

DIN EN IEC 61757-1-2

ICS 33.180.99

Einsprüche bis 2023-07-12

Entwurf

**Lichtwellenleistersensoren –
Teil 1-2: Dehnungsmessung –
Verteilte Sensorik auf der Basis von Brillouin-Streuung
(IEC 86C/1768/CD:2021);
Text Deutsch und Englisch**

Fibre Optic Sensors –
Part 1-2: Strain measurement –
Distributed sensing based on Brillouin scattering
(IEC 86C/1768/CD:2021);
Text in German and English

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-05-12 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 von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe 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/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe 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, Merianstraße 28, 63069 Offenbach 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 44 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 86C/1768/CD:2021-12 „Fibre Optic Sensors – Part 1-2: Strain measurement – Distributed sensing based on Brillouin scattering“ (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 IEC/SC 86C „Fibre optic systems and active devices“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC . Das Dokument wurde den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (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 FprEN nur 6 Wochen 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 DKE/UK 412.2 „Komponenten für Kommunikationskabelanlagen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

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 ist 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.

Inhalt

	Seite
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Normative Verweisungen.....	5
3 Begriffe, Abkürzungen und Symbole.....	5
3.1 Begriffe.....	5
3.2 Abkürzungen.....	10
3.3 Formelzeichen einer Größe.....	10
4 Allgemeiner Prüfaufbau zur Messung der Betriebsverhaltenskenngößen.....	10
4.1 Allgemeines und Prüfaufbauanforderungen.....	10
4.2 Allgemeine Anforderungen an die Dokumentation.....	15
5 Prüfverfahren für die Betriebsverhaltenskenngößen.....	15
5.1 Dehnungsmessungsfehler.....	15
5.1.1 Prüfverfahren und Bedingungen.....	15
5.1.2 Kennwertberechnung und Aufzeichnungen.....	16
5.2 Räumliche Auflösung.....	16
5.2.1 Prüfverfahren und Bedingungen.....	16
5.2.2 Kennwertberechnung und Aufzeichnungen.....	17
5.3 Dehnungswiederholbarkeit.....	17
5.3.1 Prüfverfahren und Bedingungen.....	17
5.3.2 Kennwertberechnung und Aufzeichnungen.....	17
5.4 Räumliche Dehnungsunsicherheit.....	18
5.4.1 Prüfverfahren und Bedingungen.....	18
5.4.2 Kennwertberechnung und Aufzeichnungen.....	18
5.5 Aufwärmzeit.....	19
5.5.1 Prüfverfahren und Bedingungen.....	19
5.5.2 Kennwertberechnung und Aufzeichnungen.....	19
5.6 Dämpfungsbereich.....	20
5.6.1 Verfahren A basierend auf der Dehnungswiederholbarkeit.....	20
5.6.2 Verfahren B basierend auf der räumlichen Dehnungsunsicherheit.....	21
Literaturhinweise.....	23
 Bilder	
Bild 1 – Beispiel einer Dehnungsabtastspur mit Dehnungsmusterpunkten.....	8
Bild 2 – Allgemeiner Prüfaufbau: Einseitig.....	11
Bild 3 – Allgemeiner Prüfaufbau: Schleifenkonfiguration.....	12
Bild 4 – Gemessene gegenüber der aufgetragenen Dehnung (typische Kurve).....	14
Bild 5 – Brillouin-Frequenzverschiebung als Funktion der Dehnung einer Standard-Telekommunikationsfaser.....	14

Einleitung

Diese Internationale Norm ist Teil der Normenreihe IEC 61757, die Lichtwellenleitersensoren behandelt. Fachgrundspezifikationen für Lichtwellenleitersensoren sind in IEC 61757 definiert.

Die einzelnen Teile der Normenreihe IEC 61757 sind als IEC 61757-M-T benummert, wobei M die Messung und T die Technologie des Lichtwellenleitersensors angibt. Die Normenreihe IEC 61757-1-T befasst sich mit Dehnungsmessungen.

Lichtwellenleistersensoren – Teil 1-2: Dehnungsmessung – Verteilte Sensorik auf der Basis von Brillouin-Streuung

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 61757 legt detaillierte Spezifikationen für verteilte Dehnungsmessungen mit einem faseroptischen Sensor fest, auch bekannt als faseroptische verteilte Dehnungsmessung. Er gilt für verteilte Dehnungsmesssysteme (DSS), die auf spontaner oder stimulierter Brillouin-Streuung im faseroptischen Sensor (dehnungsempfindliches Element) basieren, d. h. für Sensoren, die in der Lage sind, absolute Dehnungen zu messen. Diese Internationale Norm legt die wichtigsten Leistungsparameter von DSS fest und definiert die Verfahren zu deren Bestimmung.

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 60050 (alle Teile), *International Electrotechnical Vocabulary*

IEC 61757, *Fibre optic sensors – Generic specification*

IEC 61757-2-2, *Fibre optic sensors – Part 2-2: Temperature measurement – Distributed sensing*

IEC 61757-3-2, *Fibre optic sensors – Part 3-2: Acoustic sensing and vibration measurement – Distributed sensing¹*

ISO/IEC GUIDE 98-3, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

ISO/IEC Guide 99, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

3 Begriffe, Abkürzungen und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 61757, IEC 61757-2-2, IEC 61757-3-2, IEC 60050 (alle Teile) und die folgenden Begriffe.

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

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

3.1.1

Dämpfungsbereich

gesamter kumulierter optischer Verlust (in einer Richtung), der durch das DSS toleriert wird, ohne dass das festgelegte Betriebsverhalten der Messung um mehr als einen bei einer gegebenen Position, räumlichen Auflösung und Messzeit gegebenen Faktor beeinflusst wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der gesamte kumulierte Verlust kann sowohl die Faserdämpfung als auch die durch Bauteile

¹ Zu veröffentlichen.

wie Steckverbinder, Spleiße, Knicke in der Faser und Dämpfungsglieder eingebrachten Punktdefekt-Verluste sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Dämpfungsbereich wird üblicherweise in dB angegeben.

Anmerkung 3 zum Begriff: Bei LWL-Schleifen wird der Dämpfungsbereich durch die Dämpfung zwischen dem Interrogator und dem entferntesten (Wende-)Punkt angegeben.

[QUELLE: IEC 61757-2-2, modifiziert – angepasst an die verteilte Dehnungsmessung]

3.1.2

verteiltes LWL-Dehnungsmesssystem

DSS

Messaufbau, bestehend aus einem verteilten LWL-Sensor, der an eine Interrogationseinheit mit Prozessor, Datenarchiv und Benutzeroberfläche angeschlossen ist, die eine räumlich aufgelöste Dehnungsmessung ermöglichen

[QUELLE: IEC 61757-3-2, modifiziert – angepasst an die verteilte Dehnungsmessung]

3.1.3

Abstandsmessbereich

maximaler Abstand, ausgehend vom DSS-Interrogator-Ausgangssteckverbinder, entlang des LWLSensors, bei dem das DSS die Dehnung mit einem festgelegten Messbetriebsverhalten unter festgelegten Bedingungen misst

Anmerkung 1 zum Begriff: Festgelegte Bedingungen sind räumliche Auflösung (3.1.9), räumliche Dehnungsunsicherheit (3.1.10) und Messzeit (3.1.6).

Anmerkung 2 zum Begriff: Diese unterstützende Kenngröße steht eng mit dem Dämpfungsbereich des Instruments in Zusammenhang. In Prüffällen, die zum Beweis oder zur Überprüfung der angegebenen Spezifikationen verwendet werden, muss die Gesamtfaserlänge gleich oder länger als der festgelegte Abstandsmessbereich für den festgelegten Dämpfungsbereich sein.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der Abstandsmessbereich wird üblicherweise in km angegeben.

Anmerkung 4 zum Begriff: Bei LWL-Schleifen wird der Abstandsmessbereich durch den Abstand zwischen dem Interrogator und dem entferntesten (Wende-)Punkt angegeben.

[QUELLE: IEC 61757-2-2 und ISO/IEC Guide 99, 4.7, modifiziert - angepasst an die verteilte Dehnungsmessung]

3.1.4

Dehnungsstelle

ΔL

Länge des LWL-Sensors, der einer kleinen Dehnung (δL) ausgesetzt ist, welche erheblich größer ist als die Dehnungswiederholbarkeit der Interrogationseinheit ist und die durch eine Referenzdehnungsmessung bestätigt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die aufgebrauchte Dehnung ε ist gleich ($\delta L / \Delta L$).

Anmerkung 2 zum Begriff: Es ist sinnvoll, die Dehnung in $\mu\epsilon$ festzulegen, wobei 1 $\mu\epsilon$ einer δL von 1 μm über eine ΔL von 1 m entspricht.

[QUELLE: IEC 61757-2-2, modifiziert – angepasst an die verteilte Dehnungsmessung]

3.1.5

Position

L

optische Entfernung vom DSS-Interrogator-Ausgangssteckverbinder zu einem gewünschten Abtastpunkt entlang des LWL-Sensors

Anmerkung 1 zum Begriff: Die entfernteste Position vom DSS-Interrogator-Ausgangssteckverbinder für eine einzelne Prüfung wird mit Z km angegeben und wird zum Vergleich der Messergebnisse mit den angegebenen Spezifikationen oft gleich dem Abstandsmessbereich gewählt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Position wird üblicherweise in km angegeben.

[QUELLE: IEC 61757-2-2, modifiziert – angepasst an die verteilte Dehnungsmessung]

3.1.6

Messzeit

Zeit zwischen unabhängigen Dehnungsmessungen bei der Durchführung aufeinanderfolgender Messungen an einem einzelnen LWL-Sensor

Anmerkung 1 zum Begriff: Gleichbedeutend ist dies der Zeitabstand zwischen aufeinanderfolgenden Dehnungsabtastspur-Zeitstempeln unter diesen Bedingungen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Diese Kenngröße beinhaltet die Erfassungszeit und die Verarbeitungszeit der Messdaten. Diese Kenngröße ist durch den Anwender üblicherweise unter einigen eingeschränkten Formen wählbar. Mehrfache unabhängige Dehnungsmessungen können zusammen gemittelt werden, um eine Gesamtmesszeit zu erhalten.

[QUELLE: IEC 61757-2-2, modifiziert – angepasst an die verteilte Dehnungsmessung]

3.1.7

Punktdefekt

örtliche Abweichung eines LWL-Sensors von seinen optischen und mechanischen Nenneigenschaften, die an einem einzelnen Ort auftritt oder über eine Länge, die erheblich geringer als die räumliche Auflösung des DSS ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Festlegung eines Punktdefektes umfasst einen weiten Bereich an Umständen, welche ähnliche Auswirkungen auf die Dehnungsabtastspur haben können. Beispiele sind:

- ein Punktverlust wie z. B. ein schlechter Faserspleiß;
- eine Rückreflexion, wie sie durch einen Steckverbinder hervorgerufen werden kann;
- ein begrenzter Bereich mit hoher Dämpfung wie z. B. eine Biegung oder ein Knick in der Faser;
- eine physische Unterbrechung der Faser wie z. B. ein Spleiß zwischen zwei Fasern mit unterschiedlichem Kerndurchmesser.

[QUELLE: IEC 61757-2-2, modifiziert – angepasst an die verteilte Dehnungsmessung]

3.1.8

Musterabstand

Entfernung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Dehnungsmusterpunkten in einer einzelnen Dehnungsabtastspur

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Musterabstand kann eine vom Anwender wählbare Instrumentenkenngröße sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Musterabstand wird üblicherweise in Längeneinheiten m angegeben.

Anmerkung 3 zum Begriff: Siehe Bild 1.

[QUELLE: IEC 61757-2-2, modifiziert – angepasst an die verteilte Dehnungsmessung]

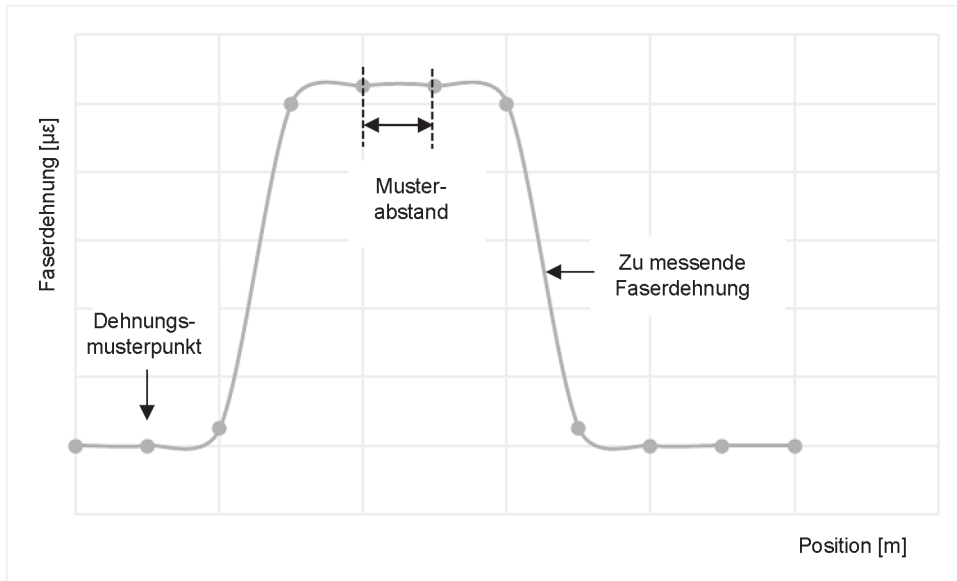


Bild 1 – Beispiel einer Dehnungsabtastspur mit Dehnungsmusterpunkten

3.1.9

räumliche Auflösung

geringste Länge eines dehnungsbeeinflussbaren LWL-Sensors, für die ein DSS innerhalb des angegebenen Dehnungsmessfehlers des DSS-Systems die Referenzdehnung einer bestimmten Dehnungsstelle innerhalb des angegebenen Dehnungsmessfehlers des DSS-Systems messen und bestätigen kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Die räumliche Auflösung wird üblicherweise in m ausgedrückt.

[QUELLE: IEC 61757-2-2, modifiziert – angepasst an die verteilte Dehnungsmessung]

3.1.10

räumliche Dehnungsunsicherheit

örtliche Unsicherheit der Dehnungsdaten in einer einzelnen Dehnungsabtastspur, ausgedrückt durch die zweifache Standardabweichung einer festgelegten Anzahl von aufeinanderfolgenden Dehnungsmusterpunkten eines bei gleichbleibender Dehnungsbeanspruchung und Temperatur gehaltenen LWL-Sensors

Anmerkung 1 zum Begriff: Aufgrund einer möglichen Temperatur-Querempfindlichkeit des DSS kann es erforderlich sein, die Temperatur des LWL-Sensors zu stabilisieren.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die räumliche Dehnungsunsicherheit wird üblicherweise in Einheiten von $\mu\epsilon$ ausgedrückt und wie eine Toleranz angegeben (z. B. $\pm xx \mu\epsilon$), wobei $1 \mu\epsilon$ einer δL von $1 \mu m$ über eine ΔL von $1 m$ entspricht.

[QUELLE: IEC 61757-2-2, modifiziert – angepasst an die verteilte Dehnungsmessung]

3.1.11

Dehnungstotzone

eingeschränkter Bereich einer Dehnungsabtastspur, in dem die Dehnungsmusterpunkte von den ungestörten Teilen der Abtastspur innerhalb einer festgelegten Grenze wegen eines Punktdefektes abweichen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Dehnungstotzone wird üblicherweise in m angegeben.

[QUELLE: IEC 61757-2-2, modifiziert – angepasst an die verteilte Dehnungsmessung]

3.1.12

Dehnungsmessfehler

Höchstwert des Unterschiedes zwischen einem zentrierten und gleichmäßig gewichteten gleitenden Mittelwert der gemessenen Dehnung und einer Referenzdehnung für alle Datenpunkte des LWL-Sensors über den

gesamten Betriebstemperaturbereich und alle Erfassungszeiten

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Einzelwert (ungünstigster Fall) wird wie eine Toleranz in Einheiten von $\mu\epsilon$ ausgedrückt (z. B. $\pm xx \mu\epsilon$).

Anmerkung 2 zum Begriff: Die für den gleitenden Mittelwert verwendete Anzahl von Elementen wird später in diesem Dokument festgelegt. In der Praxis können auch andere Glättungsmethoden angewandt werden.

[QUELLE: IEC 61757-2-2, modifiziert – angepasst an die verteilte Dehnungsmessung]

3.1.13

Dehnungswiederholbarkeit

Genauigkeit der Dehnungsdaten zwischen aufeinanderfolgenden Dehnungsabtastspuren an einer gegebenen Position, ausgedrückt durch die zweifache Standardabweichung der entsprechenden Dehnungsmusterpunkte in jeder Dehnungsabtastspur eines bei gleichbleibender Temperatur gehaltenen LWL-Sensors

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Dehnungswiederholbarkeit wird wie eine Toleranz in Einheiten von $\mu\epsilon$ ausgedrückt (z. B. $\pm xx \mu\epsilon$).

[QUELLE: IEC 61757-2-2, modifiziert – angepasst an die verteilte Dehnungsmessung]

3.1.14

Dehnungsmusterpunkt

gemessener Dehnungswert, der einem einzelnen Punkt einer bekannten Position entlang eines LWL-Sensors zugeordnet werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Auf Grund von Signalmittelungseffekten gibt der gemessene Wert die Dehnung entlang eines sehr kleinen Abschnitts des LWL-Sensors wieder, welcher den Dehnungsmusterpunkt einschließt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 1.

[QUELLE: IEC 61757-2-2, modifiziert – angepasst an die verteilte Dehnungsmessung]

3.1.15

Dehnungsabtastspur

Satz von Dehnungsmusterpunkten, entlang des LWL-Sensors und über Musterabstände verteilt

Anmerkung 1 zum Begriff: Alle Musterpunkte sind mit einer gemeinsamen Messzeit verbunden, oft als Abtastspur-Zeitstempel bezeichnet. Die gemessenen Werte repräsentieren die Dehnung während einer Dauer, die den Abtastspur-Zeitstempel beinhaltet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Alle Musterpunkte in einer Dehnungsabtastspur sind mittels DSS-Instrument gemessene und nicht durch anschließende Verarbeitung außerhalb des Instruments interpolierte oder geglättete Werte.

[QUELLE: IEC 61757-2-2, modifiziert – angepasst an die verteilte Dehnungsmessung]

3.1.16

Gesamtfaserlänge

Z, en: total fibre length

Entfernung vom DSS-Interrogator-Ausgangssteckverbinder zum Ende des LWL-Sensors

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Ende des LWL-Sensors kann weit entfernt vom Instrument entweder fachgerecht geschnitten oder konfektioniert sein (in einer einseitigen Konfiguration) oder das Ende der Schleife wird mit einem Steckverbinder wieder an das gleiche Instrument angeschlossen (in einer Schleifenkonfiguration).

Anmerkung 2 zum Begriff: Diese Kenngröße ist entweder gleich dem oder größer als der Abstandsmessbereich und wird üblicherweise in km angegeben.

[QUELLE: IEC 61757-2-2, modifiziert – angepasst an die verteilte Dehnungsmessung]

3.1.17

Aufwärmzeit

Dauer des Intervalls zwischen dem Einschalten des DSS-Interrogators und dem Zeitpunkt zu dem die Einheit nach den Festlegungen des Herstellers voll betriebsbereit ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Aufwärmzeit wird üblicherweise in Sekunden oder Minuten angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Aufwärmzeit dient zum Hochladen der Software und zur Stabilisierung der Betriebstemperaturen der optischen und elektronischen Bauteile.

[QUELLE: EN 50244:2016-05, modifiziert – angepasst an die verteilte Dehnungsmessung]

3.2 Abkürzungen

DSS	verteiltes LWL-Dehnungsmesssystem
FAT	Werksabnahmeprüfung
LVDT	Linearer variabler Differentialtransformator
VOA	einstellbares optisches Dämpfungsglied

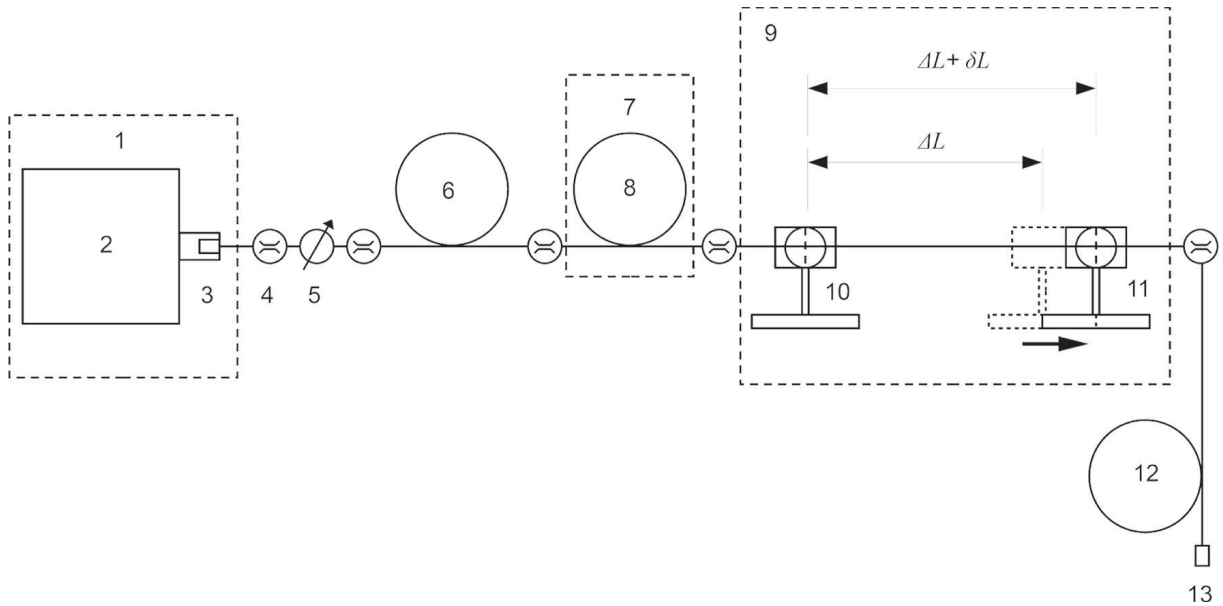
3.3 Formelzeichen einer Größe

A	Querschnittsfläche
B, C, D	Faserlängen
ε	Dehnung
ε_{rep}	Dehnungswiederholbarkeit
ε_{unc}	räumliche Dehnungsunsicherheit
E	Elastizitätsmodul
F	Kraft
L	optische Entfernung vom Ausgangssteckverbinder zu einem gewünschten Abtastpunkt
ΔL	Länge des zu dehnenden LWL-Sensors (Dehnungsstelle)
δL	kleine Änderung der Länge von ΔL
N, n	Anzahl von Abtastspuren, Anzahl von Datenpunkten
σ	Beanspruchung
S	Standardabweichung
T	Temperatur
$T_{\text{low}}, T_{\text{op}}, T_{\text{high}}$	niedrigste, übliche und höchste DSS-Betriebstemperatur
T_{STC}	Betriebsumgebungstemperatur des Dehnungsprüfbereichs
Z	Gesamtfaserlänge

4 Allgemeiner Prüfaufbau zur Messung der Betriebsverhaltenskenngößen

4.1 Allgemeines und Prüfaufbauanforderungen

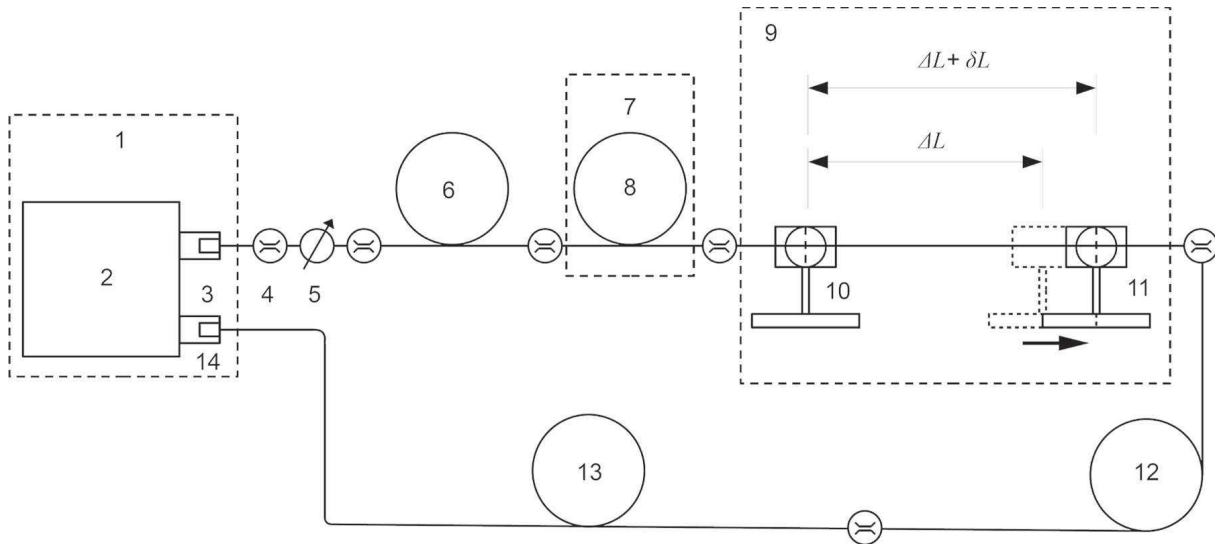
Der allgemeine Prüfaufbau einer Einseitigen- sowie einer Schleifenkonfiguration ist jeweils schematisch in Bild 2 und Bild 3 dargestellt. Ziel ist es, eine gemeinsame Basisbestimmung der Messspezifikationen zur Verfügung stellen, während gleichzeitig die Komplexität, die Kosten, die Umgestaltungsanforderungen und die Prüfausführungszeiten verringert werden. Die Temperaturstabilisierung wird eingesetzt, um temperaturbedingtes Übersprechen zu vermeiden.



Legende

- 1 Temperaturgesteuerte Umhüllung (z. B. Klimakammer)
- 2 DSS-Interrogator
- 3 DSS-Interrogator-Ausgangssteckverbinder
- 4 Faserfusionsspleiß
- 5 Optionales einstellbares optisches Dämpfungsglied
- 6 Optionale lange Faserlänge B (normale Spule)
- 7 Temperaturgesteuerte Umgebung für stabile Umgebungsbedingungen
- 8 Lange Faserlänge Z (lose und dehnungsfrei gewickelt)
- 9 Dehnungsprüfbereich mit temperaturgesteuerter Umgebung für stabile Umgebungsbedingungen
- 10 Feste LWL-Klemmvorrichtung
- 11 Bewegliche LWL-Klemmvorrichtung
- 12 Kurze Faserlänge C (lose gewickelt) $> 5 \times$ räumliche Auflösung
- 13 Faserabschluss

Bild 2 – Allgemeiner Prüfaufbau: Einseitig



Legende

- 1 Temperaturgesteuerte Umhüllung (z. B. Klimakammer)
- 2 DSS-Interrogator
- 3 DSS-Interrogator-Ausgangssteckverbinder
- 4 Faserfusionsspleiß
- 5 Optionales einstellbares optisches Dämpfungsglied
- 6 Optionale lange Faserlänge B (normale Spule)
- 7 Temperaturgesteuerte Umgebung für stabile Umgebungsbedingungen
- 8 Lange Faserlänge Z (lose und dehnungsfrei gewickelt)
- 9 Dehnungsprüfbereich mit temperaturgesteuerter Umgebung für stabile Umgebungsbedingungen
- 10 Feste LWL-Klemmvorrichtung
- 11 Bewegliche LWL-Klemmvorrichtung
- 12 Kurze Faserlänge C (lose gewickelt) $> 5 \times$ räumliche Auflösung
- 13 Lange Faserlänge D (normale Spule) $> (B + Z + \Delta L + C)$
- 14 DSS-Interrogator-Eingangssteckverbinder

Bild 3 – Allgemeiner Prüfaufbau: Schleifenkonfiguration

Die temperaturgesteuerte Umhüllung, in dem der DSS-Interrogator untergebracht ist, muss in der Lage sein, über eine längere Dauer eine konstante Temperatur innerhalb des Temperaturbetriebsbereichs ($T_{\text{low}} \leq T_{\text{op}} \leq T_{\text{high}}$) des zu prüfenden Geräts sicherzustellen. Zur Bestimmung der Betriebsverhaltenskenngrößen wird empfohlen, handelsübliche Klimakammern zu verwenden. Mindestanforderungen an eine solche Einrichtung sind:

- Die minimale und maximale Temperatur muss über die minimale und maximale Betriebstemperatur des zu prüfenden Instruments hinausgehen;
- rechtzeitiger Temperaturwechsel (Beharrung): $< (\pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C})$;
- gleichmäßige Temperatursausbreitung: $< (\pm 1,5 \text{ } ^\circ\text{C})$.

Zur Einstellung der optischen Leistung ist ein kalibriertes optisches Dämpfungsglied oder ein selbstkalibrierbares optisches Dämpfungsglied erforderlich (siehe IEC 60869-1 für weitere Informationen [1]²). Empfehlungen für ein einstellbares optisches Dämpfungsglied:

- kalibriert für die Betriebswellenlänge (oder selbstkalibriert mit einem Leistungsmesser);
- einstellbarer Dämpfungsbereich von 2 dB bis 6 dB;

² Nummern in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise

- Auflösung der Dämpfungseinstellung nach Bedarf, wobei von einer Genauigkeit von 0,1 dB ausgegangen wird.

Es ist auch zulässig, kalibrierte feste Dämpfungsglieder zu verwenden.

Der Dehnungsprüfbereich muss reproduzierbar unterschiedliche Niveaus konstanter Dehnung der Faserlänge ΔL des optischen Sensors vorsehen. Als optische Sensorfaser muss eine handelsübliche Einmodenfaser verwendet werden. Die Faserdehnung muss mit geeigneten Messgeräten überwacht und gemessen werden. Geeignete Messgeräte sind beispielsweise ein laserinterferometrisches Längenmesssystem oder ein linearer variabler Differentialtransformator (LVDT) zur Bestimmung der Faserdehnung oder ein Kraftaufnehmer zur Messung der Zugkraft. Durch das Einspannen der Fasern dürfen keine störenden Einflüsse (z. B. durch hohe Druckbelastung, Schlupf) auf die Dehnungsmessung verursacht werden. Die Mindestanforderungen an den Dehnungsprüfbereich sind:

- Mindestlänge ΔL des zu dehnenden LWL-Sensors: $\Delta L > (3 \times \text{räumliche Auflösung})$;
- zu erreichende Mindestfaserdehnung: 1 %

ANMERKUNG Zur Bestimmung des Betriebsverhaltens des DSS-Interrogators mit einem speziellen Sensorkabel wird das folgende Verfahren empfohlen: Zur Bestimmung des Betriebsverhaltens des DSS-Systems ist eine Einmodenfaser zu verwenden. Danach ist die Faser durch das Sensorkabel zu ersetzen und die Messung zu wiederholen.

Bei Dehnungsmessungen über relativ große Entfernungen (z. B. 50 km) kann die räumliche Auflösung in der Größenordnung von mehreren m liegen (z. B. 2 m bis 3 m), so dass der Dehnungsprüfbereich ziemlich lang sein müsste (z. B. 6 m bis 9 m). In diesem Fall können Dehnungs- und Wiederholgenauigkeitsmessungen bei unterschiedlichen Faserlängen durchgeführt werden. Die Dehnungsmessung erfolgt mit einer kurzen Faserlänge Z und die Wiederholgenauigkeit wird ohne von außen aufgebrachte Dehnung mit der ursprünglichen Länge Z gemessen.

Der Dehnungsprüfbereich und die gesamte Faserlänge des Sensors müssen bei stabilen Umgebungsbedingungen gehalten werden (empfohlene Bedingungen: $T_{\text{STC}} = (23 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$; $(55 \pm 10) \% \text{RH}$).

Die Sensorfaser mit der Gesamtlänge Z oder Abschnitte mit ausreichender Länge müssen ohne dauerhafte Beanspruchung installiert und betrieben werden.

Bei einem horizontalen Aufbau des Dehnungsprüfbereichs kann das Fasergewicht eine gewisse Durchbiegung verursachen, die jedoch vernachlässigbar sein sollte (hauptsächlich unterhalb der Instrumentenauflösung). Wird die durchgebogene Faser durch Verlängerung von ΔL beansprucht, wird die Faser mit zunehmender Verschiebung δL zunächst gerade, bevor die gemessene Dehnung linear mit der aufgebrachten Dehnung zunimmt. Die Nulldehnung ist durch den Schnittpunkt einer linearen Anpassung der Kurve der gemessenen und aufgebrachten Dehnung mit der X-Achse definiert, wie in Bild 4 dargestellt. Die entsprechende Länge ΔL_0 muss als Referenz für die Dehnungsberechnung verwendet werden.

Bild 4 zeigt eine typische Kurve der gemessenen Dehnung gegenüber der aufgebrachten Dehnung, die sich aus einer Kombination aus Verschiebung und Dehnung ergibt. Wenn die gemessene Dehnung in der vom Instrument gemessenen physikalischen Größe ausgedrückt wird (z. B. die Frequenzverschiebung in einem Brillouin-basierten System), entspricht die Steigung der linearen Anpassung dem Kalibrierkoeffizienten des Instruments (Bild 5).

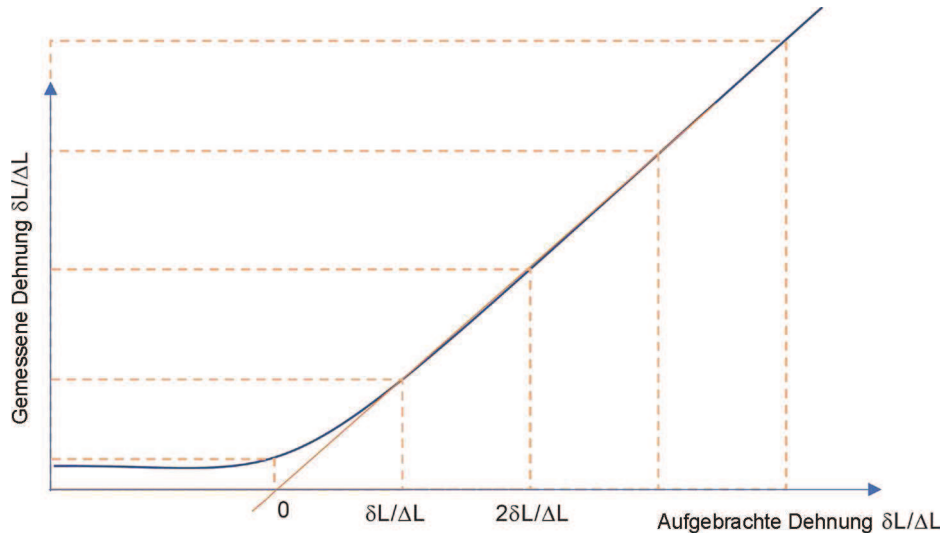


Bild 4 – Gemessene gegenüber der aufgebrachten Dehnung (typische Kurve)

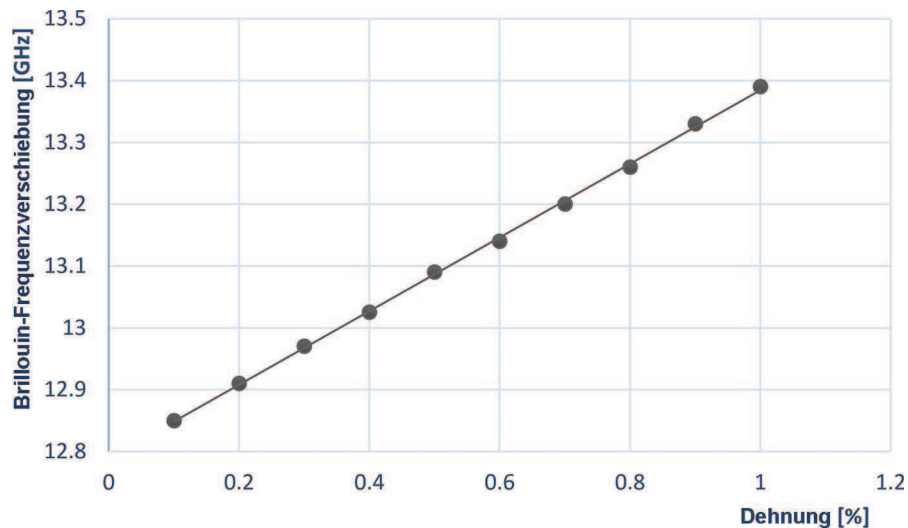


Bild 5 – Brillouin-Frequenzverschiebung als Funktion der Dehnung einer Standard-Telekommunikationsfaser

Alternativ zum horizontalen Aufbau des Dehnungsprüfbereichs kann als Belastungsmechanismus auch ein vertikaler Aufbau mit mehreren unterschiedlichen Gewichten verwendet werden.

Die Faserdehnung ε kann nach Gleichung (1) berechnet werden.

$$\sigma = E\varepsilon = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Dabei ist

σ	die Belastung;
ε	die Faserdehnung;
E	der Elastizitätsmodul der Faser;
F	die Kraft, die das Gewicht auf die Faser ausübt;
A	die Querschnittsfläche der Faser.

Die Schätzung der Messunsicherheit muss nach ISO/IEC GUIDE 98-3 durchgeführt werden.