DIN EN 4533-004

ICS 49.060

Einsprüche bis 2017-08-23
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 4533-004:2008-02

Entwurf

Luft- und Raumfahrt – Faseroptische Systemtechnik – Handbuch – Teil 004: Reparatur, Wartung, Reinigung und Inspektion; Deutsche und Englische Fassung FprEN 4533-004:2017

Aerospace series –
Fibre optic systems –
Handbook –
Part 004: Repair, maintenance, cleaning and inspection;
German and English version FprEN 4533-004:2017

Série aérospatiale –
Systèmes des fibres optiques –
Manuel d'utilisation –
Partie 004: Réparation, maintenance, nettoyage et contrôle;
Version allemande et anglaise FprEN 4533-004:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-06-23 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nl@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

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

Gesamtumfang 74 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

© DIN Deutsches Institut für Normung e. V. · Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.
Alleinverkauf der Normen durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin

Preisgruppe 17
www.din.de
www.beuth.de
2683115

Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07

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 (FprEN 4533-004:2017) 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 131-04-10 AA „LWL und LWL-Komponenten“ 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.

Es wird darauf hingewiesen, dass auf Grund der Verfahrensweise zur Normenerstellung bei ASD-STAN dieser Norm-Entwurf E DIN EN 4533-004 ausschließlich der formellen Annahme der deutschen Sprachfassung von EN 4533-004 dienen kann. Im Rahmen dieser Umfrage sind daher ausschließlich redaktionelle Stellungnahmen zur deutschen Übersetzung möglich.

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

IEC 60825-1	siehe DIN EN 60825-1
IEC 61300-3-35/Corrigendum1	siehe DIN EN 61300-3-35

Änderungen

Gegenüber DIN EN 4533-004:2008-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) im Anwendungsbereich entfielen informative Texte;

b) die Norm wurde grundlegend überarbeitet und die Struktur geändert;

c) Abschnitt 3 beinhaltet nur noch die Fehleranalyse, die Inhalte zur Reparatur wurden im Abschnitt 4 zusammengefasst, die Unterabschnitte wurden entsprechend bearbeitet und positioniert, darunter ist auch der bisherige Abschnitt 5 „Bewährte Verfahren der Instandhaltung/Inspektion“, welcher jetzt 3.4.2 ist;

d) im Abschnitt 5 wurden die Thematiken Inspektion und Reinigung zusammengeführt;

e) der bisherige Abschnitt 4 „Planmäßige Instandhaltung und Inspektion“ befindet sich in überarbeiteter Form nunmehr in Abschnitt 6.

f) der bisherige Abschnitt 6 „Überlegungen zur Kabelbaumkonstruktion“ entfiel;

g) es wurden zwei normative Anhänge zu Verunreinigungen der Endflächen von Endstellen und zu zwei Reinigungsverfahren hinzugefügt.

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60825-1, *Sicherheit von Lasereinrichtungen — Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen*

DIN EN 61300-3-35, *Lichtwellenleiter — Verbindungselemente und passive Bauteile — Grundlegende Prüf- und Messverfahren — Teil 3-35: Untersuchungen und Messungen — Visuelle Inspektion von Lichtwellenleiter-Steckverbindern und Faser Stub-Transceivern*

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07

— Leerseite —

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07

– Entwurf –

ASD/TC

Datum: 2017-04

FprEN 4533-004:2017

ASD/TC

Sekretariat: ASD-STAN

Luft- und Raumfahrt — Faseroptische Systemtechnik — Handbuch — Teil 004: Reparatur, Wartung, Reinigung und Inspektion

Série aérospatiale — Systèmes des fibres optiques — Manuel d'utilisation — Partie 004 : Réparation, maintenance, nettoyage et contrôle

Aerospace series — Fibre optic systems — Handbook — Part 004: Repair, maintenance, cleaning and inspection

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: formelle Abstimmung
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.8l

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort **3**

Einleitung **4**

1 Anwendungsbereich **5**

2 Normative Verweisungen **5**

3 Fehleranalyse **6**
3.1 Fehlerbenachrichtigung **6**
3.2 Symptome **6**
3.3 Potenzielle Fehler **7**
3.4 Fehleridentifikation und -ortung **10**

4 Reparaturverfahren **12**
4.1 Allgemeines **12**
4.2 Spleiß **13**
4.3 Zellenreparatur **14**
4.4 Wiederanschluss **14**

5 Inspektion und Reinigung **15**
5.1 Inspektion der Endfläche **15**
5.2 Reinigung **19**

6 Planmäßige Instandhaltung und Inspektion **23**
6.1 Wann sind Instandhaltungsmaßnahmen/Inspektionen durchzuführen? **23**
6.2 Instandhaltung/Inspektion von Systemen **23**
6.3 Instandhaltung/Inspektion von Komponenten **24**

Anhang A (normativ) Verunreinigungen der Endflächen von Endstellen **25**

Anhang B (normativ) Reinigungsverfahren **30**
B.1 Verfahren 1 ..... **30**
B.2 Verfahren 2 ..... **32**

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (FprEN 4533-004:2017) 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.

Dieses Dokument ist derzeit zur formellen Abstimmung vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 4533-004:2006 ersetzen.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07

Einleitung

a) Das Handbuch

Der Zweck dieses Handbuchs ist die Bereitstellung allgemeiner Leitlinien sowohl für Fachleute als auch für Laien auf dem Gebiet der Konstruktion, Installation und Unterstützung von LWL-Systemen in Luftfahrzeugen. An gegebener Stelle wird im gesamten Text auf detailliertere Datenquellen verwiesen.

Das Handbuch ist in 4 Teile gegliedert, die sich auf grundlegende Aspekte der Lebensdauer eines optischen Kabelbaums beziehen, und zwar:

Teil 001: Anschlussverfahren und Werkzeuge

Teil 002: Prüfung und Messung

Teil 003: Verfahren zur Fertigung und Installation von Leitungsbündeln

Teil 004: Reparatur, Instandhaltung, Reinigung und Inspektion

a) Hintergrund

In der Luft- und Raumfahrtindustrie ist die Tatsache allgemein akzeptiert, dass Photonentechnologie wesentliche Vorteile gegenüber konventioneller elektrischer Gerätetechnik aufweist. Dazu gehören eine massive Signal-Bandbreitenkapazität, elektrische Sicherheit und die elektromagnetische Störfestigkeit (EMI) von passiven LWL-Bauteilen. Auch wesentliche Gewichtseinsparungen lassen sich im Vergleich zu elektrischen Kabelbäumen realisieren, welche unter Umständen einer starken Abschirmung bedürfen. Bis heute besteht darin die kritische Antriebskraft für LWL-Kommunikationssysteme in der Luft- und Raumfahrt aufgrund der zunehmenden Verwendung von nicht metallischen Flugzeugstrukturen. Künftige Anforderungen für die Luft- und Raumfahrt treiben die Bandbreitenspezifikationen in einigen Fällen von zweistelligen Werten im Mbit/s-Bereich in den Multi-Gbit/s-Bereich, d. h. jenseits der Grenzen elektrischer Anschlusstechnologie. Die Eigenschaften der Photonentechnologie können in vielen Luftfahrtanwendungen potenziell vorteilhaft eingesetzt werden, sowohl z. B. bei Video-/Messfühler-Mehrfachbetrieb, Funksignalen für die Flugüberwachung, elektronischer Kriegsführung sowie Unterhaltungssystemtechnik als auch bei der Messung von vielen, an Bord eines Luftfahrzeugs auftretenden, physikalischen Phänomenen.

Das Grundmaterial optischer Verbindungen oder der „optische Kabelbaum“ ist der Schlüssel für die erfolgreiche Einführung optischer Technologie bei kommerziellen und militärischen Luftfahrzeugen. Im Vergleich zu ausgereiften Telekommunikationsanwendungen müssen Lichtwellenleitersysteme für Luftfahrzeuge in einer feindlichen Umgebung (z. B. bei extremen Temperaturen, Feuchtigkeit, Vibrationen und Verunreinigung) betrieben werden, und sie beinhalten zusätzliche physikalische Einschränkungen durch das Luftfahrzeug (z. B. Kabelbaumhalterungen, erforderliche enge Biegeradien und Gehäuse-verbindungen). Bis vor kurzem waren die optische Kabelbaumtechnologie und damit verbundene Verfahrensweisen für die Anwendung ohne große Systemreserve unzureichend entwickelt. Darüber hinaus wurden viele Aspekte der Lebensdauer in den Internationalen Normen nicht angemessen behandelt. Der Mangel an angenommenen Normen führt zu luftfahrtspezifischer Gerätetechnik und Unterstützung. Diese Faktoren beinhalteten gemeinsam einen wesentlichen Kostennachteil (Kosten für Anschaffung und Unterhalt), die die Wettbewerbsfähigkeit von optischen Kabelbäumen gegenüber äquivalenter Elektro-technik häufig verringerten. Mit der Einführung von eher standardisierten Arten von Lichtwellenleitern (nach Telekommunikationsart) für Kabel in der Luft- und Raumfahrt und der Verfügbarkeit von handelsüblichen Produkten (COTS) in besonders robuster Bauweise ändert sich diese Situation. Diese verbesserten Entwicklungen waren aufgrund der signifikanten Kollaboration in Sachen Forschung zwischen Herstellern von Komponenten, den Herstellern von Einrichtungen sowie den Flugzeugfirmen als Endkunden letztlich möglich.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07

1 Anwendungsbereich

Dieses Handbuch enthält Leitlinien zur „Fehleranalyse und Reparatur“ sowie zur „Instandhaltung und Inspektion von Lichtwellenleitern“. Der erste Aspekt befasst sich mit der Vorgehensweise, die anzuwenden ist, wenn etwas schief geht — der Weg von der Fehlerbenachrichtigung zum Finden des Fehlers und letztlich der Beseitigung des Fehlers. Der zweite Aspekt behandelt die empfohlenen Verfahrensweisen für die Instandhaltung und Pflege von Kabelbäumen über die Lebensdauer der Installation hinweg.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 4533-001, *Luft- und Raumfahrt — Faseroptische Systemtechnik — Handbuch — Teil 001: Anschlussverfahren und Werkzeuge*

EN 4533-002, *Luft- und Raumfahrt — Faseroptische Systemtechnik — Handbuch — Teil 002: Prüfung und Messung*

EN 4533-003, *Luft- und Raumfahrt — Faseroptische Systemtechnik — Handbuch — Teil 003: Verfahren zur Fertigung und Installation von Leitungsbündeln*

EN 2591-601, *Luft- und Raumfahrt — Elektrische und optische Verbindungselemente; Prüfverfahren — Teil 601: Optische Elemente; Einfügungsdämpfung*

EN 3733 (alle Teile), *Luft- und Raumfahrt — Optischer Rundsteckverbinder, einpolig, selbstsichernde Schraubkupplung, Betriebstemperatur 150 °C konstant*

EN 4531-101, *Luft- und Raumfahrt — Optische Rundsteckverbinder mit dreigängiger Schraubkupplung — Bündige Kontakte — Teil 101: Optischer Kontakt für Multimode-Kabel nach EN 4641, –55 °C bis 125 °C — Produktnorm*

EN 4639-101, *Luft- und Raumfahrt — Optischer Rechtecksteckverbinder, modular, Mehrfachkontakt, Ferrulendurchmesser 1,25 mm, demontierbarer Zentrierhülsenhalter — Teil 101: Optischer Kontakt für EN 4641-100 Kabel — Betriebstemperaturen zwischen –65 °C und 125 °C — Produktnorm*

EN 4645 (alle Teile), *Luft- und Raumfahrt — Optische Rundsteckverbinder mit Schraubkupplung, selbstsichernd, Einzel- und Multipin, Ferrulendurchmesser 1,25 mm, demontierbarer Zentrierhülsenhalter*

IEC 60825-1, *Safety of laser products — Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide*

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 transceivers*

ARINC 805, *Harsh environment fibre optic connectors/testing*

SAE-AS5675, *Characterization and requirements for new aerospace fibre optic cable assemblies — Jumpers, end face geometry, link loss measurement, and inspection*

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07

3 Fehleranalyse

3.1 Fehlerbenachrichtigung

Eine Fehlerbenachrichtigung folgt aus einer oder mehr von drei Quellen: der planmäßigen Instandhaltung, einer BIT-Funktion (en: Built-In-Test) oder dem Ausfall von Einrichtungen.

Idealerweise sollte die planmäßige Instandhaltung alle latenten Fehler aufzeigen, d. h. all jene, welche anfänglich keine Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit des Systems haben, aber später im Verlauf des Luftfahrzeugbetriebes ein Problem verursachen könnten. Dabei sollten auch Fehler oder Fehlzustände basierend auf einem allmählichen Abbau erkannt werden, d. h. jene, welche die Leistungsfähigkeit des Systems sukzessive verschlechtern, aber noch keinen tatsächlichen Ausfall, bzw. Fehler verursacht haben sowie alle anderen Fehler, welche der BIT-Abdeckung entgangen sind.

BIT ist eine Funktion der Systeme des Luftfahrzeugs, selbst Fehler zu diagnostizieren. Durch BIT sollten alle Fehler, welche zwischen den geplanten Instandhaltungsmaßnahmen auftreten, gefunden werden und dies, mit der Ausnahme eines katastrophalen Fehlers, bevor ein Ausfall eintritt. BIT sollte auch bei der Lokalisierung des Fehlers behilflich sein.

Ein Ausfall wird als Schlimmstfall (Worst Case) erachtet und sollte nur das Ergebnis eines auftretenden Fehlers sein, wenn man sich auf diesen nicht vorbereiten kann.

3.2 Symptome

An diesem Punkt werden Unterschiede zwischen Lichtwellenleitern und elektrischen Installationen offenkundig. Das häufigste Symptom in einer Lichtwellenleiterverbindung ist der vollständige oder teilweise Verlust der optischen Leistung. Dies tritt dann ein, wenn das Licht aus der Beschränkung des Faserkerns ausbricht und kann das Ergebnis einer Beschädigung der Faser oder der Verbindung sein. Ein solcher Zustand kann auch aus der Verunreinigung der Endfläche von Endstellen der Lichtwellenleiter, übermäßigem Druck, Quetschung oder übermäßiges Biegen/Knicken des Lichtwellenleiterkabels folgen. In Abhängigkeit der Größenordnung des Verlustes, kann das Ergebnis ein Fehler sein, welcher oberhalb oder unterhalb der Verbindungsgrenze liegt — ein Fehler unterhalb dieser Grenze führt zu einem Ausfall. Schwerwiegende Schäden, wie beispielsweise der Bruch eines Lichtwellenleiters, können zu einem kompletten Verlust der optischen Leistung führen.

Unterbrochene optische Signale können auftreten und aus der Bewegung von Fasern, z. B. durch Vibration oder Biegen einer Faser, resultieren. Eine Erhöhung der optischen Leistung ist ebenfalls möglich, obgleich dies eher auf die Stabilität der Lichtquelle zurückzuführen ist, als auf den Verbindungsleiter selbst.

Eine sukzessive Verschlechterung der optischen Leistung ist ein Symptom, dessen Erkennung von großer Wichtigkeit ist, da dies auf das Einsetzen eines Ausfalls hinweist. Eine ansteigende Verunreinigung oder Weiterverbreitung von Schäden an der Stirnfläche der Endstellen von Lichtwellenleitern könnte hierfür verantwortlich sein. Außerhalb des Kabelbaums kann auch eine Verschlechterung der optischen Quelle der Grund sein.

Rückreflexion ist ein Phänomen, welches an jeder Schnittstelle mit unterschiedlichem Brechungsindex auftritt, z. B. Glas/Luft. Rückreflexion ist von besonderer Wichtigkeit, wenn aktive Einrichtungen laserbasierte Systemen verwenden und das reflektierte Licht die Transmissionseigenschaften der optischen Quelle beeinflussen kann. Dies kann zu einer Verschlechterung des übertragenen Signals und einer möglichen Beschädigung der optischen Quelle führen.

Latente Fehlersymptome, d. h. jene, die keinen Einfluss auf die optische Leistung des Systems haben, aber sehr wohl der erste Schritt eines Ausfalls sein könnten, welcher dies tut. Diese werden mit großer Wahrscheinlichkeit während der Inspektion aufgedeckt und umfassen eine schlechte Verlegung, falsche Befestigungsmethoden, die zur Aufbringung eines übermäßigen Druckes auf das Lichtwellenleiterkabel führen und schlechte Spannungsentlastung an Verbindungselementen.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07

3.3 Potenzielle Fehler

3.3.1 Faser

Faserbrüche im Kabel können beim Eintritt der Faser in den Steckverbinder sowie innerhalb der Steckverbinderferrulen auftreten. Ein Faserbruch würde zu einer vollständigen Dämpfung der optischen Leistung bzw. — bei Aufrechterhaltung des optischen Weges über einen Bruch hinweg — zu einer verringerten Leistung führen, die unter Schwingung oszillieren könnte. Faserbrüche treten am wahrscheinlichsten während der Installation oder anderen Instandhaltungsarbeiten auf, wenn die Faser übermäßiger Spannung ausgesetzt ist. Verborgene Fehler, wie Beschädigung der Stützhülsenkonstruktion, können am empfindlichsten Punkt der Faser zu einem Bruch führen — am Eintritt in die Steckverbinderferrulen.

Andere Fehler der Faser sind Risse, die sich unter umgebungsbedingter Spannung sowie durch Mikrokrümmung entwickeln können, d. h. die Faser wird innerhalb des Kabels mit Biegeradien im Millimeterbereich „wellenförmig“ gebogen. Dieser Effekt ist von Telekommunikationskabeln bekannt, die niedrigen Temperaturen ausgesetzt waren, wodurch sich der Kabelmantel zusammengezogen hat. Beschädigung und Verunreinigung der Faserendflächen sind als Steckverbinderfehler aufgeführt.

Ein weiterer möglicher Faserausfall kann ebenfalls auftreten. Dieser wird durch örtliche Spannungen (beispielsweise ungeeignete Kabelbefestigungen, niedrige Biegeradien, Quetschen der Faser) der Faser hervorgerufen, die zu einer ungewollten optischen Dämpfung führen können.

3.3.2 Kabel

Physikalische Beschädigung des Kabels kann durch Abrieb oder Klemm-/Druckschäden verursacht werden. Das Kabel verfügt außerdem über einen minimalen Langzeit- und Kurzzeit-Biegeradius. Werden diese nicht eingehalten, besteht das Risiko einer Beschädigung des Kabels.

3.3.3 Steckverbinder

Der Steckverbinder und der umliegende Bereich sind vielleicht am anfälligsten für Fehler. Demontage kann zum häufigsten Problem führen: Verunreinigung. Von Demontage wird weitestmöglich abgeraten, aber in einigen Fällen ist sie unvermeidbar.

Die Verunreinigung kann gering, wobei das Sauberwischen mit einem fusselfreien Tuch ausreichend ist, bis erheblich sein, wobei der Verbindungsmechanismus beeinträchtigt ist. Verunreinigung kann zu dauerhafter Beschädigung der Faserendfläche führen. Verunreinigung durch Flüssigkeiten verursacht einige spezifische Probleme.

Es bestehen auch Probleme von Faser-Einwachsen/Herauswachsen (bei Versagen der Klebverbindung zwischen Faser und Ferrule) und fehlerhafter Faserausrichtung.

Steckverbinder weisen potenziell verborgene Fehler auf, wie Überdrehen des Verbindungsmechanismus und ungeeignete Spannungsentlastung.

3.3.4 Stützhülse

Neben der physikalischen Beschädigung der Stützhülse besteht bei fehlerhafter Verlegung innerhalb der Stützhülse ebenfalls ein Potenzial für das Zusammenpressen, Biegen oder Abschnüren von Fasern.

3.3.5 Schutzrohr

Das Brechen, Knicken oder Zusammenpressen von Schutzrohren könnte Auswirkungen auf die optische Faser haben, aber Erfahrungen mit elektrischen Kabelbäumen lassen den Schluss zu, dass Beschädigung

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07

eines Schutzrohres wahrscheinlich ein verborgener Fehler ist, der während der planmäßigen Instandhaltung erkannt wird, bevor er die Leistung des Kabelbaums beeinträchtigt.

3.3.6 Fasergekoppelte Komponenten

Ein Bruch oder Riss einer gekoppelten Faser einer Komponente würde symptomatisch zu einem vollständigen oder teilweisen Ausfall der optischen Leistung führen.

3.3.7 Spleiße

Spleißfehler, die eine direkte Auswirkung auf das optische Signal haben könnten, umfassen die Auftrennung von Fasern. Zusätzlich können mechanische Spleiße durch Verunreinigungen, das Eindringen von Flüssigkeiten und Migration der Mittel zur Brechungsindexanpassung verschlechtert werden. Latente Fehler ähneln denen von Steckverbindern; unzureichende Zugentlastung und Stützung.

3.3.8 Andere

Die oben angeführten Fehler sind in ihrem Anwendungsbereich auf den Kabelbaum beschränkt. Fehler auf Ebene der Hardwareschnittstelle, z. B. Sende-Empfangsgeräte und der Steuerelektronik würden zu einer Auswahl der in 3.2 beschriebenen Symptome führen. Potenzielle Fehler werden in der Tabelle 1 zusammengefasst.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07

Tabelle 1 — Mögliche Symptome für den Ausfall optischer Komponenten

	Vollständiger Verlust der optischen Leistung	Abfall der optischen Leistung oder unterbrochener Leistungsverlust oder allmählicher Abbau	Erhöhung der Rückstrahlung	Verringerung der optischen Leistung	Latentes Fehlersymptom
Faser	Faserbruch	Faserbruch Faserriss Mikrokrümmung	Faserbruch Faserriss	Örtliche Spannung der Faser	—
Kabel	—	Enge Krümmung Kabelquetschung	—	—	Kabelabrieb Kabelquetschung Kabelauftrennung
Endstelle	Starke Verunreinigung Einwachsen/Herauswachsen der Faser Faserbruch innerhalb der Endstelle	—	Einwachsen/Heraus-wachsen der Faser Fehlausrichtung der Faser	—	Unzureichende Zugentlastung
Steck-verbinder	Verunreinigung	Verunreinigung Eindringen von Flüssigkeiten	—	Eindringen von Flüssigkeiten (mit passendem Brechungsindex)	Unzureichende Zugentlastung
Stützhülse	—	Fasern gequetscht/gebogen/abgeschnürt	—	—	Physikalische Beschädigungen
Schutz-rohr	—	Schutzrohr gebogen oder zerquetscht	—	—	Schutzrohr gebrochen, gebogen oder gequetscht
Koppler	Bruch der Anschlussfaser Riss im Mischergestänge	Riss/Bruch der Anschlussfaser Riss im Mischergestänge	Bruch der Anschlussfaser	—	—
Spleiß	Einwachsen/Herauswachsen der Faser Verpackungsfehler	Einwachsen/Herauswachsen der Faser Verpackungsfehler Eindringen von Flüssigkeiten	Schlechte Vorbereitung der Endfläche Schlechte Ausrichtung der Endfläche	—	Unzureichende Zugentlastung
Andere	Fehler der Sende-Empfangs-einrichtung	Fehler der Sende-Empfangseinrichtung	—	Fehler der Sende-Empfangseinrichtung	—

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07

3.4 Fehleridentifikation und -ortung

3.4.1 Allgemeines

Verfahren und Vorgehensweisen für die Fehlersuche spielen eine Schlüsselrolle bei der Wiederherstellung und Instandhaltung der Unversehrtheit der LWL-Systeme eines Luftfahrzeugs. Ohne verfügbare geeignete Lösungen kann das Bedienpersonal des Luftfahrzeugs während der Fehlerortung erhebliche Standzeiten, Kosten und Unannehmlichkeiten verursachen. Das Problem wird durch die Tatsache verstärkt, dass die betreffenden LWL-Netzwerke relativ komplex sein und Aufspleiß-Verbindungswege (ausgelöst z. B. durch passive Koppler oder aktive Schalter) einschließen könnten und dass die Kabelbäume in relativ unzugänglichen Bereichen des Luftfahrzeugs eingebaut sein könnten.

Bei potenziellen Fehlerortungsverfahren berücksichtigte Kriterien sind u. a.:

— Effektivität des Verfahrens bei wahrscheinlichen Fehlerszenarien;

— Kosten der Einrichtungen;

— für die Durchführung des Verfahrens erforderliche Fähigkeiten und Zeit;

— Größe, Gewicht, Leistungsanforderungen und Widerstandsfähigkeit der Geräte;

— Sicherheitsproblematik.

Der erste Faktor, der die Auswahl des Fehlerortungsverfahrens beeinflusst, ist der Kabelbaumtyp — unzugänglich, eingebettet oder offen. Mehrere der nachfolgend beschriebenen Verfahren sind an eingebetteten oder unzugänglichen Kabelbäumen nicht durchführbar.

Der erste Schritt der Fehleridentifikation ist die Bestimmung des fehlerhaften Bauteils: Kabel, Steckverbinder oder das System. Die folgenden Verfahren zur Fehlerortbestimmung sind vom einfachsten zum komplexesten Verfahren angeordnet.

3.4.2 Bewährte Verfahren der Instandhaltung/Inspektion

Die folgenden bewährten Verfahren („good practices“) werden als Teil einer allgemeinen Philosophie für die planmäßige Instandhaltung empfohlen:

— Erfordert die Prüfausrüstung das Trennen des Steckverbinders, sollte stets das geeignete Reinigungsverfahren befolgt werden, um sicherzustellen, dass keine Verunreinigungen verursacht werden.

— Endflächenschutz sollte jederzeit eingesetzt werden. Ist ein Trennen erforderlich, sollten die getrennten Steckverbinder geschützt werden. Staubkappen sollten sauber gehalten werden. Einweggegenstände sind vorzuziehen.

— Die Verfahren für die korrekte Handhabung der Fasern sollten befolgt werden, um Beschädigungen zu vermeiden. Mindest-Biegeradien sollten eingehalten werden. Freiliegende Fasern sollten wie scharfe Kanten behandelt werden.

— Probleme der Augensicherheit sollten hervorgehoben werden. Prüfgeräte sollten stets in Bezug auf die Augen sicher sein und besondere Sorgfalt ist erforderlich, wenn die Sende-Empfangs-Einrichtungen des Systems potenziell gefährlich für die Augen sind.

— Richtige Quellen und Filter sollten für jedes Ausleuchten verwendet werden, einschließlich bei OTDR. Andernfalls werden die gesammelten Daten ungültig.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07

3.4.3 Inspektion

Dieses einfachste Fehlerortungsverfahren ist in zwei Kategorien unterteilt — Inspektion der Stirnflächen der Endstellen von Lichtwellenleitern und Inspektion der Kabel und Steckverbindergehäuse (Demontage nicht erforderlich).

Eine saubere unversehrte Stirnfläche ist wesentlich für eine optimale Leistung. Die Inspektion von Mehrwege-Steckverbindern kann komplizierter sein, insbesondere bei tiefliegenden Endstellen.

Die Sichtprüfung der Kabelbaumkonstruktion gleicht der für bestehende elektrische Kabelbäume. Die Inspektion der Komponenten von Lichtwellenleiterbündeln (falls zugänglich) ist der einzig brauchbare Weg, um latente Fehler zu kontrollieren.

3.4.4 Kontinuitätsprüfung

Eine Kontinuitätsprüfung mit einer einfachen Laserquelle ist eine simple Methode zur Feststellung eines Faser- oder Steckverbinderbruchs. Bei diesem Verfahren ist der Zugang zu beiden Enden des Kabels erforderlich. Hierbei wird ein Ende mit dem Laser beleuchtet und am anderen Ende das Vorhandensein des Lichtes geprüft. Während dieser Prüfung ist ein Augenschutz zu tragen.

3.4.5 Leistungsmessung

Eine angemessene Konditionierung für Einkopplung und Empfang (siehe EN 4533-002) vorausgesetzt, ist die optische Leistungsmessung das empfohlene Verfahren für die Bestimmung der Dämpfung der „nutzbaren Leistung“ in einem LWL-Kabelbaum für Luftfahrzeuge oder dessen Bauteile. Aus dem Vergleich zu einem früheren gleichwertigen Messwert des Systems, dem Messwert einer Bezugsprobe oder einem theoretischen Schätzwert kann auf das Vorhandensein eines örtlich begrenzten Fehlers oder eines verteilten Leistungsabbaus (z. B. durch Alterung) im Kabelbaum geschlossen werden.

Die Messung der optischen Leistung kann ebenfalls für die Fehlerortung genutzt werden, vorausgesetzt der Fehler wurde erkannt, z. B. von einer BIT. Ist das Symptom „Signal unterhalb des Schwellenwertes“, wird dennoch eine geeignete Konditionierung empfohlen. Bei den Fehlerarten „kein Signal“ oder „unterbrochenes Signal“ ist dies weit weniger kritisch. Tatsächlich kann eine speziell angepasste übermäßig oder zu schwach angeregte Einkopplung in bestimmten Fällen vorteilhaft sein, z. B. kann eine viel zu schwache Anregung unkritische Dämpfungsmechanismen minimieren, die andernfalls das Bedienpersonal verwirren/ablenken würden. In mancher Hinsicht ist dieser Fall analog zur Ortung sichtbarer Fehler (insbesondere bei der Kontinuitätsprüfung), mit der Ausnahme, dass ein optisches Leistungsmessgerät statt des Auges eingesetzt wird.

Die optische Leistungsmessung ist naturgemäß eine zweiseitige Prüfung. Daher ist unabhängig vom Symptom der Zugang zu den Zwischensteckverbindern innerhalb des Kabelbaums für die Quelle und/oder den Detektor für die weitere Ortung des Fehlers oder des Dämpfungsmechanismus erforderlich. Das Verfahren ist daher weit weniger anwendbar auf „eingebettete“ Kabelbäume als auf „offene“ Kabelbäume. Durch den Zugang zu Zwischensteckverbindern in offenen Kabelbäumen und die anschließende Durchführung geeigneter optischer Leistungsmessungen, kann ein Fehler auf einen besonderen, mit Steckverbindern versehenen Bereich des Kabelbaums eingegrenzt werden. Dieser kann dann in Abhängigkeit vom angewendeten Reparaturverfahren repariert, gereinigt oder ersetzt werden. Nach Durchführung geeigneter Reparaturmaßnahmen spielt die optische Leistungsmessung auch eine Rolle beim Nachweis des Funktionalitätsgrades des Kabelbaums.

Zusammenfassend ist eine Leistungsmessung einfach durchzuführen und auszuwerten, wahrscheinlich aber zeitaufwändiger als einige andere in dieser Norm beschriebenen Verfahren. Es ist das beste Verfahren für die Ortung von Fehlern durch allmählichen Abbau und Absinken der optischen Leistung, da die Datendarstellung einfacher ist als bei einer OTDR.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07

Durch Leistungsmessung kann die Lage eines Fehlers auf einem Kabel allerdings nicht geortet werden, wodurch sie für lange Leitungen zwischen Steckverbindern, z. B. bei einer Punkt-zu-Punkt-Übertragungsleitung, weniger geeignet ist.

3.4.6 Messung der Einfügungsdämpfung

Die Messung der Einfügungsdämpfung ist eine Variante der Leistungsmessung, da bei dieser die Dämpfung einer Verbindung bestimmt wird. Im Gegensatz zur Leistungsmessung, bei welcher die Messung mit verbundenem funktionalen System erfolgt, müssen bei der Messung der Einfügungsdämpfung die Faserenden an ein Lichteinkoppelsystem an einem Ende und einem Lichtdetektorsystem am anderen Ende verbunden werden. Dies ermöglicht die Quantifizierung der Dämpfung der Verbindung. Das Ergebnis muss mit einer Referenzmessung oder der theoretischen Prognose der Einfügungsdämpfung zur Identifikation eines Fehlers verglichen werden. Die Lokalisierung des Defekts selbst ist allerdings nicht möglich.

Dieses Messverfahren ist in der Norm EN 2591-601 beschrieben.

3.4.7 Laufzeitreflektometrie

Der Einsatz der Laufzeitreflektometrie (OTDR) ist ein anerkanntes Verfahren zur genauen Messung der Länge einer optischen Verbindung und der Identifikation von „Ereignissen“ innerhalb dieser Verbindung. Da diese für optische Einmodenfasern langer Strecken ausgelegt wurde, gab es Zweifel hinsichtlich der Eignung dieses Verfahrens für die kurzen Lichtwellenleiterverbindungen in der Luft- und Raumfahrt. Neue OTDR-Geräte mit hoher Auflösung wurden entwickelt und sind in der Lage, „Ereignisse“ mit einer auf Zentimeter genauen Auflösung in Mehrmodenfasern zu messen. Ein Ereignis kann als identifizierter Verlust oder Dämpfung innerhalb einer Verbindung beschrieben werden, beispielsweise Einfügungsdämpfungen (IL, en: insertion loss) an Verbindungselementen, Dämpfung (enge Kurven, Faserbrüche) usw.

Diese neue Fähigkeit erlaubt Bedienern, Ereignisse in kurzen optischen Verbindungen von weniger als 5 bis mehrere hunderte Meter Länge zu messen und entsprechende Ereignisse abzubilden. Eine erste Messung von einem zum anderen Ende einer optischen Verbindung kann ausgeführt und gespeichert werden. Zukünftige Messungen können dann von nur einem Ende der Verbindung durchgeführt werden. Dies erlaubt die vollständige Messung einer Verbindung mit minimaler Störung des Systems. Zusätzlich ist diese Einrichtung auch in der Lage, Messungen der Einfügungsdämpfung und des Rückstreuverlustes der Ereignisse, eine videobasierte Inspektion und Fehlerortungen auszuführen und stellt somit ein multifunktionales Gerät dar.

Vollständige Informationen zur OTDR-Messung von kurzen optischen Verbindungen sind in EN 4533-002, Prüfung und Messung, enthalten.

3.4.8 BIT-Informationen

Neben der Signalisierung eines Fehlers, dienen BIT-Informationen auch der Fehlerortung. Einige der anderen hier beschriebenen Verfahren, wie beispielsweise die Leistungsmessung und OTDR-Analyse, erfordern idealerweise Informationen, die zuvor aus BIT-Informationen übernommen wurden, um die bestehenden Fehlermöglichkeiten einzugrenzen.

4 Reparaturverfahren

4.1 Allgemeines

Sobald der Fehler isoliert ist, kann die Reparatur eingeleitet werden. Im Idealfall ist die Reparaturstrategie für ein bestimmtes Luftfahrzeug so ausgelegt, dass bei bekanntem Fehler und Szenario ein einzelnes Reparatur-verfahren geeignet ist.

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07

4.2 Spleiß

Wird eine Faser von einem Steckverbinder entfernt beschädigt, kann sie mit einem Spleiß repariert werden. Allgemein werden 2 Arten von Spleißen anerkannt: mechanisches Spleiße und Schmelzspleiße.

4.2.1 Schmelzspleiße

Schmelzspleiße werden im Telekommunikationsbereich routinemäßig zu Reparaturzwecken ausgeführt. Dabei wird häufig durch Schmelzspleißen ein dauerhafter Spleiß hergestellt, der dann mit einer Spleißschutzhülse geschützt und in einer Spleißschale aufbewahrt wird. Bei diesem Verfahren werden die Fasern mittels elektrischem Lichtbogen durch Schmelzen verbunden. In den letzten Jahren wurde dieses Verfahren erfolgreich zur permanenten Reparatur von Kabelbäumen in der Luft- und Raumfahrt eingeführt, wenn diese sich **außerhalb des Gefährungsbereichs für Explosionen am Luftfahrzeug befinden.**

Zur Ausführung eines mechanischen Spleißes werden die beiden zu verbindenden Faserabschnitte ähnlich vorbereitet wie bei einem Anschluss. Mantel, Zugentlastungselemente und Polsterungen werden auf festgelegter Länge abgestreift und die Faser freigelegt. Nach sorgfältiger Reinigung der Außenflächen zur Entfernung aller möglichen Überreste von Polsterungsmaterial, müssen die Fasern eingeritzt und auf den Kennrillen der Schmelzspleißmaschine angeordnet werden. Bei Ausführung im Feld können spezielle Vorrichtung zur Unterstützung dieses Vorgangs vorhanden sein.

Der Schmelzspleiß wird durch ein geeignetes, raumsparendes Gehäuse geschützt, welches die notwendige Zugentlastung umfasst.

Dieser Prozess ist auch für den Austausch beschädigter Endstellen oder der Faserschnittstellen eines Steckverbinders nützlich.



Bild 1 — Schmelzspleiß an einem 62,5/125-Lichtwellenleiterkabel

4.2.2 Mechanischer Spleiß

Zur Ausführung eines mechanischen Spleißes werden die beiden zu verbindenden Faserabschnitte ähnlich vorbereitet wie bei einem Anschluss. Mantel, Zugentlastungselemente und Polsterungen werden auf festgelegter Länge abgestreift und die Faser freigelegt. Dann folgt das Ritzen der Fasern und sie werden in einer Führungshülse, z. B. einem Glasröhrchen, zusammengefügt oder an Anschlüssen befestigt, die in ein Ferrulengehäuse einrasten können. In Abhängigkeit von der Konstruktion kann bei diesem Schritt Klebstoff oder Immersionsgel (oft vorher eingebracht) erforderlich sein. Dann wird die gesamte Unterbaugruppe in den äußeren Spleißkörper eingebracht und anschließend wird die Entlastungsvorrichtung befestigt, um einen dauerhaften, geschützten Spleiß zu erhalten.

Es gibt viele verschiedene handelsübliche Techniken für einen mechanischen Spleiß, da diese aber hauptsächlich für den Telekommunikationsmarkt ausgelegt sind, erfüllen nur wenige die Luft- und Raumfahrtanforderungen, d. h. sie sind in der Lage die umgebungsbezogenen Anforderungen zu erfüllen und bieten eine dauerhafte Reparatur, die für die gesamte Lebensdauer des Kabels in Betrieb haltbar ist.

Mechanische Spleiße können eine Lösung für eine temporäre Reparatur sein.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07

Zusammenfassend ist anzumerken, dass das Schmelzspleißen die ideale Lösung ist, wenn Reparaturen außerhalb eines Gefährdungsbereiches für Explosionen ausgeführt werden können. Spleiße sind darauf ausgelegt für die gesamte Gebrauchsdauer des Kabels zu bestehen, sodass die Reparatur als permanente Reparatur angewandt werden könnte.

4.3 Zellenreparatur

Ist eher das Kabel als die Faser selbst beschädigt, kann es möglich sein, eine Zellenreparatur durchzuführen, z. B. durch Klebeband (da bei der Arbeit mit optischen Fasern keine Probleme hinsichtlich der elektromagnetischen Störfestigkeit bestehen). Die Entscheidung zu einer Zellenreparatur ist von der Tiefe der Beschädigung des Kabels abhängig — übersteigt die Tiefe der Beschädigung den Außenmantel des Kabels, sollte eine aufwändigere Reparatur durchgeführt werden.

4.4 Wiederanschluss

4.4.1 Nachpolieren

Wenn die identifizierten Fehler nicht durch Reinigung beseitigt werden konnten, kann durch ein Nachpolieren der Endstelle die Wiederherstellung der Stirnflächenqualität der Endstelle und der Geometrie möglich sein. Nachpolieren kann außerdem einen Wiederanschluss überflüssig machen, kann aber bei unnötiger Durchführung (übermäßiges Polieren) die Endstelle dauerhaft beschädigen. Es sollte auch sorgfältig darauf geachtet werden, die Fase der Ferrule nicht zu entfernen. Es wird daher empfohlen, tragbare Handgeräte zur Politur mit den entsprechenden Poliermittel und Scheiben einzusetzen, um die erforderliche Geometrie und Qualität der Endfläche zu erreichen. Nach der erneuten Politur, sollte die Endfläche untersucht und, falls notwendig, auch die Geometrie mittels 3D-Interferometrie geprüft werden.

Es wird empfohlen, eine Endstelle nicht mehr als zweimal über deren Gebrauchsdauer neu zu polieren.

4.4.2 Wiederanschluss

Wiederanschließen bezieht sich auf das Anbringen des Steckverbinders (oder Anschlusses innerhalb eines Steckverbinders) am Kabel im Luftfahrzeug. Das Verfahren ist für den Austausch eines beschädigten Steckverbinders durch Wiederanschließen anwendbar, gilt aber auch gleichermaßen für Reparaturen inmitten des Leitungsbündels, wo zwei Wiederanschlüsse durchgeführt und verbunden werden können — ein Verfahren das als Alternative zum Spleißen anwendbar ist.

Eine ideale Lösung für den Wiederanschluss

— könnte auf sehr begrenztem Raum durchgeführt werden,

— könnte auf sehr begrenztem Raum durchgeführt werden,

— könnte in der Umgebung des Luftfahrzeugs während dessen gesamter Lebensdauer eine zufrieden stellende Leistung bieten,

— würde für den Anschluss minimale Zeit und Fähigkeiten erfordern.

Die folgenden vier allgemeinen Techniken für den Wiederanschluss wurden identifiziert:

— Kleben und Polieren — Anbringen der Faser am Steckverbinder mit einem Klebstoff — ähnlich wie beim Standard-Anschluss;

— Crimpen und Ritzen — entwickelt für Kunststoff-Fasern — das Erzielen einer guten Ritzqualität bei Glas-fasern ist schwierig;

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07

— Crimpen, Ritzen und Polieren — wie oben beschrieben, mit einem zusätzlichen Polierschritt, geeignet für Glasfasern;

— Vormontierte Faser — abhängig von einer guten Ritzqualität, erfordert Klebstoff.

Bei allen diesen Techniken wird das Verfahren mit einer ersten Vorbereitung des Kabels, Anbringen des Steckverbinders auf dem Kabel, Vorbereitung der Endfläche und einem abschließenden Zusammenstecken eingehalten.

Der bei bestehenden Faserinstallationen in Luftfahrzeugen beobachtete Haupt-Ausfallmechanismus bestand aus Ausfällen in unmittelbarer Nähe einer Verbindung, hauptsächlich ausgelöst durch Instandhaltungsmaßnahmen. Häufig sind das Entfernen und Ersetzen eines Leitungsbündels aufgrund des Zeit- und Kostenaufwands keine zufriedenstellende Lösung. Aus diesem Grund ist in der Luftfahrtindustrie eine Möglichkeit des Wiederanschlusses erforderlich.

Soweit möglich, ist die derzeit beste Verfahrensweise den Schlussfolgerungen der Studie zufolge der Wiederanschluss entsprechend dem ursprünglichen Herstellungsstandard. Dies würde von der Entwicklung der Miniaturisierung von Werkzeugen, wie Öfen und Polierhalterungen, abhängen.

Ein Nachteil ist, dass für einen Wiederanschluss zusätzliche Faserlängen in das Leitungsbündel eingebaut werden müssen. Dafür geeignete Verfahren werden im Teil „Verfahren für Fertigung und Installation von Leitungsbündeln“ dieses Handbuchs erörtert.

Wenn alle dieser Verfahren fehlschlagen, dann muss die Verbindung ausgetauscht werden.

5 Inspektion und Reinigung

5.1 Inspektion der Endfläche

ANMERKUNG Eine Inspektion der Endfläche sollte niemals mit in Betrieb befindlicher Anwendung ausgeführt werden. Es muss darauf geachtet werden, dass die Anwendung keine Lichtenergie emittiert, welche den Bediener oder andere Personen verletzen könnte. Daher muss vor der Ausführung einer Endflächeninspektion der Bediener sicherstellen, dass alle Stromversorgungen von den zu untersuchenden Verbindungen getrennt wurden.

Eine Sichtprüfung ist wichtig, um den Verunreinigungs- und Beschädigungszustand der Faserkerne der Lichtwellenleiter und des Kontaktmaterials vor dem Anschluss zu bewerten. Dieser Prozess umfasst eine detaillierte Inspektion der Endflächen der Endstellen von Lichtwellenleitern mittels Vergrößerungseinrichtungen.

Momentan sind die zwei Hauptmethoden für die Inspektion der Endflächen der Endstellen von Lichtwellenleitern die Untersuchung per Handmikroskop sowie die Videoinspektion. Mit einem Handmikroskop muss der Bediener die Endfläche der Endstelle direkt durch ein fokussierendes Mikroskop betrachten, während die Videoinspektion die Untersuchung mittels Sonde und Fernüberwachungsmonitor oder Laptopbildschirm umfasst. Die Videoinspektionseinrichtungen können auch Software umfassen, welche Ereignisse am Abbild der Endfläche misst, den Bediener mit detaillierten Informationen zu jenem Ereignis sowie Partikelgrößen und einer Einordnung in die Kategorien „bestanden/nicht bestanden“ basierend auf einem voreingestellten Standard versorgt. Üblicherweise können diese Informationen dann auch heruntergeladen und in einem Berichtsformat zur Aufzeichnung dargestellt werden. Mikroskope für die Videoinspektion sollten Handmikroskopen für die Untersuchung von Endflächen vorgezogen werden, um den Empfehlungen zur Augensicherheit zu entsprechen (siehe IEC 60825-1).

5.1.1 Inspektionsnormen

Inspektionsnormen werden nach Fertigstellung des Anschlusses und des Zusammenbaus angewandt und ein Hersteller bestimmt in der Regel, dass alle Endflächen der Endstellen frei von Verunreinigungen und Beschädigungen sein müssen. Diese Anforderung kann als „Beginn der Gebrauchsdauer“ beschrieben

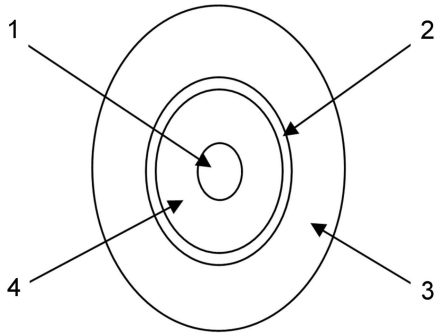
AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07

werden. Nach Lieferung und Installation, sollte die Verbindung jedoch als „im Betrieb“ angesehen und ein „akzeptabler“ Normzustand definiert werden, um unnötige Zurückweisungen akzeptabler Endflächenqualitäten zu verhindern. Ein Normzustand für „in Betrieb befindliche Einrichtungen“ sollte Inspektionskriterien für akzeptable und inakzeptable Verunreinigungen und Beschädigungen basierend auf der Leistungsfähigkeit des Systems und der Fasergröße eines bestimmten Systems oder einer Plattform definieren. SAE AS5675, IEC 61300-3-35 und ARINC 805 sind die Hauptnormen der Luft- und Raumfahrt.

5.1.2 Inspektionszonen

Um die Sichtprüfung der Endflächen der Endstellen von Lichtwellenleitern zu erleichtern, können diese in definierte Bereiche oder „Zonen“ eingeteilt werden. Das Bild 2 zeigt die festgelegten Zonen und die Tabelle 1 liefert eine Definition der Zonen für Mehrmoden- und Einmodenfasern. Spezifische Anforderungen können für jede dieser Zonen detailliert bestimmt werden, um ein „Inspektionskriterium“ basierend auf Faserkerngröße des Lichtwellenleiters und den erlaubten Ereignissen, wie Kratzern und Verschmutzung, zu definieren. Es sollte ebenso anerkannt werden, dass Verunreinigungen sich auch an der Seite der Ferrule oder an der Führungshülse anhäufen und auf die Endfläche übertragen werden können. Somit ist die Inspektion nicht nur auf den Faserkern/Fasermantel beschränkt, sondern sollte auch die Endfläche der umgebenden Ferrule umfassen.



Legende

1 Zone A — Kern-/Modenfeld
2 Zone C — Epoxid-Kleber/Beschichtung
3 Zone B — Mantel
4 Zone D — Kontakt/Ferrule

Bild 2 — Inspektionszonen

Tabelle 2 — Typische Zonendefinitionen für Mehrmoden- und Einmodenfasern

Zonenname	Maße von Mehrmodenzonen	Maße von Einmodenzonen
A Kern-/Modenfeld	Kerndurchmesser multipliziert mit 1,1 (definiert als Kerndurchmesser +10 %)	9 µm
B Mantel	Vom Außendurchmesser des Kerns der Zone A zum Außendurchmesser des Mantels, minus 5 µm	Vom Außendurchmesser des Modenfelds der Zone A zum Außendurchmesser des Mantels, minus 5 µm
C Kleber/Beschichtung (z. B. Polyimid)	Vom Außendurchmesser der Zone B oder der Beschichtung zum Innendurchmesser der Ferrule, plus 10 µm	Vom Außendurchmesser der Zone B zum Innendurchmesser der Ferrule, plus 10 µm
D Kontakt/Ferrule	Vom Außendurchmesser der Zone C zum 2 × des Mantels (überschreitet 450 µm nicht)	Vom Außendurchmesser der Zone C zum 2 × des Mantels (überschreitet 450 µm nicht)

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07

5.1.3 Inspektionskriterien

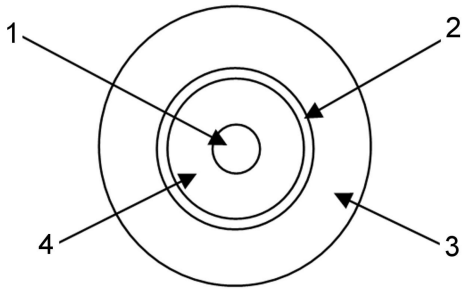
Bei Reinigung und Inspektion können Endflächen der Endstellen eines Lichtwellenleiters Anomalien aufweisen, welche als Defekte definiert werden können. Defekte sind Ereignisse, die nicht durch normale Reinigung entfernt werden können, von einer Reihe von Faktoren ausgelöst werden und die Folgenden umfassen: Gruben, Kratzer, Einschnitte, Einlagerungen/feste Ablagerungen, lose Ablagerungen, Risse usw. Diese Anomalien der Endflächen können in die folgenden Kategorien eingeordnet werden:

a) Kratzer — Lineare Oberflächendefekte, die sich nicht durch Reinigung entfernen lassen.

b) Defekte — Alle anderen sichtbaren Merkmale, die sich nicht durch den Reinigungsprozess entfernen lassen.

c) Risse/strukturelle Defekte — Risse und strukturelle Defekte sind nicht nur Oberflächendefekte, sondern erstrecken sich auch auf den Lichtwellenleiter.

Die Zonen der Endflächen können hinsichtlich ihrer akzeptablen Defekte kategorisiert werden. Bild 3 zeigt die Zonen der jeweils akzeptablen Defekte von „in Betrieb befindlichen“ Mehrmodenfasern.



Legende

1 Zone A — Kernzone — Risse: keine — Kratzer: nicht mehr als 3 ≥ 3 µm
2 Zone C — Epoxidzone — Risse: keine Beschränkung der Größe oder Anzahl — Kratzer: keine Beschränkung der Größe oder Anzahl — Ablagerungen: maximal 5 Ablagerungsstücke ≤ 10 µm im Durchmesser
3 Zone D — Kontaktzone — Risse: keine — Kratzer: keine Beschränkung der Größe oder Anzahl — Ablagerungen: maximal 5 Ablagerungsstücke ≤ 10 µm im Durchmesser
4 Zone B — Mantelzone — Risse: keine — Kratzer: nicht mehr als ≥ 6 µm breit, keine Beschränkung der Anzahl — Ablagerungen: keine > 3 µm

Bild 3 — Typische akzeptable Inspektionskriterien für in Betrieb befindliche Mehrmodenfasern

ANMERKUNG Ein 1-µm-Defekt an einer Faser mit 200/280-µm-Kern entspricht 0,5 % der Fläche des Kerns, aber entspricht bei einer Faser mit 62,5/125-µm-Kern bereits 1,6 % und bei einem 9/125-µm-Kern sogar 11 %. Daher müssen Normwerte für die Inspektion in Betrieb befindlicher Lichtwellenleiter auch bezüglich der Fasergrößen abweichen. Zusätzlich müssen diese Inspektionsnormen auch die Auswirkungen von Defekten bei Einsatz der gleichen Fasergrößen aufgrund der Systemkonstruktion, das verfügbare Leistungsbudget sowie die verwendeten Komponenten und Architektur berücksichtigen.

5.1.4 Vergrößerungsmittel zur Inspektion

5.1.4.1 Direkte Betrachtung durch Handmikroskop

Bei Handmikroskopen zur direkten Betrachtung werden üblicherweise zwei Vergrößerungsstufen bei der Untersuchung von Lichtwellenleitern in der Luft- und Raumfahrt werden und für die folgenden Arten von Lichtwellenleiter empfohlen:

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07

— Mehrmoden: 200 × für Kontakt- und Kernzone

— Monomoden: 400 × für Kontakt- und Kernzone

5.1.4.2 Videoinspektionsmikroskope

Videoinspektionsmikroskope unterscheiden sich von Mikroskopen zur direkten Betrachtung darin, dass es keine direkte Sicht auf die Endfläche der Endstelle gibt. Dies erlaubt dem Bediener auf Endstellen zuzugreifen, welche sich in Bereichen befinden, die von Handmikroskopen zur direkten Betrachtung nicht eingesehen werden können. Videoinspektionsmikroskope können auch für Mehrmoden- und Einmodenanwendungen eingesetzt werden ohne die Vergrößerung ändern zu müssen. Das Bild wird auf einem tragbaren Bildschirm oder Laptop dargestellt.

Austauschbare Sondenadapter sind verfügbar und erlauben die Inspektion von Verbindungselementen mit freigelegten und versenkten Endstellen von Simplex- und Mehrwege-Verbindungselementen. Bild 4 zeigt eine Inspektion ohne Hülsenhalter links und Inspektion durch einen Hülsenhalter rechts.

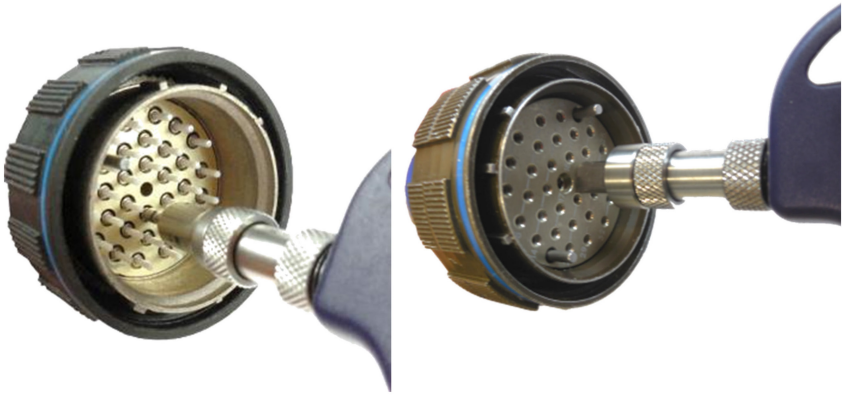


Bild 4 — Inspektion ohne Hülsenhalter und Inspektion durch Hülsenhalter an einem Steckverbinder nach EN 4645

Ein weiterer Vorteil beim Einsatz von Videoinspektionsmikroskopen ist die Verfügbarkeit von Software, welche das Bild basierend auf Inspektionskriterien für die Größe der Endfläche der Endstelle und der Größe des untersuchten Lichtwellenleiters, die in die Software geladen werden, auswertet. Die Software liefert das Ergebnis „bestanden“ oder „nicht bestanden“ bei jeder Inspektion und erlaubt so dem Bediener, schnell die Eignung der Endfläche einer Endstelle zu bestimmen. Auch werden so Spekulationen seitens des Bedieners, ob eine Endfläche nun akzeptabel ist oder nicht, vollständig ausgeräumt. Die Software kann auf einem Laptop installiert werden oder ist bei manchen Mikroskopen auch integriert. Sie kann auf den unterschiedlichen Geräten gespeichert oder heruntergeladen werden. Papierausdrücke können zur Aufbewahrung oder als Qualitätsaufzeichnung für Auditzwecke vorgenommen werden.

Verbindungselemente von Lichtwellenleitern ermöglichen eine genaue Ausrichtung der Lichtwellenleiter, um eine optimale Lichttransmission an Knickpunkten zu erreichen. Um eine optimale Leistungsfähigkeit zu erhalten, müssen die Endflächen der Endstellen von Lichtwellenleitern frei von Verunreinigungen und Partikeln sein, welche die Leistungsfähigkeit des übertragenen Lichtes beeinflussen können. Eine solche Einschränkung der Leistungsfähigkeit kann durch einen Verlust der optischen Leistung und einem Anstieg der Bitfehlerrate (BER, en: bit error rate) erkannt werden. Zusätzlich sind Endstellen von Lichtwellenleitern oftmals federbelastet, um die Steckkraft zu erhalten. Sollten diese Federn verunreinigt werden, könnte dies zu nachteiligen Auswirkungen auf die Steckkräfte und somit zu einer schlechteren optischen Leistung führen.

Optische Verbindungselemente sind auf Beständigkeit gegenüber externen Verunreinigungen bei Anschluss ausgelegt. Sind diese jedoch nicht angeschlossen, sind diese Endstellen dennoch den Auswirkungen externer Verunreinigungen, wie Ablagerungen, Partikeln und Flüssigkeiten ausgesetzt. Verunreinigungen können

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07

auch leicht zwischen gekoppelten Endstellen von Lichtwellenleitern, Messleitungen und Messsonden zur Prüfung von Lichtwellenleiterverbindungen übertragen werden. Daher ist es von besonderer Wichtigkeit, dass ein Inspektions- und Reinigungsplan in allen Bereichen umgesetzt wird, wo Lichtwellenleiter angeschlossen werden.

Beispiele für Verunreinigungen von Endflächen werden im Anhang A gezeigt (informativ).

5.2 Reinigung

5.2.1 Reinigungsziele

Wie zuvor dargelegt, ist es extrem wichtig, dass ein anerkannter Reinigungsprozess zur Integritätserhaltung der Endflächen der Endstellen von Lichtwellenleitern verwendet wird. Die wichtigsten Aspekte, die bei einer gründlichen Reinigung behandelt werden müssen:

— Entladung der elektrostatischen Aufladung an der Endfläche der Endstelle;

— Entfernung von Einlagerungen;

— Entfernung von losen Ablagerungen und Partikeln;

— Entfernung von eingetrockneten Resten;

— Entfernung von Flüssigkeiten und Ölen.

Um diese Ziele zu erreichen, muss jeder Reinigungsprozess mit einer adäquaten Inspektion einhergehen, sodass die Endfläche einer Endstelle einer Sichtprüfung unterzogen werden kann, welche sicherstellt, dass alle Verunreinigungen entfernt und die Integrität des Faserkerns nicht verschlechtert wurde. Der Ablauf aus „Inspizieren, Reinigen, Inspizieren“ ist daher die einzige Verfahrensweise, welche die anhaltende Gebrauchstauglichkeit eines Lichtwellenleitersystems sicherstellt.

Dieser Prozess sollte auf einer Herangehensweise basieren, bei welcher jede Trennung eines Verbindungselements der Lichtwellenleiter die Notwendigkeit bestimmt, alle Kontakte des Lichtwellenleiters innerhalb des Steckverbinders auf Sauberkeit und Schadensfreiheit sowie Fehlen jeglicher Verunreinigungen zu prüfen, bevor ein Wiederanschluss stattfindet. Dies gilt für beide Seiten des Verbindungselements und für alle Arten von Verbindungselementen, z. B. Avionikeinrichtungen, Steckverbinder, Prüfsonden, Prüfgeräte usw.

Einzelheiten zu Sichtprüfungseinrichtungen zum Einsatz mit Lichtwellenleitern werden im Abschnitt 4 besprochen.

5.2.2 Reinigungsverfahren

Bei der Reinigung der Endstellen von Lichtwellenleitern wird die Umsetzung eines nass-trockenen Reinigungsprozesses empfohlen. Dieses Reinigungsverfahren beginnt mit einer nassen Reinigung mittels einer freigegebenen, nicht brennbaren Reinigungslösung optischer Güte zur Ableitung möglicher elektrostatischer Aufladungen an der Endfläche des Lichtwellenleiters und zur Entfernung loser oder fester Partikel an der Kontakthülse. Bei der Trockenreinigung werden dann die verbleibenden Partikel und das Lösungsmittel von der Kontaktendfläche und dem umgebenden Hohlraum entfernt.

In den meisten Fällen verfügt der Bediener über zwei verschiedene Reinigungsverfahren. Beim Verfahren 1 ist die Kontaktendfläche des Lichtwellenleiters freigelegt und bei Verfahren 2 ist der Lichtwellenleiterkontakt in einer Steckerbuchse untergebracht, wobei die Kontaktendfläche in einem Führungsgehäuse eingelassen ist. Bild 5 zeigt einen Steckverbinder für die Luft- und Raumfahrt nach EN 4645 mit eingelassenen Endstellen der Lichtwellenleiter auf der rechten Seite und freigelegten Lichtwellenleiterkontakten auf der linken Seite. Andere Arten von Endstellen von Lichtwellenleitern umfassen die Varianten nach EN 3733, EN 4531-101 und EN 4639-101.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-004:2017-07