

DIN EN 4650

ICS 49.060

**Luft- und Raumfahrt –
Leitungs- und Kabelkennzeichnungsverfahren durch UV-Laser;
Deutsche und Englische Fassung EN 4650:2010**

Aerospace series –
Wire and cable marking process, UV Laser;
German and English version EN 4650:2010

Série aérospatiale –
Procédé de marquage des fils et câbles par laser UV;
Version allemande et anglaise EN 4650:2010

Gesamtumfang 43 Seiten

Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL) im DIN

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 4650:2010 wurde von ASD-STAN, Fachbereich Elektrotechnik, unter Mitwirkung deutscher Experten des 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.

Entsprechend Beschluss 57/9 des Technischen Ausschusses des Beirats des Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. sind die europäischen Luft- und Raumfahrt-Normungsergebnisse zweisprachig, in Deutsch und Englisch, in das Deutsche Normenwerk zu überführen. Aus diesem Grund wurde der Deutschen Fassung dieser EN-Norm die Englische Fassung hinzugefügt.

Deutsche Fassung

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

Aerospace series —
Wire and cable marking process, UV Laser

Série aéronautique —
Procédé de marquage des fils et câbles par laser UV

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 6. Februar 2010 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 Management-Zentrum des CEN 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, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Anwendbarkeit, Begriffe, Symbole und Abkürzungen.....	6
3.1 Anwendbarkeit	6
3.2 Begriffe	6
3.3 Symbole und Abkürzungen	10
4 Anforderungen	10
4.1 Anforderungen hinsichtlich der Kennzeichnung von Leitungen mit UV-Laser	10
4.2 Konstruktionsunterlagen	10
4.3 Anforderungen an das Verfahren.....	10
4.4 Anforderungen an das System.....	12
4.5 Anforderungen an die Qualität.....	12
5 Regelungen hinsichtlich der Qualitätssicherung.....	13
5.1 Verantwortlichkeit hinsichtlich der Prüfung	13
5.2 Prüfung der Qualitätskonformität	13
5.3 Verifizierungsprüfung	14
5.4 Prüfung der Qualitätskonformität	14
6 Prüfverfahren	14
6.1 Konstruktionsunterlagen	14
6.2 Laserwellenlänge (siehe Abschnitt 8)	14
6.3 Laserpulslänge (siehe Abschnitt 8)	15
6.4 Angewendete Laserfluenz	15
6.5 Weitere Laserparameter.....	15
6.6 IR-Strahlung	16
6.7 Lasertyp	16
6.8 Regelung der Laserleistung	16
6.9 Lesbarkeit und Dauerhaftigkeit.....	16
6.10 Kontrastmessung der Kennzeichnung.....	16
7 Verpackung	16
8 Anwendungen	17
8.1 Prinzip des Kennzeichnungsverfahrens	17
8.2 Kennzeichnungsfähigkeit von Leitungen	17
8.3 Eigenschaften von mit UV-Laserkennzeichnung versehenen Materialien der Isolierung	18
8.4 Laserwellenlänge	19
8.5 Pulslänge	19
8.6 Impulsfrequenz	20
8.7 Lasertyp	20

Vorwort

Dieses Dokument (EN 4650:2010) 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 diese Norm die Zustimmung der nationalen Verbände und offiziellen Behörden der Mitgliedsländer der ASD erhalten, bevor sie CEN vorgelegt wurde.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2010, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2010 zurückgezogen werden.

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

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

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 Kennzeichnung von Leitungen direkt als eine Verfahrensnorm zu dienen. Sie kann auch als Muster mit einer Reihe von umfassenden 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

Diese Norm ist anwendbar auf das Kennzeichnen von elektrischen Leitungen und Kabeln von Luft- und Raumfahrzeugen unter Anwendung von Ultraviolett- (UV-)Lasern. Diese Norm 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 dieser Norm gekennzeichnet wurden, erfüllen die Anforderungen von EN 3838.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 Luftfahrt, Verwendung — 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 — Anwender-Kennzeichen auf elektrischen Leitungen für Luftfahrzeuge — Anforderungen und Prüfungen*¹⁾

EN ISO 10012, *Messmanagementsysteme — Anforderungen an Messprozesse und Messmittel (ISO 10012:2003)*

1) Herausgegeben als ASD-Vornorm zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm.

3 Anwendbarkeit, Begriffe, Symbole und Abkürzungen

Bezüglich der Anwendbarkeit dieses Dokuments siehe nachfolgend aufgeführte Angaben; für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Anwendbarkeit

Diese Norm 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.

3.2 Begriffe

3.2.1

Kabel

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

3.2.2

Bauteil

für die Anwendung dieser Norm elektrische Leitung, mehradriges Kabel oder Lichtwellenleiterkabel

3.2.3

Kontrast

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

3.2.4

Beschädigung

<Leitung und Kabel> für die Anwendung dieser Norm und 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

3.2.5

Excimer

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

ANMERKUNG 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.

3.2.6

Lichtwellenleiterkabel

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

ANMERKUNG 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.

3.2.7

Fluenz

Energiedichte, gemessen in J/cm^2 (Joule je Quadratcentimeter) eines Einzelimpulses eines Laserstrahles, die, für die Anwendung in dieser Norm, an der Oberfläche der Leitungsisolierung oder des Kabelmantels bestimmt wird

3.2.8

Schriftart

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

3.2.9

Drahtdurchmesser

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

3.2.10

Oberwellenerzeugung

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

ANMERKUNG Für 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.

3.2.11

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 Ein Leitungsbündel kann ein offenes Leitungsbündel oder ein geschütztes Leitungsbündel sein.

3.2.12

Infrarot (IR)

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

3.2.13

Isolierung

für die Anwendung dieser Norm die äußere Polymerummantelung einer elektrischen Leitung, eines mehradrigen Kabels oder eines Lichtwellenleiterkabels

3.2.14

IR-Laser

Laser, der ein Strahlungsbündel im IR-Bereich erzeugt

3.2.15

Ummantelung

äußere Schutzhülle für ein Kabel

3.2.16

Laser

ist eine 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

3.2.17

Lesbarkeit

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

3.2.18

Leuchtdichte

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

3.2.19

Kennzeichnung

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

3.2.20

Kennzeichnungsfähigkeit

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

3.2.21

Neodym (Nd)

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

ANMERKUNG 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 gewöhnlich auf geringere Wellenlängen, die für Leitungskennzeichnungen unter Anwendung von Oberwellenerzeugung geeignet sind, reduziert werden.

3.2.22

Pulslänge

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

ANMERKUNG Pulslängen werden in Nanosekunden, ns, gemessen. 1 ns = 10⁻⁹ s.

3.2.23

Käufer

durch den Käufer kann ein Kaufauftrag erteilt oder ein Vertrag geschlossen werden

3.2.24

Qualitätskonformität

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

3.2.25

Prüfung der Qualitätskonformität

ein 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

3.2.26

Lieferant

ein Originalgerätehersteller (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

3.2.27

Ultraviolett (UV)

elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von etwa 200 nm bis 400 nm

3.2.28

UV-Laser

Laser, der einen Strahl aus UV-Strahlung erzeugt

3.2.29

Verifizierungsprüfung

ein Verfahren, durch das nachgewiesen wird, dass ein Produkt allen in einer Norm festgelegten Anforderungen entsprechen kann

ANMERKUNG 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.

3.2.30

Wellenlänge

λ

Abstand zwischen sich wiederholenden Wellenmustereinheiten, z. B. der Abstand zwischen einem Wellenscheitel und dem darauffolgenden Wellenscheitel

ANMERKUNG 1 Die Laserwellenlänge wird üblicherweise in Nanometern (nm) ermittelt.

ANMERKUNG 2 $\lambda = c/f$

Dabei ist

c die Lichtgeschwindigkeit;

f die Frequenz.

3.2.31

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

3.2.32

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

3.3 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 Kennzeichnung von Leitungen und Kabeln für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt mit Laser 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 3 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 sollten nicht überlappend angeordnet sein.

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 instand gehalten 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 entsprechen. 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.

4.3.3 Parameter bezüglich der konstruktiven Ausführung von Kennzeichnungsgeräten mit Scanning-Laser

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

Die konstruktive Ausführung des Laserkennzeichnungsgeräts durch den Gerätelieferanten muss so erfolgen, dass sichergestellt ist, dass während des Betriebes immer eine gleichmäßige Kennzeichnung sichergestellt ist, wobei die Qualität der Kennzeichnung und der Kontrast beibehalten werden. Das System muss auf jeder vorgegebenen Leitung den gleichen Kontrast der Kennzeichnung erzeugen, da Systeme mit Maske die Anforderungen dieser Norm erfüllen, falls nicht anders durch den Käufer festgelegt.

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

Der Gerätelieferant muss kurze und genaue Anweisungen bezüglich der Wartung, des Betriebs und der Kalibrierung des Laserkennzeichnungsgerätes innerhalb der Konstruktionsparameter zur Verfügung stellen.