

DIN EN 60793-1-40
(VDE 0888-240)
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 2017-12-06

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 60793-1-40
(VDE 0888-240):2004-08

Entwurf
Lichtwellenleiter –
Teil 1-40: Messmethoden und Prüfverfahren –
Dämpfung
(IEC 86A/1800/CD:2017)

Optical fibres –
 Part 1-40: Measurement methods and test procedures –
 Attenuation
 (IEC 86A/1800/CD:2017)

Fibres optiques –
 Partie 1-40: Méthodes de mesure et procédures d'essai –
 Affaiblissement
 (IEC 86A/1800/CD:2017)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-10-06 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal 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@vde.com 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 in DIN und VDE, 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 63 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Inhalt	Seite
Nationales Vorwort.....	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Anforderungen an die Kalibrierung.....	9
5 Referenzprüfverfahren.....	9
6 Prüfeinrichtung	9
7 Probenahme und Prüflinge.....	9
7.1 Länge des Prüflings.....	9
7.2 Endfläche des Prüflings.....	9
8 Durchführung	9
9 Berechnungen	9
9.1 Verfahren A und B	9
9.2 Verfahren C	9
9.3 Verfahren D	9
10 Ergebnisse.....	10
10.1 Für jede Messung verfügbare Angaben	10
10.2 Auf Anfrage verfügbare Angaben	10
11 Angaben in der Spezifikation.....	10
Anhang A (normativ) Spezifische Anforderungen an Verfahren A – Rückschneideverfahren	11
A.1 Allgemeines	11
A.2 Prüfeinrichtung	11
A.2.1 Allgemeine Prüfeinrichtung für alle Fasern	11
A.2.2 Ankopplungsvorrichtung für alle Einmodenfasern.....	13
A.2.3 Einkopplungsvorrichtung für A1-Gradientenprofil-Mehrmodenfasern	14
A.2.4 Einkopplungsvorrichtung für A2- bis A4-Stufenprofil-Mehrmodenfasern	16
A.2.5 Anforderungen an die Kalibrierung.....	17
A.3 Durchführung	18
A.4 Berechnungen	18
Anhang B (normativ) Spezifische Anforderungen an Verfahren B – Einfügungsdämpfung.....	19
B.1 Allgemeines	19
B.2 Prüfeinrichtung	19
B.2.1 Allgemeiner Aufbau	19
B.2.2 Gemeinsamer Aufbau mit dem Verfahren A (Rückschneiden)	19
B.2.3 Zusätzliche Einrichtungen für das Verfahren B (Einfügungsdämpfung)	19

B.3	Durchführung.....	19
B.4	Berechnungen	20
Anhang C (normativ) Spezifische Anforderungen an Verfahren C – Rückstreuung		21
C.1	Allgemeines.....	21
C.2	Prüfeinrichtung	21
C.2.1	Optischer Sender	21
C.2.2	Einkopplungsbedingungen	22
C.2.3	Optischer Aufteiler.....	22
C.2.4	Optischer Empfänger	22
C.2.5	Impulsdauer und Impulswiederholrate	22
C.2.6	Signalprozessor.....	22
C.2.7	Anzeige	22
C.2.8	Datenschnittstelle (wahlfrei).....	23
C.2.9	Reflexionsfalle (wahlfrei)	23
C.2.10	Spleiße und Steckverbinder	23
C.3	Probenahme und Prüflinge	23
C.4	Durchführung.....	23
C.4.5	Weitere Schritte zur Messung der Dämpfung	25
C.4.6	Weitere Schritte zur Messung von Punktfehlern	25
C.4.7	Kalibrierung	27
C.5	Berechnungen	27
C.6	Ergebnisse	27
Anhang D (normativ) Spezifische Anforderungen an Verfahren D – Modellierung der spektralen Dämpfung.....		29
D.1	Allgemeines.....	29
D.2	Prüfeinrichtung	29
D.3	Probenahme und Prüflinge	29
D.4	Durchführung.....	29
D.5	Berechnungen	30
D.6	Ergebnisse	30
Anhang E (informativ) Beispiele für Ergebnisse der Prüfung kurzer A1-Mehrmodenfasern.....		32
Literaturhinweise		34
Bilder		
Bild A.1 – Anordnung der Prüfeinrichtung zur Dämpfungsmessung bei einer festgelegten Wellenlänge.....		11
Bild A.2 – Anordnung der Prüfeinrichtung, um das Dämpfungsspektrum zu erhalten.....		12
Bild A.3 – Allgemeine Anordnung für die Einkopplung.....		12
Bild A.4 – Optische Einrichtung für die Einkopplung mit begrenztem Phasenraum		15
Bild A.5 – Zwei Beispiele von Mischern für optische Fasern		16
Bild A.6 – Linsensystem		17

	Seite
Bild A.7 – Einkopplungsfaser	17
Bild A.8 – Modenmischer (für A4-Fasern)	17
Bild A.9 – Eine Quelle mit breitem Spektrum (Kurve „b“) kann durch scharfe Schwankungen der spektralen Dämpfung von Fasern mit Polymerkern (Kurve „a“) zu Fehlern bei der Dämpfungsmessung führen	18
Bild B.1 – Kalibrierung der Messeinrichtung für die Einfügungsdämpfung	20
Bild B.2 – Messung der Einfügungsdämpfung	20
Bild C.1 – Blockschaltbild eines OTDR.....	21
Bild C.2 – Schematische OTDR-Kurve für einen „einheitlichen“ Prüfling mit vorgeschalteter Totzonenfaser.....	24
Bild C.3 – Schematische OTDR-Kurve für einen „einheitlichen“ Prüfling ohne vorgeschaltete Totzonenfaser.....	24
Bild C.4 – Schematische OTDR-Kurve, die eine scheinbare Dämpfung aufgrund von Punktfehlern zeigt, einer reflektierend, der andere nicht reflektierend	26
Bild C.5 – Schematische Darstellung einer erweiterten OTDR-Kurve mit zwei Punktfehlern, einer mit scheinbarer Verstärkung, der andere ohne scheinbare Dämpfung oder Verstärkung	27
Bild E.1 – Beispiel für Prüfungen des Dämpfungskoeffizienten an A1a.1a-Faser	32
Bild E.2 – Beispiel für Prüfungen des Dämpfungskoeffizienten an A1a.3b-Faser	32
Bild E.3 – Beispiel für Prüfungen des Dämpfungskoeffizienten an A1b-Faser	33
Tabellen	
Tabelle A.1 – Beispiele für Dorngrößen	15
Tabelle A.2 – Einkopplungsbedingungen für A2- bis A4-Fasern.....	16

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 86A/1800/CD:2017 „Optical fibres – Part 1-40: Measurement methods and test procedures – Attenuation“ (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 beigelegt. 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 dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 412.6 „Lichtwellenleiter und Lichtwellenleiterkabel“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Dieses Dokument mit anderen Veröffentlichungen der Reihe IEC 60793-1-4X ersetzt IEC 60793-1-4 Ed. 1 mit seinen Änderungen.

Die [Anhänge A, B, C](#), und D bilden einen wesentlichen Teil dieser Norm.

Diese Norm ist in Verbindung mit [IEC 60793-1-1](#) und IEC 60793-1-2 anzuwenden.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

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

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden Deutschen Dokumenten 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. IEC [und/oder ISO] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 60793-1-40 (VDE 0888-240):2004-08** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Verbesserte Beschreibung der Einzelheiten zur Messung der B6-Faser;
- b) Verbesserung der Kalibrieranforderungen für A4-Faser;
- c) Einführung von **Anhang E**, der Beispiele für Prüfergebnisse an kurzen Kabeln mit A1-Mehrmodenfasern beschreibt.

Lichtwellenleiter – Teil 1-40: Messmethoden und Prüfverfahren – Dämpfung

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60793 legt einheitliche Anforderungen für die Messung der Dämpfung von Lichtwellenleitern (LWL) fest und unterstützt damit die Prüfung von Fasern und Kabeln für kommerzielle Zwecke.

Für die Messung der Dämpfung werden vier Verfahren beschrieben, von denen eines zur Modellierung der spektralen Dämpfung vorgesehen ist:

- Verfahren A: Rückschneiden;
- Verfahren B: Einfügungsdämpfung;
- Verfahren C: Rückstreuung;
- Verfahren D: Modellierung der spektralen Dämpfung.

Die Verfahren A bis C gelten für die Messung der Dämpfung für alle Kategorien der folgenden Fasern:

- Mehrmodenfasern der Klasse A;
- Einmodenfasern der Klasse B.

Das Verfahren C, Rückstreuung, schließt auch Lage, Dämpfungen und Merkmale von Punktfehlern ein.

Das Verfahren D gilt nur für Fasern der Klasse B.

Allgemeine Angaben für alle drei Messverfahren und für das Modellierungsverfahren werden in den Abschnitten 1 bis 8 angegeben, und Angaben hinsichtlich der Einzelverfahren werden in den Anhängen A, B, C bzw. D angegeben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 60793-1-22, *Optical fibres – Part 1-22: Length measurement methods*

IEC 60793-1-43, *Optical fibres – Part 1-43: Numerical aperture measurement*

IEC 61746-1, *Calibration of optical time-domain reflectometers (OTDR) – Part 1: OTDR for single mode fibres*

IEC 61746-2, *Calibration of optical time-domain reflectometers (OTDR) – Part 2: OTDR for multimode fibres*

IEC 62614, *Fibre optics – Launch condition requirements for measuring multimode attenuation*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60793-1 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Dämpfung

die Dämpfung einer Faser bei der Wellenlänge λ zwischen zwei Querschnitten 1 und 2, die durch einen Abstand voneinander getrennt sind, ist wie folgt definiert:

$$A(\lambda) = \left| 10 \log_{10} \frac{P_1(\lambda)}{P_2(\lambda)} \right| \quad (1)$$

Dabei ist

$A(\lambda)$ die Dämpfung in dB bei der Wellenlänge λ ;

$P_1(\lambda)$ die optische Leistung, die durch den Querschnitt 1 fließt;

$P_2(\lambda)$ die optische Leistung, die durch den Querschnitt 2 fließt;

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Dämpfung ist ein Maß für die abnehmende optische Leistung in einer Faser bei einer bestimmten Wellenlänge. Sie hängt von der Beschaffenheit und der Länge der Faser ab und wird auch durch die Messbedingungen beeinflusst.

3.2

Dämpfungskoeffizient

Dämpfung je Längeneinheit für eine gleichmäßige Faser unter Gleichgewichtsbedingungen; die Dämpfung je Längeneinheit oder der Dämpfungskoeffizient kann wie folgt definiert werden:

$$\alpha(\lambda) = \frac{A(\lambda)}{L} \quad (2)$$

und ist unabhängig von der gewählten Faserlänge.

Dabei ist

$\alpha(\lambda)$ der Dämpfungskoeffizient;

$A(\lambda)$ die Dämpfung bei der Wellenlänge λ ;

L die Länge in Kilometer.

Anmerkung 1 zum Begriff: Unkontrollierte Einkopplungsbedingungen regen üblicherweise verlustbehaftete Moden höherer Ordnung an, die transiente Dämpfungen erzeugen und eine Dämpfung ergeben, die nicht zur Faserlänge proportional ist. Eine kontrollierte Einkopplungsbedingung im Gleichgewicht ergibt eine Dämpfung, die proportional zur Faserlänge ist. Unter Gleichgewichtsbedingungen kann der Dämpfungskoeffizient eines LWL bestimmt werden, und die Dämpfung zusammengesetzter Fasern addiert sich linear.

3.3

Modellierung der spektralen Dämpfung

Technik, die die Dämpfungskoeffizienten in einem Wellenlängenspektrum aus einer kleinen Anzahl (drei bis fünf) diskreter, bei verschiedenen Wellenlängen direkt gemessener Einzelwerte voraussagt

3.4

Punktfehler

zeitweilige oder ständige lokale Abweichung des kontinuierlichen OTDR-Signals in Hinlauf- oder Rücklauf-richtung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Art der Abweichung kann mit den Prüfbedingungen schwanken (z. B. Impulsdauer, Wellenlänge und Richtung des OTDR-Signals). Obwohl ein Punktfehler eine größere Länge als die entsprechend

angezeigte Impulsdauer (einschließlich Sender- und Empfängereffekte) haben kann, ist die Länge üblicherweise etwa gleich der Impulsdauer. Für eine richtige Auswertung sollten die Hinweise in [IEC 60793-1-22](#) für das Messen der Länge beachtet werden.

4 Anforderungen an die Kalibrierung

Zu den Verfahren A, B bzw. C siehe die [Anhänge A, B und C](#).

5 Referenzprüfverfahren

Das Verfahren A, Rückschneiden, ist das Referenzprüfverfahren (en: reference test method, RTM), das zur Lösung von Streitfällen anzuwenden ist.

6 Prüfeinrichtung

In den Anhängen A, B, C und D sind Darstellungen für den Aufbau und weitere Anforderungen an die Prüfeinrichtung für jedes Verfahren enthalten.

7 Probenahme und Prüflinge

7.1 Länge des Prüflings

Der Prüfling muss eine bekannte Länge auf einer Spule oder in einem Kabel sein, wie in der Bauartspezifikation festgelegt.

7.2 Endfläche des Prüflings

An den Eingangs- und Ausgangsenden jedes Prüflings sind ebene Endflächen rechtwinklig zur Faserachse vorzubereiten.

8 Durchführung

Zu den Verfahren A, B, C bzw. D siehe [Anhänge A, B, C und D](#).

9 Berechnungen

9.1 Verfahren A und B

Die Verfahren A und B, Rückschneiden bzw. Einfügungsdämpfung, verwenden die in [Abschnitt 1](#) angegebenen [Gleichungen \(1\)](#) und [\(2\)](#).

9.2 Verfahren C

Siehe [Anhang C](#).

9.3 Verfahren D

Siehe [Anhang D](#).

10 Ergebnisse

10.1 Für jede Messung verfügbare Angaben

Bei jeder Messung sind die folgenden Angaben aufzuzeichnen:

- Datum und Bezeichnung der Messung;
- Kennzeichnung des Prüflings;
- Wellenlänge der optischen Quelle;
- Länge des Prüflings;
- spektrale Dämpfung, in dB, oder Dämpfungskoeffizient, in dB/km, in Abhängigkeit von der Wellenlänge oder bei (einer) spezifischen Wellenlänge(n), wie in der Bauartspezifikation gefordert.

10.2 Auf Anfrage verfügbare Angaben

Die folgenden Angaben sind auf Anfrage vorzulegen:

- angewendetes Messverfahren: A, B, C oder D;
- Art der verwendeten optischen Quelle: Schwerpunktwellenlänge(n) und Spektralbreite(n)
- angewendete Einkopplungsverfahren und -bedingungen;
- Angabe, ob eine Totzonenfaser verwendet wurde;
- Beschreibung aller wichtigen Einrichtungen;
- für Fasern des Typs B – Maße und Anzahl der Windungen des Modenfilters oder Modenmischers;
- Impulsdauer(n), Skalenbereich(e) und Einzelheiten der Signalmittelung;
- Einzelheiten der Rechentechnik (Berechnungsverfahren);
- sämtliche durchgeführten Abweichungen vom Verfahren;
- letztes Kalibrierdatum der Messeinrichtung.

Bei den Verfahren C und D siehe die zusätzlichen Anforderungen in [Anhang C, C.5](#) bzw. [Anhang D, D.5](#). Dies gilt besonders für die Messung von Punktfehlern nach Verfahren C.

11 Angaben in der Spezifikation

In der Bauartspezifikation müssen die folgenden Angaben festgelegt sein:

- Typ der zu prüfenden Faser (oder des zu prüfenden Kabels);
- Ausfall- oder Annahmekriterien bei der Wellenlänge oder dem Wellenlängenbereich;
- sämtliche zutreffenden Abweichungen vom Verfahren;
- aufzunehmende Angaben.

Anhang A (normativ)

Spezifische Anforderungen an Verfahren A – Rückschneideverfahren

A.1 Allgemeines

Das Rückschneideverfahren ist das einzige direkt aus der Definition der Faserdämpfung abgeleitete Verfahren, bei dem die Leistungspegel $P_1(\lambda)$ und $P_2(\lambda)$ an zwei Punkten der Faser ohne Änderung der Eingangsbedingungen gemessen werden. $P_2(\lambda)$ ist die Leistung, die am Ende der Faser austritt, und $P_1(\lambda)$ ist die Leistung, die an einem Punkt nahe dem Eingang nach dem Schneiden der Faser austritt. (Dies erklärt die breite Akzeptanz als Referenzprüfverfahren für die Dämpfung.)

Das Messprinzip erlaubt keine Angaben über das Dämpfungsverhalten über die Faserlänge. Ebenso ist es schwierig, die Dämpfungsänderung unter sich ändernden Bedingungen zu messen. In manchen Situationen ist seine zerstörerische Natur von Nachteil.

A.2 Prüfeinrichtung

A.2.1 Allgemeine Prüfeinrichtung für alle Fasern

Die Bilder A.1 und A.2 zeigen geeignete Prüfaufbauten.

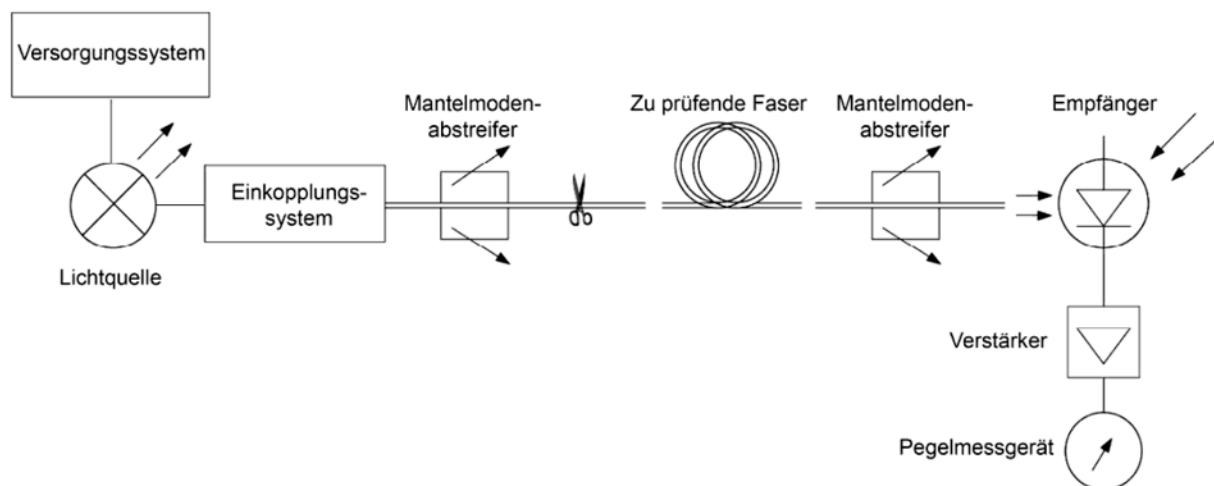


Bild A.1 – Anordnung der Prüfeinrichtung zur Dämpfungsmessung bei einer festgelegten Wellenlänge

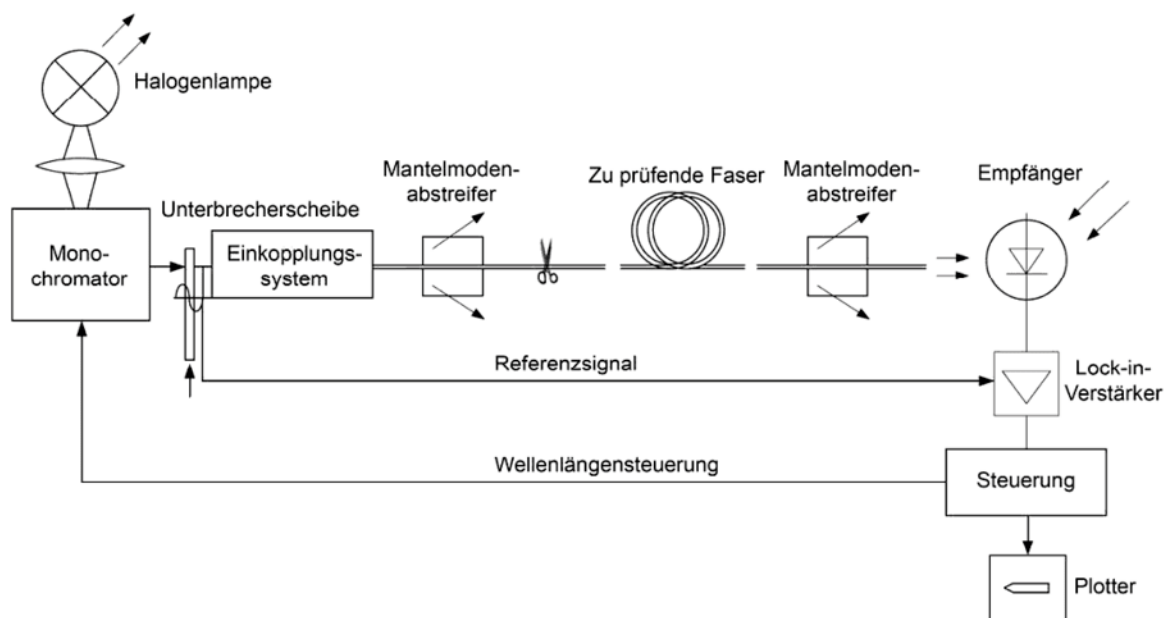


Bild A.2 – Anordnung der Prüfeinrichtung, um das Dämpfungsspektrum zu erhalten

Allgemeine Anordnung für die Einkopplung

Bild A.3 zeigt die allgemeine Anordnung für die Einkopplung, die für alle Fasern verwendet wird. Weitere Einzelheiten sind in A.2.2 bis A.2.4 angegeben, soweit sie für die spezifischen Kategorien der Einmoden- oder Multimodalfasern gelten.

Optische Quelle

Es ist eine geeignete Strahlungsquelle zu verwenden, wie eine Lampe, ein Laser oder eine lichtemittierende Diode. Die Auswahl der Quelle richtet sich nach der Art der Messung. Die Quelle muss in ihrer Lage, Intensität und Wellenlänge für eine ausreichende Dauer zur Durchführung des Messverfahrens stabil sein. Die spektrale Linienbreite (zwischen den Punkten optischer Intensitätsleistung von 50 % der verwendeten Quellen) ist so festzulegen, dass die Linienbreite schmal ist im Vergleich zu allen Merkmalen der spektralen Dämpfung der Faser, z. B. kleiner als 10 nm. Die Faser ist auf den Einkopplungskonus auszurichten oder an eine Einkopplungsfaser anzukoppeln.

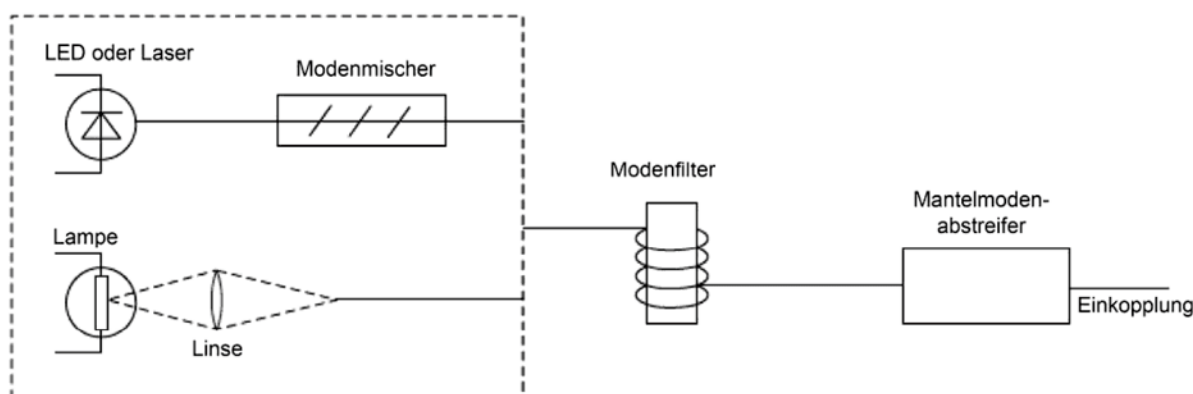


Bild A.3 – Allgemeine Anordnung für die Einkopplung

Wellenlänge der Quelle

Die Messungen können bei einer oder mehr Wellenlängen durchgeführt werden. Alternativ kann eine spektrale Kennlinie über einen Wellenlängenbereich aufgenommen werden.

Optisches Empfangssystem

Es sind Mittel vorzusehen, um die gesamte vom Prüfling emittierte Leistung auf den aktiven Bereich des Empfängers einzukoppeln. Dazu kann zum Beispiel ein optisches Linsensystem, ein Stirnflächenspleiß an eine LWL-Anschlussfaser oder eine direkte Ankopplung an den Empfänger verwendet werden. Wenn der Empfänger bereits mit einer Anschlussfaser versehen ist, muss die Anschlussfaser einen ausreichend großen Kerndurchmesser und eine numerische Apertur besitzen, um das gesamte Licht aufzufangen, das aus der Referenzfaser und der zu prüfenden Faser austritt.

Es ist ein optischer Empfänger zu verwenden, der über dem gewünschten Intensitätsbereich und den zu erwartenden Messzeiten linear und stabil ist. Ein typisches System kann zum Beispiel eine im photovoltaischen Modus arbeitende Photodiode enthalten, die mit einem Eingangsstromverstärker verstärkt und synchron mit einem Lock-in-Verstärker erfasst wird.

Signalverarbeitung

Es ist üblich, die Lichtquelle zu modulieren, um das Signal-Rausch-Verhältnis am Empfänger zu verbessern. In diesem Fall ist der Empfänger an ein Signalverarbeitungssystem anzuschließen, das mit der Modulationsfrequenz der Quelle synchronisiert ist. Das Empfangssystem sollte möglichst linear oder durch eine Kennlinie vollständig charakterisiert sein.

Mantelmodenabstreifer

Es sind geeignete Verfahren anzuwenden, mit denen die Lichtleistung, die sich im Fasermantel ausbreitet, entfernt wird, wenn diese das empfangene Signal merklich beeinflussen würde.

A.2.2 Ankopplungsvorrichtung für alle Einmodenfasern

Zur Anregung der Prüffaser kann ein optisches Linsensystem oder eine LWL-Anschlussfaser eingesetzt werden. Die in die Faser eingekoppelte Leistung muss während der Messzeit stabil sein. Siehe [Bild A.1](#).

LWL-Anschlussfaser

Bei Verwendung einer Anschlussfaser kann es zur Vermeidung von Interferenzeffekten notwendig sein, zwischen der Anschlussfaser der Quelle und der zu prüfenden Faser ein Material zur Brechzahlanpassung zu verwenden.

Optisches Linsensystem

Wird ein optisches Linsensystem verwendet, so ist eine Vorrichtung zur stabilen Halterung des Eingangs-endes der Faser, wie z. B. eine Unterdruckspannvorrichtung, zu verwenden. Die Halterung ist so auf einer Positioniervorrichtung zu befestigen, dass das Faserende wiederholt auf den Eingangsstrahl ausgerichtet werden kann. Ein Verfahren, um die Faserpositionierung weniger empfindlich zu machen, ist die räumliche und winkelbezogene Überstrahlung des Faserendes.

Filter für Moden höherer Ordnung

Es ist ein Verfahren anzuwenden, um in dem betreffenden Wellenlängenbereich sich ausbreitende Moden höherer Ordnung zu entfernen. Ein Beispiel eines Filters für Moden höherer Ordnung ist eine einzelne Schleife mit einem ausreichend kleinen Radius, um die Grenzwellenlänge unter die kleinste zu untersuchende Wellenlänge zu verschieben. Bei für Biegedämpfung unempfindlichen Fasern können mehrere Schleifen mit kleinerem Radius oder ein Prüfling mit längerem Rückschnitt angewendet werden. Es sollte darauf geachtet werden, dass der Radius nicht so klein ist, so dass wellenlängenabhängige Schwingungen erzeugt werden. Die Vergrößerung der Länge des zurückgeschnittenen Prüflings sollte bei der Dämpfungsberechnung berücksichtigt werden.

Mantelmodenabstreifer

Der Mantelmodenabstreifer stellt sicher, dass keine Strahlungsmoden, die sich im Mantel ausbreiten, nach einer kurzen Strecke in der Faser noch nachweisbar sind. Der Mantelmodenabstreifer besteht oft aus einem Werkstoff, dessen Brechungsindex größer oder gleich dem des Fasermantels ist. Dies kann eine Immersionsflüssigkeit sein, die unmittelbar am Ende der unbeschichteten Faser aufgebracht wird; unter bestimmten Umständen übernimmt die Faserbeschichtung selbst diese Funktion.

A.2.3 Einkopplungsvorrichtung für A1-Gradientenprofil-Mehrmodenfasern

Die Einkopplungsbedingungen sind von äußerster Wichtigkeit, um die in [Abschnitt 1](#) angegebenen Anforderungen zu erfüllen. Die Einkopplungsbedingungen sind so festgelegt, dass eine Einkopplung von Leistung in höhere transiente Moden verhindert wird. Dadurch, dass keine Leistung in diese transienten Moden der zu prüfenden Faser eingekoppelt wird, werden Dämpfungen gemessen, die sich annähernd in linearer Weise addieren. Weil diese Leistungsverteilungen durch die Faser im Wesentlichen nicht verändert werden, werden sie als „Gleichgewichtsverteilungen“ bezeichnet.

Im Allgemeinen werden zwei Verfahren angewendet, um Gleichgewichts-Einkopplungsbedingungen für Dämpfungsmessungen zu erzeugen: Modenfilter und eine Einkopplung nach geometrischer Optik. Bei der sorgfältigen Anwendung jedes dieser Verfahren lassen sich vergleichbare Ergebnisse erzielen.

Es ist zu beachten, dass die Modenverteilung mit der Länge des Prüflings zusammenhängt. Bei kurzen A1-Mehrmodenfasern (weniger als 1 km) erreicht die Modenverteilung den Gleichgewichtszustand vielleicht nicht. Dies ruft eine Vergrößerung der Dämpfungswerte für kleinere Faserlängen hervor, wo die Größe der Längenabhängigkeit vom Fasertyp, der Einkopplungsbedingung usw. abhängt. In diesen Fällen sollten die Dämpfungswerte von Kabeln erhalten werden, die lang genug sind, einen Gleichgewichtszustand zu erreichen, oder sie können von denen des ursprünglichen längeren Spenderkabels genommen werden. Als Anleitung für ausreichende Kabellängen siehe Beispiele von Kabelprüfergebnissen an A1-Mehrmodenfasern im [Anhang E](#).

Ein allgemeines Beispiel für eine Einkopplungsanordnung mit einem Modenfilter ist in [Bild A.1](#) dargestellt. Beispiele für beide folgen.

Beispiele für Modenfilter

Hilfsfaser-Modenfilter

Es ist eine Faser ähnlichen Typs wie die zu prüfende Faser auszuwählen. Diese Faser sollte lang genug sein (üblicherweise 1 km oder länger), so dass die Leistungsverteilung in der Faser bei Anwendung einer Einkopplungsquelle nach A.2.3.3 einer Gleichgewichts-Modenverteilung entspricht.

Wickeldorn-Modenfilter

Ein weiterer Modenfilter besitzt die Form eines Dornes, um den wenige Windungen (üblicherweise drei bis fünf Windungen) der zu prüfenden Faser mit geringer Spannung gewickelt sind. Der Dorndurchmesser ist so auszuwählen, dass die transienten Moden, die in der zu prüfenden Faser angeregt wurden, bis zum Gleichgewichtszustand gedämpft wurden. Es ist eine Fernfeldmessung anzuwenden, um die Leistungsverteilung, die aus einer langen Länge (größer als 1 km) der mit einer gleichförmigen Vollenregung durch die Quelle angeregten zu prüfenden Faser austritt, mit der Leistungsverteilung zu vergleichen, die aus einer kurzen Länge der Faser austritt, bei der ein Dorn verwendet wurde. Der Dorndurchmesser ist so auszuwählen, dass er in der kürzeren Länge eine Fernfeldverteilung erzeugt, die der Fernfeldverteilung der langen Länge nahe kommt.

Die numerische Apertur (gemessen nach [IEC 60793-1-43](#)) des Strahlungsmusters, das aus der kürzeren Länge austritt, muss 94 % bis 100 % der numerischen Apertur des Strahlungsmusters der langen Länge betragen.

Abhängig vom Typ der Faser und der Beschichtung kann sich der Dorndurchmesser von Faser zu Faser unterscheiden. Üblicherweise sind Dorndurchmesser im Bereich von 15 mm bis 40 mm zu verwenden, bei denen die Faser mit fünf Windungen innerhalb einer Länge von 20 mm um den Dorn gewickelt ist. Obgleich

Dorne unterschiedlicher Größe und Anordnung ausgewählt werden können, gibt die folgende Tabelle übliche Dorngrößen für Fasern mit verschiedenen Kerndurchmessern an.

Tabelle A.1 – Beispiele für Dorngrößen

Kerndurchmesser μm	Dorndurchmesser mm
50	25
62,5	20
100	25

Beispiel einer Einkopplung nach geometrischer Optik

Eine Einkopplung mit begrenztem Phasenraum (en: limited phase space, LPS) ist definiert als geometrisch erzeugte Einkopplung, die 70 % des Kerndurchmessers der Prüffaser und 70 % der numerischen Apertur der Prüffaser gleichmäßig füllt. Dies ist die größte geometrisch eingekoppelte Leistungsverteilung, die keine Leistung in nicht geführte Leckmoden einkoppelt. Bei einer 50/125- μm -Gradientenindex-Mehrmodenfaser mit einer numerischen Apertur von 0,2 besteht die LPS-Einkopplungsbedingung aus einem einheitlichen 35- μm -Fleck und einer numerischen Apertur von 0,14.

Ein Beispiel für die optischen Einrichtungen, die für die Erzeugung der LPS-Einkopplung notwendig sind, ist in Bild A.4 angegeben. Hierbei ist es wichtig sicherzustellen, dass die Achse des Einkopplungsstrahls mit der Faserachse so übereinstimmt, dass der Fleck und der Einfallkegel des Lichts auf den Faserkern zentriert sind. Ebenso muss das optische System auf die Betriebswellenlängen eingestellt sein, um die korrekte Messung sicherzustellen.

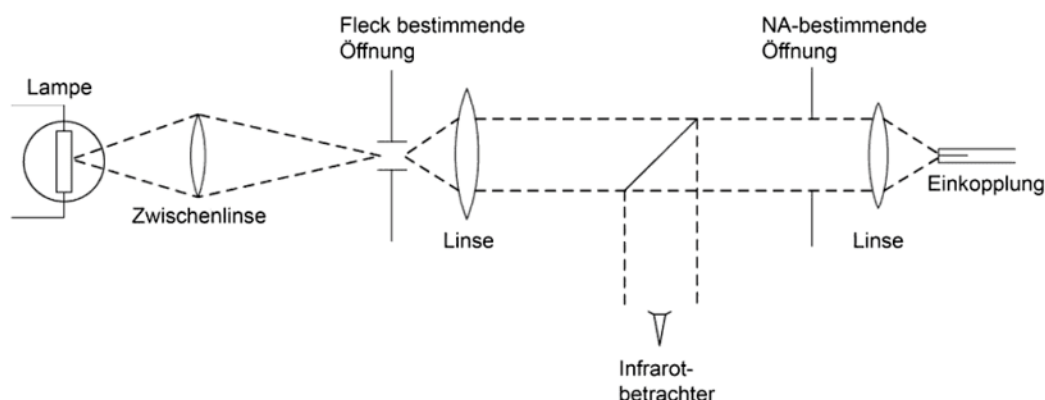


Bild A.4 – Optische Einrichtung für die Einkopplung mit begrenztem Phasenraum

Modenmischer

Vor dem Modenmischer wird eine im Wesentlichen gleichverteilte Leistung eingekoppelt. Für eine Quelle wie eine LED oder einen Laser, die keine Gleichverteilung der Leistung erzeugt, ist ein Modenmischer zu verwenden. Der Modenmischer muss eine geeignete Faserkombination enthalten (z. B. eine Folge von Stufenprofil-/Gradientenprofil-/Stufenprofilfasern).

Ein „Modenmischer“ ist ein Gerät, das zur Steuerung der Einkopplungsbedingungen zwischen der Lichtquelle und der Prüffaser angeordnet wird. Es ist keine bestimmte Ausführung eines Modenmischers festgelegt. Es sollte hervorgehoben werden, dass das Leistungsvermögen dieser Mischer von der Einkopplungsoptik und den Fasermaßen (Kern und numerische Apertur) abhängen, die bei der tatsächlichen Konstruktion verwendet wurden.

BEISPIELE Die zwei in Bild A.5 gezeigten Ausführungen dienen nur der Veranschaulichung.

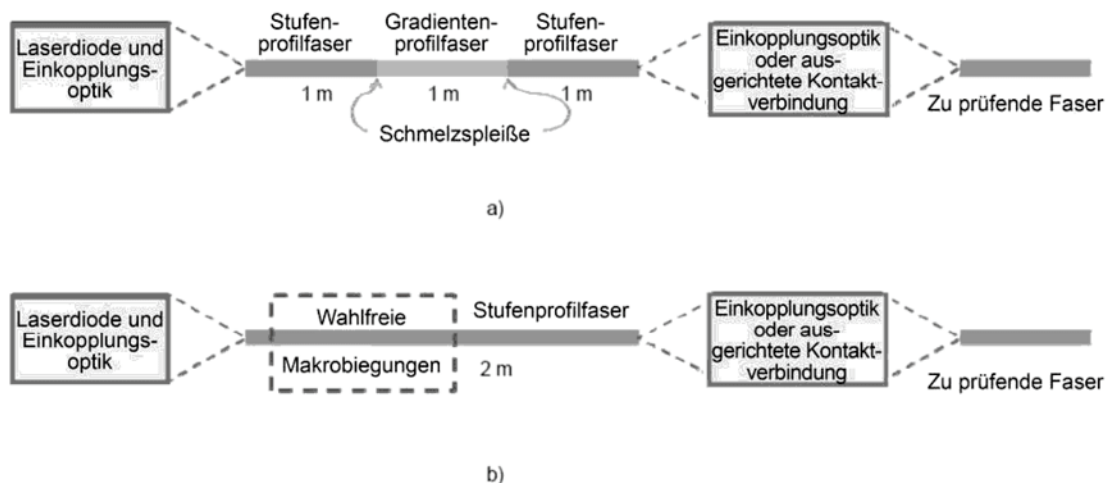


Bild A.5 – Zwei Beispiele von Mischern für optische Fasern

A.2.4 Einkopplungsvorrichtung für A2- bis A4-Stufenprofil-Mehrmodenfasern

Einige Beispiele für allgemeine Einkopplungsanordnungen für kurze Fasern sind in den Bildern A.6, A.7 und A.8 beschrieben.

Die Reproduzierbarkeit der Dämpfungsmessungen an Stufenprofilfasern ist kritisch. Deshalb ist eine gut definierte Beschreibung des Einkopplungsaufbaus notwendig. Ein derartiger Aufbau kann durch Verwendung handelsüblicher optischer Bauelemente erzielt werden und muss die Fleckgrößen und die numerischen Aperturen für die Einkopplung nach Tabelle A.2 bereitstellen können.

Tabelle A.2 – Einkopplungsbedingungen für A2- bis A4-Fasern

Eigenschaft	Faserkategorie		
	A 2.2-Faser (Anmerkung 1) Glaskern/Glasmantel	A3-Faser Glaskern/Plastikmantel	A4-Faser Plastikkern/Plastikmantel
Fleckgröße	= Faserkerngröße	= Faserkerngröße	= Faserkerngröße mit voller Modeneinkopplung oder Verwendung eines Modenmischers mit Gleichgewichtsmode-einkopplung
Numerische Apertur	= größte NA der Faser (siehe Anmerkung 2)	= größte NA der Faser (siehe Anmerkung 3)	= größte NA der FA mit voller Modeneinkopplung (siehe Anmerkung 3)
<p>ANMERKUNG 1 Für Fasern der Kategorie A2.1 sind weitere Untersuchungen erforderlich.</p> <p>ANMERKUNG 2 Diese Einkopplungsbedingung kann durch Vollerregung eines Modenfilters aus 2 m Faser erzeugt werden, die identisch mit der zu prüfenden Faser ist, mit geeigneter Mantelmodenabstreifung und unter Verwendung des Ausgangs dieses Modenfilters zur Einkopplung in die zu prüfende Faser.</p> <p>ANMERKUNG 3 Diese Einkopplungsbedingung kann auf dieselbe Weise wie in Anmerkung 2 beschrieben erzeugt werden. Allerdings erfordern einige Typen von A3- und A4-Fasern kein Mantelmodenabstreifen für das Modenfilter.</p>			

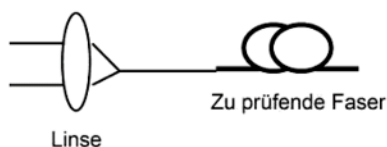


Bild A.6 – Linsensystem

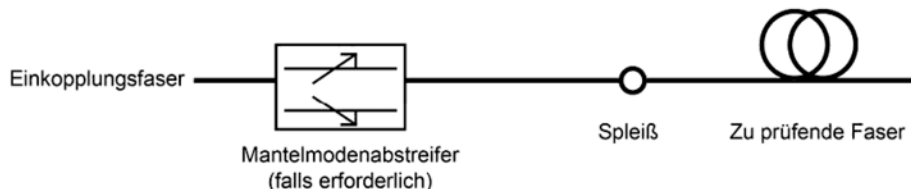


Bild A.7 – Einkopplungsfaser

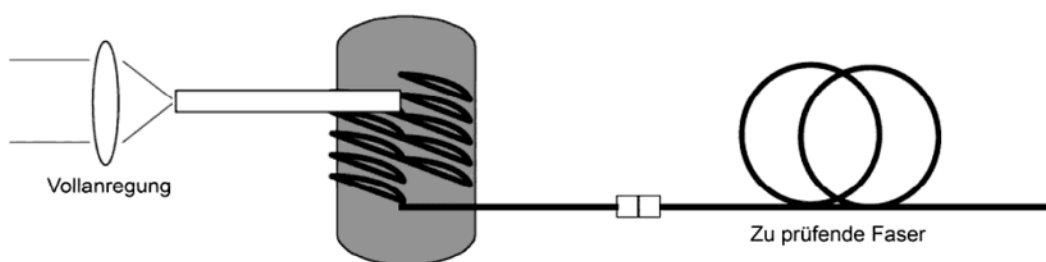


Bild A.8 – Modenmischer (für A4-Fasern)

A.2.5 Anforderungen an die Kalibrierung

Allgemeine Anforderungen an die Kalibrierung

Die Wellenlänge ist innerhalb von ± 10 nm zu kalibrieren.

Anforderungen für A4-Fasern

Bei A4-Fasern ist es üblich, Dämpfungsmessungen bei bestimmten Wellenlängen unter Verwendung einer LED als optische Quelle durchzuführen. Wegen charakteristischer starker, scharfer Dämpfungsschwankungen über das Wellenlängenspektrum einiger Polymerwerkstoffe sollten zusätzliche Messungen zur optischen Charakterisierung durchgeführt werden, um Einflüsse zu berücksichtigen, die die Messung bei der Kalibrierung von Quellen für die Dämpfungsmessung mit breitem Spektrum beeinflussen könnten, insbesondere wenn die Schwerpunktwellenlänge weit von der vorgesehenen Wellenlänge der Messung entfernt ist. Eine vollständige Charakterisierung stellt die Wiederholbarkeit der Messungen sicher und vermeidet den negativen Einfluss folgender Effekte:

- Verzerrung der Dämpfungsmessung

Eine optische Quelle mit einem breiten Spektrum, zum Beispiel eine LED, verursacht Messfehler bei der Messung, da Teile des optischen Spektrums bei Wellenlängen mit niedriger Dämpfung liegen und andere Teile bei Wellenlängen mit hoher Dämpfung. Dies ist in Bild A.9 dargestellt, mit der Gaußschen Kurve „b“, die die spektrale Kennlinie einer LED-Quelle zeigt, die zur Messung von A4-Fasern verwendet wird, und mit der erwarteten spektralen Dämpfung, angegeben durch die Kurve „a“. Um die Dämpfungsschwankungen zu berücksichtigen, muss die Quelle in ihrer Schwerpunktwellenlänge und der Spektralbreite kalibriert sowie mit der erwarteten spektralen Dämpfung der zu prüfenden Faser bei vollständiger Kenntnis der effektiven Dämpfung bei der Messwellenlänge charakterisiert werden.

- Spektralfiltereffekt

Licht mit einem breiten Spektrum erfährt bei der Ausbreitung in A4a-Fasern bei einigen Wellenlängen verhältnismäßig geringe Dämpfung, während andere Teile des Spektrums höhere Dämpfungen erleiden. Bei

längeren gemessenen Faserlängen verschiebt sich der erfasste spektrale Höchstwert der LED in Richtung der Wellenlänge des Kleinstwerts der Faserdämpfung. Dies ist in Bild A.9 zu sehen, in dem die ursprüngliche spektrale Quelle durch die Kurve „b“ (charakterisiert durch eine Faserlänge von 0 m) und dieselben erfassten Spektren nach dem Durchgang durch verschiedene Längen einer A4-Faser dargestellt werden. Wenn die Messlänge der Faser wächst, tritt eine Verschiebung des Höchstwerts des erfassten Gaußschen Signals in Richtung der Wellenlänge der kleinsten Dämpfung der Faser auf (Kurven „c“ bis „f“ in Bild A.9).

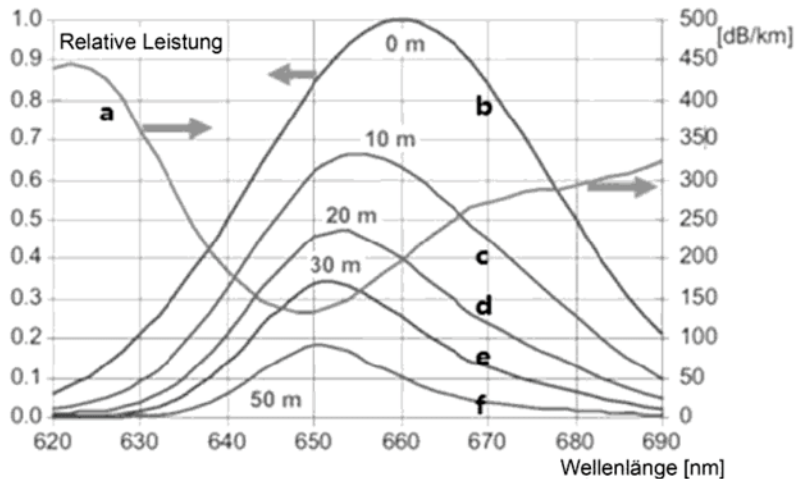


Bild A.9 – Eine Quelle mit breitem Spektrum (Kurve „b“) kann durch scharfe Schwankungen der spektralen Dämpfung von Fasern mit Polymerkern (Kurve „a“) zu Fehlern bei der Dämpfungsmessung führen

A.3 Durchführung

A.3.1 Die zu prüfende Faser ist an die Messeinrichtung anzuschließen. Die Ausgangsleistung $P_2(\lambda)$ ist aufzuzeichnen.

A.3.2 Bei unveränderter Einkopplungsbedingung ist die Faser auf die Rückschneidelänge (z. B. 2 m vom Einkopplungspunkt entfernt) zurückzuschneiden. Die Ausgangsleistung $P_1(\lambda)$ der Rückschneidelänge ist aufzuzeichnen.

A.4 Berechnungen

A.4.1 Die Dämpfung zwischen den Punkten, an denen $P_1(\lambda)$ und $P_2(\lambda)$ gemessen wurden, ist mithilfe von [Gleichung \(1\)](#) in 3.1 zu messen, oder der Dämpfungskoeffizient mithilfe von [Gleichung \(2\)](#) in 3.3, oder beide, wie erforderlich.

A.4.2 Aus den Ergebnissen der Dämpfungsmessungen bei einzelnen Wellenlängen kann die Kurve der spektralen Dämpfung mit Beziehungen wie denen berechnet werden, die in [Anhang D](#) beschrieben sind.

Anhang B (normativ)

Spezifische Anforderungen an Verfahren B – Einfügungsdämpfung

B.1 Allgemeines

Das Einfügungsdämpfungsverfahren ist dem Rückschneideverfahren grundsätzlich ähnlich, jedoch ist $P_1(\lambda)$ die Leistung, die aus dem Ausgang des Einkopplungssystems austritt.

Das Einfügungsdämpfungsverfahren ist nicht so genau wie das Rückschneideverfahren, hat aber den Vorteil, dass es zerstörungsfrei für die zu prüfende Faser und für möglicherweise an beiden Enden befestigte Abschlüsse ist. Es ist deshalb für den Feldeinsatz geeignet und hauptsächlich für Kabel mit Steckern vorgesehen.

Dieses Verfahren gestattet keine Untersuchung der Dämpfung über die Länge der Faser. Jedoch ist es anhand der vorher bekannten Leistung $P_1(\lambda)$ mit diesem Verfahren möglich, die fortlaufende Dämpfungsänderung in Abhängigkeit von sich verändernden Umweltbedingungen, wie Temperatur und Kraft, zu messen.

B.2 Prüfeinrichtung

B.2.1 Allgemeiner Aufbau

Die [Bilder B.1](#) (Kalibrierung) und [B.2](#) (Messung) zeigen schematische Darstellungen geeigneter Messaufbauten.

B.2.2 Gemeinsamer Aufbau mit dem Verfahren A (Rückschneiden)

Siehe Bestimmungen in [A.2.1](#). Zu beachten sind weiterhin alle entsprechenden Angaben für die Einkopplungsbedingungen in [A.2.2](#) (Einmodenfasern), [A.2.3](#) (A1-Gradientenprofil-Mehrmodenfasern) und [A.2.4](#) (A2- bis A4-Stufenprofil-Mehrmodenfasern).

B.2.3 Zusätzliche Einrichtungen für das Verfahren B (Einfügungsdämpfung)

Für das Einfügungsdämpfungsverfahren ist der Einsatz einer sehr genauen Faser-Faser-Kopplungseinrichtung erforderlich, um die Kopplungsverluste möglichst klein zu halten und verlässliche Ergebnisse zu erzielen. Diese Kopplungseinrichtung kann eine mechanische Einstelleinrichtung sein, die visuell überprüft werden kann, oder ein Steckverbinder, mit dem die Faserkerne zueinander positioniert werden.

Anforderungen an die Kalibrierung

Siehe [A.2.5](#).

B.3 Durchführung

B.3.1 Die Referenzfaser muss vom gleichen Typ wie die zu prüfende Faser sein. Alle Steckverbinder und ihre zugehörigen Dämpfungen sind in der Festlegung der Referenzfaser eingeschlossen.

B.3.2 Zu Beginn ist die Messeinrichtung zu kalibrieren, um den Eingangsreferenzpegel $P_1(\lambda)$ zu erhalten. Bei der Erstkalibrierung ist derselbe Fasertyp als Referenzfaser zu verwenden. Die Referenzfaser sollte kurz sein (z. B. 2 m), damit ihre Dämpfung vernachlässigt werden kann. (Kann die Dämpfung der Referenzfaser nicht vernachlässigt werden, ist der Wert zum berechneten Wert zu addieren.)