

Lasermodule für Telekommunikationsanwendungen

Zuverlässigkeitsbewertung
(IEC 61751 : 1998)
Deutsche Fassung EN 61751 : 1998

DIN
EN 61751

Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm **IEC 61751**

ICS 31.260

Deskriptoren: Telekommunikation, Lasermodul, Zuverlässigkeit, elektronisches Bauelement

Laser modules used for telecommunication – Reliability assessment (IEC 61751 : 1998);
German version EN 61751 : 1998

Modules laser utilisés pour les télécommunications – Evaluation de la fiabilité (CEI 61751 : 1998);
Version allemande EN 61751 : 1998

Die Europäische Norm EN 61751 : 1998 hat den Status einer Deutschen Norm.

Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 47C/85/CD : 1995-04.

Nationales Vorwort

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 412 „Kommunikationskabel (Kabel, Leitungen, Wellenleiter, Lichtwellenleiter, Komponenten, Zubehör und Anlagentechnik für die Nachrichten- und Informationsübertragung)“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, 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 ist nachstehend wiedergegeben. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

IEC hat 1997 die Benummerung der IEC-Publikationen geändert. Zu den bisher verwendeten Normnummern wird jeweils 60000 addiert. So ist zum Beispiel aus IEC 68 nun IEC 60068 geworden.

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm
EN 60068-2-1 : 1993 EN 60068-2-1/A1 : 1993 EN 60068-2-1/A2 : 1994	IEC 60068-2-1 : 1990 A1 : 1993 A2 : 1994	DIN EN 60068-2-1 : 1995-03
HD 323.2.14 S2 : 1987	IEC 60068-2-14 : 1984	DIN IEC 60068-2-14 : 1987-06
–	IEC 60747-1 : 1983 A3 : 1996	DIN IEC 60747-1 : 1987-03
–	IEC 60747-12-2 : 1995	–
–	IEC 60749 : 1996	–
Normen der Reihe EN ISO 9000	Normen der Reihe ISO 9000	DIN EN ISO 9000-1 : 1994-08 Normen der Reihe DIN ISO 9000

Fortsetzung Seite 2
und 24 Seiten EN

Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60068-2-1

Umweltprüfungen – Teil 2: Prüfungen; Prüfgruppe A: Kälte (IEC 60068-2-1 : 1990 + A1 : 1993 + A2 : 1994); Deutsche Fassung EN 60068-2-1 : 1993 + A1 : 1993 + A2 : 1994

DIN EN ISO 9000-1

Normen zum Qualitätsmanagement und zur Qualitätssicherung/QM-Darlegung – Teil 1: Leitfaden zur Auswahl und Anwendung (ISO 9000-1 : 1994); Dreisprachige Fassung EN ISO 9000-1 : 1994

DIN IEC 60068-2-14

Elektrotechnik; Grundlegende Umweltprüfverfahren; Prüfungen; Prüfgruppe N: Temperaturwechsel; Identisch mit IEC 60068-2-14, Ausgabe 1984 (Stand 1986)

DIN IEC 60747-1

Halbleiterbauelemente; Einzel-Halbleiterbauelemente und Integrierte Schaltungen; Allgemeines; Identisch mit IEC 60747-1, Ausgabe 1983

DIN ISO 9000

Qualitätsmanagement- und Qualitätssicherungsnormen

ICS 31.260

Deskriptoren: Lasermodule, Telekommunikationstechnik, Zuverlässigkeit

Deutsche Fassung

**Lasermodule für Telekommunikationsanwendungen
Zuverlässigkeitsbewertung
(IEC 61751 : 1998)**

Laser modules used for telecommunication – Reliability
assessment (IEC 61751 : 1998)

Modules laser utilisés pour les télécommunications –
Evaluation de la fiabilité (CEI 61751 : 1998)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 1. April 1998 angenommen.

Die CENELEC-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 Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR ELEKTROTECHNISCHE NORMUNG
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 86/115/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 61751, ausgearbeitet von dem SC 47C „Opto-electronic, display and imaging devices“ des IEC TC 47 „Semiconductor devices“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 1998-10-04 als EN 61751 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muß (dop): 1999-01-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2001-01-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt.

Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm sind die Anhänge A und ZA normativ, und Anhang B ist informativ.

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61751 : 1998 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite		Seite
Einleitung	2	Anhang B (informativ) Anleitung	13
1 Anwendungsbereich	2	Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	24
2 Normative Verweisungen	3	Bild A.1a: Knicke in der Strahlungsleistung-Strom-Kurve (L/I -Kurve)	10
3 Begriffe	3	Bild A.1b: Spontanabweichung der Strahlungsleistung	10
4 Laserzuverlässigkeits- und Qualitätssicherungsverfahren	3	Bild A.1: Nichtlinearitäten in den Laserstromkennwerten	10
4.1 Nachweis der Produktqualität	3	Bild A.2: „Badewannen“-Kurve der Ausfallrate	10
4.2 Prüfverantwortlichkeiten	3	Bild A.3: Beispiel für eine Ausfallsummenkurve mit einer Lognormalverteilung der Laser-ausfallrate	11
4.3 Programme zur Qualitätsverbesserung (QIPs)	4	Bild A.4: Berechnete Ausfallraten für Bauelemente mit einer Lognormalverteilung der Lebensdauer, einer mittleren Lebensdauer von 10^6 h und einer Streuung im Bereich von 0,5 bis 2,0 ..	11
5 Prüfungen	4	Bild A.5: Querschnitt durch ein typisches Laser-Modul, das die wichtigsten Bauelemente zeigt ...	12
5.1 Strukturelle Ähnlichkeit	4	Bild A.6: Querschnitt durch einen typischen vergrabenen Heterostrukturlaser (Seite der Bondverbindung nach oben)	12
5.2 Einbrennen und Sortierung (wenn in der DS zutreffend)	4		
6 Tätigkeiten	7		
6.1 Analyse der Zuverlässigkeitsergebnisse	7		
6.2 Technische Kontrollen der LMMs	7		
6.3 Änderungen in der Ausführung/im Verfahren	7		
6.4 Lieferungen	7		
6.5 Dokumentation des Lieferanten	7		
Anhang A (normativ) Ausfallmechanismen von Laserdioden und Laser-Modulen	8		

Einleitung

Lasermodule nach dieser Internationalen Norm werden von einem Systemlieferanten (SS, System Supplier) in einem Gerät eingekauft, das an einen Systembetreiber (SO, System Operator), d. h. einen nationalen PTT-Netzbetreiber, geliefert/verkauft wird (siehe Definition in Abschnitt 3).

Für den Systembetreiber als informierter Käufer ist eine Kenntnis der möglichen Risiken, die durch die Verwendung von kritischen Bauelementen entstehen, notwendig.

Die Technologie optoelektronischer Bauelemente entwickelt sich weiter. Folglich wurden während der Entwicklungsphasen der Produkte viele Ausfallmechanismen in Laser-Modulen nachgewiesen. Diese Ausfallmechanismen können, wenn sie nicht festgestellt werden, sehr kurze Lebensdauern in der Systemverwendung ergeben.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm behandelt die Zuverlässigkeitsbewertung von Laser-Modulen, die für die Telekommunikation verwendet werden.

Das Ziel dieser Norm ist es:

- ein Normverfahren für die Bewertung der Zuverlässigkeit von Laser-Modulen zu erstellen, um Risiken auf ein Minimum herabzusetzen und die Produktentwicklung und Produktzuverlässigkeit zu fördern;

- Mittel zur Verfügung zu stellen, mit denen die Verteilung von Ausfällen über die Zeit bestimmt werden kann. Dies sollte die Bestimmung von Ausfallraten der Geräte für festgelegte Lebenserwartungskriterien ermöglichen.

Zusätzlich werden Anleitungen gegeben für:

- die Prüfungen, die ein Systemlieferant vor der Beschaffung eines Laser-Moduls von einem Hersteller von Laser-Modulen sicherstellen sollte;
- eine Reihe von Tätigkeiten, die von einem Systemlieferanten erwartet werden, um den Zuverlässigkeitsanspruch eines Herstellers von Laser-Modulen zu überprüfen.

Weitere Einzelheiten, die die Grundlagen betreffen, sind in den Anhängen A und B angegeben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Normen enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil der vorliegenden Internationalen Norm sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung, und Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf dieser Internationalen Norm basieren, werden gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, ob die jeweils neuesten Ausgaben der im folgenden genannten Normen angewendet werden können. Die Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

IEC 60068-2-1 : 1990

Environmental testing – Part 2: Tests. Test A: Cold

IEC 60068-2-14 : 1984

Environmental testing – Part 2: Tests. Test N: Change of temperature

IEC 60747-1 : 1996

Semiconductor devices – Discrete devices and integrated circuits – Part 1: General; Amendment 3 (1996)

IEC 60747-12-2 : 1995

Semiconductor devices – Part 12: Optoelectronic devices – Section 2: Blank detail specification for laser diode modules with pigtail for fibre optic systems and subsystems

IEC 60749 : 1996

Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods

ISO 9000

Quality management and quality assurance standards

MIL-STD-883 : 1985

Test methods and Procedures for Microelectronics

3 Begriffe

Für diese Internationale Norm gelten die folgenden Definitionen:

Laser-Modul

Eine verkapselte Baueinheit, die eine Laserdiode und eine Photodiode enthält.

ANMERKUNG: Das Modul darf auch eine Kühlvorrichtung und einen Temperaturfühler enthalten, um eine Regelung und eine Modulation der Lasertemperatur zu ermöglichen. Die optische Ausgabe erfolgt üblicherweise über eine Anschlußfaser eines Lichtwellenleiters.

Träger

Ein Substrat, auf das eine Laserdiode oder eine Photodiode für den Einbau in ein Laser-Modul montiert werden kann.

ANMERKUNG: Bauelemente und Träger werden auch einer Qualifikationsprüfung unterzogen.

Hersteller des Laser-Moduls (LMM)

Ein Hersteller von Laser-Modulen, der Bauelemente liefert, die die Anforderungen der DS und die Zuverlässigkeitsanforderungen des Käufers erfüllen.

Systemlieferant (SS)

Ein Hersteller von Einrichtungen für die Telekommunikation/Datenübertragung, die optoelektronische Halbleiterlaser enthalten, d.h. ein Käufer von Laser-Modulen.

Systembetreiber (SO)

Ein Netzbetreiber von Einrichtungen für die Telekommunikation/Datenübertragung, die optoelektronische Halbleiterlaser im Übertragungsweg enthalten.

ANMERKUNG: Das System kann auch Teil von anderen, ausgedehnteren Systemen sein, z. B. von Telekommunikation, Eisenbahnnetzen, Straßenfahrzeugen, Luft- und Raumtechnik oder Waffen.

Prüfmuster für die Befähigungsanerkennung (CQC)

Ausgewählte Bauelemente für die Darstellung kritischer Stufen des Verfahrens und von Grenz- oder Randkennwerten der mechanischen oder elektro-optischen Ausführung.

Solche Bauelemente sollten eine Hilfe beim Nachweis von Ausfallmechanismen des Endproduktes sein, um die Bestimmung von Aktivierungsenergien zu ermöglichen.

4 Laserzuverlässigkeits- und Qualitätssicherungsverfahren

4.1 Nachweis der Produktqualität

Diese Norm (wenn in der Bauartspezifikation (DS) gefordert) gibt die Mindestanforderung an und ist Teil eines vollständigen Laserzuverlässigkeits- und Qualitätssicherungsverfahrens, das vom Hersteller von Laser-Modulen übernommen wurde.

Sie gibt Anleitung für die Tätigkeiten von Systemlieferant und Systembetreiber sowie Rückmeldung von Funktionsausfall an den Hersteller von Laser-Modulen und den Systemlieferanten.

Der Hersteller von Laser-Modulen muß durch die Möglichkeit der Bauartanerkennung von Bauelementen, der Technikanerkennung oder der Befähigungsanerkennung des Herstellungsverfahrens in der Lage sein nachzuweisen:

- a) ein dokumentiertes und auditiertes Herstellungsverfahren, einschließlich der Qualifikation der gekauften Bauelemente, nach ISO 9000;
- b) ein Programm zur Qualifikation des Betriebsverhaltens, einschließlich zum Beispiel der beschleunigten Lebensdauerprüfung, des Einbrennens und der Sortierung von Bauelementen und Modulen;
- c) ein Programm zur Aufrechterhaltung der Befähigung, um die Beständigkeit des Zuverlässigkeitsverhaltens sicherzustellen;
- d) ein Verfahren zur Rückführung von Zuverlässigkeitsproblemen zu Entwicklung und Produktion.

Zusätzlich gibt es viele Elemente, die ein umfassendes Programm zur Sicherung der Zuverlässigkeit zusammenstellen (siehe Anhang B).

4.2 Prüfverantwortlichkeiten

Die Prüfungen, die in den Tabellen 1a und 1b ausführlich aufgeführt sind, sind vom Hersteller von Laser-Modulen und Bauelementelieferanten (soweit anwendbar) auszuführen. Zusätzliche Prüfungen dürfen in der DS festgelegt werden.

4.2.1 Empfehlung (anwendbar für Käufer von Lasern/ Systemlieferanten)

Der Systemlieferant sollte ein Programm besitzen, um die Ergebnisse, einschließlich der Ausfallanalyse, zu analysieren und zu überprüfen. Dieses Programm schließt eine un-

abhängige Lebensdauerprüfung von vollständig verkapp-
ten Laser-Modulen ein, siehe Tabelle 1b, Prüfung 2 und/
oder Prüfung 3 und/oder Prüfung 5 (Stichprobengröße > 10
je Prüfung).

4.2.2 Empfehlung (anwendbar für Systembetreiber)

Der Systembetreiber sollte ein Programm zur Überwa-
chung und Aufzeichnung von Feldausfallraten mit genü-
gend Einzelheiten besitzen, um dem Systemlieferanten und
dem Hersteller von Laser-Modulen zu ermöglichen, alle
notwendigen korrigierende Tätigkeiten auf einer frühen
Stufe in der Lebensdauer eines Produktes einzuleiten.

Lieferanten dürfen verschiedene Ansprüche (d. h. hinsicht-
lich der Zuverlässigkeitskonzeption) bis zur Produktreife
haben, und die begrenzten Mittel dürfen die Prüfstrategien
bestimmen.

Alternative Prüfungen und Tätigkeiten zu den festgelegten
sind zugelassen, vorausgesetzt, die LMM/SS/SO können
die Absicht nachweisen, Ausfälle am Endprodukt und die
damit verbundenen Ausfallmechanismen zu beseitigen.
Dies erfordert jedoch wichtige Daten, um das Einverständ-
nis zu untermauern.

4.3 Programme zur Qualitätsverbesserung (QIPs)

Programme zur Qualitätsverbesserung (QIPs) müssen mit
Bauementelieferanten und Käufern (SO, SS und LMM)
aufgenommen werden, um sich der Nichtübereinstimmung
zuzuwenden (einschließlich Qualitäts- und Zuverlässigkeits-
problemen, die während der nachfolgenden Betriebs-
lebensdauer des Lasers nachgewiesen werden). Die
Korrektur von Nichtübereinstimmungen und der nachfol-
genden QIPs sind eine erforderliche Strategie, um die
Zuverlässigkeitsrisiken auf ein Minimum herabzusetzen.
Der Ablauf von QIPs sollte in Bauartanerkenntnis-
(QA)Fachgrunddokumenten und Befähigungsanerkenntnis-
dokumenten angegeben werden.

5 Prüfungen

Die in den Tabellen 1a und 1b beschriebenen Prüfungen
werden ausgeführt, um die Hauptausfallmechanismen, die
als Zuverlässigkeitsgefahren in Laser-Modulen bekannt
sind, zu beschleunigen (siehe Anhang B). Soweit zutref-
fend, muß das CQC die Absicht nachweisen, Ausfall-
mechanismen des Endproduktes zu vermindern. Die
Validierung des Endproduktes ist erforderlich, um nachzu-
weisen, daß CQCs an den Grenzen des Verfahrens oder der

Technologie betrieben werden. Diese Prüfungen vermin-
dern das Risiko, daß unzuverlässige Bauelemente in die
Systemverwendung eindringen, und ermöglichen auszu-
führende Schätzungen der Verteilung der Lebensdauern
von Lasern und folglich von Ausfallraten von Lasern.

Die Stichprobengröße und das Prüfniveau dürfen abhängig
vom Geschäftsumfang zwischen dem Käufer der Laser/
Systemlieferanten (SS) und dem Hersteller von Laser-Mo-
dulen (LMM) veränderlich sein. Diese Angaben sind, soweit
zutreffend, im Bauartanerkenntnis-(QA)Dokument und in
der DS angegeben.

ANMERKUNG: Es ist erforderlich, daß die bewerteten Laser
vollständig repräsentativ für die Standardproduktion
der Bauelemente sind, und daß sie alle Produktions-
verfahren und/oder festgelegte (soweit in der DS zutref-
fend) Einbrenn- und Sortierverfahren durchlaufen ha-
ben.

Tabelle 1a – Anfangsqualifikation

Diese Prüfungen werden üblicherweise vom Hersteller der
Laser als Teil eines Anfangsqualifikationsprogramms
durchgeführt.

Tabelle 1b – Aufrechterhaltung der Qualifikation

Diese Prüfungen umfassen eine regelmäßig auftretende
Überwachung, die an produzierten Bauelementen durch-
geführt wird, um sicherzustellen, daß das Qualitäts- und
Zuverlässigkeitsverhalten, das während der Anfangs-
qualifikation ermittelt wurde, aufrechterhalten oder verbes-
sert wird.

5.1 Strukturelle Ähnlichkeit

Wenn von einem Hersteller von Lasern (LMM) eine Reihe
von Laser-Modulen hergestellt wird, kann eine bedeutende
strukturelle Ähnlichkeit zwischen verschiedenen Typvor-
schriften bestehen. Deshalb ist eine Kombination von Er-
gebnissen aus unterschiedlichen Prüfprogrammen, soweit
zutreffend, zulässig.

Es sollte die Tatsache beachtet werden, daß kleine Unter-
schiede in der Technologie oder der Verarbeitung große
Auswirkungen auf die Zuverlässigkeit haben können, ob-
wohl das bei der Qualitätsbewertung nicht offensichtlich ist.

Es muß ein Nachweis geführt werden, der aufzeigt, daß alle
Ergebnisse direkt zutreffend sind.

5.2 Einbrennen und Sortierung (wenn in der DS zutreffend)

Siehe B.1.13 in Anhang B.

Tabelle 1: Qualifikationsprüfungen

Tabelle 1a: Anfangsqualifikation (wegen der Symbole siehe Anmerkungen)

Prüfungs-Nr	Prüfung	IEC- Referenzen	Bedingungen	n
1	Anfangslebensdauerprüfungen von:			
1.1	a) Modul mit thermo- elektrischer Kühlvorrichtung	60747-12-2, Abschnitt 8	Φ_e festgelegt, konstante Leistung Temperatur: $T_c = T_{op\ max}$ $T_s = T_{s\ nom}$ Dauer**: 5 000 h	25
1.2	b) Modul ohne thermo- elektrische Kühlvorrichtung	60747-12-2, Abschnitt 8	Φ_e festgelegt, konstante Leistung Temperatur: $T_c = T_{op\ max}$ Dauer**: 5 000 h	25
ANMERKUNG: Ergebnisse der obigen Prüfungen sind von einem Käufer von Lasern/Systemlieferanten (SS) an vollständig verkappten Modulen entsprechend Tabelle 1b, Prüfung 2 und/oder Prüfung 3 (Stichprobengröße ≥ 10 je Prüfung) zu ergänzen, siehe auch 4.2.				
(fortgesetzt)				

Tabelle 1a (abgeschlossen)

Prüfungs-Nr	Prüfung	IEC-Referenzen	Bedingungen	n
1.3	Laserdiode (Träger)	60747-12-2, Abschnitt 8	Temperatur: mindestens zwei Prüf-temperaturen: Φ_e festgelegt, konstante Leistung $T_{s1} = T_{s \max}$ $T_{s2} = < T_{s1} - 20 \text{ °C}$ Dauer: > 5 000 h	200 siehe DS siehe DS
1.3.1 1.3.2				
1.4	Photodiode (in repräsentativer Verkappung)	60747-12-2, Abschnitt 8	Temperatur: mindestens zwei Prüf-temperaturen: V_r oder I_r festgelegt $T_{s1} = 125 \text{ °C min}^*$ $T_{s2} = < (T_{s1} - 30 \text{ °C})$ Dauer: > 1 000 h	200 siehe DS siehe DS
1.4.1 1.4.2				
1.5	Lagerung der thermoelektrische Kühlvorrichtung bei hoher Temperatur		$T = T_{\text{stg max}}$ der Kühlvorrichtung Dauer: 1 000 h siehe Tabellen B.1 und B.7	25
1.5.1	Leistungswechselprüfungen gekühlte Bauelemente		Zyklusanzahl: 20 K $T_c = T_{\text{op max}}$ $T_s = T_c \text{ bis } (T_c - \Delta T_{\text{max}})$	
1.6	Lagerung des Wärmefühlers bei hoher Temperatur		$T = T_{\text{stg max}}$ des Wärmefühlers siehe Tabellen B.1 und B.7	25
1.8	Faserüberlastungsprüfung	60749, Kapitel 3	Überlastungsprüfung Dauer kleinster Biegeradius	siehe DS siehe DS siehe DS
1.9	Fasererhaltung		Kraft = 10 N min	10
3	Schnelle Temperaturänderung	60749, Kapitel 3	Temperatur: $T_A = T_{\text{stg min}}$ $T_B = T_{\text{stg max}}$ Zyklusanzahl = 50 Zyklusanzahl = 500 siehe Anmerkungen	10
	Dichtheit	Prüfung Qk gefolgt von Prüfung Qc		
4	Schwingen und Schocken	60749, Kapitel 2	siehe DS	10
5	Lagerung bei hoher Temperatur (nicht anwendbar, wenn die Lebensdauerprüfung des Moduls bei gleicher Gehäusetemperatur und Trägertemperatur durchgeführt wird)	60749, Kapitel 3	Temperatur: $T = T_{\text{stg max}}$ Dauer: > 2 000 h siehe Tabelle B.9	10
6	ESDS, Module a) Laser b) Photodioden	60747-1, Änderung 3 gleichwertig	siehe B.1.11 siehe B.1.11	5 je Wafer
7	Restgasanalyse		siehe B.1.12	6
8	Lagerung bei niedriger Temperatur	60068-2-1	$T = T_{\text{stg min}}$ Dauer: > 1 000 h siehe B.1.4	10
* Oder wie durch die Technologie begrenzt. ** Die erhaltenen Daten über die Verteilung bis zum Ende der Lebensdauer sind mit ausreichender Genauigkeit zu akkumulieren. Eine vorläufige Anerkennung für die Produktfreigabe ist bei 2 000 h zu erwarten. Es wird auch empfohlen, die Prüfung so lange fortzusetzen, bis eine genaue Extrapolation der Lebensdauer möglich ist, wobei die Obergrenze bei 10 000 h liegt. Für eine genaue Vorhersage der Lebensdauer kann eine Dauer bis 5 000 h erforderlich sein.				

Tabelle 1b: Aufrechterhaltung der Qualifikation

Prüfungs-Nr	Prüfung	IEC-Referenzen	Bedingungen	<i>n</i>	<i>p</i>
2	Laufende Zuverlässigkeitsprüfung a) Modul (gekühlt) b) Modul (ungekühlt) c) Laserdioden (Träger) d) Photodiode	60747-12-2, Abschnitt 8	Periodische Prüfung: Prüfung 1.1 Prüfung 1.2 Prüfung 1.3 Prüfung 1.4	siehe Anmerkungen 10 10 25* 25*	6
ANMERKUNG: Ergebnisse der obigen Prüfungen sind von einem Käufer von Lasern/Systemlieferanten (SS) an vollständig verpackten Modulen entsprechend Tabelle 1b, Prüfung 2 und/oder Prüfung 3 und/oder Prüfung 5 (Stichprobengröße ≥ 10 je Prüfung) zu ergänzen. Siehe auch 4.2.					
3	Temperaturwechsel Dichtheit	60749, Kapitel 3 Prüfung Qk gefolgt von Prüfung Qc	Temperatur: $T_A = T_{\text{stg min}}$ $T_B = T_{\text{stg max}}$ Periodische Prüfung: Zyklusanzahl = 200 (siehe Anmerkungen)	10	6
4	Schwingen und Schocken	60749, Kapitel 2	siehe DS Periodische Prüfung: siehe Anmerkungen	10	12
5	Lagerung bei hoher Temperatur (nicht anwendbar, wenn die Lebensdauerprüfung des Moduls bei gleicher Gehäusetemperatur und Trägertemperatur durch- geführt wird)	60749, Kapitel 3	Temperatur: $T = T_{\text{Astg max}}$ Dauer: > 2 000 h Periodische Prüfung: siehe Anmerkungen und B.2, Tabelle B.9	10	12
6	ESDS, Module a) Laser b) Photodioden	60747-1, Änderung 3 MIL-STD-883, Method 3015	Periodische Prüfung: siehe Anmerkungen und B.1.11	5 je Wafer	
7	Restgasanalyse		Periodische Prüfung: siehe Anmerkungen und B.1.12	siehe DS	6
* Aus verschiedenen Wafern.					

Anmerkungen und Symbole in den Tabellen 1a und 1b:

T_A	Kleinste Lagerungstemperatur
T_B	Höchste Lagerungstemperatur
T_c	Gehäusetemperatur des Moduls
T_s	Trägertemperatur
$T_{s \text{ nom}}$	Empfohlene Trägertemperatur
$T_{\text{op min}}$	Kleinste Betriebstemperatur des Moduls
$T_{\text{op max}}$	Höchste Betriebstemperatur des Moduls
$T_{\text{stg min}}$	Kleinste Lagerungstemperatur des Moduls
$T_{\text{stg max}}$	Höchste Lagerungstemperatur des Moduls
<i>p</i>	Periodizität (in Monaten)
<i>n</i>	Stichprobengröße