metallische(n) Ummantelung, Hülle oder Schirm hat

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Zwecke dieser Spezifikation gilt, dass sich der Begriff „Leitung“ auf „isolierte elektrische Leitung“ bezieht.

3.1.37

Leitungscode

Nummer zur Identifizierung einer Drahtleitung oder Code, der einer bestimmten Leitung in einer Leitungs-bündelbaugruppe zugeordnet und mit dem die Oberfläche der Isolierung gekennzeichnet ist

3.2 Symbole und Abkürzungen

nm:	Nanometer, 10^{-9} m;
ns:	Nanosekunde 10^{-9} s;
ETFE:	Ethylen-Tetrafluorethylen;
PFA:	Perfluoralkoxy-Fluorpolymer;
PTFE:	Polytetrafluorethylen;
PVDF:	Polyvinyliden-Difluorid/Polyvinyliden-Fluorid.

4 Anforderungen

4.1 Anforderungen hinsichtlich der Kennzeichnung von Leitungen mit UV-Laser

Die Anforderungen hinsichtlich der Laser-Kennzeichnung von Leitungen und Kabeln für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt sind in folgende Gruppen eingeteilt:

- a) Anforderungen an das Verfahren, d. h. die Eigenschaften, die das Kennzeichnungsverfahren hinsichtlich der Eigenschaften und der Qualität der Kennzeichnungen beeinflussen, und
- b) Anforderungen an das System, d. h. die Eigenschaften, die die Leistungsfähigkeit des Geräts hinsichtlich dessen betrieblichen Einsatzes beeinflussen.

4.2 Konstruktionsunterlagen

Der Gerätelieferant muss Konstruktionsunterlagen erstellen, in denen die entsprechenden Einzelheiten bezüglich der konstruktiven Ausführung aufgezeichnet sind und in denen eindeutig nachgewiesen ist, wie sämtliche Anforderungen von Abschnitt 4 erfüllt werden. Eine Kopie dieser Konstruktionsunterlagen muss aufgehoben und erforderlichenfalls Käufern zur Verfügung gestellt werden.

4.3 Anforderungen an das Verfahren

4.3.1 Laserwellenlänge

Zum Kennzeichnen darf nur kurzwelliges UV-Laserlicht im Bereich von 240 nm bis 380 nm angewendet werden (siehe Abschnitt 8). Zum direkten Kennzeichnen von in der Luft- und Raumfahrt verwendeten elektrischen Leitungen oder Lichtwellenleiterkabeln darf keine langwellige Infrarot(IR)-Laserstrahlung angewendet werden.

4.3.2 Laserkennzeichnungssysteme mit Maske (siehe Abschnitt 8)

4.3.2.1 Allgemeines

Durch Verfahren mit Maske erzeugte Laserkennzeichnungen müssen durch einen Einzelimpuls eines Laser gebildet werden und dürfen nicht überlappend angeordnet sein. Für die Kennzeichnung mit Maske dürfen nur Laserstrahlen mit einem gleichmäßigen Flat-Top-Profil verwendet werden.

WARNUNG — Durch Kennzeichnungen mit Mehrfachüberlappungen werden möglicherweise Beschädigungen der Leitungsisolierung, insbesondere auf extrudierten Materialien aus ETFE und PVDF, verursacht.

4.3.2.2 Laserpulslänge (siehe Abschnitt 8)

Zum Kennzeichnen müssen Laser mit Pulslängen zwischen 3 ns und 35 ns angewendet werden.

4.3.2.3 Angewendete Laserfluenz (siehe Abschnitt 8)

Der Gerätelieferant ist für die konstruktive Ausführung des Systems verantwortlich, damit sichergestellt ist, dass das Gerät die erforderliche Fluenz zum Erreichen des optimalen Kontrasts und der optimalen Qualität der Kennzeichnung erzeugt, ohne dabei die Eigenschaften der Leitung zu beeinträchtigen. Der Anwender ist dafür verantwortlich, sicherzustellen, dass das Gerät so instandgehalten und kalibriert wird, dass es weiterhin die erforderliche Fluenz erzeugt.

Das Gerät ist so einzustellen, dass die Kennzeichnung bei einer Fluenz in dem Bereich von $0,8 \text{ J/cm}^2$ bis $1,3 \text{ J/cm}^2$ erzeugt wird. Die festgelegte Fluenz muss die Fluenz sein, die mittig im oberen Bereich der Leitungsoberfläche gemessen wurde und den Angaben auf der Kennzeichnung entspricht. Diese Kennzeichnungsfluenzen müssen angewendet werden, falls bei der geprüften Leitungsart nicht festgelegt ist, dass die Kennzeichnung bei einer anderen Fluenz erfolgen muss.

Die zur Leitung übertragene Laserfluenz muss unter sämtlichen genormten Betriebsbedingungen während des gesamten Kennzeichnungsverfahrens und bei allen unterschiedlichen Schriftartgrößen innerhalb des festgelegten Bereichs bleiben; es müssen alle zwischen den Impulsen aufzutretenden Schwankungen bezüglich der Laserenergie enthalten sein.

Bei der Sicherstellung, dass das Gerät immer die erforderliche Fluenz erzeugt und innerhalb der erforderlichen Fluenz betrieben wird, muss der Lieferant hinsichtlich der konstruktiven Ausführung des Gerätes die folgenden Punkte berücksichtigen:

- a) die Schwankung der Pulsenergie von Laserschuss zu Laserschuss;
- b) kurzzeitige Drift und Langzeitdrift hinsichtlich der Laserausgangsleistung;
- c) Profil der Laserstrahlintensität, durch das sichergestellt ist, dass die zur Kennzeichnung angewendeten Teile des Strahls eine ausreichende, gleichmäßige Intensität und keine Wärmepunkte aufweisen, die dazu führen könnten, dass der Höchstwert der Fluenz innerhalb des Strahlprofils überschritten wird, wenn der Strahl am Brennpunkt des Strahlführungssystems auf eine ebene Oberfläche projiziert wird.

Laserkennzeichnungsgeräte, die für den Betrieb im festgelegten Fluenzbereich eingestellt sind, erzeugen den maximalen Kontrast der Kennzeichnung auf jeder beliebigen Leitung oder jedem beliebigen Kabel für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt. Es ist **nicht** möglich, den Kontrast der Kennzeichnung durch Erhöhung der Fluenz über diesen Bereich hinaus zu steigern. Endanwender **dürfen nicht** den Versuch unternehmen, dies zu tun.

WARNUNG — Bei Verwendung einer zu hohen Fluenz für die Kennzeichnung von Leitungen ist eine Beschädigung der Leitung möglich.

4.3.3 Scanning-Laserkennzeichnungssysteme (siehe Abschnitt 8)

4.3.3.1 Laserpulslänge

Die Pulslängen von Kennzeichnungssystemen mit Scanning-Laser müssen zwischen 5 ns und 150 ns betragen.

4.3.3.2 Angewendete Laserfluenz

Der Gerätelieferant ist für die konstruktive Ausführung des Systems verantwortlich, damit sichergestellt ist, dass das Gerät die erforderliche Fluenz zum Erreichen des optimalen Kontrasts und der optimalen Qualität der Kennzeichnung erzeugt, ohne dabei die Eigenschaften der Leitung zu beeinträchtigen.

Der Gerätelieferant muss kurze und genaue Anweisungen bezüglich der Wartung, des Betriebs und der Kalibrierung des Laserkennzeichnungsgerätes innerhalb der Konstruktionsparameter zur Verfügung stellen. Der Anwender trägt die Verantwortung zur Sicherstellung, dass das Gerät entsprechend den Anweisungen des Lieferanten gewartet und kalibriert wird.

Bei Laserkennzeichnungsgeräten mit Gaußschen Strahlen muss das Gerät so eingestellt werden, dass die Kennzeichnung bei einer durchschnittlichen Fluenz von $\leq 1,3 \text{ J/cm}^2$ erzeugt wird, wobei die in 4.3.3.3 genannte Grenze von 25 % für die Punktüberlappung einzuhalten ist.

Bei Laserkennzeichnungsgeräten mit gleichmäßigen Flat-Top-Strahlen muss das Gerät so eingestellt werden, dass die Kennzeichnung bei einer Spitzenfluenz von $\leq 0,8 \text{ J/cm}^2$ erzeugt wird, wobei die in 4.3.3.3 genannte Grenze von 90 % für die Punktüberlappung einzuhalten ist.

Die festgelegte Fluenz muss die Fluenz sein, die mittig im oberen Bereich der Leitungsoberfläche gemessen wurde und den Angaben auf der Kennzeichnung entsprechen.

Diese Kennzeichnungsfluenzen müssen angewendet werden, falls bei der geprüften Leitungsart nicht festgelegt ist, dass die Kennzeichnung bei einer anderen Fluenz erfolgen muss.

Das Gerät muss konstruktiv so ausgeführt sein, dass sichergestellt ist, dass durch das Vorliegen der folgenden Parameter, entweder einzeln oder gemeinsam, keine überhöhte Energie zur Leitungsoberfläche geleitet wird, was dazu führen würde, dass die Oberfläche der Leitung beschädigt werden könnte:

- a) Laser-Spitzenfluenz;
- b) Profil der Strahlintensität;
- c) Punktgröße des Laserstrahls auf der Leitungsoberfläche;
- d) Überlappung der Punkte, die die Kennzeichnung bilden.

Die zur Leitung übertragene Laserfluenz muss unter sämtlichen genormten Betriebsbedingungen während des gesamten Kennzeichnungsverfahrens und bei allen unterschiedlichen Schriftartgrößen unterhalb des maximal festgelegten Grenzwertes bleiben; es müssen alle zwischen den Impulsen auftretenden Schwankungen bezüglich der Laserenergie sowie der Punktgröße im Laserstrahl enthalten sein.

Bei der Sicherstellung, dass das Gerät immer die erforderliche Fluenz erzeugt und innerhalb der erforderlichen Fluenz betrieben wird, muss der Lieferant hinsichtlich der konstruktiven Ausführung des Gerätes die folgenden Punkte berücksichtigen:

- a) die Schwankung der Pulsenergie von Laserschuss zu Laserschuss;
- b) kurzzeitige Drift und Langzeitdrift hinsichtlich der Laserausgangsleistung;
- c) das Profil der Laserstrahlintensität und die Punktgröße auf der Kennzeichnungsoberfläche.

Laserkennzeichnungsgeräte, die für den Betrieb im festgelegten Fluenzbereich eingestellt sind, erzeugen den maximalen Kontrast der Kennzeichnung auf jeder beliebigen Leitung oder Kabel für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt. Es ist **nicht** möglich, den Kontrast der Kennzeichnung durch Erhöhung der Fluenz über diesen Bereich hinaus sicher zu steigern. Endanwender dürfen **nicht** den Versuch unternehmen, dies zu tun.

WARNUNG — Bei Verwendung einer zu hohen Fluenz für die Kennzeichnung von Leitungen ist eine Beschädigung der Leitung möglich.

4.3.3.3 Laserpunktüberlappung

Bei Systemen, die Strahlen mit Gaußprofil verwenden, darf die Überlappung zwischen den Punkten, aus denen sich die Kennzeichnungen zusammensetzen, 25 % nicht überschreiten; dieser Grenzwert muss sowohl für einzelne Punktzeilen als auch für mehrere Punktzeilen gelten, die sich sowohl in X- als auch in Y-Richtung überlappen. Die Zeichenlinien dürfen sich nicht überschneiden. Siehe 8.1.3 und Anhang A.

Bei Systemen mit gleichmäßigen Flat-Top-Profilstrahlen darf die Überlappung zwischen den Punkten, aus denen die Kennzeichnungen bestehen, 90 % nicht überschreiten. Zeichenlinien dürfen sich nicht mehr als einmal kreuzen oder überschneiden. Siehe 8.1.3 und Anhang A.

4.3.4 IR-Strahlung

Bei Laserkennzeichnungsgeräten für Leitungen mit Festkörperinfrarotlasern und Oberwellenerzeugung zur Erzeugung eines UV-Laserstrahls zur Kennzeichnung müssen die Konstruktionsunterlagen die Arbeitsweise des laseroptischen Systems und Verfahren zur Berechnung der restlichen Infrarotstrahlung, die die Leitung unter den üblichen Umständen und unter den ungünstigsten Bedingungen erreichen würde, enthalten.

Festkörperinfrarotlaser mit UV-Oberwellenerzeugung müssen eine konstruktive Ausführung aufweisen, dass sichergestellt ist, dass bei keinem einzelnen Impuls eine IR-Energie $> 10^{-3} \text{ J/cm}^2$ die Leitung erreichen kann, sogar bei fehlerhafter Ausrichtung oder bei Beschädigung von optischen Bauteilen.

4.4 Anforderungen an das System

4.4.1 Lasertyp

Der Lasertyp muss die Anforderungen dieses Dokuments erfüllen.

4.4.2 Regelung der Laserleistung

Erforderlichenfalls müssen Geräte zur Kennzeichnung von Leitungen mit Laser zur Erfüllung der Anforderungen dieses Dokuments eingebaute Laserleistungsmesser oder Leistungsmessgeräte und ein aktives Rückkopplungssystem haben. Dadurch wird bei Laserkennzeichnungsgeräten mit Maske eine laufende Überwachung der Laserpulsenergie oder bei Kennzeichnungsgeräten mit Scanning-Laser eine laufende Überwachung der Durchschnittsleistung ermöglicht, deren Werte sich über die Zeit verändern können. Ein derartiges Messen wird möglicherweise für das automatische Einstellen angewendet, damit die Ausgangsleistung des Lasers auf dem geforderten Wert gehalten wird, um die entsprechenden Anforderungen von 4.3.2.3 oder 4.3.3.2 zu erfüllen.

4.5 Anforderungen an die Qualität - Allgemeines

4.5.1 Beschädigung der Isolierung

Durch das Kennzeichnungsverfahren darf keine Beschädigung der Leitung oder des Kabels verursacht werden; die elektrischen oder mechanischen Eigenschaften der Isolierung dürfen nicht so verändert werden, dass die Werte außerhalb der zulässigen oder festgelegten Grenzwerte liegen. Die Leistung der Leitungen nach der Kennzeichnung muss entsprechend den Anforderungen nach EN 3838 bestimmt werden.

4.5.2 Lesbarkeit und Dauerhaftigkeit

Die erzeugten Kennzeichnungen müssen entsprechend den Anforderungen der EN 3838 lesbar und dauerhaft sein.

4.5.3 Kontrast der Kennzeichnung

Der Kontrast der Kennzeichnung von Leitungen kann in der entsprechenden Leitungsnorm festgelegt werden. Der Kontrast muss entsprechend den Anforderungen der EN 3475-705 bestimmt werden.

5 Regelungen hinsichtlich der Qualitätssicherung

5.1 Verantwortlichkeit hinsichtlich der Prüfung

5.1.1 Allgemeines

Alle Artikel müssen alle technischen Anforderungen der Verfahrensnorm erfüllen. Die in diesem Dokument festgelegten Prüfungen müssen Teil des allgemeinen Prüfsystems des Lieferanten oder des Qualitätssicherungsprogramms sein. Das Fehlen jeglicher Anforderungen hinsichtlich der Prüfung in der Norm entbindet den Lieferanten nicht von der Verantwortung, sicherzustellen, dass sämtliche Produkte allen Anforderungen des Vertrages entsprechen. Die Anwender dieser Spezifikation haben das Recht, die Übereinstimmung mit diesen Anforderungen zu verifizieren.

5.1.2 Prüfgeräte und Prüfeinrichtungen

Die Prüf- und Messgeräte sowie die Prüfeinrichtungen, die zur Durchführung der geforderten Prüfung eine ausreichende Genauigkeit, Qualität und Menge aufweisen müssen, sind durch den Lieferanten und erforderlichenfalls vom Endanwender festzulegen und aufrechtzuerhalten. Die Festlegung und Aufrechterhaltung eines Kalibriersystems zur Prüfung der Genauigkeit der Mess- und Prüfgeräte muss nach EN ISO 10012 oder nach gleichartigen Normen entsprechend den Festlegungen des Endanwenders erfolgen. Die Leistungsfähigkeit des Lasergeräts muss durch den Anwender in Intervallen von höchstens 12 Monaten entsprechend den Kalibrierverfahren des Lieferanten überprüft werden.

5.2 Prüfung der Qualitätskonformität

5.2.1 Allgemeines

Die in der vorliegenden Norm festgelegten Prüfungen werden wie folgt klassifiziert:

- a) Verifizierungsprüfung (siehe 5.3);
- b) Prüfung der Qualitätskonformität (siehe 5.4).

ANMERKUNG Zum Nachweis der Übereinstimmung mit dieser Norm müssen Proben, die für Qualitäts- und Konformitätsprüfungen vorbereitet werden, stets „on-the-fly“ gekennzeichnet werden (Probe nicht im statischen Modus).

5.2.2 Prüfungsbedingungen

Falls nicht anders in der vorliegenden Norm oder in der Detailspezifikation festgelegt, sind bezüglich der Qualifikation des Verfahrens und der Qualifikation der Kennzeichnungsfähigkeit des Lasers die folgenden Normprüfbedingungen anzuwenden: Alle Messungen und Prüfungen müssen bei Temperaturen von 15 °C bis 35 °C und bei einem Luftdruck von 0,85 bar bis 1,05 bar und bei einer relativen Feuchte von 45 % bis 75 % durchgeführt werden. Wenn diese Bedingungen genau überprüft werden müssen, um reproduzierbarere Ergebnisse zu Referenzzwecken zu erhalten, müssen die Temperatur $(25 \pm 0,2)^\circ\text{C}$, die relative Feuchte $(50 \pm 12) \%$ und der Luftdruck 0,85 bar bis 1,05 bar betragen.