

	DIN IEC 60793-1-41 (VDE 0888-241)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE

ICS 33.180.10

Einsprüche bis 2009-03-31

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 60793-1-41
(VDE 0888-241):2004-06

Entwurf

**Lichtwellenleiter –
Teil 1-41: Messmethoden und Prüfverfahren –
Bandbreite
(IEC 86A/1239/CD:2008)**

Optical fibres –
Part 1-41: Measurement methods and test procedures –
Bandwidth
(IEC 86A/1239/CD:2008)

Fibres optiques –
Partie 1-41: Méthodes de mesure et procédures d'essai –
Largeur de bande
(CEI 86A/1239/CD:2008)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2009-01-12 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 als Datei per E-Mail an **dke@vde.com** in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter **www.dke.de/stellungnahme** abgerufen werden
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

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

Gesamtumfang 49 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	4
Nationaler Anhang NA (informativ) Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen	4
Nationaler Anhang NB (informativ) Literaturhinweise	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriff.....	6
4 Prüfeinrichtung	7
4.1 Strahlungsquelle	7
4.1.1 Optisches Messverfahren im Zeitbereich (Messung der Impulsverzerrung) (Verfahren A)	7
4.1.2 Messverfahren im Frequenzbereich (Verfahren B)	7
4.1.3 Für beide Verfahren.....	7
4.2 Einkopplungssystem	8
4.2.1 Einkopplung mit Vollanregung (OFL)	8
4.2.2 Modenbegrenzte Einkopplung (RML).....	8
4.3 Empfangssystem	9
4.4 Aufzeichnungssystem.....	10
4.5 Rechnerunterstütztes Verarbeitungssystem.....	10
4.6 Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems	10
5 Probenahme und Prüflinge	10
5.1 Prüfling.....	10
5.2 Bezugsfaser	11
5.3 Vorbereitung der Enden.....	11
5.4 Handhabung des Prüflings	11
5.5 Positionierung des Prüflings	11
6 Durchführung	11
6.1 Verfahren A – Verfahren mit Impulsverzerrung (optischer Zeitbereich), Eingangsimpulsmessung	11
6.1.1 Eingangsimpuls-Messverfahren A-1: Bezugsfaser aus dem Prüfling hergestellt.....	11
6.1.2 Eingangsimpuls-Messverfahren A-2: Periodische Messung der Bezugsfaser.....	12
6.2 Verfahren B – Messverfahren im Frequenzbereich.....	12
6.2.1 Verfahren B-1: Bezugslänge aus dem Prüfling hergestellt.....	12
6.2.2 Verfahren B-2: Bezugslänge aus einer ähnlichen Faser.....	12
7 Berechnungen oder Auswertung der Ergebnisse	13
7.1 –3-dB-Frequenz, f_{3dB}	13
7.2 Berechnungen für freigestellte Angaben	13
8 Normierung der Länge.....	13
9 Ergebnisse	13
9.1 Für jede Messung erforderliche Angaben	13
9.2 Auf Anfrage vorzulegende Angaben.....	14
10 Spezifikationsangaben.....	14

	Seite
Anhang A (normativ) Intramodaler Dispersionsfaktor und normierter intramodaler Dispersionsgrenzwert	15
A.1 Intramodaler Dispersionsfaktor, IDF	15
A.2 Normierter intramodaler Dispersionsgrenzwert	16
A.3 Ableitung des IDF	17
Anhang B (normativ) Übertragungsfunktion $H(f)$ der Faser	18
Anhang C (normativ) Berechnungen für weitere Berichtsverfahren	19
C.1 Impulsantwort $h(t)$ der Faser	19
C.2 Effektivwert der Impulsantwort, exaktes Verfahren	19
C.3 Effektivwert der Impulsantwort, Differenz der Quadrate	19
Anhang D (informativ) Vergleich zwischen diesem Prüfverfahren und ITU-Anforderungen	20
Anhang E (informativ) Anforderungen an Modenmischer für Einkopplungsbedingungen mit Vollanregung für Mehrmodenfasern	21
E.1 Einleitung	21
E.2 Prüfaufbau	21
E.2.1 Lichtquelle	21
E.2.2 Modenmischer	21
E.2.2.1 Stufen-Gradienten-Stufen	21
E.2.2.2 Stufen mit Krümmungen	21
E.2.3 Prüfeinrichtung für die Eignungsprüfung eines Modenmischers	22
E.2.4 Vorrichtung für die Mikropositionierung/Optik	22
E.2.5 Mantelmodenabstreifer	22
E.3 Probenahme und Prüflinge	22
E.4 Durchführung	22
E.4.1 Eignungsprüfung des Modenmischers	22
E.4.1.1 Einkopplungspunkt auf der zu prüfenden Faser	22
E.4.1.2 Lichteinkopplungswinkel für die zu prüfende Faser	23
E.4.1.3 Zusätzliche Anforderungen an die Einkopplung bei eingegengten Messungen	23
E.4.2 Ausrichtung der zu prüfenden Faser im Ausgang des Modenmischers	23
E.4.2.1 Verfahren A – Abbildungsoptik	23
E.4.2.2 Verfahren B – Trennbarer Spleiß	23
E.4.2.3 Verfahren C – Stirnflächenkopplung	24
E.4.3 Messung	24
E.5 Berechnung oder Interpretation der Ergebnisse	24
E.6 Ergebnisse	24
E.6.1 Für jede Messung erforderliche Angaben	24
E.6.2 Auf Anfrage vorzulegende Angaben	24
Literaturhinweise	26

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 86A/1239/CD:2008 „Optical fibres – Part 1-41: Measurement methods and test procedures – Bandwidth“ (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 86A „Fibres and cables“ 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 diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium UK 412.6 „Lichtwellenleiter und Lichtwellenleiterkabel“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60793-1-41 (VDE 0888-241):2004-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) OFL-Bedingung für Fasern der Kategorien A3 und A4 (4.2.1.2)
- b) Anmerkung 2 zu 4.2.2.1 aktualisiert
- c) Gleichung (B.1.4) korrigiert
- d) Vollständige editorielle Überarbeitung und Aktualisierung der Verweise

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

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.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60793-1-20:2002	IEC 60793-1-20:2001	DIN EN 60793-1-20 (VDE 0888-220):2002-10	VDE 0888-220
Zurückgezogen: EN 60793-1-42:2002 Nachfolger: EN 60793-1-42:2007	Zurückgezogen: IEC 60793-1-42:2001 Nachfolger: IEC 60793-1-42:2007 + Corrigendum 2007	Zurückgezogen: DIN EN 60793-1-42 (VDE 0888-242):2002-11 Nachfolger: DIN EN 60793-1-42 (VDE 0888-242):2008-02	Zurückgezogen: VDE 0888-242 Nachfolger: VDE 0888-242
EN 60793-1-43:2002	IEC 60793-1-43:2001	DIN EN 60793-1-43 (VDE 0888-243):2002-11	VDE 0888-243
EN 60793-2-10:	IEC 60793-2-10:	DIN EN 60793-2-10 (VDE 0888-321)	VDE 0888-321
EN 60793-2-30:2002	IEC 60793-2-30:2002	DIN EN 60793-2-30 (VDE 0888-323):2002-11	VDE 0888-323
Vorgänger: EN 60793-2-40:2006 Nachfolger: —	Vorgänger: IEC 60793-2-40:2006 Nachfolger: IEC 60793-2-40:2008	Vorgänger: DIN EN 60793-2-40 (VDE 0888-324):2007-01 Nachfolger: —	Vorgänger: VDE 0888-324 Nachfolger: —

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60793-1-20 (VDE 0888-220):2002-10, *Lichtwellenleiter – Teil 1-20: Messmethoden und Prüfverfahren – Fasergeometrie (IEC 60793-1-20:2001); Deutsche Fassung EN 60793-1-20:2002*

DIN EN 60793-1-42 (VDE 0888-242):2002-11, *Lichtwellenleiter – Teil 1-42: Messmethoden und Prüfverfahren – Chromatische Dispersion (IEC 60793-1-42:2001); Deutsche Fassung EN 60793-1-42:2002 (zurückgezogen 2008)*

DIN EN 60793-1-42 (VDE 0888-242):2008-02, *Lichtwellenleiter – Teil 1-42: Messmethoden und Prüfverfahren – Chromatische Dispersion (IEC 60793-1-42:2007 + Corrigendum 2007); Deutsche Fassung EN 60793-1-42:2007*

DIN EN 60793-1-43 (VDE 0888-243):2002-11, *Lichtwellenleiter – Teil 1-43: Messmethoden und Prüfverfahren – Numerische Apertur (IEC 60793-1-43:2001); Deutsche Fassung EN 60793-1-43:2002*

DIN EN 60793-2-10 (VDE 0888-321), *Lichtwellenleiter – Teil 2-10: Produktspezifikationen – Rahmenspezifikation für Mehrmodenfasern der Kategorie A1*

DIN EN 60793-2-30 (VDE 0888-323):2002-11, *Lichtwellenleiter – Teil 2-30: Produktspezifikationen – Rahmenspezifikationen für Mehrmodenfasern der Kategorie A3 (IEC 60793-2-30:2002); Deutsche Fassung EN 60793-2-30:2002*

DIN EN 60793-2-40 (VDE 0888-324):2007-01, *Lichtwellenleiter – Teil 2-40: Produktspezifikationen – Rahmenspezifikation für Mehrmodenfasern der Kategorie A4 (IEC 60793-2-40:2006); Deutsche Fassung EN 60793-2-40:2006*

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 60793 beschreibt zwei Verfahren zur Bestimmung und Messung der Modenbandbreite von Mehrmoden-Lichtwellenleitern (siehe IEC 60793-2-10, IEC 60793-2-30 und IEC 60793-2-40). Die Basisband-Frequenzantwort wird durch Bestimmung des Übertragungsfaktors der Faser mit einer sinusförmig modulierten Lichtquelle direkt im Frequenzbereich gemessen. Die Basisband-Antwort kann auch durch Beobachtung der Verbreiterung schmalbandiger Lichtimpulse gemessen werden. Die beiden Verfahren sind:

Verfahren A – Optisches Messverfahren im Zeitbereich (Impulsverzerrung)

Verfahren B – Messverfahren im Frequenzbereich

Jedes Verfahren kann mit einer der beiden Einkopplungsarten durchgeführt werden: Einkopplungsbedingung mit Vollanregung (OFL-Bedingung) (OFL – overfilled launch) oder modenbegrenzte Einkopplungsbedingung (RML-Bedingung) (RML – restricted mode launch).

ANMERKUNG Diese beiden Verfahren werden häufig in Fertigungs- und Forschungseinrichtungen angewendet und können im Feldeinsatz nicht problemlos durchgeführt werden.

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 60793-1-20:2001, *Optical Fibres – Part 1-20: Measurement methods and test procedures – Fibre geometry*

IEC 60793-1-42:2001, *Optical Fibres – Part 1-42: Measurement methods and test procedures – Chromatic dispersion*

IEC 60793-1-43:2001, *Optical Fibres – Part 1-43: Measurement methods and test procedures – Numerical aperture*

IEC 60793-2-10, *Optical Fibres – Part 2-10: Product specifications – Sectional specification for category A1 multimode fibres* (sobald erschienen)

IEC 60793-2-30:2002, *Optical Fibres – Part 2-30: Product specifications – Sectional specification for category A3 multimode fibres*

IEC 60793-2-40:2008, *Optical Fibres – Part 2-40: Product specifications – Sectional specification for category A4 multimode fibres* (in Überarbeitung)

3 Begriff

3.1

Bandbreite (–3 dB)

numerischer Wert, der der niedrigsten Frequenz entspricht, bei der sich die Größe der Basisband-Frequenzantwort eines Lichtwellenleiters auf einen festgelegten Bruchteil, im Allgemeinen auf die Hälfte der optischen Leistung, des Frequenzwertes Null verringert hat

ANMERKUNG In den Anhängen werden verschiedene Verfahren für die Protokollierung der Ergebnisse beschrieben, jedoch müssen die Ergebnisse als die –3-dB-Frequenz (optische Leistung) angegeben werden, sofern in der Bauartspezifikation nicht anders festgelegt.

4 Prüfeinrichtung

4.1 Strahlungsquelle

4.1.1 Optisches Messverfahren im Zeitbereich (Messung der Impulsverzerrung) (Verfahren A)

Es ist eine Strahlungsquelle, wie eine Injektionslaserdiode, zu verwenden, die für die Zwecke der Messung kurzdauernde schmalbandige Impulse erzeugt. Das Messverfahren für die Impulsdauer macht eine Einrichtung erforderlich, mit der die Energie der Lichtquellen elektrisch, optisch oder mechanisch geschaltet werden kann.

4.1.2 Messverfahren im Frequenzbereich (Verfahren B)

Für diese Prüfung ist eine Strahlungsquelle, wie eine Dauerstrich-Injektionslaserdiode, zu verwenden. Das Messverfahren im Zeitbereich macht eine Einrichtung erforderlich, mit der die Energie der Lichtquellen elektrisch, optisch oder mechanisch moduliert werden kann.

4.1.3 Für beide Verfahren

- a) Es ist eine Strahlungsquelle zu verwenden, deren Mittenwellenlänge bekannt ist und die eine zulässige Abweichung von der festgelegten Nennwellenlänge von ± 10 nm hat. Bei Injektionslaserdioden muss die in die Faser eingekoppelte Laserstrahlung die spontane Emission um mindestens 15 dB (optisch) überschreiten.
- b) Es ist eine Quelle mit ausreichend schmaler spektraler Linienbreite zu verwenden, damit sichergestellt wird, dass die gemessene Bandbreite mindestens 90 % der intermodalen Bandbreite beträgt. Dies wird durch Berechnung des normierten intramodalen Dispersionsgrenzwertes (NIDL – normalized intermodal dispersion limit) erreicht (siehe Anhang A). Bei Fasern der Kategorie A4 ist die Linienbreite der Laserdiode schmal genug, so dass deren Beitrag zur Bandbreitenmessung vernachlässigt werden kann.
- c) Bei Fasern der Kategorien A1 und A3 wird der normierte intramodale Dispersionsgrenzwert (NIDL, siehe Anhang A) für jede Messwellenlänge aus der Spektralbreite der optischen Quelle für diese Wellenlänge wie folgt berechnet:

$$\text{NIDL} = \text{IDF} / \Delta\lambda, \text{ in GHz} \cdot \text{km}$$

Dabei ist

$\Delta\lambda$ die Halbwertsspektralbreite (FWHM) der Strahlungsquelle in nm;

IDF der intramodale Dispersionsfaktor (GHz · km · nm) nach Anhang A entsprechend der Wellenlänge der Strahlungsquelle.

NIDL ist für Wellenlängen von 1 200 nm bis 1 400 nm nicht definiert. Bei diesen Wellenlängen muss die Spektralbreite FWHM der Lichtquelle 10 nm oder kleiner sein.

ANMERKUNG Die Annehmbarkeit eines NIDL-Wertes hängt von den spezifischen Prüfanforderungen des Anwenders ab. Beispielsweise ist ein NIDL von 0,5 GHz · km ausreichend für die Überprüfung, dass die minimalen Bandbreiten der Fasern größer als ein Wert sind, der kleiner als 500 MHz · km ist, jedoch ist er nicht ausreichend für die Überprüfung von Fasern, deren minimale Bandbreite größer als 500 MHz · km ist. Es sind Lichtquellen mit einer kleineren Spektralbreite erforderlich, wenn der NIDL zu klein ist.

- d) Während der Dauer eines Einzelimpulses und während der gesamten Messdauer muss die Strahlungsquelle stabil sein.

4.2 Einkopplungssystem

4.2.1 Einkopplung mit Vollanregung (OFL)

4.2.1.1 OFL-Bedingung für Fasern der Kategorie A1

Zwischen der Lichtquelle und dem Prüfling ist ein Modenmischer zu verwenden, um eine gesteuerte Einkopplung zu erzeugen, die von den Strahlungseigenschaften der Lichtquelle unabhängig ist. Der Ausgang des Modenmischers muss nach Anhang E an das Eingangsende des Prüflings gekoppelt werden. Für die Durchführung der Messung muss die Lage der Faser ausreichend lange stabil sein. Für die Ausrichtung der Faser darf ein Betrachtungssystem eingesetzt werden, wenn ein Abbildungsverfahren verwendet wird.

Es sind Vorrichtungen zum Entfernen von Mantelmoden des Prüflings vorzusehen. Häufig ist die Faserbeschichtung ausreichend, um diese Funktion zu übernehmen. Anderenfalls wird es notwendig sein, Mantelmodenabstreifer in der Nähe beider Enden des Prüflings zu verwenden. Die Fasern dürfen auf leichten Mantelmodenabstreifern verbleiben, jedoch muss auf die Vermeidung von Mikrokrümmungen geachtet werden.

ANMERKUNG Bandbreitenmessungen, die durch Einkopplung mit Vollanregung (OFL) erhalten wurden, unterstützen die Anwendung von A1-Mehrmodenfasern besonders bei LED-Anwendungen bei 850 nm und 1 300 nm. Einige Laseranwendungen können mit dieser Einkopplung auch unterstützt werden, die jedoch zu verringerten Verbindungslängen (bei 850 nm) oder Einschränkungen der Laserquellen (bei 1 300 nm) führen könnten.

4.2.1.2 OFL-Bedingung für Fasern der Kategorien A3 und A4

OFL wird mit geometrischer optischer Einkopplung erhalten, bei der die maximale theoretische numerische Apertur der Faser durch den Einkopplungskegel überschritten wird und bei der der Durchmesser des eingekoppelten Lichtpunktes in der Größenordnung des Kerndurchmessers der Faser liegt. Die Lichtquelle muss in der Lage sein, mehr oder weniger alle Moden in einer Faser zu erregen.

ANMERKUNG Es gibt einen Unterschied zwischen der Modalanregung durch einen Modenmischer, welcher mehr oder weniger alle Moden in eine Faser erregt, und einer Lichtquelle mit großer numerischer Apertur (NA) und großem Kerndurchmesser, die nur die Merdanmoden oder CPo,m-Moden anregt.

4.2.2 Modenbegrenzte Einkopplung (RML)

4.2.2.1 RML-Bedingung für Fasern der Kategorie A1

Die RML für die Bandbreite wird durch Filterung der Einkopplung mit Vollanregung (wie in Anhang E definiert) mit einer RML-Faser erzeugt. Die OFL wird in Anhang E definiert und braucht nur groß genug zu sein, um die RML-Faser winkelbezogen und räumlich voll anzuregen. Die RML-Faser hat einen Kerndurchmesser von $(23,5 \pm 0,1) \mu\text{m}$ und eine numerische Apertur von $0,208 \pm 0,01$. Die Faser muss ein Gradientenprofil mit einem gegebenem Alpha von etwa 2 und einer OFL-Bandbreite größer als 700 MHz·km bei 850 nm und 1 300 nm haben. Zur Erleichterung sollte der Manteldurchmesser 125 μm betragen. Die RML-Faser sollte mindestens 1,5 m lang sein, um Leckmoden zu beseitigen, und sollte kürzer als 5 m sein, um Auswirkungen von Übergangsdämpfungen zu vermeiden. Die eingekoppelten Größen, die die RML-Faser verlassen, werden dann in die zu prüfende Faser eingekoppelt.

Es sind Vorrichtungen zum Entfernen von Mantelmoden des Prüflings vorzusehen. Häufig ist die Faserbeschichtung ausreichend, um diese Funktion zu übernehmen. Anderenfalls wird es notwendig sein, Mantelmodenabstreifer in der Nähe beider Enden des Prüflings zu verwenden. Die Fasern dürfen auf leichten Mantelmodenabstreifern verbleiben, jedoch muss auf die Vermeidung von Mikrokrümmungen geachtet werden.

ANMERKUNG 1 Zur Erzielung der höchsten Genauigkeit sind hinsichtlich der Geometrie und des Profils der RML-Faser bestimmte Grenzabweichungen des Lichtes gefordert. Um die höchste Vergleichpräzision bei den Messungen zu erreichen, sind enge Grenzabweichungen der Ausrichtung bei der Verbindung zwischen der RML-Einkopplungsfaser und der zu prüfenden Faser erforderlich, um sicherzustellen, dass die RML-Faser zentrisch zu der zu prüfenden Faser ausgerichtet ist.

ANMERKUNG 2 Messungen der Bandbreite mit einer modenbegrenzten Einkopplung (RML) werden durchgeführt, um 1-Gigabit-Ethernet-Lasereinkopplungen zu unterstützen. Die aktuelle Einkopplung ist insbesondere für 850-nm-Quellen mit Übertragung über A1b-Fasern nachgewiesen.

4.2.2.2 RML-Bedingung für Fasern der Kategorien A3 und A4

4.2.2.2.1 RML-Bedingung für Fasern der Kategorie A3

Die RML-Bedingung für eine Faser der Kategorie A3 wird mit einer geometrischen optischen Einkopplung erzeugt, bei der die numerische Apertur der Einkopplung 0,3 entspricht.

Der Lichtpunkt muss so groß wie der Kern oder größer sein.

4.2.2.2.2 RML-Bedingung für eine Faser der Kategorie A4

Die modenbegrenzte Einkopplung (RML) für eine Faser der Kategorie A4 wird durch Filterung der Einkopplung mit Vollanregung mit einem dornumwickelten Modenfilter erzeugt, das auf Bild 1 dargestellt ist. Die Faser für das Modenfilter muss dieselbe Kategorie wie die zu prüfende Faser haben. Zur Vermeidung übermäßiger Verluste sollte die Länge der Faser 1 m betragen. Der Dorndurchmesser muss 20-mal so groß wie der Durchmesser des Fasermantels sein; die Anzahl der Windungen muss 5 betragen.

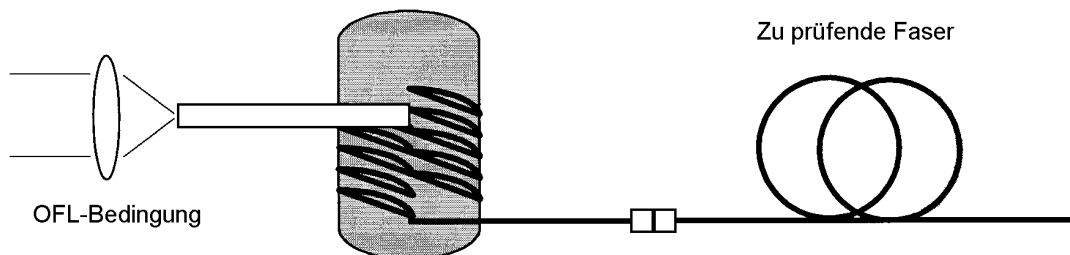


Bild 1 – Dornumwickeltes Modenfilter

ANMERKUNG Auf die gewickelte Faser darf keine übermäßige Beanspruchung ausgeübt werden. Die Faserwicklungen dürfen auf dem Dorn mit Klebstoff fixiert werden. Nicht um den Dorn gewickelte Teile der Faser müssen gerade ausgerichtet werden.

4.3 Empfangssystem

Der Ausgang des optischen Empfängers muss in der Lage sein, alle geführten Moden des Prüflings auf die aktive Fläche des Detektors zu koppeln, damit die Empfangsempfindlichkeit nicht nennenswert modenabhängig ist. Der Detektor muss ein lineares Ansprechverhalten für den Bereich der empfangenen Leistung aufweisen. Für die Regelung der optischen Intensität auf dem Detektor darf ein optisches Dämpfungsglied verwendet werden. Es muss ebenfalls modenunabhängig sein.

Es muss eine Vorrichtung zur Verfügung stehen, mit der das Ausgangsende des Prüflings mit ausreichender Stabilität und Wiederholpräzision zur Erfüllung der Bedingungen nach 4.6 positioniert werden kann.

Es ist ein optischer Empfänger zu verwenden, der bei der Prüfwellenlänge eingesetzt werden kann, ein lineares Amplituden-Ansprechverhalten besitzt, eine räumliche Gleichmäßigkeit innerhalb von 10 % hat und ausreichend groß ist, um die gesamte emittierte Leistung zu erfassen.

Das empfangene optische Signal muss mit einem geeigneten Gerät angezeigt werden, z. B. für das Zeitbereichsverfahren mit einem sehr schnellen Sampling-Oszillographen mit kalibrierter Ablenkzeit und für die Frequenzbereichsmessung mit einem elektrischen Spektralanalysator. Die Elektronik des Empfängers sowie jeder Vorverstärker müssen ein lineares Ansprechverhalten (Nichtlinearitäten kleiner als 5 %) für den Bereich der auftretenden Signale besitzen.

4.4 Aufzeichnungssystem

Für das optische Messverfahren im Zeitbereich (Verfahren A) ist ein Oszilloskop zu verwenden, das entsprechend geeignet an ein Aufzeichnungsgerät angeschlossen wird, z. B. ein Digitalprozessor zur Speicherung der empfangenen Impulsamplitude als Funktion der Zeit. Bei Zeitmessungen müssen die von der Anzeige des Oszilloskops gewonnenen Daten als sekundär zu denjenigen betrachtet werden, die aus dem aufgezeichneten Signal abgeleitet werden.

Für die Messung im Frequenzbereich (Verfahren B) ist eine Kombination aus Mitlaufgenerator und elektrischem Spektralgenerator oder eine vergleichbare Einrichtung für das Empfangen, Anzeigen und Aufzeichnen der Amplitude des RF-Modulationssignals zu verwenden, welches aus dem optischen Empfänger abgeleitet wird. Dies muss so ausgeführt werden, dass der Klirrfaktor auf einen Wert kleiner als 5 % verringert wird.

4.5 Rechnerunterstütztes Verarbeitungssystem

Für das optische Messverfahren im Zeitbereich (Verfahren A) muss ein rechnerunterstütztes Verarbeitungssystem verwendet werden, das Fourier-Transformationen der empfangenen optischen Impulswellenformen, die vom Wellenform-Aufzeichnungssystem aufgezeichnet wurden, ausführen kann. Diese Einrichtung kann jede der verschiedenen schnellen Fourier-Transformationen oder andere geeignete Algorithmen ausführen und ist für weitere Signalaufbereitungsfunktionen, Wellenformmittelung sowie Speicherung anwendbar.

4.6 Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems

ANMERKUNG Dieser Abschnitt liefert Hinweise zur Überprüfung der Systemstabilität für die Dauer einer Messung oder der Phase der Systemkalibrierung in Abhängigkeit vom angewendeten Verfahren (A oder B, siehe 6.1 bzw. 6.2).

Die Stabilität des Messsystems wird durch Vergleich der Fourier-Transformierten des Systemeingangsimpulses (Verfahren B) oder der Eingangsfrequenzantwort (Verfahren A) über einem Zeitintervall überprüft. Wie in Anhang B.2 dargestellt, wird bei der Bandbreitenmessung durch die Transformierte der Systemkalibrierung die Transformierte des Ausgangsimpulses der Faser normiert. Wenn der Faserprüfling durch eine Bezugsfaser ersetzt wird, ist die resultierende Antwort $H(f)$ ein Vergleich des Systems mit sich selbst für das Zeitintervall. Diese normierte Amplitudenstabilität des Systems wird zur Bestimmung des Frequenz-Stabilitätsgrenzwerts des Systems (SSFL – System Stability Frequency Limit) verwendet.

Der Frequenz-Stabilitätsgrenzwert des Systems (SSFL) ist die niedrigste Frequenz, bei der die Amplitudenstabilität des Systems um 5 % vom Einheitswert abweicht. Wenn das Verfahren A-1 oder B-1 angewendet wird, muss der Wert auf der Grundlage einer Wiederholungsmessung in einem Zeitintervall bestimmt werden, das etwa dem entspricht, welches bei der eigentlichen Messung der Faser angewendet wird. Wird das Verfahren A-2 oder B-2 angewendet, muss der Wert im Wesentlichen im gleichen Zeitintervall bestimmt werden, welches für die periodische Systemkalibrierung (siehe 6.1.1) angewendet wird. Im letztgenannten Fall kann das Zeitintervall den SSFL beeinflussen.

Zur Bestimmung des SSFL ist das optische Signal, das den Empfänger erreicht, um einen Betrag zu dämpfen, der gleich oder größer als die Dämpfung des Prüflings plus 3 dB ist. Dabei kann es erforderlich sein, dass ein Dämpfungsglied in den optischen Weg eingefügt wird, falls ein Dämpfungsglied, wie es für die Signalnormierung und die Skalierung eingesetzt werden könnte, nicht bereits eingefügt ist. Übliche Abweichungen hinsichtlich der Lage und Amplitude des Impulses oder der Frequenzantwort müssen während der Bestimmung des SSFL auf der Anzeigeeinrichtung dargestellt werden.

5 Probenahme und Prüflinge

5.1 Prüfling

Der Prüfling muss eine bekannte Länge einer LWL-Faser oder eines LWL-Kabels sein.

5.2 Bezugsfaser

Die Bezugsfaser muss ein kurzes Stück einer Faser desselben Typs wie der Prüfling sein oder muss vom Prüfling abgeschnitten werden. Außer bei Fasern der Kategorie A4 muss die Bezugslänge kürzer als 1 % der Länge des Prüflings oder kürzer als 10 m sein, je nachdem, welche Länge die kleinere ist.

Bei einer Faser der Kategorie A4 muss die Bezugslänge 1 m oder 2 m betragen. Bei RML kann der Ausgang des Modenfilters als Bezugspunkt angesehen werden.

5.3 Vorbereitung der Enden

Es sind glatte, ebene Endflächen vorzubereiten, die senkrecht zur Faserachse liegen.

5.4 Handhabung des Prüflings

Der Prüfling ist so zu lagern und anzuordnen, dass mechanische Spannungen vermindert sind und Mikrokrümmungen auf ein Mindestmaß verringert sind.

Bei Fasern der Kategorie A4 muss der Prüfling in Windungen mit einem Durchmesser von mindestens 300 mm gewickelt werden, in denen keine mechanische Beanspruchung auftritt. Es muss sichergestellt sein, dass der Prüfling keine Makro- und Mikrokrümmungen aufweist und dass die Energieverteilung am Ausgang des Einkoppelsystems im Wesentlichen konstant ist.

5.5 Positionierung des Prüflings

Das Eingangsende des Prüflings ist so zu positionieren, dass es zum Ausgangsende des Einkoppelsystems ausgerichtet ist, damit die Einkopplungsbedingungen nach 4.2 erzeugt werden können.

Das Ausgangsende des Prüflings ist so zu positionieren, dass es zum optischen Empfänger ausgerichtet ist.

6 Durchführung

6.1 Verfahren A – Verfahren mit Impulsverzerrung (optischer Zeitbereich), Eingangsimpulsmessung

- Die Leistung wird in den Prüfling eingespeist und das optische Dämpfungsglied oder die Empfangselektronik oder beides wird so eingestellt, dass ein vollständiger optischer Impuls auf dem kalibrierten Oszilloskop angezeigt wird, einschließlich aller voreilenden und nachfolgenden Flanken, die eine Amplitude größer als oder gleich 1 % oder -20 dB des Amplitudenscheitelwertes sind.
- Die empfangene Amplitude und die kalibrierte Ablenkzeit des Oszilloskops sind aufzuzeichnen.
- Der Ausgangsimpuls der Faser ist aufzuzeichnen und die Fourier-Transformierte dieses Impulses ist nach Anhang B zu berechnen.
- Der Eingangsimpuls des Prüflings ist durch Messung des Signals zu bestimmen, welches aus der Bezugsfaser austritt. Dies kann mit einer Bezugslänge erzielt werden, die vom Prüfling oder einer vergleichbaren Faser abgeschnitten wurde.

6.1.1 Eingangsimpuls-Messverfahren A-1: Bezugsfaser aus dem Prüfling hergestellt

- Die zu prüfende Faser wird nach 5.2 nahe dem Eingangsende abgeschnitten. Es ist eine neue Ausgangsendfläche nach 5.3 herzustellen und dieses Ende ist so auf den optischen Empfänger auszurichten, wie es in 6.1 a) beschrieben wird. Das Eingangsende muss unbeeinflusst bleiben.
- Der Mantelmodenabstreifer, falls verwendet, ist anzuwenden (siehe 5.2).
- Das gegebenenfalls verwendete optische Dämpfungsglied ist für die gleiche angezeigte Impulsamplitude neu einzustellen, wie es in 6.1 a) beschrieben wird.
- Der Eingangsimpuls des Systems ist mit der gleichen Ablenkzeit des Oszilloskops wie für den Prüfling aufzuzeichnen und die Fourier-Transformierte des Eingangsimpulses ist nach Anhang B zu berechnen.

6.1.2 Eingangsimpuls-Messverfahren A-2: Periodische Messung der Bezugsfaser

- a) Das folgende Verfahren für die periodische Kalibrierung des Systems muss mit der Bezugsfaser in einem Zeitintervall durchgeführt werden, das weitgehend mit dem zur Bestimmung des SSFL (siehe 4.6) übereinstimmt. In den meisten Fällen, in denen eine entsprechende Vorbereitung von Modenabstreifer, Laserdiode und Ausrichtungsvorrichtung vorgenommen wurde, ist es zulässig, eine Bezugsfaser zu verwenden, die nicht aus der zu prüfenden Faser hergestellt wurde.
- b) Die Eingangs- und Ausgangsenden an der Bezugsfaser sind nach 5.3 vorzubereiten, wobei die Bezugsfaser dieselbe Faserklasse und dieselben optischen Nennmaße wie der Prüfling hat.
- c) Die Eingangs- und Ausgangsenden sind nach 5.5 auszurichten; bei Verwendung eines optischen Dämpfungsgliedes ist dieses so einzustellen, dass die Impulsamplitude korrekt angezeigt wird.
- d) Der Eingangsimpuls des Systems ist mit der gleichen Ablenkzeit des Oszilloskops wie für den Prüfling aufzuzeichnen und die Fourier-Transformierte des Eingangsimpulses ist nach Anhang B zu berechnen.

6.2 Verfahren B – Messverfahren im Frequenzbereich

- a) Die Modulationsfrequenz f der Quelle ist von einer niedrigen Frequenz, um einen entsprechenden Gleichspannungs-Bezugspegel zu erhalten, bis zu einer hohen Frequenz, die über die 3-dB-Bandbreite hinausgeht, zu wobbeln. Die relative optische Leistung, die aus dem Prüfling als Funktion der Frequenz f austritt, ist aufzuzeichnen; diese Leistung wird mit $P_{\text{out}}(f)$ bezeichnet.

ANMERKUNG Es kann eine auf $P_{\text{out}}(f)$ bezogene Funktion, z. B. $\log P_{\text{out}}(f)$, aufgezeichnet werden, um anschließend $H(f)$ nach 7.1 zu erhalten.

- b) Das modulierte Eingangssignal für den Prüfling ist durch Messung des Signals zu bestimmen, dass aus der Bezugslänge der Faser austritt. Dies kann mit einer Bezugslänge durchgeführt werden, die vom Prüfling abgeschnitten wurde (Verfahren B-1; anzuwendendes Vorzugsverfahren, falls es zu Widersprüchen in den Prüfergebnissen kommt), oder mit einer ähnlichen Faser (Verfahren B-2).

6.2.1 Verfahren B-1: Bezugslänge aus dem Prüfling hergestellt

Das Prüfmuster wird in der Nähe des Eingangsendes abgeschnitten und an diesem neu erzeugten Ausgangsende sind ebene Endflächen (siehe 5.3) vorzubereiten. Falls erforderlich, sind die Mantelmoden am Ausgangsende abzustreifen. Die Einkopplungsbedingungen für diese kurze Länge dürfen nicht verändert werden.

6.2.2 Verfahren B-2: Bezugslänge aus einer ähnlichen Faser

- a) Wenn eine Vorrichtung vorhanden ist, um eine Faser an der gleichen Stelle im Ausgang des Modenmischers zu positionieren, die der Eingang des Prüflings war, dann darf eine weitere kurze Länge der Faser, die die gleichen Nennkennwerte wie der Prüfling hat, als Bezugsstück ersetzt werden. Die Bezugsfaser ist als Austausch zum Prüfling zu verwenden. Gegebenenfalls ist ein Mantelmodenabstreifer zu verwenden; das Ausgangsende ist auf die Vorderseite des Empfängers auszurichten.
- b) Die Modulationsfrequenz f der Quelle ist von einer niedrigen Frequenz, um einen entsprechenden Gleichspannungs-Bezugspegel zu erhalten, bis zu einer hohen Frequenz, die über die 3-dB-Bandbreite hinausgeht, zu wobbeln. Die relative optische Leistung, die aus der Bezugslänge als Funktion der Frequenz f austritt, ist aufzuzeichnen; diese Leistung wird mit $P_{\text{in}}(f)$ bezeichnet.

ANMERKUNG Es kann eine auf $P_{\text{in}}(f)$ bezogene Funktion, z. B. $\log P_{\text{in}}(f)$, aufgezeichnet werden, um anschließend $H(f)$ nach 7.2 zu erhalten.

7 Berechnungen oder Auswertung der Ergebnisse

7.1 –3-dB-Frequenz, f_{3dB}

Die Frequenzantwort $H(f)$ ist zu berechnen. Die –3-dB-Bandbreite, f_{3dB} , der Faser ist nach Anhang B zu berechnen.

Wenn die gemessene –3-dB-Frequenz den durch die Faserlänge L , in km, dividierten Wert von NIDL (berechnet nach 4.1.3) überschreitet, ist das gemessene Ergebnis anzugeben. In diesem Fall ist vorzugsweise nachzuweisen, dass das Messergebnis durch die Prüfeinrichtung begrenzt sein kann, wie in Beispiel 1 dargestellt.

Beispiel 1: Eine 2,2 km lange Faser hat eine längennormierte gemessene –3-dB-Frequenz von 2,2 GHz·km, das Messsystem hat jedoch bei dieser Wellenlänge ein NIDL von 2 GHz·km. Vorzugsweise ist das Ergebnis anzugeben als „> normierter gemessener Wert“ (in diesem Beispiel „> 2,2 GHz·km“). Vergleichbar ist der tatsächlich gemessene Wert vorzugsweise anzugeben als „> {gemessener Wert}“ (in diesem Beispiel „> 1,0 GHz·km“). Das „>“-Zeichen weist darauf hin, dass der gemessene Wert durch den Prüfaufbau begrenzt sein kann. Wenn die gemessene –3-dB-Frequenz den (nach 4.6 bestimmten) Wert von SSFL überschreitet, ist das Ergebnis so anzugeben, dass es größer als SSFL ist, wie in Beispiel 2 dargestellt.

Beispiel 2: Eine 2,2 km lange Faser hat eine gemessene –3-dB-Frequenz von 0,95 GHz (2,09 GHz·km), die größer als SSFL bei diesem Prüfaufbau ist, 0,9 GHz (1,98 GHz·km für diese Faserlänge). Das Ergebnis ist anzugeben als „> (SSFL)“ (in diesem Fall „> 0,9 GHz“). Das längennormierte Ergebnis ist anzugeben als „> SSFL-fache der Prüflingslänge in km“ (in diesem Fall „> 1,98 GHz·km“). Das „>“-Zeichen ist notwendig, um darauf hinzuweisen, dass der gemessene Wert durch den Prüfaufbau begrenzt ist.

7.2 Berechnungen für freigestellte Angaben

In der Bauartspezifikation können weitere Angaben anstelle von f_{3dB} gefordert sein. Es wird auf den entsprechenden Anhang verwiesen:

Anhang B: Übertragungsfunktion, $H(f)$

Anhang B: Frequenzantwort, $|H(f)|$

Anhang C: Impulsantwort, $h(t)$

Anhang C: Effektivwert der Impulsantwort, Verfahren A

Anhang C: Effektivwert der Impulsantwort, Verfahren B – Differenz der Quadrate

8 Normierung der Länge

Es kann wünschenswert sein, die Bandbreite oder die Impulsverbreiterung auf eine Längeneinheit zu normieren, z. B. GHz·km oder ns/km. Wenn die Bandbreite oder die Impulsverbreiterung auf eine Längeneinheit normiert ist, muss die Gleichung für Längenabhängigkeit angegeben werden.

9 Ergebnisse

9.1 Für jede Messung erforderliche Angaben

Für jede Messung sind folgende Angaben erforderlich:

- Nummer des Prüfverfahrens und angewendetes Verfahren;
- angewendete Einkopplungsbedingungen (RML oder OFL);
- Prüfdatum;
- Bezeichnung des Prüflings;

E DIN IEC 60793-1-41 (VDE 0888-241):2009-01

- Prüfergebnisse: f_{3dB} (7.1) oder Ergebnisse, die nach anderen Verfahren anzugeben sind, wie in der Bauartspezifikation gefordert;
- Wellenlänge der Lichtquelle (Nennwert oder Istwert);
- Länge des Prüflings;
- Gleichung für die Längennormierung, falls angewendet.

9.2 Auf Anfrage vorzulegende Angaben

Die folgenden Angaben sind auf Anfrage vorzulegen:

- Lichtquelle: Typ, Ist-Wellenlänge, maximale festgelegte oder Ist-Spektralbreite (FWHM); anzugeben, falls nicht gemessen;
- Beschreibung des Modenmischers und der Einkopplungsvorrichtung;
- normierter intramodaler Dispersionsgrenzwert (NIDL) für jede Messwellenlänge;
- Typ des Empfängers und Betriebsbedingungen;
- Einzelheiten des Berechnungsverfahrens für die Bandbreite und weitere Angaben;
- Verfahren für das Abstreifen der Mantelmoden;
- letztes Kalibrierdatum der Prüfeinrichtung;
- Bezeichnung der Prüfung;
- Prüfpersonal.

10 Spezifikationsangaben

In der Bauartspezifikation müssen folgende Angaben enthalten sein:

- Anzahl und Typ der Prüflinge;
- Nummer des Prüfverfahrens;
- anzuwendendes Berichtsverfahren, falls von 7.1 abweichend;
- Prüfwellenlänge(n).

Anhang A (normativ)

Intramodaler Dispersionsfaktor und normierter intramodaler Dispersionsgrenzwert

A.1 Intramodaler Dispersionsfaktor, IDF

Dieses Prüfverfahren ist zur Messung der intermodalen Bandbreite einer Faser vorgesehen. Auf Grund der Wechselwirkung des Laserspektrums mit der chromatischen Dispersion der Faser kann jedoch eine zusätzliche Dispersion verursacht werden, die den gemessenen Wert verringert. Der Zweck des IDF besteht darin, ein Mittel zur Begrenzung dieser Messfehlerquelle bereitzustellen. Der IDF hat die Einheit GHz·km·nm und ist die Frequenz, bei der die gemessene Bandbreite je Nanometer der Linienbreite der Lichtquelle und je Kilometer der Faserlänge auf 90 % der intermodalen Bandbreite abgefallen ist. Hinsichtlich der Ableitung des IDF siehe A.3. In Tabelle A.1 werden Werte für die höchste erwartete Dispersion für jede kommerziell verfügbare Faser der Kategorie A1 angegeben, die auf den Nennwerten der Dispersionsparameter beruhen. Bei den tabellierten Werten unter 1 200 nm ist die Dispersion für Fasern mit maximalem λ_0 (Faser-NA = 0,29) am größten. Bei den tabellierten Werten über 1 400 nm ist die Dispersion für Fasern mit minimalem λ_0 (Faser-NA = 0,20) am größten. Dabei ist λ_0 die Nulldispersionswellenlänge. Zwischen 1 200 nm und 1 400 nm wird der IDF nicht angewendet.