

DIN EN 2591-100

ICS 49.060; 49.090

Ersatz für
DIN EN 2591-100:2006-08

**Luft- und Raumfahrt –
Elektrische und optische Verbindungselemente –
Prüfverfahren – Teil 100: Allgemeines;
Deutsche und Englische Fassung EN 2591-100:2018**

Aerospace series –
Elements of electrical and optical connection –
Test methods – Part 100: General;
German and English version EN 2591-100:2018

Série aérospatiale –
Organes de connexion électrique et optique –
Méthodes d'essais – Partie 100: Généralités;
Version allemande et anglaise EN 2591-100:2018

Gesamtumfang 53 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 2591-100:2018) wurde von ASD-STAN, Fachbereich Elektrik, unter Mitwirkung deutscher Experten des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) erarbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 131-04-03 AA „Elektrische Verbindungselemente“ 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 wurde der Deutschen Fassung dieses Dokuments die Englische Fassung hinzugefügt.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 2591-100:2006-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Normativen Verweisungen wurden ergänzt;
- b) Abschnitt 3 wurde um die Begriffe „Modenkonditionierer“, „Leistungsmesser“ und „Prüfkabel“ erweitert;
- c) Abschnitt 5 wurde in „Hauptprüfungsanforderungen“ umbenannt, grundlegend überarbeitet und erweitert;
- d) dadurch ändert sich die Nummerierung der bisherigen Tabelle 1 zu Tabelle 8.

Frühere Ausgaben

DIN EN 2591-100: 2006-08

Deutsche Fassung

Luft- und Raumfahrt —
Elektrische und optische Verbindungselemente —
Prüfverfahren —
Teil 100: Allgemeines

Aerospace series —
Elements of electrical and optical connection —
Test methods —
Part 100: General

Série aérospatiale —
Organes de connexion électrique et optique —
Méthodes d'essais —
Partie 100: Généralités

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 24. Dezember 2017 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, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, 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	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	5
4 Standardprüfbedingungen	8
5 Hauptprüfungsanforderungen	9
5.1 Vorbereitung der Faserenden	9
5.1.1 Allgemeines	9
5.1.2 Parameter	9
5.1.3 Verfahren	12
5.1.4 Prüfung und Annahme der Prüflinge	12
5.1.5 Reinigung der Enden	13
5.2 Lichteinkoppelsystem (LES)	14
5.2.1 Allgemeines	14
5.2.2 Schaffung korrekter Einkopplungsbedingungen	15
5.2.3 Spezifikation der Einkopplungsbedingungen für Kabel und Fasern der Größe 62,5/125 µm (NA = 0,275)	16
5.2.4 Spezifikation der Einkopplungsbedingungen für Kabel und Fasern der Größe 50/125 µm (NA = 0,2)	18
6 Liste der Prüfverfahren	21
7 Prüfbericht	25

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 2591-100:2018) 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 Februar 2019, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 2019 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt EN 2591-100:2005.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, 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.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die allgemeinen Anforderungen an Prüfverfahren für elektrische und optische Verbindungselemente und Verbindungselemente von Datenübertragungssystemen zur Verwendung in der Luft- und Raumfahrt fest.

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 2083, *Luft- und Raumfahrt — Leiter aus Kupfer oder Kupferlegierung für elektrische Leitungen — Produktnorm*

EN 2084, *Luft- und Raumfahrt — Elektrische Leitungen, für allgemeine Verwendung, mit Leitern aus Kupfer oder Kupferlegierung — Technische Lieferbedingungen*

EN 2234, *Luft- und Raumfahrt — Elektrische Leitungen, feuerbeständig — Technische Lieferbedingungen*

EN 2346, *Luft- und Raumfahrt — Feuerbeständige elektrische Leitungen — Abmessungen, Leiterwiderstand und Masse¹⁾*

EN 2591 (alle Teile), *Luft- und Raumfahrt — Elektrische und optische Verbindungselemente — Prüfverfahren*

EN 3745-201, *Luft- und Raumfahrt — Faseroptische Leitungen für Luftfahrzeuge — Prüfverfahren — Teil 201: Sichtprüfung*

EN 4641-100, *Luft- und Raumfahrt — Lichtwellenleiterkabel, Mantelaußendurchmesser 125 µm — Teil 100: Vollader, 62,5/125 µm GI-Faser, Kabeldurchmesser 1,8 mm — Produktnorm*

EN 60512-1, *Steckverbinder für elektronische Einrichtungen — Mess- und Prüfverfahren — Teil 1: Allgemeines (IEC 60512-1:2001)*

EN 60793-1-43, *Lichtwellenleiter — Teil 1-43: Messmethoden und Prüfverfahren — Numerische Apertur*

EN 60793-1-45, *Lichtwellenleiter — Teil 1-45: Messmethoden und Prüfverfahren — Modenfelddurchmesser*

TR 4257, *Aerospace series — Elements of electrical and optical connection — Relationship between the numbering systems for parts of EN 2591²⁾*

IEC 60050-581, *International Electrotechnical Vocabulary — Part 581: Electromechanical components for electronic equipment³⁾*

IEC 61300-3-35, *Fibre optic interconnecting devices and passive components — Basic test and measurement procedures — Part 3-35: Examinations and measurements — Visual inspection of fibre optic connectors and fibre-stub transceivers³⁾*

1) Als ASD-STAN-Vornorm zum Datum der Veröffentlichung dieser Norm veröffentlicht. (<http://www.asd-stan.org/>).

2) Als ASD-STAN-Fachbericht zum Datum der Veröffentlichung dieser Norm veröffentlicht (<http://www.asd-stan.org/>).

3) Veröffentlicht von: IEC Commission Electrotechnique Internationale (<http://www.iec.ch/>).

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050-581 und EN 60512-1 und die folgenden Begriffe.

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

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

3.1

elektrisches oder optisches Verbindungselement⁴⁾

Bauelement wie Steckverbinder, Modul usw., das zum Verbinden von elektrischen Stromkreisen dient

3.2

Schutzkappe

Zubehör, das während des Fluges für den mechanischen Schutz und die Abdichtung der Vorderseiten von getrennten Steckverbindern sorgt

3.3

Steckverbinder mit eingebautem Kontaktschutz

Steckverbinder, der so gestaltet ist, dass die Stift- oder Buchsenkontakte in einem freien oder festen Steckverbinder nicht mit der Vorderseite des Steckverbinders in Berührung kommen können, mit dem er gekuppelt ist (kontaktgeschützt), und bei dem beim zufälligen Kuppeln der beiden Steckverbinderteile mit Stiftkontakten kein elektrischer Kontakt hergestellt werden kann

3.4

Kontaktdruckpunkt

Punkt, an dem ein Prüfstift mit scharfkantigem Ende und dem gleichen Grunddurchmesser wie der entsprechende Stiftkontakt erstmals das federnde Teil im Buchsenkontakt kontaktiert

3.5

Anfangsmessung

Prüfung oder Messung von Eigenschaften zur Ermittlung des Ausmaßes der Veränderungen infolge der aufgetragenen Beanspruchung(en)

Diese Prüfung oder Messung erfolgt nach der Vorbehandlung unter Normalklima-Prüfbedingungen.

3.6

Endmessung

Prüfung oder Messung der Eigenschaften nach der Wiederherstellung des Ausgangszustandes, um den Zustand des Prüflings nach der Prüfung zu bewerten und das Ausmaß der Veränderungen von Eigenschaften im Vergleich zu den Anfangsmesswerten zu ermitteln

3.7

Entflammbarkeit

als „nichtentflammbar“ gilt ein Erzeugnis, wenn die Verbrennung, die durch eine zeitlich festgelegte Einwirkung einer genormten Flamme von außen hervorgerufen wurde, örtlich begrenzt bleibt und nach dem Entfernen der Flamme spontan aufhört

4) In Prüfnormen muss der Begriff „Verbindungselement“ verwendet werden.

3.8

Feuerbeständigkeit

als „feuerbeständig“ gilt ein Erzeugnis, wenn unter Einwirkung einer genormten Flamme:

- seine elektrische Funktion sechs Minuten aufrechterhalten bleibt;
- sich die Flamme in den ersten zwanzig Minuten nicht auf die andere Seite der Montageplatte ausbreitet

3.9

Wechselspannungs- und Wechselstromwerte

soweit nicht anders festgelegt, sind die Spannungen und Stromstärken der Wechselströme als Effektivwerte angegeben

3.10

Datenbus

verwürgtes Leiterpaar, geschirmt, mit festgelegter Impedanz, abgestimmter Impedanz an seinen beiden Enden und verwendet für den Datentransport

3.11

Leitungsabzweigung

Leitungsabschnitt aus verwürgten Einzeldrähten, geschirmt, mit festgelegter Impedanz, die ein Zubehör mit einem Datenbus verbinden

3.12

Leitungskoppler

elektrisches oder optisches Verbindungselement, das die Abzweigung von Übertragungssignalen von einem Datenbus zu einem Zubehör ermöglicht

3.13

Leitungskoppler, einfach

Koppler, bestehend aus einer Leitung und einer Abzweigung

3.14

Leitungskoppler, doppelt

Koppler, bestehend aus einer Leitung und zwei Abzweigungen

3.15

Stoßverbinder

dauerhaftes elektrisches oder optisches Verbindungselement zwischen Leitungen aus zwei Einzeldrähten

3.16

Leitungsende

Bauteil für das Leitungsende, das es ermöglicht, den Datenbus auf seinen Wellenwiderstand abzustimmen

3.17

Abzweigungsende

Bauteil für das Abzweigungsende, das eventuell ein Zubehörteil ersetzen kann

3.18

Wiederherstellung des Ausgangszustandes

Behandlung eines Prüflings nach der Prüfung, damit sich die Eigenschaften des Prüflings vor dem Messen stabilisieren können

3.19

Lichtwellenleiter-Kabel

bestimmte Anzahl von Lichtwellenleitern oder Litzen, die getrennt beschichtet und von einem gemeinsamen Mantel umhüllt sind

3.20

Strahlteiler

Vorrichtung zur Teilung eines optischen Strahls in zwei getrennte Strahlen

3.21

Einfügungsdämpfung (eines optischen Bauelementes)

zusätzliche optische Dämpfung, die entsteht, wenn ein optisches Bauelement zusätzlich in ein optisches System eingebaut wird

3.22

Einkopplungswinkel

Winkel zwischen dem Wellenausbreitungsvektor des einfallenden Lichtes und dem normalen Vektor der LWL-Stirnfläche

3.23

Modenkonditionierer

Einrichtung zur Anpassung der Lichtausgabe einer Quelle zur Herstellung einer definierten Einkopplungsbedingung zur Prüfung eines optischen Systems

3.24

Mehrmodenfaser

Lichtwellenleiter, dessen Kerndurchmesser groß ist gegenüber der Lichtwellenlänge und in dem eine große Anzahl von Moden ausbreitungsfähig ist

3.25

optisches Tor

Tor, das optische Leistung an der Schnittstelle abstrahlt oder aufnimmt

3.26

Lichtwellenleiter (LWL)-Verzweiger

Vorrichtung, die drei oder mehr optische Tore besitzt und die Lichtleistung zwischen ihren Toren in einer vorgegebenen Weise aufteilt

3.27

Verbindungskabel

Einheit, bei der der Lichtwellenleiter oder das Lichtwellenleiterkabel an beiden Enden mit einem freien oder festen Steckverbinder versehen ist

3.28

Anschlussfaser

kurzes Faserstück zwischen einem Bauteil und einer Übertragungsfaser, das oft mit dem Bauelement (LED, Koppler, Verbindungselementen usw.) verbunden ist

3.29

Leistungsmesser

Einrichtung zur Messung der optischen Leistung in einem LWL-System; Leistungsmessungen erfolgen für gewöhnlich in Watt oder dBm; relative Leistungsmessungen erfolgen in dB

3.30

Einmodenfaser

Lichtwellenleiter, in dem nur ein Modus ausbreitungsfähig ist

3.31

passiver Koppler

passiver Verzweiger, in dem die Leistung von einem oder mehreren optischen Eingangstoren auf ein oder mehrere optische Ausgangstore aufgeteilt wird

3.32

T-Koppler

passiver Koppler oder Kombinator mit drei optischen Toren

3.33

Rückstreuendämpfung

von Unterbrechungen in einer LWL-Verbindung reflektierte Lichtenergie

3.34

Lichteinkoppelsystem

LES

Vorrichtung zur Herstellung von festgelegten und wiederholbaren Lichteinkopplungsbedingungen in einem Prüfaufbau

3.35

Lichtdetektorsystem

LDS

Vorrichtung zur Durchführung von wiederholbaren Messungen des von einem Prüfaufbau übertragenen Lichtes

3.36

zeitweilige Verbindung

vorübergehende LWL-Verbindung für einen Geräteaufbau

3.37

Terminator-Abschluss

nichtreflektierender Abschluss eines Lichtwellenleiters

3.38

Prüfkabel

Lichtwellenleiter mit Endstück zur Verbindung der Prüfgeräte mit dem LWL-System oder zur Bereitstellung geeigneter Schnittstellen für die geprüfte Verkabelung

3.39 Zu den folgenden Begriffen siehe EN 3745-201

Lichtwellenleiter (Faser) — Kern — Mantel — Beschichtung — Brechungsindexprofil — Stufen-Index-Faser — Gradienten-Index-Faser — Quasi-Stufen-Index-Faser — Kerndurchmesser — Manteldurchmesser — Konzentritätsabweichung Kern/Mantel — Unrundheit des Kerns — Unrundheit des Mantels — Dämpfungsmaß — Numerische Apertur — Bandbreite

4 Standardprüfbedingungen

4.1 Die Prüfverfahren sind so abgefasst, dass die Prüfung sowohl unabhängig als auch innerhalb einer Reihe von Prüfungen durchgeführt werden kann. Wenn die Prüfung unabhängig durchgeführt wird, sind die Messungen zutreffend, um die Beurteilung der Auswirkungen der Prüfung auf die Funktionstüchtigkeit des Prüflings zu ermöglichen.

Daher wurde der Vermerk „falls zutreffend“ bei den Titeln „Anfangsmessungen“ und „Endmessungen“ angefügt.

4.2 Soweit in der Prüfnorm, den technischen Lieferbedingungen oder der Produktnorm nicht anders festgelegt, gelten folgende Prüfbedingungen:

- Temperatur: $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- Luftdruck: 86 kPa bis 106 kPa (860 mbar bis 1 060 mbar);
- relative Luftfeuchte: 45 % bis 75 %.

Die Temperatur und die relative Luftfeuchte müssen während einer Messreihe konstant bleiben.

Soweit in den technischen Lieferbedingungen nicht anders festgelegt, müssen die für die Prüfungen verwendeten Leitungen EN 2083 und EN 2084 oder EN 2234 und EN 2346 entsprechen.

5 Hauptprüfungsanforderungen

5.1 Vorbereitung der Faserenden

5.1.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt soll Empfehlungen über die Vorbereitung der Faserenden, mit oder ohne Endstücken, geben. Er soll nicht dazu dienen, ein genaues Verfahren für die Vorbereitung der Faserenden zu beschreiben; vielmehr werden Angaben gemacht, die zur Beschreibung und Quantifizierung der Qualität der Faserenden notwendig sind.

Dieser Abschnitt gilt daher für alle Prüfungen, die mindestens eine optische Schnittstelle dieser Art erfordern. Er gilt für alle Faserarten, aus Siliziumdioxid, Kunststoff oder einer Kombination dieser und anderer Stoffe, im Allgemeinen bis zu einem Durchmesser von 125 μm . Anmerkungen für einige andere Fasergrößen werden gemacht.

5.1.2 Parameter

Die Qualität eines Faserendes kann durch das Profil der Stirnfläche und die Oberflächenbedingung beschrieben werden. Diese Begriffe werden im Folgenden detailliert beschrieben.

5.1.2.1 Profil der Stirnfläche

Bei Abschluss in einer Steckverbinderhülse oder einem Kontakt muss die Stirnfläche der Faser/Hülse ein bestimmtes Profil in Abhängigkeit von der Anwendung aufweisen.

Die häufigsten Profile von Steckverbindern werden unten aufgeführt.

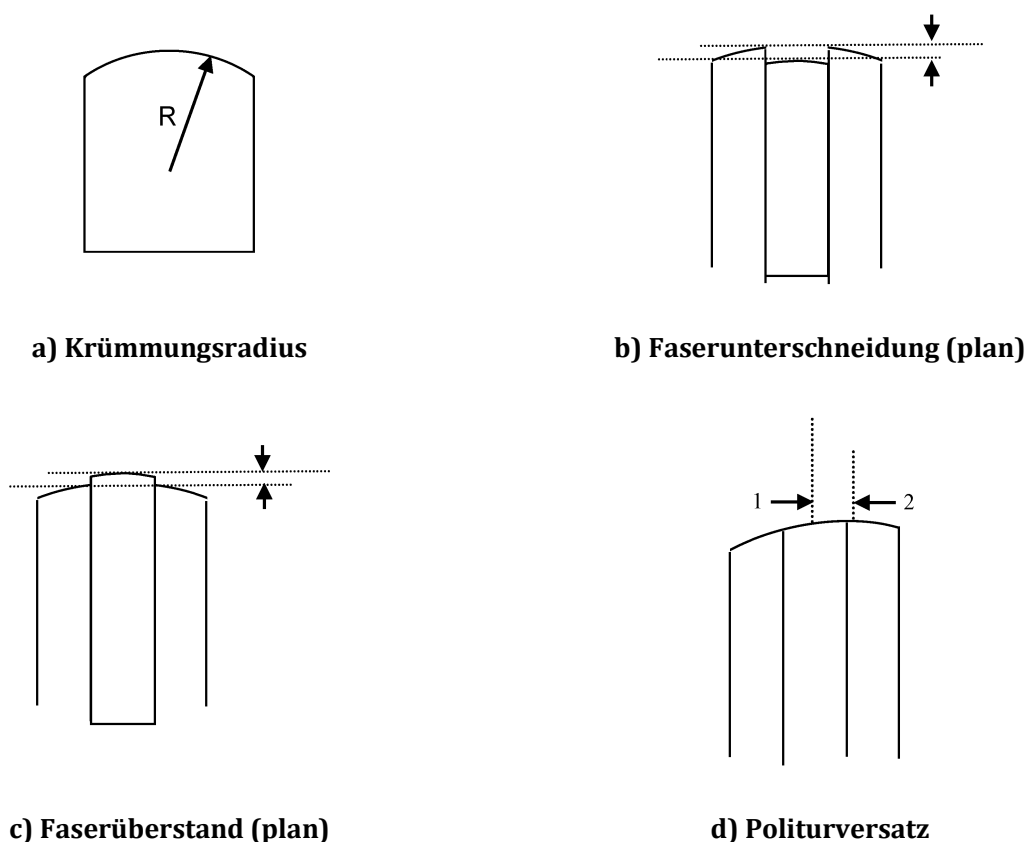
Das Profil der Stirnfläche eines Steckverbinders bestimmt die Einfügungsdämpfung sowie den Rückstreuverlust (Rückreflexion) des Steckverbinders. Die Reduzierung der Rückreflexion ist bei bestimmten Lichtwellenleitern für Hochgeschwindigkeitsanwendungen sowie bei analogen Lichtwellenleitern von großer Wichtigkeit, um eine Instabilität an der Quelle zu vermeiden.

Gradschliff — Ein Gradschliff (en: physical contact, PC) führt zu einer leicht gekrümmten Steckverbinderoberfläche, die die Faserenden der Steckverbinderpaare in physikalischen Kontakt miteinander bringt. Dies führt zu einer viel niedrigeren Rückreflexion von -30 dB bis -40 dB . Der Gradschliff ist bei den meisten Anwendungen die am häufigsten vorkommende Stirnfläche von Steckverbindern.

Schrägschliff — Beim Schrägschliff (en: angled physical contact, APC) kommt ein 8° -Winkel zur Stirnfläche des Steckverbinders zum Einsatz. Rückreflexionen von $< -60\text{ dB}$ können üblicherweise mit dieser Art von Schliff erreicht werden.

In Fällen, in denen die Faser nicht mit einer Hülse eines Steckverbinders abgeschlossen wird, kann diese als nominal plane Schnittstelle vorbereitet werden. Dies kann eine Spaltung erfordern, um ein akzeptables Endprofil herzustellen, obgleich ein Schleifen auf planes Profil ebenfalls möglich ist (innerhalb eines geeigneten Faseradapters). In Fällen, in denen ein planes Faserende hergestellt werden soll, sollte die Stirnfläche ausgesprochen plan sein. Quantitativ kann diese Bewertung als Winkel der Stirnfläche definiert werden (siehe 5.1.2.2).

Die Beschreibung der Parameter eines Gradschliffprofils, welche dem Industriestandard entsprechen, kann nützlich sein. Diese Parameter werden im Bild 1 gezeigt. Dieses Profil wird üblicherweise durch drei Schlüsselparameter charakterisiert, nämlich (1) den Krümmungsradius der Faser/Hülse, (2) die Faserhöhe (Unterschneidung oder Überstand in Bezug auf die Hülse) und (3) den Politurversatz (im Grunde der Unterschied zwischen dem Fasermittelpunkt und allen höhergelegenen polierten Spitzen der polierten Stirnfläche). Wenn das geprüfte System ein bestimmtes Profil der Faserschnittstelle aufweist, dann sollte das Lichteinkoppelsystem ein ähnliches Profil aufweisen.



Legende

- 1 Fasermittelpunkt
- 2 polierte Spitze

Bild 1 — Gradschliff-Parameter für eine Faserverbindung

5.1.2.2 Oberflächenzustand

Die Stirnfläche des Lichtwellenleiters muss frei von Kratzern, Defekten und Rissen sein. Bei gebrochenen Fasern darf die Stirnfläche des Lichtwellenleiters keine Einkerbungen oder Randaussprünge und inneren Defekte, wie Risse, aufweisen.

Für Fasern mit Steckverbinder können quantitative Beschreibungen der zulässigen Defekt- und Kratzergrößen für die verschiedenen Fasertypen und -größen dem Dokument IEC 61300-3-35 entnommen werden.

Zum Zwecke der Festlegung von Anforderungen in Bezug auf die Qualität der Stirnfläche der Faser, wird die Stirnfläche der Faser in unterschiedliche Messregionen aufgeteilt. Diese werden in Tabelle 1 aus IEC 61300-3-35 wiedergegeben. Die Norm legt ebenfalls zulässige Anzahlen und Größen der Merkmale in jeder Region fest. Es wird angemerkt, dass Kratzer in dieser Norm als permanente lineare Merkmale definiert werden. Defekte sind alle nichtlinearen Merkmale, die an der Faser erkannt werden können. Dies umfasst Partikel und andere Ablagerungen, Grübchen, Ausbrüche, Schneidkantenausbrüche usw.

Tabelle 1 — Messregionen für Einzelfaser-Steckverbinder (wiedergegeben aus IEC 61300-3-35)

Zone	Durchmesser für Einmoden	Durchmesser für Mehrmoden
A: Kern	0 µm bis 25 µm	0 µm bis 65 µm
B: Mantel	25 µm bis 120 µm	65 µm bis 120 µm
C: Klebstoff	120 µm bis 130 µm	120 µm bis 130 µm
D: Kontakt	130 µm bis 250 µm	130 µm bis 250 µm
ANMERKUNG 1 Alle oben angegebenen Daten gehen von einem Manteldurchmesser von 125 µm aus.		
ANMERKUNG 2 Der Durchmesser für Mehrmodenkernzonen ist auf 65 µm festgelegt, um alle üblichen Kerngrößen aufnehmen zu können.		
ANMERKUNG 3 Ein Defekt wird so definiert, dass dieser nur in der innersten Zone, welche er berührt, besteht.		

Tabelle 2 — Beispiel der visuellen Anforderungen (zulässige Oberflächenmerkmale und Größen) bei Mehrmoden-Einzelfaser-Steckverbindern (wiedergegeben aus IEC 61300-3-35)

Zonename	Kratzer	Defekte
A: Kern	keine Begrenzung $\leq 3 \mu\text{m}$ $0 > 5 \mu\text{m}$	$4 \leq 5 \mu\text{m}$ keine $> 5 \mu\text{m}$
B: Mantel	keine Begrenzung $\leq 5 \mu\text{m}$ $0 > 5 \mu\text{m}$	keine Begrenzung $< 2 \mu\text{m}$ 5 von $2 \mu\text{m}$ bis $5 \mu\text{m}$ keine $> 5 \mu\text{m}$
C: Klebstoff	keine Begrenzung	keine Begrenzung
D: Kontakt	keine Begrenzung	keine $\geq 10 \mu\text{m}$
ANMERKUNG 1 Bei Kratzern bezieht sich die Anforderung auf die Breite.		
ANMERKUNG 2 Es sind keine sichtbaren Untergrundrisse in den Kern- oder Mantelzonen gestattet.		
ANMERKUNG 3 Alle losen Partikel sollten entfernt werden. Wenn Defekte nicht entfernt werden können, dann sollten diese innerhalb der oben genannten Kriterien liegen, um für die Nutzung akzeptabel zu sein.		
ANMERKUNG 4 Es gibt keine Anforderungen für den Bereich außerhalb der Kontaktzone, da die Defekte in diesem Bereich keinen Einfluss auf die Leistung haben. Die Reinigung loser Ablagerungen über diesen Bereich hinaus wird als gute Verfahrensweise empfohlen.		
ANMERKUNG 5 Die Zonengröße für Mehrmodenfasern ist auf 65 µm festgelegt, um sowohl Fasern der Kerngröße 50 µm als auch 62,5 µm aufnehmen zu können. Dies dient der Vereinfachung des Einstufungsprozesses.		
ANMERKUNG 6 Strukturmerkmale, die Teil der funktionalen Auslegung des Lichtwellenleiters sind, wie beispielsweise Mikrostrukturen, werden nicht als Defekte angesehen.		

Tabelle 3 — Beispiel der visuellen Anforderungen (zulässige Oberflächenmerkmale und Größen) bei niedrigem Reflexionsgrad (Rückstreuendämpfung > 45 dB) bei Einzelfaser-Steckverbindern (wiedergegeben aus IEC 61300-3-35)

Zonenname	Kratzer	Defekte
A: Kern	keine	keine
B: Mantel	keine Begrenzung $\leq 3 \mu\text{m}$ keine $> 3 \mu\text{m}$	keine Begrenzung $< 2 \mu\text{m}$ 5 von $2 \mu\text{m}$ bis $5 \mu\text{m}$ keine $> 5 \mu\text{m}$
C: Klebstoff	keine Begrenzung	keine Begrenzung
D: Kontakt	keine Begrenzung	keine $\geq 10 \mu\text{m}$
ANMERKUNG 1 Bei Kratzern bezieht sich die Anforderung auf die Breite. ANMERKUNG 2 Es sind keine sichtbaren Untergrundrisse in den Kern- oder Mantelzonen gestattet. ANMERKUNG 3 Alle losen Partikel sollten entfernt werden. Wenn Defekte nicht entfernt werden können, dann sollten diese innerhalb der oben genannten Kriterien liegen, um für die Nutzung akzeptabel zu sein. ANMERKUNG 4 Es gibt keine Anforderungen für den Bereich außerhalb der Kontaktzone, da die Defekte in diesem Bereich keinen Einfluss auf die Leistung haben. Die Reinigung loser Ablagerungen über diesen Bereich hinaus wird als gute Verfahrensweise empfohlen. ANMERKUNG 5 Strukturmerkmale, die Teil der funktionalen Auslegung des Lichtwellenleiters sind, wie beispielsweise Mikrostrukturen, werden nicht als Defekte angesehen.		

Für die Zuordnung durch automatische Systeme werden Kratzer als Defekte definiert, die weniger als $4 \mu\text{m}$ breit und linear ausgeformt sind und eine Länge aufweisen, die mindestens dem Dreißigfachen der Breite entsprechen. Die Defektgröße wird als Durchmesser des kleinsten Kreises definiert, der den gesamten Defekt umfassen kann.

Ein Beispiel für zulässige Merkmale eines Mehrmodensteckverbinders wird in Tabelle 2 gezeigt. Wie zu erkennen ist, sind keine Kratzer oder Defekte von mehr als $5 \mu\text{m}$ in der Kernregion gestattet. Im Vergleich dazu sind bei einem Einmodensteckverbinder mit niedrigem Reflexionsgrad (siehe Tabelle 3) keine Kratzer am deutlich kleineren Einmodenkern erlaubt.

Der Leser wird auf diese Norm für weitere Informationen zu den Inspektionskriterien und zu anderen Faserarten, wie beispielsweise Einmodenfasern mit höherem Reflexionsgrad und Steckverbindern mit Winkelschliff, verwiesen.

5.1.3 Verfahren

Jedes Verfahren zur Vorbereitung der Faserenden ist zulässig, sofern die unter 5.1.2 festgelegten Parameter innerhalb des für den Fasertyp und das benötigte Endprofil vorgeschriebenen Bereiches liegen. Zur Herstellung des Profils von gebrochenen (grundsätzlich planen) Fasern sind Werkzeuge allgemein verfügbar, die die Faser spannen und dann anritzen, sodass die Faser bricht und dabei eine spiegelglatte Oberfläche entsteht.

Fasern mit Steckverbindern werden üblicherweise durch Politur der Stirnfläche entweder per Hand oder durch mechanische Mittel vorbereitet.

5.1.4 Prüfung und Annahme der Prüflinge

Jedes optische oder sonstige Verfahren, mit dem Defekte der Größenordnung nach 5.1.2 (oder allgemeiner betrachtet nach der zitierten Norm IEC 61300-3-35) beurteilt werden können, ist zulässig.

Bei den Verfahren können ganz einfache Messmittel eingesetzt werden, wie beispielsweise ein Mikroskop mit geeigneter Vergrößerung oder auch komplexere Systeme, wie ein interferometrischer Prüfstand zur dreidimensionalen Analyse der Stirnfläche. Bei allen optischen Systemen zur Inspektion spielen Faktoren wie das Sichtfeld, die optische Auflösung und der Kontrast eine wichtige Rolle bei der Erkennung der Defekte.

Bei der optischen Inspektion (z. B. des Oberflächenzustandes) bestehen die einfachsten Verfahren aus einer direkten Betrachtung mit einem Mikroskop und der menschlichen Messung der beobachteten Merkmale. Es kann eine Videomikroskopie zum Einsatz kommen, bei der das Bild auf einem Monitor dargestellt wird (während die Aufnahme durch einen Sensor oder eine Kamera erfolgt). Anhand dieses Bildes können dann Messungen mit einem kalibrierten Messsystem erfolgen. Automatisierte Mikroskopiesysteme, die die Subjektivität der menschlichen Einschätzung durch die Anfertigung einer digitalen Aufnahme und nachfolgende Softwareanalyse (mit geeigneten Algorithmen) reduzieren können, sind ebenfalls verfügbar. Eine Beurteilung des Bestehens/Nichtbestehens kann durch die Software erfolgen.

Zur Messung des Faserprofils sind (kontaktlose) interferometrische Systeme mittlerweile allgemein verfügbar und dienen der routinemäßigen Messung der Stirnflächenprofile von LWL-Steckverbindern. Diese können Steckverbinder schnell messen und analysieren und die Werte der PC-Parameter darstellen. Eine Beurteilung des Bestehens/Nichtbestehens kann erneut durch die Software erfolgen.

Es wird angemerkt, dass für gebrochene Fasern auch einfachere interferometrische Einrichtungen verfügbar sind, die eine einfache qualitative Einschätzung der Stirnfläche ermöglichen (z. B. ein 2D-Abbild mit Sichtbarkeit der Ränder). Bei einem planen Faserende würde der Bediener in diesem Falle nach grundsätzlich parallelen Interferenzstreifen an der Faserfläche suchen, um das Vorliegen einer planen Faserfläche senkrecht zur Längsachse der Faser zu bestätigen.

5.1.5 Reinigung der Enden

5.1.5.1 Allgemeines

Um eine zufriedenstellende optische Kopplung zwischen zwei beliebigen Elementen einer Übertragungsstrecke sicherzustellen, müssen beide Schnittstellen sauber sein.

5.1.5.2 Benötigte Angaben

Die benötigten Angaben zum Reinigen der Faserenden, mit oder ohne Endstücken, beinhalten im wesentlichen Empfehlungen über die Anwendung von Bauelementen und/oder Werkzeugen.

Daher sind in einer Liste die empfohlenen Bauelemente, Erzeugnisse und/oder Werkzeuge aufzuführen; nicht aufgeführte Erzeugnisse gelten als unzulässig.

Diese Empfehlungen sind spezifisch für jeden Faser-/Kabel-/Steckverbinder-Hersteller und müssen in der Produktnorm aufgeführt sein.

Eine Voraussetzung ist jedoch, dass eventuell zum Einsatz kommende Lösemittel für die Ozonschicht nicht schädlich sind und ein Mindestschutz für das Prüfpersonal vorgegeben ist.

Es wird angemerkt, dass „traditionelle“ Lösungsmittel zur Reinigung von Lichtwellenleitern, wie IPA, zu guten Ergebnissen führen können, aber auch Wasser anziehen können (hygroskopisch) und eine statische Aufladung am Steckverbinder oder an der Faser begünstigen (dies kann wiederum zur Anziehung von Staub an die Oberfläche führen). Mittlerweile sind geeignetere Lösungsmittel zur Reinigung von Fasern verfügbar, welche den Großteil der Kontaminanten reinigen können. Diese werden üblicherweise zusammen mit fusselfreien Tüchern oder speziellen Reinigungsstiften für Fasern (zur Einwegnutzung) verwendet, oftmals im Rahmen eines Nass-trocken-Prozesses. Kartuschenreiniger mit einem Reinigungsgarn, das Dreck von der Faseroberfläche abhebt und entfernt (Erschließung zur Herstellung einer frischen Oberfläche nach jeder Reinigung) sind ebenfalls beliebte Alternativen.

5.2 Lichteinkoppelsystem (LES)

5.2.1 Allgemeines

Das Lichteinkoppelsystem wird dazu verwendet, Licht in ein optisches System oder eine Komponente einzukoppeln, um beispielsweise den Wert für die Einfügungsdämpfung zu messen. Es ist hierbei jedoch wichtig, dass die in das Fasersystem eingekoppelte Lichtverteilung (oftmals als Einkopplungsbedingung bezeichnet) den Wert der ausgeführten Messungen beeinflussen wird. Der Einsatz unkontrollierter Quellen von verschiedenen Herstellern kann zu unterschiedlichen Werten der Dämpfung führen. Offensichtlich ist dies nicht erwünscht.

Die Auswirkungen der Einkopplungsbedingungen auf die Verluste der Faserverbindungen ist in Mehrmodensystemen der Luft- und Raumfahrt mit kurzer Faserlängen sowie vielen Knickpunkten mit Steckverbindern und möglicherweise anderen optischen Komponenten besonders dramatisch. Das Licht bildet keine gleichartige modale Verteilung in solchen Systemen, wie es beispielsweise bei längeren Verbindungen der Fall sein könnte.

Es ist daher wichtig, dass die Einkopplungsbedingungen klar definiert werden, um wiederholbare und reproduzierbare Messungen an einer Komponente oder einem System mit niedriger Streuung der Messwerte zu erreichen.

Im Allgemeinen verfügt eine Quelle über zwei Hauptverteilungen. Erstens, der Leistungsschwankung durch die Blendenöffnung der Quelle (die Nahfeldverteilung). Zweitens, der Leistungsschwankung durch Winkel oder die Fernfeldleistungsaufteilung. Die Schlüsselparameter der Lichtwellenleiter sind die Kerngröße (Durchmesser = $2a$) und die numerische Apertur (NA). Die Einkopplungsbedingung ist im Grunde ein Vergleich aus der Leistungsaufteilung der Quelle und den Parametern des Fasersystems während der Prüfung. Beispielsweise würde eine Einkopplungsbedingung von 85:85 eine Quelle mit einem Nahfeldprofil beschreiben, die 85 % des Kerns ausfüllt und eine Winkelverteilung im Fernfeld aufweist, die 85 % der NA der Faser ausfüllt.

Diese ideale Aufteilung würde irgendwo zwischen einer Einkopplungsbedingung mit Überanregung, die einen übermäßig pessimistischen Wert für die Einfügungsdämpfung ergeben würde, und einer viel zu schwach angeregten Einkopplungsbedingung, die einen optimistischen Wert ergibt, liegen. Im Allgemeinen regt die optimale Einkopplungsbedingung sowohl den Kern der Faser als auch deren numerische Apertur geringfügig zu schwach an. Dies entfernt den Teil der Lichtaufteilung der Quelle, die am ehesten durch Herstellungsfehler der Kabelbaum-Bauteile gedämpft wird. Studien haben gezeigt, dass die korrekte Einkopplungsbedingung irgendwo zwischen einer Einkopplung von 80:80 und 90:90 liegt.

Eine weitere Folge der Verwendung der idealen Einkopplungsbedingung für die Messung der Einfügungsdämpfung ist die Minimierung der Differenz zwischen der Dämpfung eines vollständigen Kabelbaums und der Dämpfungssumme der einzelnen Kabelbaum-Bauteile. Es ist hierbei anzumerken, dass die Einkopplungsaufteilung einer Quelle zur Übertragung von Daten in einer Faser in einem echten System auch über eine bestimmte Leistungsaufteilung verfügen wird. Diese kann durchaus von der Quelle abweichen, die zur Charakterisierung des Fasersystems herangezogen wurde, obgleich, wenn beide ähnlich sind, die Leistung der echten Systemverbindung aus den Verlustdaten der Systemkomponenten abgeleitet bzw. vorhergesehen werden können.