

DIN EN 61291-5-2

ICS 33.180.30

Einsprüche bis 2014-10-08
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 61291-5-2:2003-06

Entwurf

**Lichtwellenleiter-Verstärker –
Teil 5-2: Anerkennungsspezifikation –
Zuverlässigkeitsanerkennung für Lichtwellenleiter-Verstärker
(IEC 86C/1203/CD:2013)**

Optical amplifiers –
Part 5-2: Qualification specifications –
Reliability qualification for optical fibre amplifiers
(IEC 86C/1203/CD:2013)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-08-08 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (Hausanschrift: Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main).

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

Gesamtumfang 46 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	3
1 Anwendungsbereich und Zweck	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe und Abkürzungen	5
4 Anforderungen an die Zuverlässigkeit.....	8
4.1 Nachweis der Produktqualität.....	8
4.2 Prüfverantwortlichkeiten	8
4.3 Qualitätsverbesserungsprogramme (QIP).....	9
4.4 Prüfungen	9
4.5 Prüfverfahren.....	14
5 Anleitung.....	16
5.1 Anleitung zur Ausfallratenberechnung	16
5.2 Ausfallmechanismen des OFA	16
Anhang A (normativ) Verfahren für die Zuverlässigkeitsprüfung für OFA-Bauteile.....	17
Anhang B (normativ) Zuverlässigkeitsprüfverfahren	21
Literaturhinweise.....	22
 Tabellen:	
Tabelle 1 – Mindestumfang der Prüfungen für passive optische Bauteile, Pumplasermodule, Monitordiodenmodule und optische Steckverbinder	10
Tabelle 2 – Mindestumfang der Prüfungen für dotierte Lichtwellenleiter	10
Tabelle 3 – Geforderte Prüfungen für Spleiße.....	11
Tabelle 4 – Mindestumfang der geforderten Prüfungen an OFA-Baugruppen und OFA-Untersystemen (1 von 2)	12
Tabelle 5 – Ausfallraten der Bauteile.....	15
Tabelle A.1a – Geforderte Prüfungen an passiven optischen Bauteilen, die in OFA in einer kontrollierten Umgebung verwendet werden.....	17
Tabelle A.1b – Geforderte Prüfungen an passiven optischen Bauteilen, die in OFA in Außenanlagen verwendet werden	18
Tabelle A.2 – Geforderte Prüfungen für Steckverbinder	19
Tabelle A.3 – Geforderte Prüfungen für dotierte Lichtwellenleiter.....	19
Tabelle A.4 – Geforderte Prüfungen für optoelektronische Bauteile	20
Tabelle B.1 – Aufstellung der IEC Zuverlässigkeitsprüfverfahren	21

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 86C/1203/CD:2013 „Optical amplifiers – Part 5-2: Qualification specifications – Reliability qualification for optical fibre amplifiers“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom SC 86C „Fibre optic systems and active devices“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 412.2 „Komponenten für Kommunikationskabelanlagen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnichtsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 61291-5-2:2003-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Generelle technische Überarbeitung des Dokuments und Bezeichnungen;
- b) Änderungen der Anforderungen für mechanische Tests.

**Lichtwellenleiter-Verstärker –
Teil 5-2: Anerkennungspezifikation –
Zuverlässigkeitsanerkennung für Lichtwellenleiter-Verstärker**

1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Norm gilt für Lichtwellenleiter-Verstärker (en: Optical Amplifiers – OA) und optisch verstärkte, elementare Untersysteme für terrestrische Anwendungen mit kommerziell erhältlichen aktiven Lichtwellenleitern (en: Optical Fibre Amplifiers – OFA), die seltene Erden-Dopanten enthalten.

In dieser IEC-Norm wird das Modell der black box angewendet. Das Modell der black box wurde gewählt, um die Erstellung von Produktspezifikationen zu ermöglichen, die unabhängig von den Einzelheiten der Ausführung eines OA sind. Zum Zwecke der Zuverlässigkeitsqualifikation sind einige Angaben über die internen Komponenten notwendig; diese internen Teile werden selbst als black box behandelt. Diese Norm enthält Anforderungen an die Bewertung der Zuverlässigkeit von OA durch Kombination der Zuverlässigkeit derartiger black boxes.

Die Ziele dieser Internationalen Norm sind:

- Festlegung der Anforderungen zur Bewertung der Zuverlässigkeit von OFA;
- Unterstützung des Käufers bei der Auswahl von gleichmäßig hochwertigen OA-Produkten für seine jeweiligen Anforderungen;
- Angabe des Mindestumfangs von Prüfungen zur Zuverlässigkeitsqualifikation, Anforderungen an Ausfallkriterien während der Prüfung und zu Zuverlässigkeitsvorhersagen sowie die einschlägigen normativen Dokumente.

Im Besonderen beabsichtigt diese Internationale Norm:

- die Festlegung eines Standardverfahrens zur Bewertung der Zuverlässigkeit von OFA-Baugruppen und -Untersystemen, um Risiken zu verringern sowie um Produktentwicklung und Zuverlässigkeitsqualifikation zu fördern;
- die Festlegung von Verfahren zur Bestimmung der zeitlichen Verteilung der Ausfälle, um die Bestimmung der Geräteausfallraten für festgelegte Kriterien des Endes der Lebensdauer zu ermöglichen.

Zusätzlich wird eine Anleitung zur Verfügung gestellt für:

- die Kontrollen, die ein Kunde vor der Beschaffung eines OFA durchführen sollte, zu den Prüfverfahren, welche ein OFA-Hersteller für die Zusicherung der Produktqualität anwendet;
- die Verfahren zur Verifizierung der Zuverlässigkeitsangaben eines OFA-Herstellers.

2 Normative Verweisungen

Die nachfolgenden 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).

IEC 60068-2-1, *Environmental testing – Part 2-1: Tests – Tests A: Cold*

IEC 60068-2-2, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Tests B: Dry heat*

IEC 60068-2-78, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state* IEC 60068-2-6: *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-14, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-21, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test 164 U: Robustness of terminations and integral mounting devices*

IEC 60068-2-27, *Environmental testing. Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-31, *Environmental testing – Part 2-31: Tests – Test Ec: Rough handling shocks* IEC 60068-2-78 ed1.0 (2001-08), *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*. IEC 61291-1: *Optical fibre amplifiers – Part 1: Generic specification*

IEC 61300-2-1, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-1: Tests – Vibration (sinusoidal)*

IEC 61300-2-2, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-2: Tests – Mating durability*

IEC 61300-2-4, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-4: Tests – Fibre/cable retention*

IEC 61300-2-5, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-5: Tests – Torsion*

IEC 61300-2-9, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-9: Tests – Shock*

IEC 61300-2-18, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-18: Tests – Dry heat – High temperature endurance*

IEC 61300-2-19, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-19: Tests – Damp heat (steady state)*

IEC 61300-2-22, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-22: Tests – Change of temperature*

IEC 61300-2-42, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-42: Tests – Static side load for strain relief*

IEC 61300-2-44, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-44: Tests – Flexing of the strain relief of fibre optic devices*

IEC 61752-3, *Fibre optic active components and devices – Reliability standards – Part 3: Laser modules used for telecommunication*

IEC 62005-9-2, *Reliability of fibre optic interconnecting devices and passive optical components – Part 9-2: Reliability qualification for single fibre optic connector sets – Single mode ISO 9000: Quality management systems – Fundamentals and vocabulary*

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Teils von IEC 61291 gelten die in IEC 61291-1 angegebenen und die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG Die in IEC 61291-1 angegebene Definition der Zuverlässigkeit von OA wird nachfolgend zur leichteren Herstellung des Bezuges wiederholt (Definition 3.7).

3.1.1

Ausfall

Nichtübereinstimmung mit der Produktspezifikation oder Veränderung von Parametern, die zwischen Kunden und Lieferanten vereinbart wurde.

3.1.2**OFA-Hersteller****en: OFA Manufacturer – OFAM**

ein Hersteller, der OFA-Baugruppen oder -Untersysteme liefert, die die Anforderungen der betreffenden Bauartspezifikation (en: Detail Specification – DS) erfüllen.

3.1.3**Systemlieferant****en: System Supplier – SS**

Hersteller von LWL-Telekommunikationsausrüstungen, die OFA enthalten (d. h., der OFA-Kunde).

3.1.4**Systembetreiber****en: System Operator – SO**

ein Telekommunikations(netz)betreiber, der in seinen Übertragungsstrecken LWL-Systeme mit OFAs anwendet.

3.1.5**Bauteillieferant****en: Component Supplier – CS**

Hersteller, der den OFA-Hersteller mit Bauteilen beliefert, die die Anforderungen der betreffenden Bauartspezifikation erfüllen.

3.1.6**Befähigungsqualifizierendes Bauteil****en: Capability Qualifying Component – CQC**

Bauteile oder Unterbaugruppen, die kritische Stufen des Herstellungsprozesses repräsentieren und Kennwerte der mechanischen und optoelektronischen Konstruktion begrenzen.

ANMERKUNG 1 zum Eintrag Derartige Bauteile und Unterbaugruppen ermöglichen die Bestimmung der Aktivierungsenergien und sind bei der Identifizierung der Ausfallmechanismen des Endproduktes von Nutzen.

3.1.7**Zuverlässigkeit**

Mindestdauer des ausfallfreien Dauerbetriebes eines OA unter festgelegten Betriebs- und Umgebungsbedingungen;

Wahrscheinlichkeit von Fehlzuständen je Jahr unter festgelegten Betriebs- und Umgebungsbedingungen.

ANMERKUNG 1 zum Eintrag Die Zuverlässigkeit eines OA wird durch einen der folgenden beiden Parameter angegeben: mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen (en: Mean Time Before Failure – MTBF) und Fehlzustand in der Zeiteinheit (en: Fault In Time – FIT).

ANMERKUNG 2 zum Eintrag Die MTBF ist die mittlere Dauer des ausfallfreien Dauerbetriebes eines OFA unter festgelegten Betriebs- und Umgebungsbedingungen.

ANMERKUNG 3 zum Eintrag Die FIT ist die Anzahl der Ausfälle, die unter festgelegten Betriebs- und Umgebungsbedingungen in 10^9 Stunden erwartet wird.

3.2 Abkürzungen

Jede der in dieser Internationalen Norm erwähnte Abkürzung wird zumindest zum ersten Zeitpunkt der Erwähnung erklärt. Das Folgende ist indes eine Liste aller in dieser Internationalen Norm verwendeten Abkürzungen, die ein einfacheres Verständnis des gesamten Textes ermöglicht.

CA	Befähigungsanerkennung (en: capability approval)
CS	Bauteillieferant (en: component supplier)
CQC	Befähigungsqualifizierendes Bauteil (en: capability qualifying component)
DS	Bauartspezifikation (en: detail specification)
EDFF	Erbium-dotierter Fluoridlichtwellenleiter (en: erbium doped fluoride fibre)
EDSFA	Erbium-dotierter Quarzglaslichtwellenleiterverstärker (en: erbium doped silica fibre amplifier)
EDTF	Erbium-dotierter Telluritlichtwellenleiter (en: erbium doped tellurite fibre)
ESD	Elektrostatische Entladung (en: electrostatic discharge)
FIT	Fehlzustand in der Zeiteinheit (en: failure in time)
FFS	zur weiteren Untersuchung (en: for further study)
HTRB	Hochtemperatur-Rückwärtsvorspannung (en: high temperature reverse bias)
IEC	Internationale Elektrotechnische Kommission (en: International Electrotechnical Commission)
IS	Internationale Norm (en: international standard)
ISO	Internationale Standardisierungsorganisation (en: International Organization for Standardization)
LMM	Lasermodulehersteller (en: laser module manufacturer)
MTBF	Mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen (en: mean time before failure)
NSI	Nationale Überwachungsstelle (en: national supervising inspectorate)
OA	Lichtwellenleiter-Verstärker (en: optical amplifier)
OAR	Optisch verstärkter Empfänger (en: optically amplified receiver)
OAT	Optisch verstärkter Sender (en: optically amplified transmitter)
OFA	Optischer Lichtwellenleiterverstärker (en: optical fibre amplifier)
OFAM	Hersteller eines optischen Lichtwellenleiterverstärkers (en: optical fibre amplifier manufacturer)
PDFF	Praseodym-dotierter Fluoridlichtwellenleiter (en: praseodymium doped fluoride fibre)
QA	Qualitätsanerkennung (en: quality approval)
QIP	Qualitätsverbesserungsprogramm (en: quality improvement programme)
RGA	Restgasanalyse (en: residual gas analysis)
RH	relative (Luft-)Feuchte (en: relative humidity)
SO	Systembetreiber (en: system operator)
SOL	Lebensdauerbeginn (en: start of life)
SS	Systemlieferant (en: system supplier)
TA	Technologiezulassung (en: technology approval)
TDFP	Thulium-dotierter Fluoridlichtwellenleiter (en: thulium doped fluoride fibre)
UCL	Oberes Vertrauensniveau (en: upper confidence level)

4 Anforderungen an die Zuverlässigkeit

4.1 Nachweis der Produktqualität

Diese Internationale Norm gibt (sofern in einer Bauartspezifikation gefordert) die verbindlichen Mindestanforderungen zur Bewertung der Zuverlässigkeit einer OFA-Baugruppe oder eines OFA-Untersystems an und ist als Teil der gesamten OFA-Zuverlässigkeitsqualifikation und des Qualitätssicherungsverfahrens vorgesehen, welcher vom OFAM angewendet wird.

Darüber hinaus gibt sie Anleitung für Qualitätssicherungsverfahren, welche angewendet werden von:

- dem Systemlieferanten,
- dem Systembetreiber,

und über die Rückmeldung aus dem Betriebsverhalten im praktischen Einsatz, welche (wie in der Bauartspezifikation angegeben) vom Systembetreiber an den OFA-Hersteller und Systemlieferanten gegeben wird.

Der OFA-Hersteller muss nachweisen können:

- einen dokumentierten und auditierten Fertigungsprozess, einschließlich der Zuverlässigkeitsanerkennung der beschafften Bauelemente nach ISO 9000;
- ein Programm für die Anerkennung des Betriebsverhaltens, einschließlich beispielsweise beschleunigten Lebensdauerprüfungen, Voralterung und Sortierung von Bauteilen und OFA-Baugruppen und -Untersystemen;
- ein Aktualisierungsprogramm für die Zuverlässigkeitsanerkennung zur Sicherung der Gleichmäßigkeit des Zuverlässigkeitsverhaltens;
- ein Verfahren zur Sicherung entsprechender Rückmeldungen zu Zuverlässigkeitsthemen an die Entwicklung und Fertigung.

Dies kann durch Mittel der Zulassung der Zuverlässigkeitsanerkennung von Produkten, der Technologiezulassung (en: Technology Approval – TA) oder Befähigungsanerkennung (en: Capability Approval – CA) des Fertigungsprozesses erreicht werden.

ANMERKUNG Ein ausführliches Zuverlässigkeitssicherungsprogramm ist üblicherweise wesentlich komplexer und überschreitet den Anwendungsbereich dieser Internationalen Norm (siehe z. B. Abschnitt 5 und die Normenreihe ISO 9000).

4.2 Prüfverantwortlichkeiten

4.2.1 Allgemeines

Der OFA-Hersteller ist verantwortlich für die Zuverlässigkeitsprüfungen.

Die in den Tabellen 1 bis 4 aufgeführten Prüfverfahren sind entweder vom OFA-Hersteller oder den Bauteillieferanten (CS) durchzuführen. Zusätzliche Prüfungen dürfen in der Bauartspezifikation festgelegt sein.

4.2.2 Für den OFA-Kunden (Systemlieferanten) geltende Empfehlungen (SS)

Dem Systemlieferanten wird empfohlen, ein Verfahren zur Untersuchung und Nachprüfung der Ergebnisse einschließlich der Fehleranalyse durchzuführen. Dies umfasst ein unabhängiges Prüfverfahren für OFA-Baugruppen und -Untersysteme.

4.2.3 Für den Systembetreiber geltende Empfehlungen

Dem Systembetreiber wird empfohlen, ein Verfahren für die Überwachung und die Berichterstattung von Fehlerraten während des praktischen Einsatzes an den Systemlieferanten und den OFA-Hersteller mit hinreichender Ausführlichkeit zu führen, um alle notwendigen Korrekturmaßnahmen in einem frühen Stadium während der Lebensdauer des Produktes zu beginnen.

ANMERKUNG 1 Hersteller können während der Entwicklung zur Produktreife verschiedene Ansätze verfolgen (d. h. zu Konzepten für die Zuverlässigkeitsanerkennung), und Mitteleinschränkungen können als Vorgaben für die Prüfstrategien wirken.

ANMERKUNG 2 Alternative Prüfungen und Verfahren zu den festgelegten sind unter der Voraussetzung zulässig, dass OFA-Hersteller/Systemlieferant/Systembetreiber die Absicht nachweisen können, Endproduktausfälle und die zugehörigen Ausfallmechanismen zu beseitigen. Dies erfordert jedoch aussagekräftige Angaben, um die Einhaltung und den Nachweis der Gleichwertigkeit mit den in dieser Norm beschriebenen Prüfungen und Verfahren zu begründen.

4.3 Qualitätsverbesserungsprogramme (QIP)

Qualitätsverbesserungsprogramme (en: Quality Improvement Programme – QIP) müssen mit den Bauteilherstellern und den Kunden, also den Systembetreibern, Systemlieferanten, OFA-Herstellern aufgenommen werden, um Nichtübereinstimmungen (einschließlich Qualitäts- und Zuverlässigkeitsprobleme, die während der folgenden Einsatzdauer des optischen Verstärkers erkannt werden) anzusprechen. Die Korrektur von Nichtübereinstimmungen und die sich anschließenden Qualitätsverbesserungsprogramme sind eine erforderliche Strategie zur Verringerung der Zuverlässigkeitsrisiken. Die Durchführung von Qualitätsverbesserungsprogrammen sollte in den übergeordneten Dokumenten und der Befähigungsanerkennung der Qualitätsanerkennung (en: Quality Approval – QA) angegeben sein.

4.4 Prüfungen

4.4.1 Allgemeines

Eine OFA-Baugruppe oder ein -Untersystem ist eine Baueinheit aus unterschiedlichen Teilen und Bauteilen verschiedener Arten. Ein Hauptpunkt in der Zuverlässigkeit von OFA-Baugruppen oder -Untersystemen ist die Sicherung der Zuverlässigkeit jedes einzelnen Teiles und der angewendeten grundlegenden Fertigungsprozesse.

Diese Internationale Norm basiert auf der Annahme, dass die Zuverlässigkeit eines optischen Verstärkers mit hinreichendem Vertrauen aus den FIT-Werten seiner internen black boxes bestimmt werden kann, wenn der Montageprozess der Bestandteile qualifiziert wurde.

Die Verfahren zur Qualifizierung des Montageprozesses sind in 4.4.3 beschrieben.

Die Zuverlässigkeitsanerkennung wird mit dem in 4.4.4 beschriebenen Prüfverfahren bestätigt, welches an der OFA-Baugruppe oder dem -Untersystem als Ganzes durchgeführt wird.

Im Folgenden werden die Grundteile, aus denen ein OFA üblicherweise besteht (interne black boxes) aufgeführt:

- Passive optische Bauteile
- Optoelektronische Bauteile
- Dotierte Lichtwellenleiter und dotierte LWL-Module
- Optische Steckverbinder
- Elektronik
- Andere (sind festzulegen)

Der OFA-Hersteller muss die Anzahl und den Typ der internen black boxes, aus denen der OFA besteht, und die Fehlerraten (in FIT) für jeden Einzelnen davon angeben.

Die Fehlerrate des OFA muss, wie in 4.5.2 beschrieben, durch geeignete Kombination der FIT-Werte seiner internen Teile berechnet werden.

4.4.2 Zuverlässigkeitsanerkennung der Bauteile

Die Tabellen 1 und 2 geben den Mindestumfang der Prüfungen an, die an den verschiedenen Teilen, aus denen der OFA besteht, durchzuführen sind, um das angegebene Zuverlässigkeitsniveau zu garantieren. In Anhang A sind normative Verweisungen hinsichtlich der Prüfungen und Prüfbedingungen angegeben.

Tabelle 1 – Mindestumfang der Prüfungen für passive optische Bauteile, Pumplasermodule, Monitordiodenmodule und optische Steckverbinder

Prüfung	Passive optische Bauteile	Pumplasermodule	Monitordiodenmodule	Optische Steckverbinder
Temperaturlagerung (hoch/niedrig)	X	X	X	X
Temperaturwechsel	X	X	X	X
Feuchte Wärme	X	X	X	X
Schock	X	X	X	
Schwingen	X	X	X	
Faserzug	X	X	X	X
Seitlicher Zug	X	X	X	X
Hohe optische Leistung	X			
Elektrische Dauerprüfung		X		
Hochtemperatur-Rückwärtsvorspannung (HTRB)			X	
Verbindung				X
Dichtheit/RGA		X	X	
ESD		X	X	

Tabelle 2 – Mindestumfang der Prüfungen für dotierte Lichtwellenleiter

Prüfung
Zugfestigkeit
Alterung bei Wasserstofflagerung
Abstreifkraft der LWL-Beschichtung (nur bei nicht-hermetischen LWL)

In Anhang A ist zur Bezugnahme eine Reihe von Prüfbedingungen angegeben, die für die in den Tabellen 1 und 2 aufgeführten Prüfungen geeignet sind, um die Zuverlässigkeit der OFA-Bauteile (als black boxen betrachtet) zu bestimmen. Diese Prüfbedingungen geben die gängige Praxis bei der Fertigung für OFA an.

4.4.3 Zuverlässigkeitsanerkennung des OFA-Montageprozesses

Die Lichtwellenleiteranordnung und die Montage der optischen und elektrischen Bauteile sind sehr wichtige Aspekte bei der Bewertung der Zuverlässigkeit eines OFA. Im Speziellen ist der Lichtwellenleiter-Spleißprozess der kritischste Schritt im OFA-Montageprozess.

Der Spleißprozess muss entsprechend dem betreffenden Lichtwellenleiter-/Beschichtungsmaterial qualifiziert werden.

Tabelle 3 gibt die Prüfungen an, die für Spleiße gefordert sind.

Tabelle 3 – Geforderte Prüfungen für Spleiße

Prüfungen	Prüfbedingungen	IEC-Bezug
Lagerung bei hoher Temperatur	+85 °C 2 000 h	
Temperaturwechsel	−40/+85 °C 2 °C/min $Q = 100$ Zyklen $I = 500$ Zyklen	IEC 60068-2-14
Feuchte Wärme	40 °C 93 % relative Feuchte 500 h	IEC 60068-2-78
Schock	1 000 m/s ² 6 ms 6-mal/Achse	IEC 60068-2-27
Schwingen	10 Hz bis 2 000 Hz 1 00 m/s ² 5 Zyklen/Achse 15 min/Zyklus	IEC 60068-2-6
Zug	5 N 10 s	IEC 60068-2-21

Die Anzahl der Prüflinge ist zwischen Kunde und Lieferant entsprechend dem Vertrauensniveau und dem geforderten Zuverlässigkeitsniveau zu vereinbaren.

4.4.4 Zuverlässigkeitsanerkennung der OFA-Baugruppe oder des OFA-Untersystems

In Tabelle 4 wird ein Verfahren für die Zuverlässigkeitsanerkennung beschrieben, welches sich auf die komplette OFA-Baugruppe oder das OFA-Untersystem bezieht. Sie gibt den Mindestumfang der Prüfungen an, die an OFA-Baugruppen und -Untersystemen durchzuführen sind, um die Zuverlässigkeit sicherzustellen. Anhang A enthält normative Verweisungen zu den festgelegten Prüfungen und Prüfbedingungen.

Der Zweck der Prüfungen ist die Bewertung der Vorhersage der Ausfallrate des kompletten OFA entsprechend dem Verfahren nach 4.5.2.

Auf der Grundlage der für die Zuverlässigkeitsanerkennung geforderten Zuverlässigkeitsprüfungen für die internen black boxes des OFA ist die Prüflingsanzahl im Allgemeinen gering (zum Beispiel einige Prüflinge je Verstärkertyp).

In einigen speziellen Fällen (zum Beispiel bei nicht aus Quarzglas bestehenden OFAs) kann die Verwendung von Klebstoffen im OFA als kritischer Prozess angesehen werden und muss separat qualifiziert werden. In Abhängigkeit von der möglichen Funktion des Klebstoffes (mechanische Befestigung, Spleißschutz, Brechzahlanpassung usw.) müssen die verschiedenen Fehlermechanismen angesprochen und durch Zuverlässigkeitsdaten gestützt werden.

Tabelle 4 – Mindestumfang der geforderten Prüfungen an OFA-Baugruppen und OFA-Untersystemen (1 von 2)

Prüfung		Prüfbedingung	Prüfdauer	Prüflinge
Temperaturlagerung		$T_{\text{slg,min}}/T_{\text{slg,max}}$	72 h	3
Temperaturwechsel		$T_{\text{slg,min}}/T_{\text{slg,max}}$ > 1 °C/min	$Q = 100$ Zyklen $I = 500$ Zyklen	3
Feuchte Wärme		85 °C/85 % rel. Feuchte ^a 40 °C/93 % rel. Feuchte	$Q = 500$ h $I = 1\,000$ h	3
Mechanische Prüfungen	Schock - (≤ 0,225 Kg) ^b	3 000 m/s ² 3 ms Puls	5 Schocks pro Richtung, 6 Richtungen	3
		siehe Tabelle unten ^c	siehe Tabelle unten ^c	
	Schock- (> 0,225 Kg) ^b	5 00 m/s ² 11 ms Puls	5 Schocks pro Richtung, 6 Richtungen	3
		siehe Tabelle unten ^c	siehe Tabelle unten ^c	
	Schock - Schaltungs- packung / Blatt (en: blade) / Gestell (en: rack)	siehe Tabelle unten ^c	siehe Tabelle unten ^c	3
	Schwingen - (≤ 1 Kg) ^b	2 00 m/s ² , 20 Hz bis 2 000 Hz bis 20 Hz 3 Achsen, 4 Zyklen je Achse	4 Minuten / Zyklus	3
	Schwingen - (> 1 Kg) ^b	5 Hz bis 50 Hz, 15 m/s ² 50 Hz bis 500 Hz, 30 m/s ² 3 Achsen	0,1 Oktave / Minute 0,25 Oktave / Minute	3
	Schwingen - Schaltungs- packung / Blatt (en: blade) / Gestell (en: rack)	5 Hz bis 100 Hz bis 5 Hz 10 m/s ² 3 Achsen Baugruppe in Betrieb und überwacht	0,25 Oktave / Minute	3
Zug		5 N/10 N/100 N ^d		≥ 12
Dauerprüfung		$T_{\text{op,max}}/P_{\text{nom}}$	$Q = 2\,000$ h $I = 5\,000$ h	3

Tabelle 4 – Mindestumfang der geforderten Prüfungen an OFA-Baugruppen und OFA-Untersystemen (2 von 2)

Prüfung	Prüfbedingung	Prüfdauer	Prüflinge
Temperaturlagerung	$T_{\text{stg,min}}/T_{\text{stg,max}}$	72 h	3
Temperaturwechsel	$T_{\text{stg,min}}/T_{\text{stg,max}}$ > 1 °C/min	$Q = 100$ Zyklen $I = 500$ Zyklen	3
Feuchte Wärme	85 °C/85 % rel. Feuchte ^a 40 °C/93 % rel. Feuchte	$Q = 500$ h $I = 1\,000$ h	3

ANMERKUNG 1 Es sind keine Ausfälle zulässig. ANMERKUNG 2 Die Prüfungen können nacheinander oder gleichzeitig durchgeführt werden.

ANMERKUNG 3 Wenn die Lagerungstemperatur niedriger ist als die bei der Feuchteprüfung festgelegte Temperatur, ist eine weitere Prüfung bei $T_{\text{stg,max}}$ und einer relativen Feuchte ≥ 85 % durchzuführen.

ANMERKUNG 4 Wenn die maximale Lagerungstemperatur ähnlich der maximalen Betriebstemperatur ist, dann ist die Lagerungsprüfung bei $T_{\text{stg,max}}$ nicht erforderlich und wird durch die Dauerprüfung ersetzt. Die Dauerprüfung wird bei einem fest eingestellten Pumpstrom, Ausgangsleistung oder Pumpmonitorstrom durchgeführt (Nennwerte sind in der Bauartspezifikation angegeben). Um jeglichen Drift des Verstärkers zu überprüfen, können relevante Parameter [wie Ausgangsleistung, Pumpparameter (wenn zugänglich) usw.] während der Prüfung gemessen werden.

ANMERKUNG 5 In Anhang B dieses Dokuments ist eine Verweisung auf ein Prüfverfahren für den Temperaturwechsel angegeben.

ANMERKUNG 6

$T_{\text{stg,min}}$	Niedrigste Lagerungstemperatur des OFA;
$T_{\text{stg,max}}$	Höchste Lagerungstemperatur des OFA;
$T_{\text{op,max}}$	Höchste Betriebstemperatur des OFA;
P_{nom}	Nenn-Ausgangsleistung des OFA;

^a Feuchte Wärme: Die Prüfung mit feuchter Wärme bei 85 °C / 85 % relativer Feuchte wurde von einigen Herstellern befürwortet, weil sie durch Beobachtungen von Bedingungen innerhalb besonderer Umgebungen gerechtfertigt wird. Diese Prüfbedingungen können für OFAs angewendet werden, welche in sehr rauen Umgebungen eingesetzt sind. Anderenfalls darf die Prüfung mit feuchter Wärme bei 40 °C/93 % relativer Luftfeuchte angewendet werden.

^b Es kann entweder die kontrollierte Schockprüfung oder die Fallprüfung angewendet werden.

^c Mechanische Prüfung: Schock (Freier Fall, IEC 60068-2-27 und IEC 60068-2-32):

Masse (kg)	Fallhöhe (mm)
0 bis < 10	100
0 bis < 25	75

^c Prüfung des Pigtails (Zugprüfung) [die erste Zahl in jeder Zeile ist der Außendurchmesser der ummantelten Faser oder des Faserkabels, für die bzw. das die festgelegten Prüfbedingungen gelten]

Kabelbefestigung (Zug):	2 mm: 20 N bis 100 N, 3 Wiederholungen, Zugdauer 5 s 900 µm: 10 N, 3 Wiederholungen, Zugdauer 5 s 250 µm: 5 N, 3 Wiederholungen, Zugdauer 5 s	IEC 61300-2-4
-------------------------	---	---------------

Es ist von Bedeutung, dass die bewerteten OFA-Baugruppen oder -Untersysteme insgesamt für die Standardfertigung repräsentativ sein müssen und alle Fertigungsverfahren und/oder festgelegten Vor-
alterungs- oder Sortiervverfahren durchlaufen haben (soweit in der Bauartspezifikation anwendbar).

Nicht in dem vorliegenden Dokument angegebene Aspekte der Prüfbedingungen werden in der betreffenden Bauartspezifikation angegeben.

4.4.5 Strukturelle Ähnlichkeit

Wo eine Familie von optischen Verstärkermodulen von einem OFA-Hersteller gefertigt wird, können einige wesentliche strukturelle Ähnlichkeiten zwischen den verschiedenen Typen bestehen. Eine Kombination der Ergebnisse aus verschiedenen Prüfprogrammen ist daher, sofern geeignet, zulässig.

Es sollte beachtet werden, dass kleinere Unterschiede in Technologie oder Verarbeitung einen großen Einfluss auf die Zuverlässigkeit haben können, auch wenn dies während der Qualitätsbewertung nicht sichtbar ist.

Ein Nachweis sollte vorgelegt werden, der zeigt, dass alle Ergebnisse direkt relevant sind.

4.5 Prüfverfahren

4.5.1 Analyse der Zuverlässigkeitsergebnisse

Der OFA-Kunde/SS muss ein Verfahren zur Analyse und Nachprüfung der Zuverlässigkeitsangaben des OFA-Herstellers haben. Im Besonderen sollte das Prüfverfahren die Analyse einschließen von:

- Lebensdauerprüfdaten des vollständigen LWL-Verstärkermoduls;
- Lebensdauerprüfdaten der internen Bauteile;
- Ergebnisse der Umweltprüfungen;
- Daten und Prüfergebnisse für einschlägige befähigungsqualifizierende Bauteile, sofern zweckmäßig.

Die Ergebnisanalyse führt zu einem Bericht über die Zuverlässigkeitsparameter des OFA für jeden Baugruppen- oder Untersystemtyp. Die minimalen Zuverlässigkeitsparameter müssen wie in Tabelle 5 dargestellt sein.

4.5.2 Zuverlässigkeitsberechnungen

Vom OFA-Hersteller wird eine Zuverlässigkeitsvorhersage für die vollständige OFA-Baugruppe oder das -Untersystem zur Verfügung gestellt, die auf den Ausfallraten (in FIT) der internen black boxes, die den OFA bilden, beruht.

Die Ausfallraten der internen black boxes müssen vom OFA-Hersteller unter Berücksichtigung der Grundwerte angegeben werden, die aus den gesammelten Bauteilstunden zu bilden sind und von den verschiedenen Bauteilen einschließlich des Verstärkers abgeleitet werden. Die Berechnungen für jede interne black box müssen auf den derzeitigen Normen für die Zuverlässigkeitsberechnungen beruhen.

Die Zuverlässigkeitsberechnungen werden auch die Verschleißfehler beinhalten, welche hauptsächlich das Pumpplasermodul für den LWL-Verstärker betreffen. Die für jede interne black box angegebenen FIT-Zahlen müssen alle erwarteten Ausfallmechanismen berücksichtigen.

Die FIT-Zahlen der internen black boxes müssen verknüpft sein, um die Ausfallrate des OFA wie in Tabelle 5 erläutert zu ergeben.