

DIN EN 62572-3

ICS 31.260; 33.180.30

Einsprüche bis 2013-06-15
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 62572-3:2012-07**Entwurf****Aktive Lichtwellenleiterbauelemente und -geräte –
Zuverlässigkeitsnormen –
Teil 3: Lasermodule für Telekommunikationsanwendungen
(IEC 86C/1113/CD:2013)**

Fibre optic active components and devices –
Reliability standards –
Part 3: Laser modules used for telecommunication
(IEC 86C/1113/CD:2013)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2013-04-15 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 36 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe und Symbole	6
3.1 Begriffe	6
3.2 Symbole	7
4 Laserzuverlässigkeits- und Qualitätssicherungsverfahren	8
4.1 Nachweis der Produktqualität	8
4.2 Prüfverantwortlichkeiten	8
4.3 Programme zur Qualitätsverbesserung	9
5 Prüfungen	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Strukturelle Ähnlichkeit	9
5.3 Einbrennen und Vorsortieren (wenn in der Spezifikation vorgeschrieben)	10
6 Tätigkeiten	13
6.1 Analyse der Zuverlässigkeitsergebnisse	13
6.2 Technische Kontrollen der LMMs	14
6.3 Änderungen in der Ausführung/im Verfahren	14
6.4 Lieferungen	14
6.5 Dokumentation des Lieferanten	15
Anhang A (informativ) Leitlinien für die Prüfung nach Tabelle 1 und Tabelle 2	16
A.1 Lebensdauerprüfungen von Lasermodulen mit thermoelektrischen Kühlvorrichtungen (z. B. Peltier, Prüfung 1.1, Tabelle 1)	16
A.2 Lebensdauerprüfungen von Lasermodulen – ungekühlte Module (Prüfung 1.2, Tabelle 1)	16
A.3 Lebensdauerprüfung von Laserdioden auf Unterbaugruppen (Prüfung 1.3, Tabelle 1)	17
A.4 Lebensdauerprüfungen der Monitor-Photodiode (Prüfung 1.4, Tabelle 1)	17
A.5 Temperaturwechsel und Wärmeschock (Prüfung 3, Tabelle 1, und Prüfung 2, Tabelle 2)	18
A.6 Hermetische Dichtheit (Prüfung 4, Tabelle 1, und Prüfung 3, Tabelle 2)	18
A.7 Schock- und Schwingprüfung (Prüfung 5, Tabelle 1, und Prüfung 4, Tabelle 2)	18
A.8 Lagerung bei hoher Temperatur (Prüfung 6, Tabelle 1, und Prüfung 5, Tabelle 2)	19
A.9 Empfindlichkeit gegen elektrostatische Entladungen (ESD) (Prüfung 7, Tabelle 1, und Prüfung 6, Tabelle 2)	19
A.10 Restgasanalyse (RGA) (Prüfung 8, Tabelle 1, und Prüfung 7, Tabelle 2)	19
Tabelle 1 – Anfangsqualifikation (1 von 3)	10
Tabelle 2 – Aufrechterhaltung der Qualifikation (1 von 2)	12
Tabelle 3 – Angenommene Zuverlässigkeitsparameter von Lasermodulen	14

Tabelle A.1 – Empfohlene Bedingungen für die Lebensdauerprüfung von Lasermodulen mit Peltier-Kühlvorrichtungen.....	16
Tabelle A.2 – Empfohlene Bedingungen für die Lebensdauerprüfung von ungekühlten Lasermodulen.....	17
Tabelle A.3 – Empfohlene Bedingungen für die Lebensdauerprüfung von Laserdioden	17
Tabelle A.4 – Empfohlene Bedingungen für die Lebensdauerprüfung von Photodioden	18

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 86C/1113/CD:2013 „Fibre optic active components and devices – Reliability standards – Part 3: Laser modules used for telecommunication“ (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 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 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.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 62572-3:2012-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Es wurden mehrere fehlerhafte Verweise korrigiert.

Einleitung

Die in dieser Internationalen Norm behandelten Lasermodule werden von Systemlieferanten (SS) zum Einbau in Geräte beschafft, die dann an einen Systembetreiber (SO) oder einen Netzbetreiber geliefert/verkauft werden (siehe Definitionen in Abschnitt 3).

Damit Systembetreiber als informierte Käufer agieren können, sind Kenntnisse der möglichen Risiken erforderlich, die durch die Verwendung von kritischen Bauteile entstehen.

Die Technologie optoelektronischer Bauelemente befindet sich in einer ständigen Weiterentwicklung. Folglich wurden in den Produktentwicklungsphasen schon viele Ausfallmechanismen in den Lasermodulen gefunden. Diese Ausfallmechanismen können, wenn sie unentdeckt bleiben, eine sehr kurze Laser-Lebensdauer in der Systemanwendung verursachen.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 62572 behandelt die Zuverlässigkeitsbewertung von Lasermodulen für Telekommunikationsanwendungen.

Das Ziel dieser Norm ist es:

- Normverfahren für die Bewertung der Zuverlässigkeit von Lasermodulen zu erarbeiten, damit die mit diesen Modulen verbundenen Risiken auf ein Minimum verringert und die Produktentwicklung und die Produktzuverlässigkeit gefördert werden;
- Mittel zu schaffen, mit denen die Verteilung der Ausfälle über die Zeit bestimmt werden kann. Dies sollte die Bestimmung von Ausfallraten der Geräte für festgelegte Lebensdauerkriterien ermöglichen.

Zusätzliche Anleitungen werden in IEC/TR 62752-2 :2008 gegeben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

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

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

IEC 60747-1, *Semiconductor devices – Part 1: General*

IEC 60749-6, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 6: Storage at high temperature*

IEC 60749-8, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 8: Sealing*

IEC 60749-10, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 10: Mechanical shock*

IEC 60749-11, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 11: Rapid change of temperature - Two-fluid-bath method*

IEC 60749-12, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 12: Vibration, variable frequency*

IEC 60749-25, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 25: Temperature cycling*

IEC/TR 62572-2, *Fibre optic active components and devices – Reliability standards – Part 2: Laser module degradation*

ISO 9001, *Quality management and quality assurance standards*

MIL-STD-883, *Test methods and Procedures for Microelectronics*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1

Lasermodul

Baugruppe in einem geschlossenem Gehäuse, die eine Laserdiode und eine Photodiode enthält

Anmerkung zum Begriff: Das Modul darf auch eine Kühlvorrichtung und einen Temperaturfühler enthalten, um eine Regelung und Überwachung der Lasertemperatur zu ermöglichen. Der optische Ausgang erfolgt üblicherweise über eine LWL-Anschlussfaser.

3.1.2

Träger

Substrat, auf das eine Laserdiode oder eine Photodiode für den Einbau in das Lasermodul montiert werden kann

Anmerkung zum Begriff: Auch Bauelemente auf Trägern unterliegen der Qualitätsprüfung.

3.1.3

Hersteller des Lasermoduls

(en: laser module manufacturer)

LMM

ein Hersteller von Lasermodulen, der Geräte liefert, die den Anforderungen der entsprechenden Spezifikation und den Zuverlässigkeitsanforderungen des Kunden entsprechen

3.1.4

Systemlieferant

(en: system supplier)

SS

ein Hersteller von Einrichtungen für die Telekommunikation/Datenübertragung, die optoelektronische Halbleiterlaser enthalten, z. B. ein Käufer von Lasermodulen

3.1.5

Systembetreiber

(en: system operator)

SO

ein Netzbetreiber von Einrichtungen für die Telekommunikation/Datenübertragung, die im Übertragungspfad optoelektronische Halbleiterlaser enthalten

Anmerkung zum Begriff: Das System darf auch Teil von anderen, umfangreicheren Systemen sein, z. B. von Telekommunikationseinrichtungen, Eisenbahn, Straßenfahrzeugen, Luft- und Raumfahrt oder Waffen.

3.1.6

Prüfmuster für die Befähigungsanerkennung

(en: capability qualifying components)

CQC

ausgewählte Bauelemente für die Darstellung kritischer Stufen des Verfahrens und von Grenz- oder Randkennwerten der mechanischen oder elektro-optischen Konstruktion

Anmerkung zum Begriff: Derartige Bauelemente sollten hilfreich bei der Identifikation von Ausfallmechanismen des Endproduktes sein, um die Bestimmung der Aktivierungsenergien zu ermöglichen.

3.2 Symbole

T_A	niedrigste Lagertemperatur
T_B	höchste Lagertemperatur
T_C	Gehäusetemperatur des Moduls
T_S	Trägertemperatur
$T_{S\text{ nom}}$	empfohlene Trägertemperatur
$T_{\text{op min}}$	niedrigste Betriebstemperatur des Moduls

$T_{\text{op max}}$	höchste Betriebstemperatur des Moduls
$T_{\text{stg min}}$	niedrigste Lagerungstemperatur des Moduls
$T_{\text{stg max}}$	höchste Lagerungstemperatur des Moduls
Qc	Großleckerkennungsprüfung
Qk	Feinleckerkennungsprüfung
p	Periodizität (in Monaten)
n	Stichprobengröße

4 Laserzuverlässigkeits- und Qualitätssicherungsverfahren

4.1 Nachweis der Produktqualität

Diese Norm enthält (wenn von der Spezifikation gefordert) die verbindlichen Mindestanforderungen und bildet einen Teil eines vollständigen Laserzuverlässigkeits- und Qualitätssicherungsverfahrens, das vom Hersteller des Lasermoduls eingeführt worden ist.

Ferner enthält sie Leitlinien für die Aktivitäten von Systemlieferant und Systembetreiber sowie Rückmeldungen über die Leistungsfähigkeit in der Praxis für den Hersteller des Lasermoduls und den Systemlieferanten.

Der Hersteller von Lasermodulen muss durch die Möglichkeit der Bauartanerkennung von Bauelementen, der Technikanerkennung oder der Befähigungsanerkennung des Fertigungsverfahrens in der Lage sein, Folgendes nachzuweisen:

- ein dokumentiertes und auditiertes Fertigungsverfahren, einschließlich der Qualifikation von gekauften Bauelementen, nach ISO 9001;
- ein Programm zur Qualifikation des Betriebsverhaltens, einschließlich z. B. beschleunigte Lebensdauerprüfung, Einbrennen und Sortierung von Bauelementen und Modulen;
- ein Programm zur Aufrechterhaltung der Befähigung, um die Kontinuität des Zuverlässigkeitsverhaltens sicherzustellen;
- ein Verfahren zur Rückmeldung von Zuverlässigkeitsproblemen an die Entwicklung und Produktion.

4.2 Prüfverantwortlichkeiten

4.2.1 Allgemeines

Die in den Tabellen 1 und 2 ausführlich aufgeführten Prüfungen sind vom Hersteller von Lasermodulen und (sofern zutreffend) von den Bauelementelieferanten durchzuführen. In der Spezifikation können weitere Prüfungen vorschrieben werden.

4.2.2 Empfehlung (für den Käufer von Lasern/den Systemlieferanten)

Dem Systemlieferanten wird empfohlen, ein Programm zur Untersuchung und Überprüfung der Ergebnisse einschließlich der Ausfallanalyse zu besitzen. Dieses Programm enthält auch eine unabhängige Lebensdauerprüfung der Lasermodule in einem dichten Gehäuse, siehe Tabelle 2, Prüfung 1 und/oder Prüfungen 2 und 3 und/oder Prüfung 5 (Stichprobengröße > 10 je Prüfung).

4.2.3 Empfehlung für den Systembetreiber

Dem Systembetreiber wird ein Programm zur Überwachung und Aufzeichnung von ausreichend detaillierten Felddausfallraten empfohlen, damit der Systemlieferant und der Hersteller der Lasermodule schon zu einem frühen Zeitpunkt in der Lebensdauer eines Produktes in der Lage sind, alle erforderlichen Korrekturmaßnahmen einzuleiten.

Die Lieferanten können im Zuge der Entwicklung der Produktreihe unterschiedliche Ansätze (d. h. hinsichtlich der Zuverlässigkeitskonzeption) verfolgen, und die begrenzten Mittel dürfen die Prüfstrategien bestimmen.

Alternative Prüfungen und Maßnahmen zu den festgelegten sind unter der Voraussetzung zulässig, dass der LMM/SS/SO die Absicht nachweisen, Ausfälle am Endprodukt und die damit verbundenen Ausfallmechanismen zu beseitigen. Zum Nachweis der Übereinstimmung sind jedoch signifikante Daten erforderlich.

4.3 Programme zur Qualitätsverbesserung

Programme zur Qualitätsverbesserung (en: quality improvement programmes – QIPs) müssen mit Bauelementelieferanten und Käufern (SO, SS und LMM) aufgenommen werden, um sich mit Nichtübereinstimmungen zu beschäftigen (einschließlich Qualitäts- und Zuverlässigkeitsproblemen, die während der anschließenden Betriebslebensdauer des Laser erkannt werden). Die Korrektur von Nichtübereinstimmungen und den nachfolgenden QIPs sind eine erforderliche Strategie, um die Zuverlässigkeitsrisiken auf ein Minimum zu senken. Der Ablauf der QIPs sollte in Fachgrunddokumenten zur Bauartanerkennung und den Befähigungsanerkennungsdokumenten angegeben werden.

5 Prüfungen

5.1 Allgemeines

Die in den Tabellen 1 und 2 beschriebenen Prüfungen sind so ausgelegt, dass sie die Erkennung der Hauptausfallmechanismen beschleunigen, die bekanntermaßen zu Zuverlässigkeitsproblemen bei Lasermodulen führen (siehe IEC/TR 62752-2). Sofern angemessen, muss das CQC nachweisen, dass es dazu dient, im Endprodukt auftretende Ausfallmechanismen zu vermindern. Die Validierung des Endproduktes ist zum Nachweis erforderlich, dass die CQCs an den Grenzen des Verfahrens oder der Technologie arbeiten. Durch diese Prüfungen wird das Risiko vermindert, dass unzuverlässige Bauelemente in den Systemeinsatz gelangen, und außerdem ermöglichen sie Schätzungen der Lebensdauerverteilung von Lasern und folglich deren Ausfallraten.

Die Stichprobengröße und das Prüfniveau dürfen je nach dem Geschäftsvolumen zwischen dem Käufer der Laser/dem Systemlieferanten (SS) und dem Hersteller von Lasermodulen (LMM) veränderlich sein. Diese Informationen sind, soweit zutreffend, im Dokument der Befähigungsanerkennung (en: capability approval – CA) und in der Spezifikation enthalten.

ANMERKUNG Es ist unerlässlich, dass die bewerteten Laser vollständig repräsentativ für die Bauelemente aus der Standardproduktion sind und dass sie alle Produktions- und/oder festgelegten (soweit in der Spezifikation zutreffend) Einbrenn- und Sortiervverfahren bestanden haben.

Tabelle 1 – Anfangsqualifikation

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

Tabelle 2 – Aufrechterhaltung der Qualifikation

Diese Prüfungen umfassen eine periodische Überwachung, die an produzierten Bauelementen durchgeführt wird, um sicherzustellen, dass das Qualitäts- und Zuverlässigkeitsverhalten, welches bei der Anfangsqualifikation ermittelt wurde, aufrechterhalten oder verbessert wird.

5.2 Strukturelle Ähnlichkeit

Stellt ein Hersteller von Lasermodulen eine Reihe von Lasermodulen her, kann es zwischen den verschiedenen Typen signifikante strukturelle Ähnlichkeiten geben. Deshalb ist eine Kombination von Ergebnissen aus unterschiedlichen Prüfprogrammen, soweit zutreffend, zulässig.

Berücksichtigt werden sollte allerdings die Tatsache, dass kleinere Unterschiede in der Technologie oder der Verarbeitung erheblichen Einfluss auf die Zuverlässigkeit haben können, obwohl das bei der Qualitätsbewertung nicht offensichtlich ist.

Es muss ein Nachweis erbracht werden, der aufzeigt, dass alle Ergebnisse direkt zutreffend sind.

5.3 Einbrennen und Vorsortieren (wenn in der Spezifikation vorgeschrieben)

ANMERKUNG Siehe IEC/TR 61572-2.

Die Sortierprüfung sollte vom Hersteller der Lasermodule speziell für seine besondere Technologie ausgelegt werden. Jeder Ansatz, der auf der Ähnlichkeit zu der von anderen Herstellern angewendeten Technologie beruht, ist zwar gut für Vergleichszwecke, kann aber beim Erreichen des gestellten Sortierziels unwirksam sein. Dies gilt insbesondere für Lichtwellenleiterbauelemente, deren Technologie noch nicht ausgereift ist und sich von Hersteller zu Hersteller erheblich unterscheidet.

Kann der Hersteller die Stabilität der Bauelemente und Verfahren nachweisen, dürfen die Sortierv Verfahren überarbeitet werden.

Tabelle 1 – Anfangsqualifikation (1 von 3)

Prüfung Nr.	Prüfung	IEC-Bezug	Bedingungen	n
1	Anfangs-Dauerprüfung			
1.1	a) Modul mit thermoelektrischer Kühlvorrichtung		Φ_e festgelegt, konstante Leistung Temperatur $T_c = T_{op\ max}$ $T_s = T_{s\ nom}$ Dauer: 5 000 Stunden ^a	25
1.2	b) Modul ohne thermoelektrische Kühlvorrichtung		Φ_e festgelegt, konstante Leistung Temperatur $T_c = T_{op\ max}$ Dauer: 5 000 Stunden ^a	25
1.3	Laserdiode (Träger)		Temperatur: mindestens zwei Prüftemperaturen Φ_e festgelegt, konstante Leistung $T_{s1} = T_{s\ max}$ $T_{s2} < T_{s1} - 20\ ^\circ\text{C}$ Dauer: > 5 000 Stunden	200 siehe ^d siehe ^d
1.4	Photodiode (in repräsentativem Gehäuse)		Temperatur: mindestens zwei Prüftemperaturen V_r oder I_r festgelegt $T_{s1} = 125\ ^\circ\text{C min.}^b$ $T_{s2} < (T_{s1} - 30\ ^\circ\text{C})$ Dauer: > 1 000 Stunden	200 siehe ^d siehe ^d
1.5	Lagerung der thermoelektrischen Kühlvorrichtung bei hoher Temperatur		$T = T_{stg\ max}$ der Kühlvorrichtung Dauer: 1 000 Stunden	25
1.6	Leistungswechselprüfungen, gekühlte Bauelemente		Zyklanzahl: 20 K $T_c = T_{op\ max}$ $T_s = T_c$ bis $(T_c - \Delta T_{max})$	25
1.7	Lagerung des Temperaturmessfühlers bei hoher Temperatur		$T = T_{stg\ max}$ des Fühlers	25

Tabelle 1 – Anfangsqualifikation (2 von 3)

Prüfung Nr.	Prüfung	IEC-Bezug	Bedingungen	n
2	Faserprüfung			
2.1	Faserbeständigkeitsprüfung		Beständigkeitsprüfung: siehe ^d Dauer: siehe ^d Kleinsten Biegeradius: siehe ^d	10
2.2	Faserbefestigung			
2.2.1	Zug der Faser		Zug der Faser: siehe ^d	10
2.2.2	Seitlicher Zug der Faser		Seitlicher Zug der Faser: siehe ^d	
3	Temperaturänderung		Siehe ^c und ^d	
3.1	Schnelle Temperaturänderung	60749-11	Temperatur $T_A = T_{\text{stg min}}$ $T_B = T_{\text{stg max}}$ Zyklusanzahl = 50	10
3.2	Temperaturwechsel	60749-25 60068-2-14	Temperatur $T_A = T_{\text{stg min}}$ $T_B = T_{\text{stg max}}$ > 1 °C/min Zyklusanzahl = 500	10
4	Dichtheit	60749-8	Siehe ^d Prüfung Qk gefolgt von Prüfung Qc Siehe ^c und ^d und A.6	10
5	Schocken und Schwingen		Siehe A.7	10
5.1	Schocken	60749-10	500 g, 1 ms mit thermoelektrischer Kühlvorrichtung 1 500 g, 0,5 ms ohne thermoelektrische Kühlvorrichtung 6 Richtungen, jeweils 5-mal	10
5.2	Schwingen	60749-12	20 Hz bis 2 000 Hz, 20 G 3 Richtungen jeweils 30 min	10
6	Lagerung bei hoher Temperatur (gilt nicht, wenn die Lebensdauerprüfung des Moduls bei gleicher Gehäusetemperatur und Trägertemperatur durchgeführt worden ist)	60749-6	Temperatur: $T = T_{\text{stg max}}$ Dauer: > 2 000 Stunden (siehe IEC/TR 61752-2)	10
7	ESDS, Module a) Laser b) Photodioden	60747-1 MIL-STD-883, Verfahren 3015	Modell des menschlichen Körpers, siehe A.9 5 Entladungen/Prüfspannung Auflade-/Entladezyklus > 0,1 s	5 je Wafer
8	Restgasanalyse	MIL-STD-883, Verfahren 1018	Siehe ^d Siehe A.10	6