

DIN EN 61757-3-1

ICS 33.180.99

Einsprüche bis 2015-04-13

Entwurf**Lichtwellenleistersensoren –
Teil 3-1: Temperaturmessung –
Abgesetzte Erfassung
(IEC 86C/1267/CD:2014)**

Fibre optic sensors –
Part 3-1: Temperature measurement –
Distributed sensing
(IEC 86C/1267/CD:2014)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-02-13 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@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 56 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	3
1 Anwendungsbereich.....	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	4
4 Allgemeiner Prüfaufbau zur Messung der Betriebsverhaltenskenngößen.....	8
4.1 Allgemeines und Prüfaufbauanforderungen.....	8
4.2 Allgemein notwendig aufzuzeichnende Informationen.....	10
5 Messverfahren für Betriebsverhaltenskenngößen	10
5.1 Temperaturmessfehler	10
5.2 Räumliche Auflösung.....	13
5.3 Temperaturwiederholbarkeit.....	14
5.4 Räumliche Temperaturunsicherheit.....	16
5.5 Umgebungtemperaturstabilität	17
5.6 Aufwärmzeit.....	19
5.7 Dämpfungsbereich	21
Anhang A (informativ) Tabelle der Messkenngößen des Betriebsverhaltens	23
Anhang B (informativ) Punktdefektauswirkungen.....	25
B.1 Allgemeines	25
B.2 Punktdefekte.....	25
B.3 Prüfverfahren und Bedingungen	25
 Bilder	
Bild 1 – Beispiel einer Temperaturabtastspur mit Temperaturmusterpunkten	7
Bild 2 – Allgemeiner Prüfaufbau: Ein-Ende	9
Bild 3 – Allgemeiner Prüfaufbau: Schleifenkonfiguration.....	9
Bild 4 – Temperaturmessfehlerberechnung: Schritt 1	12
Bild 5 – Temperaturmessfehlerberechnung: Schritte 2 bis 3	12
Bild 6 – Temperaturmessfehlerberechnung: Schritte 4 bis 5	13
Bild 7 – Veranschaulichung der räumlichen Auflösung	14
Bild 8 – Temperaturwiederholbarkeit, berechnet mit Hilfe von Bild 4.....	15
Bild 9 – Räumliche Temperaturunsicherheit, berechnet mit Hilfe von Bild 4.....	17
Bild 10 – Umgebungstemperaturzyklen (Beispiel eines DTS-Instrumentes mit einem Betriebstemperaturbereich von 0 °C bis 40 °C)	18
Bild 11 – Berechnungsverfahren der Umgebungtemperaturstabilitätskennwerte	19
Bild 12 – Beispiel zur Erläuterung der Berechnung der Aufwärmzeit.....	21
Bild B.1 – Punktdefektmessung (Beispiel).....	26
 Tabellen	
Tabelle A.1 – Tabellenvordruck für die Messkenngößen des Betriebsverhaltens	23

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 86C/1267/CD:2014 „Fibre optic sensors – Part 3-1: Temperature measurement – Distributed sensing“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom SC 86C „Fibre optic systems and active devices“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 412.2 „Komponenten für Kommunikationskabelanlagen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnichtsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

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.

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

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Lichtwellenleistersensoren – Teil 3-1: Temperaturmessung – Abgesetzte Erfassung

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 61757 ist die Bauartspezifikation für abgesetzte Temperaturmessungen durch Lichtwellenleiter-Sensoren, welches auch als abgesetztes LWL-Temperaturabtasten bekannt ist (en: distributed temperature sensing, DTS). DTS beinhaltet die Verwendung von Effekten der Raman-Streuung, der Brillouin-Streuung und der Rayleigh-Streuung. Darüber hinaus werden Messungen, die auf der Raman-Streuung und der Rayleigh-Streuung basieren, nur mit einer einseitig offenen Faser ausgeführt. Messungen, die auf der Brillouin-Streuung basieren, werden mit einer einseitig offenen Faser oder einer Faserschleife ausgeführt. Die Technik, die von beiden Seiten gleichzeitig Zugang hat (z. B. Optische Brillouin-Analyse im Zeitbereich (en: Brillouin Optical Time Domain Analysis, BOTDA)), wird hier Schleifenkonfiguration genannt. IEC 61757-1 ist eine Fachgrundspezifikation für LWL Sensoren.

Dieser Teil von IEC 61757 legt die wichtigsten DTS-Betriebsverhaltenskenngößen fest und die Verfahren zu deren Bestimmung. Über die Gruppe der Betriebsverhaltenskenngößen hinaus ist eine Liste von zusätzlichen Kenngößen festgelegt worden, um die Festlegung der Messspezifikationen und ihrer zugehörigen Prüfverfahren zu unterstützen. Die Festlegungen dieser zusätzlichen Kenngößen werden aus informatorischen Gründen zur Verfügung gestellt und müssen im Satz der Betriebsverhaltenskenngößen enthalten sein.

Ein allgemeiner Prüfaufbau, in dem alle Kenngößen durch eine Gruppe von Prüfungen erlangt werden können, ist festgelegt. Die speziellen Prüfungen werden innerhalb des Abschnittes für jede Messung einer Kenngöße beschrieben. Im Abschnitt 4 wird dieser allgemeine Prüfaufbau zusammen mit allgemeinen Informationen, die basierend auf dem speziellen DTS-Instrument und dem verwendeten Prüfaufbau, der zur Messung dieser Kenngößen laut dieser Norm belegt worden sind, anschaulich dargestellt und beschrieben.

Anhang A stellt einen Vordruck einer Tabelle von Betriebsverhaltenskenngößen zur Verfügung, welcher zur Aufnahme der Werte der Betriebsverhaltenskenngößen für ein gegebenes DTS-Instrument und der ausgewählten Konfiguration des optischen Prüfaufbaus verwendet werden sollte.

Anhang B stellt die Richtlinie zur optischen Bestimmung von Punktdefekt-Effekten (en: point-defect effects) zur Verfügung.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 60050, *International Electrotechnical Vocabulary*

IEC 61757-1, *Fibre optic sensors – Part 1: Generic specification*

IEC/TR 61931, *Fibre optic – Terminology*

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 61757-1, IEC 60050 (IEV), IEC/TR 61931, ISO/IEC Guide 99 (VIM) und die folgenden Begriffe.

3.1

Dämpfungsbereich

gesamter kumulierter optischer Verlust (Verlust in eine Richtung; ausgedrückt in Dezibel (dB)), der durch das DTS-System 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: Teil des gesamten kumulierten Verlustes kann die Faserdämpfung, die durch Punktdefekte wie Bauteile, Steckverbinder, Spleiße, Knicke in der Faser, Dämpfungsglieder usw. eingebrachten Verluste sein.

3.2

Abstandsmessbereich

Höchstwert des Abstands (festgelegt in Längeneinheiten) vom Ausgangssteckverbinder des DTS-Instruments zusammen mit dem integrierten LWL-Sensor, mit dem das Instrument die Temperatur mit einem festgelegten Messbetriebsverhalten unter festgelegten Bedingungen misst

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese unterstützende Kenngröße steht eng mit dem Dämpfungsbereich des Instruments in Zusammenhang. In Prüffällen, die zum Beweis oder zur Überprüfung der berichteten Spezifikationen verwendet werden, muss die gesamte Faserlänge gleich oder länger als der festgelegte Abstandsmessbereich sein.

[Quelle: ISO/IEC Guide 99, 4.7, modifiziert – umgewandelt für abgesetzte Messungen]

3.3

Umwelttemperaturwiederholbarkeit

Unterschied der gemessenen konstanten LWL-Sensortemperatur bei einer spezifischen Instrumententemperatur (z. B. der Betriebsnenntemperatur) vor und nach der Temperaturwechselbeanspruchung des Instruments über dem gesamten Instrumentenbetriebstemperaturbereich

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Kenngröße leitet sich von der Umwelttemperaturstabilität ab.

3.4

Umwelttemperaturstabilität

Unterschied der gemessenen konstanten LWL Sensortemperatur vor, während und nach der Temperaturwechselbeanspruchung des DTS-Instruments über dem gesamten Instrumentenbetriebstemperaturbereich

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Betrachtung des ungünstigsten Falles des Umgebungstemperatureffektes, des oberen/unteren Umgebungstemperatureffektes und die Umwelttemperaturwiederholbarkeit werden von dieser Festlegung abgeleitet.

[Quelle: ISO/IEC Guide 99, 4.19, modifiziert – Eigenschaft ist durch den Unterschied der gemessenen Temperaturen ersetzt, Bedingungen sind festgelegt]

3.5

höchster/niedrigster Umgebungstemperatureffekt

Unterschied der gemessenen konstanten LWL-Sensortemperatur bei der oberen und unteren Temperaturgrenze des Instrumentenbetriebstemperaturbereichs

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Kenngröße leitet sich von der Umwelttemperaturstabilität ab.

3.6

heißer Punkt

Länge des LWL Sensors (ΔL), die in einer messbaren Temperaturänderung (ΔT) ausgedrückt wird, welche erheblich größer als die Umwelttemperaturwiederholbarkeit ist und welche durch das Referenztemperaturgerät in den zwei Temperaturkammern (siehe Abschnitt 4 und Bild 7) bestätigt wird

3.7

Ort (en: location)

L

optische Entfernung (festgelegt in einer Längeneinheit) vom DTS-Ausgangssteckverbinder zu einem gewünschten Temperaturmusterpunkt entlang des LWL-Sensors

Anmerkung 1 zum Begriff: Der entfernteste Ort vom DTS-Ausgangssteckverbinder für eine einzelne Prüfung wird mit Z_m angegeben und wird oft, zum Vergleich der Messergebnisse mit den angegebenen Spezifikationen gleich dem Entfernungsmessbereich gewählt.

3.8

Messzeit

Zeit zwischen unabhängigen Temperaturmessungen bei der Durchführung aufeinanderfolgender Messungen an einem einzelnen LWL-Sensor. Gleichbedeutend ist es der Zeitabstand zwischen aufeinanderfolgendem Temperaturabtastspur-Zeitstempel unter diesen Bedingungen

Anmerkung 1 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 Temperaturmessungen können zusammen gemittelt werden, um eine Gesamtmesszeit zu erhalten.

3.9

Punktdefekt

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

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

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

3.10

Punktdefekt-Temperaturversatz

Unterschied zwischen den Mittelwerten der Temperaturmusterpunkte in zwei Zonen der Temperaturabtastspur auf jeder Seite eines Punktdefektes, wo die aktuellen LWL-Sensortemperaturen gleich sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Punktdefekt-Temperaturversatz kann positiv, negativ oder null sein.

3.11

Musterabstand

Entfernung (festgelegt in einer Längeneinheit) zwischen zwei aufeinanderfolgenden Temperaturmusterpunkten in einer einzelnen Temperaturabtastspur. Siehe Bild 1.

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

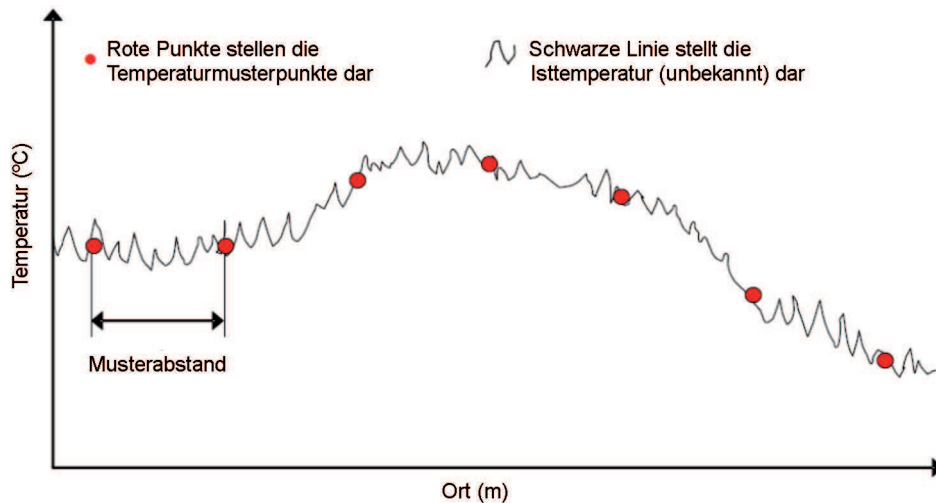


Bild 1 – Beispiel einer Temperaturabtastspur mit Temperaturmusterpunkten

3.12

räumliche Auflösung

geringste Länge eines temperaturbeeinflussbaren LWL-Sensors, für die ein DTS-System innerhalb des angegebenen Temperaturmessfehlers des DTS-Systems die Referenztemperatur des Faserzustandes eines heißen Punktes messen kann

3.13

räumliche Temperaturunsicherheit

örtliche Unsicherheit der Temperaturdaten in einer einzelnen Temperaturabtastspur ausgedrückt durch die zweifache Standardabweichung einer festgelegten Anzahl von aufeinanderfolgenden Temperaturmusterpunkten eines bei gleichbleibender Temperatur gehaltenen LWL-Sensors

3.14

Temperaturtotzone

Eingeschränkter Bereich einer Temperaturabtastspur, in dem die Temperaturmusterpunkte von den ungestörten Teilen der Abtastspur innerhalb einer festgelegten Grenze wegen eines Punktdefektes abweichen

3.15

Temperaturmessfehler

Höchstwert des Unterschiedes zwischen einem gleichmäßig gewichteten beweglichen Mittel der Messtemperatur und einer Referenztemperatur für alle Datenpunkte eines LWL-Sensors über dem gesamten Betriebstemperaturbereich und allen Erfassungszeiten

Anmerkung 1 zum Begriff: Einzelwert (ungünstigster Fall) festgelegt in Temperatureinheiten (z. B. $\pm 0,8$ °C).

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: ISO/IEC Guide 99, 2.16, modifiziert – umgewandelt für abgesetzte Messungen]

3.16

Temperaturwiederholbarkeit

Genauigkeit der Temperaturdaten zwischen aufeinanderfolgenden Temperaturabtastspuren bei einem gegebenen Ort, ausgedrückt durch die zweifache Standardabweichung der entsprechenden Temperaturmusterpunkte in jeder Temperaturabtastspur eines bei gleichbleibender Temperatur gehaltenen LWL-Sensors

3.17

Temperaturmusterpunkt

Gemessener Temperaturwert, der einem einzelnen Punkt eines bekannten Ortes entlang eines LWL-Sensors zugeordnet werden kann

ANMERKUNG 1 zum Begriff Durch thermodynamische Effekte repräsentiert der gemessene Wert die Temperatur entlang eines sehr kleinen Abschnitts des LWL-Sensors welcher den Punkt einschließt.

3.18

Temperaturabtastspur

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Alle Musterpunkte sind mit allgemeinen Messzeiten verbunden, oft als Abtastzeitstempel bezeichnet. Die gemessenen Werte repräsentieren die Temperatur während eines Zeitraums, welcher den Abtastzeitstempel beinhaltet.

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

3.19

gesamte Faserlänge

Z

Entfernung (festgelegt in einer Längeneinheit) vom DTS-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 Ein-Ende-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 oder größer als der Entfernungsmessbereich.

3.20

Aufwärmzeit

Dauer des Intervalls beginnend zum Zeitpunkt der ersten Temperaturmessung bis das DTS-Instrument die festgelegten Messspezifikationen erfüllt

3.21

Umgebungstemperatureffekt ungünstigster Fall

größtmöglicher Unterschied der gemessenen konstanten LWL-Sensor-Temperatur an unterschiedlichen Orten entlang des Sensors während eines vollständigen Messzyklusses des DTS-Instruments über den gesamten Betriebstemperaturbereich des Instruments

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Kenngröße wird von der Umgebungstemperaturstabilität abgeleitet.

4 Allgemeiner Prüfaufbau zur Messung der Betriebsverhaltenskenngößen

4.1 Allgemeines und Prüfaufbauanforderungen

Der allgemeine Prüfaufbau einer Ein-Ende- 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.

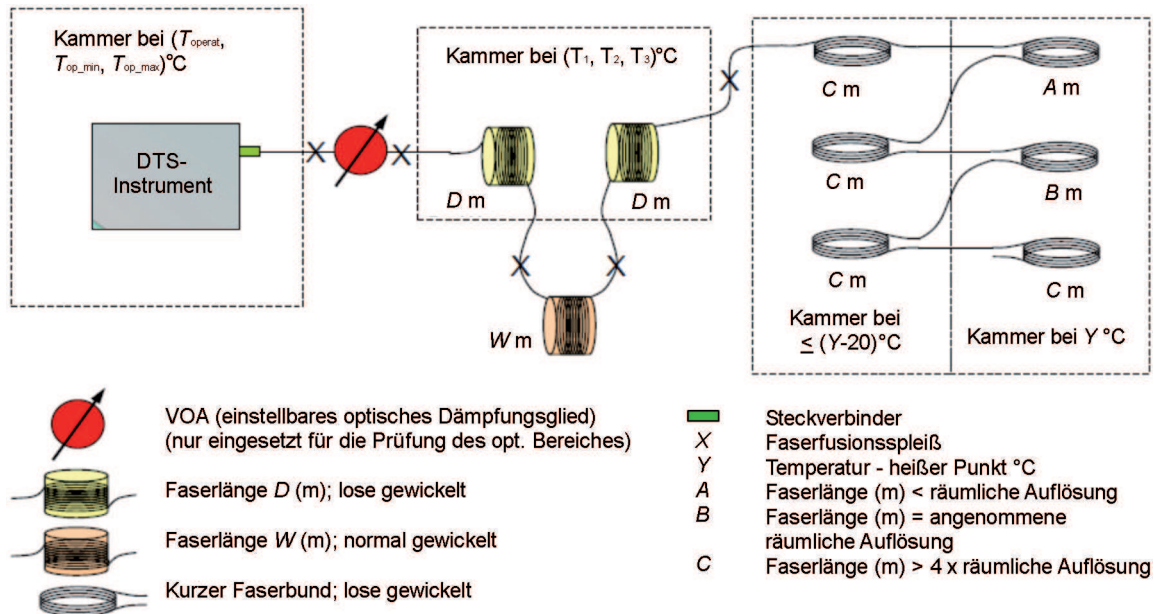


Bild 2 – Allgemeiner Prüfaufbau: Ein-Ende

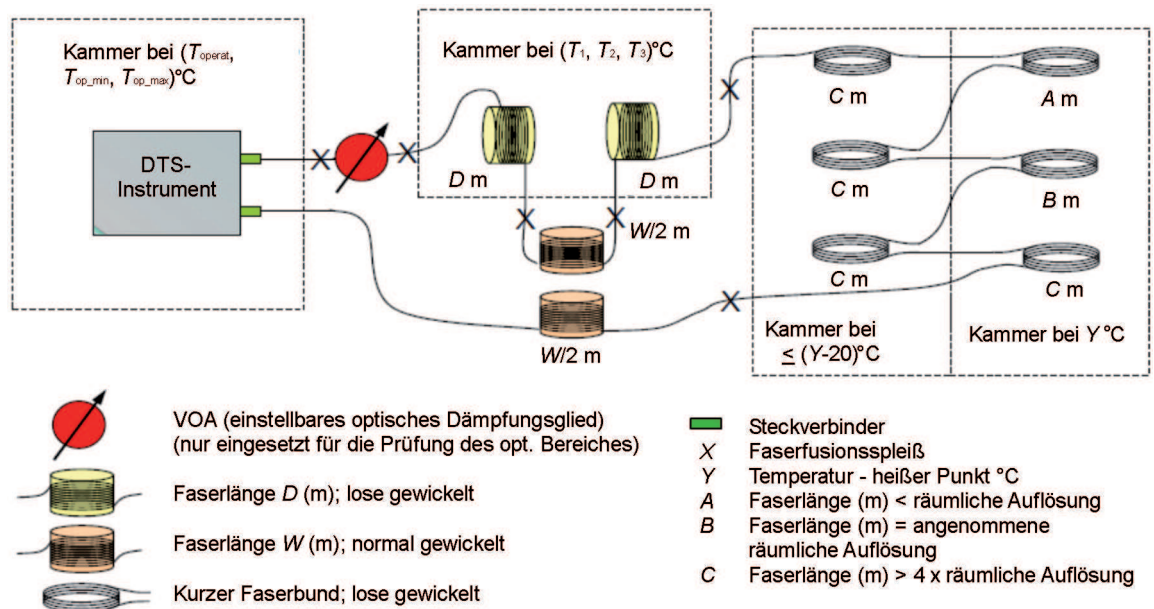


Bild 3 – Allgemeiner Prüfaufbau: Schleifenkonfiguration

Einzelbewertungsverfahren können mit einer veränderten Form des Aufbaus ausgeführt werden, welche die notwendigen Messbedingungen zur Verfügung stellt. In diesem Fall ist eine ausführliche Aufbaubeschreibung und Dokumentation notwendig.

Die Länge der Faserspulen A, B, C in der Temperaturkammer am Ende des Aufbaus wird auf Basis der erwarteten räumlichen Auflösung des DTS-Systems ausgewählt. Die Faserlängen D und W in der mittleren Kammer sowie außerhalb sind so zu wählen, dass die Gesamtfaserlänge Z an den Entfernungsmessbereich des jeweilig zu prüfenden DTS-Modells angepasst ist. Die Verwendung der Faserlänge D, die vor und nach einer langen Faserlänge W geschaltet wird (was die Gesamtfaserlänge Z ergibt), stellt einen Prüfaufbau zur Verfügung, der fähig ist sich unterschiedlichen Instrumenten mit unterschiedlichen Entfernungsmessbereichen anzupassen. Die Faserlänge D entspricht 10% der gesamten Faserlänge Z. Die Verwendung einer Faserlänge außerhalb der Kammer ist jedoch wahlfrei – die gesamte Faser kann, wenn gewünscht, ein einzelnes oder mehrere Bündel innerhalb der Kammer sein. Die gesamte Faserlänge Z entspricht der Gesamtfaserlänge ab dem Instrumentensteckverbinder bis zum Ende des Faserabschnitts der räumlichen Auflösung, repräsentiert durch die Faserlängen A, B, C.

Für die Faserverbindungen sollten Fusionsspleiße verwendet werden, um zusätzliche optische Dämpfung und ungewollte Rückreflektionen zu verringern. Werden die Fasern mit Steckverbindern verbunden, müssen niedrige Einfügungsdämpfungen und Rückreflektionen erreicht werden.

Die Fasern in der Kammer sind so zu wickeln (lose gewickelt), dass die Faser vollständig der umgebenden Temperatur ausgesetzt ist und dass es nicht zur Faserbeanspruchung kommt. Normale Spule bezeichnet in diesem Fall eine Faserspule, wie sie vom Faserhersteller geliefert wird.

Es ist erforderlich, dass die Unsicherheit der Referenztemperaturmessung mindestens um den Faktor fünf geringer als der festgesetzte Temperaturmessfehler ist. Diese Referenztemperatursensoren sind nicht im Aufbaudiagramm abgebildet, ihre Anwesenheit und ordentliche Kalibrierung ist jedoch in jeder Temperaturkammer und/oder jedem Bad notwendig.

Festlegungsvorgaben über die Homogenität oder Konstanz der Kammern oder der Schärfe der erzeugten Temperaturstufen sind nicht notwendig. Die Nichtbeachtung der Prüfaufbauqualitäten auf einer ausreichenden Ebene wird nur konservativere Messdaten erzeugen (schlechteres Betriebsverhalten).

Die DTS-Instrumente für die Prüfung müssen vor Durchführung jeglicher Messungen nach den Herstellerempfehlungen kalibriert werden.

4.2 Allgemein notwendig aufzuzeichnende Informationen

- Fertigstellungsdatum aller Prüfungen;
- Name der Organisation, die die Prüfungen durchführt;
- Prüfaufbaukonfiguration;
- Betriebsmodus des DTS-Instruments (Ein-Ende- oder Schleifenkonfiguration wie in Bild 2 und Bild 3 abgebildet oder im Fall eines Mehrkanalsystems unter Verwendung der gleichen Technik geprüfter Kanal bzw. Kanäle);
- Wellenlänge(n) des Anregungssignals (Betriebswellenlänge(n));
- Hersteller, das Modell und die Seriennummer des DTS-Instruments;
- Hersteller, das Modell und die Länge des LWL-Sensors im Prüfaufbau (innerhalb der Temperaturkammer(n));
- optische Dämpfung (eine Richtung in dB) des optischen Aufbaus zum Ende des Sensors (Z m);
- für die Messung der Dämpfung bis zum Ende des Sensors (Z m) verwendete Wellenlänge;
- Entfernungsmessbereich des DTS-Instruments;
- für alle Messungen verwendeter Musterabstand;
- für alle Messungen verwendete Einstellung der räumlichen Auflösung;
- während der Kalibrierung des DTS-Instruments verwendete Messzeit;
- Länge der Faserspulen A , B , C und D und der Spule(n) W ;
- Nenntemperatur in °C auf beiden Seite der Doppelkammern;
- größter (heiß) und kleinster (kalt) Betriebstemperaturgrenzwert (°C) des DTS-Instruments.

Die allgemein benötigten Informationen des geprüften DTS-Instruments und des zugehörigen Prüfaufbaus sind zusammen mit den berechneten Messfestlegungen aufzuzeichnen.

5 Messverfahren für Betriebsverhaltenskenngößen

5.1 Temperaturmessfehler

5.1.1 Prüfverfahren und Bedingungen

Die folgenden Schritte sind durchzuführen:

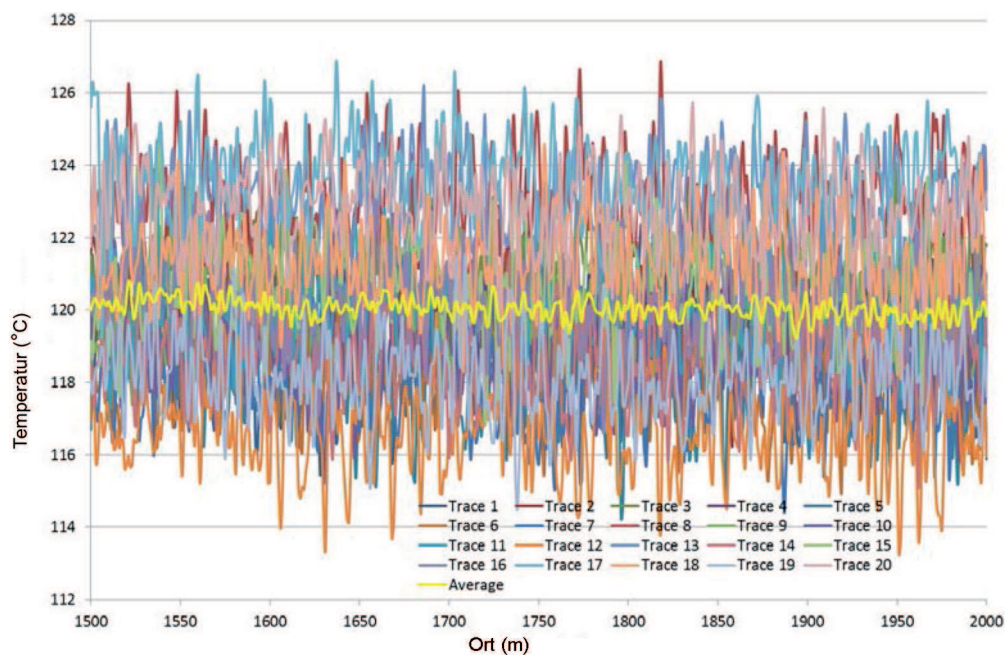
1. Ein allgemeiner Prüfaufbau nach Abschnitt 4 ist auszuwählen.
2. Die gesamte Faserlänge Z entspricht mindestens dem für das zu prüfende spezifische DTS-Instrument angegebenen Entfernungsmessbereich.
3. Das DTS-Instrument wird in die Temperaturkammer eingebracht und auf Betriebstemperatur gebracht (z. B. $(20 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$). Vor der Ausführung der folgenden Schritte muss dem Instrument ausreichend Zeit gegeben werden, um einen thermischen Ausgleich mit der Umgebung gemäß den Herstellerempfehlungen zu erreichen (Aufwärmzeit). Die Betriebstemperatur muss durch den Hersteller des DTS-Instruments festgelegt werden.
4. Das DTS-Instrument ist gemäß den Herstellerempfehlungen über dem in Bezug auf die Anwendung festgelegten Temperaturbereich der Faser zu kalibrieren. Der Fasertemperaturbereich ist zwischen Hersteller und Kunde abzustimmen.
5. Die Temperatur ist im Bereich der kontrollierten Faserlänge(n) D bei drei repräsentativen Temperaturen T_1, T_2, T_3 im festgelegten Temperaturbereich innerhalb von $\pm 0,5 ^\circ\text{C}$ zu stabilisieren. Die drei repräsentativen Temperaturen sind zwischen Hersteller und Kunde abzustimmen.
6. Für jede Fasertemperatur sind 20 Temperaturspuren bei jeder der drei erforderlichen Messzeiten (kürzeste durch das DTS-Instrument zur Verfügung gestellte Zeit, empfohlene Zeit und längst mögliche durch das DTS-Instrument zur Verfügung gestellte Zeit) aufzunehmen.

ANMERKUNG Zur sachgerechten Bewertung der örtlichen Auflösung, der räumlichen Temperaturunsicherheit und der Temperaturwiederholbarkeit können die gleichen Datensätze verwendet werden.

5.1.2 Kennwertberechnung

Zur Berechnung des Temperaturmessfehlers sind die folgenden Schritte durchzuführen:

1. Der Durchschnitt aller 20 Temperaturspuren jedes Temperaturmusterpunktes über allen Positionen ist zu errechnen.
2. Über 51 der gemittelten Temperaturdaten (DTS-Ablesungen) ist durch die Berechnung eines gemittelten und gleichförmig gewichteten gleitenden Durchschnittes der geglättete Durchschnitt zu berechnen.
3. Der durchschnittliche Fehler jedes Musterpunktes ist durch Abzug des geglätteten Durchschnitts von der eigentlichen Fasertemperatur über den gesamten Ort (wie durch einen unabhängigen kalibrierten Referenzsensor gemessen) zu errechnen.
4. Der absolute Durchschnittsfehler ist durch die Aufnahme des Absolutwertes jedes Durchschnittsfehlers und jedes Temperaturmesspunktes zu errechnen.
5. Der Temperaturmessfehler für diesen Satz an Prüfbedingungen ist der Höchstwert aller absoluten Durchschnittsfehlerwerte, die den von der Faserlänge, die sich eindeutig innerhalb der stabilisierten Klimakammer befindet, aufgenommenen Messungen entsprechen. Temperaturdaten der Faserlängen außerhalb der stabilisierten Temperaturkammer (z. B. Ende oder Vorlauf der Faserlängen) darf nicht zur Berechnung des Temperaturmessfehlers verwendet werden.
6. Die Berechnungsschritte 1 bis 5 sind für alle anderen Prüfbedingungssätze zu wiederholen (insgesamt gibt es 3 Bedingungen für jede Messzeit).
7. Die Prüfkennwerte und alle 9 gemessenen Werte des Temperaturmessfehlers sind aufzunehmen.



Legende

Trace – Abtastspur

Average – Durchschnitt

Bild 4 – Temperaturmessfehlerberechnung: Schritt 1

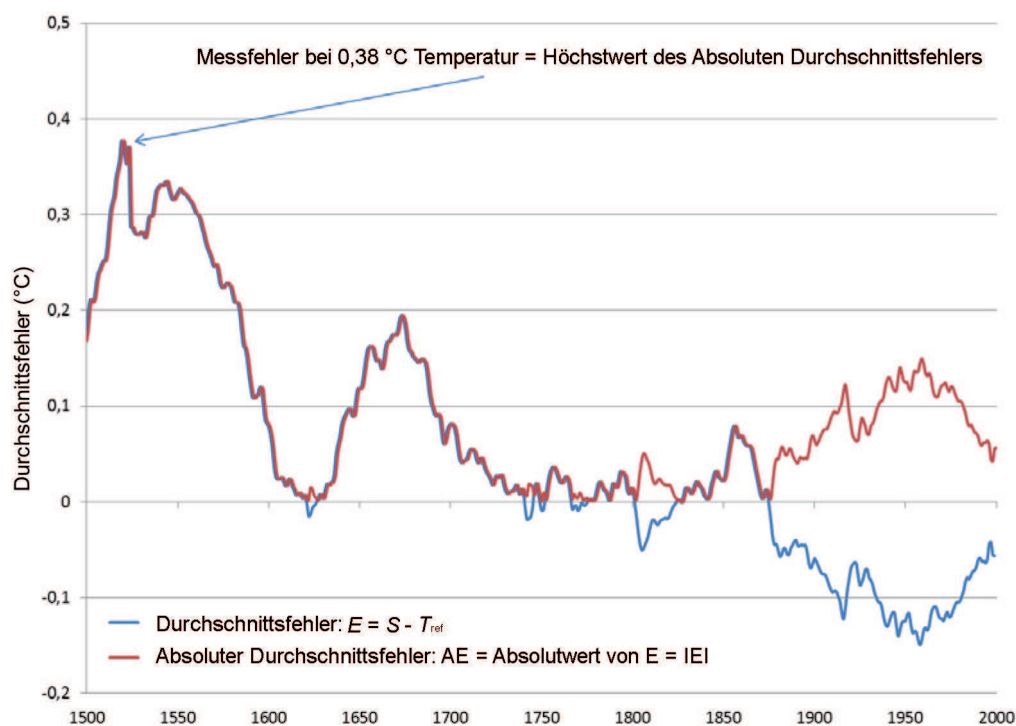


Bild 5 – Temperaturmessfehlerberechnung: Schritte 2 bis 3

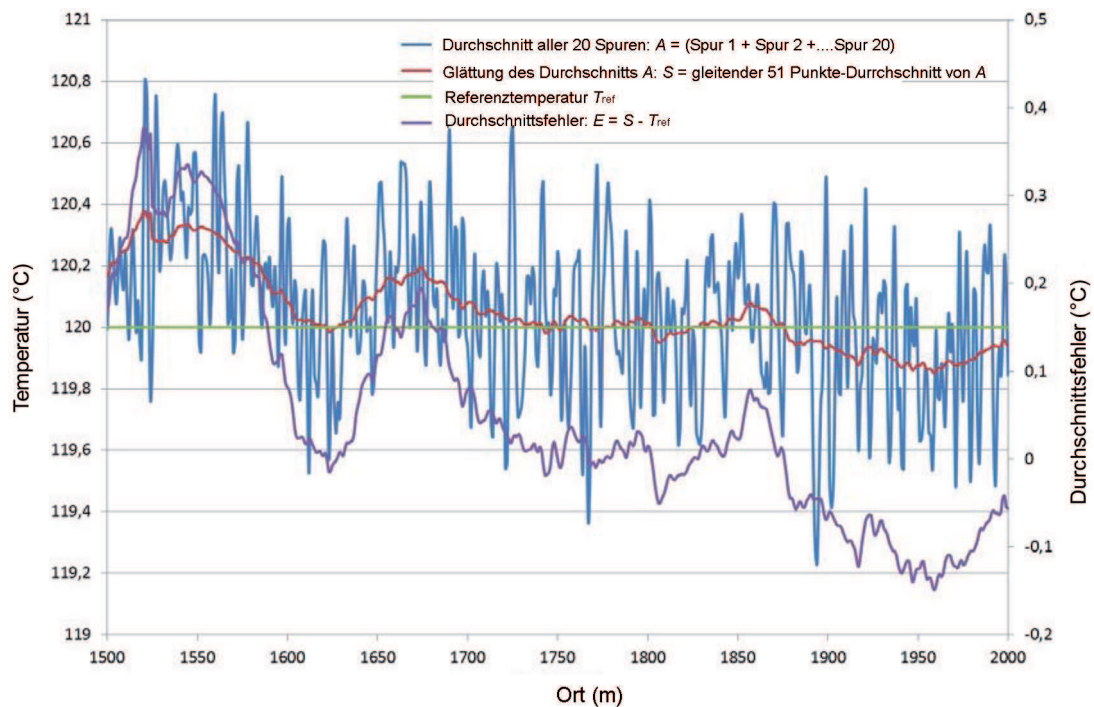


Bild 6 – Temperaturmessfehlerberechnung: Schritte 4 bis 5

5.2 Räumliche Auflösung

5.2.1 Prüfverfahren und Bedingungen

Die folgenden Schritte sind durchzuführen:

1. Der Ausrüstung ist vor der Prüfung ausreichend Zeit zu geben, um einen thermischen Ausgleich mit der Umgebung gemäß den Herstellerempfehlungen zu erreichen.
2. Es ist ein allgemeiner Prüfaufbau nach Abschnitt 4 zu verwenden.
3. Die Abschnittslängen des heißen Punktes müssen wie folgt sein:
 - a. Die Länge A muss geringer als die vom DTS-Instrument geforderte räumliche Auflösung sein, so dass kein einziger Temperaturpunkt die Bezugstemperatur des heißen Punktes zeigt.
 - b. Die Länge B muss gleich der vom zu prüfenden DTS-Instrument geforderten räumlichen Auflösung sein, so dass ein Datenpunkt eine Erhöhung des Temperaturwertes $> 90\%$ der Referenztemperatur des Abschnitts zeigt.
 - c. Die Länge C muss 4 mal größer als die vom zu prüfenden DTS-Instrument geforderte räumliche Auflösung sein.
4. Das Musterraster muss kleiner oder gleich der Hälfte der geforderten räumlichen Auflösung sein.
5. Die heißen Punkte sind gemäß 3.6 zu erzeugen.
6. Die Betriebsverhaltensdatensätze sind, wie in 5.1 festgelegt, unter Verwendung einer Messzeit aufzunehmen, die den Anforderungen der Anwendung entspricht (z. B. 10 Minuten).

5.2.2 Kennwertberechnung

Zur Berechnung der räumlichen Auflösung sind folgende Schritte durchzuführen:

1. Die räumliche Auflösung ist gleich der Faserlänge des Segmentes B und wird durch diese Prüfung in zumindest einem Punkt im Fasersegment B bestätigt, indem eine Temperatur $> 90\%$ des Referenztemperaturanstieges des heißen Punktes über die Umgebungsfasertemperatur berechnet wird.
2. Der Faserabschnitt A muss bestätigen, dass kein Datenpunkt die Referenztemperatur des heißen Punktes zeigt.

3. Danach muss die Länge der räumlichen Auflösung, der Faserabschnitt C des heißen Punktes alle Datenpunkte zeigen, die der Referenztemperatur des heißen Punktes innerhalb der erwarteten räumlichen Temperaturunsicherheit gleichen.
4. Die Länge des Faserabschnittes B wird als räumliche Auflösung ausgewiesen.

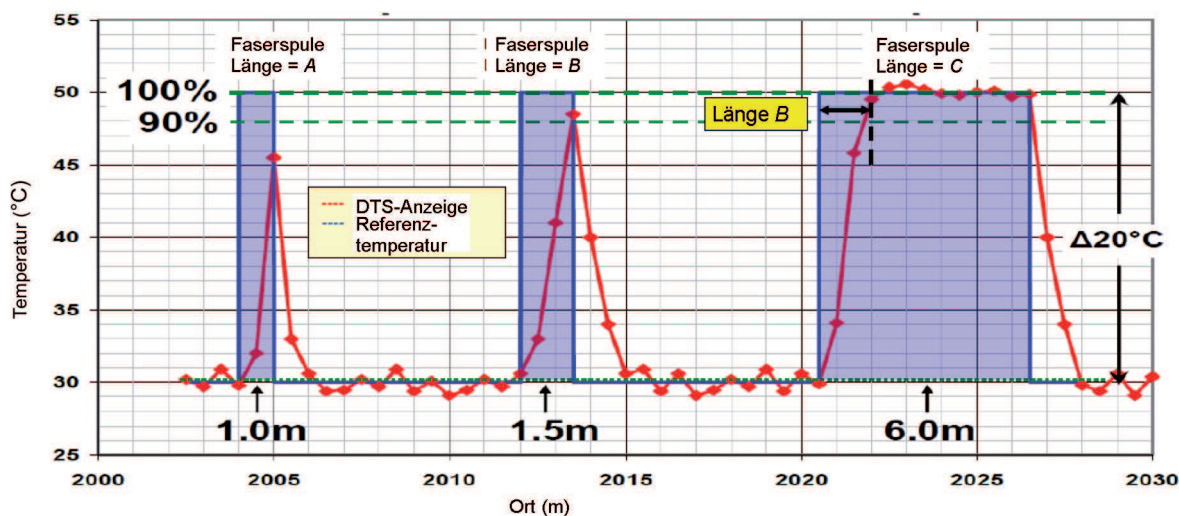


Bild 7 – Veranschaulichung der räumlichen Auflösung

5.3 Temperaturwiederholbarkeit

5.3.1 Prüfverfahren und Bedingungen

Die folgenden Schritte sind durchzuführen:

1. Der Ausrüstung ist vor der Prüfung ausreichend Zeit zu geben, um einen thermischen Ausgleich mit der Umgebung, gemäß den Herstellerempfehlungen zu erreichen.
2. Es ist ein allgemeiner Prüfaufbau nach Abschnitt 4 zu verwenden.
3. Ein Betriebsverhaltensdatensatz, wie in 5.1 festgelegt ist aufzunehmen.
4. Es sind 20 aufeinanderfolgende Spuren mit angenommener räumlicher Auflösung über der gesamten Faserlänge Z aufzunehmen, nachdem sich die Fasertemperatur stabilisiert hat:
 - a. für jede Messzeit (kürzeste durch das DTS-Instrument zur Verfügung gestellte Zeit, empfohlene Zeit und längstmögliche durch das DTS-Instrument zur Verfügung gestellte Zeit) und
 - b. für drei repräsentative Fasertemperaturen (T_1 , T_2 , T_3) entsprechend der gewünschten Anwendung.
5. Der Betriebsverhaltensdatensatz besteht aus 9 Datenteilsätzen für die oben festgelegten Paare aus Messzeit und Messtemperatur.
6. Jeder Teilsatz wird zur Bestimmung der Werte für die Temperaturwiederholbarkeit über der Länge verwendet. Die Ergebnisse werden gezeichnet und die Werte der beiden Punkte bei 10 % der gesamten Faserlänge Z und bei 90 % von Z sind aufzuzeichnen.

5.3.2 Kennwertberechnung

Zur Berechnung der Temperaturwiederholbarkeit sind folgende Schritte durchzuführen:

1. Es sind 20 aufeinanderfolgende Spuren für jeden Teildatensatz (z. B. Spuren für 10 Minuten Messzeit bei einer repräsentativen Fasertemperatur (T_1 , T_2 , T_3) wie in Bild 4 zu sehen).
2. Die Standardabweichung der Temperatur ist für jeden Musterpunkt über der Zeit zweimal zu berechnen (20 aufeinanderfolgende Spuren). Die oben berechneten Werte gegenüber der Strecke sind zu zeichnen.

3. Eine gemittelte und gleichförmig gewichtete Kurve des gleitenden Durchschnitts S_i mit 51 Punkten ist zu erzeugen, um die aufgenommenen streckenbasierenden Temperaturwiederholbarkeitswerte für jede Messzeit bei jeder Fasertemperatur auszuwählen.
4. Der höchste Temperaturwiederholbarkeitswert des in Schritt 3 erstellten Datensatzes ist aufzuzeichnen.

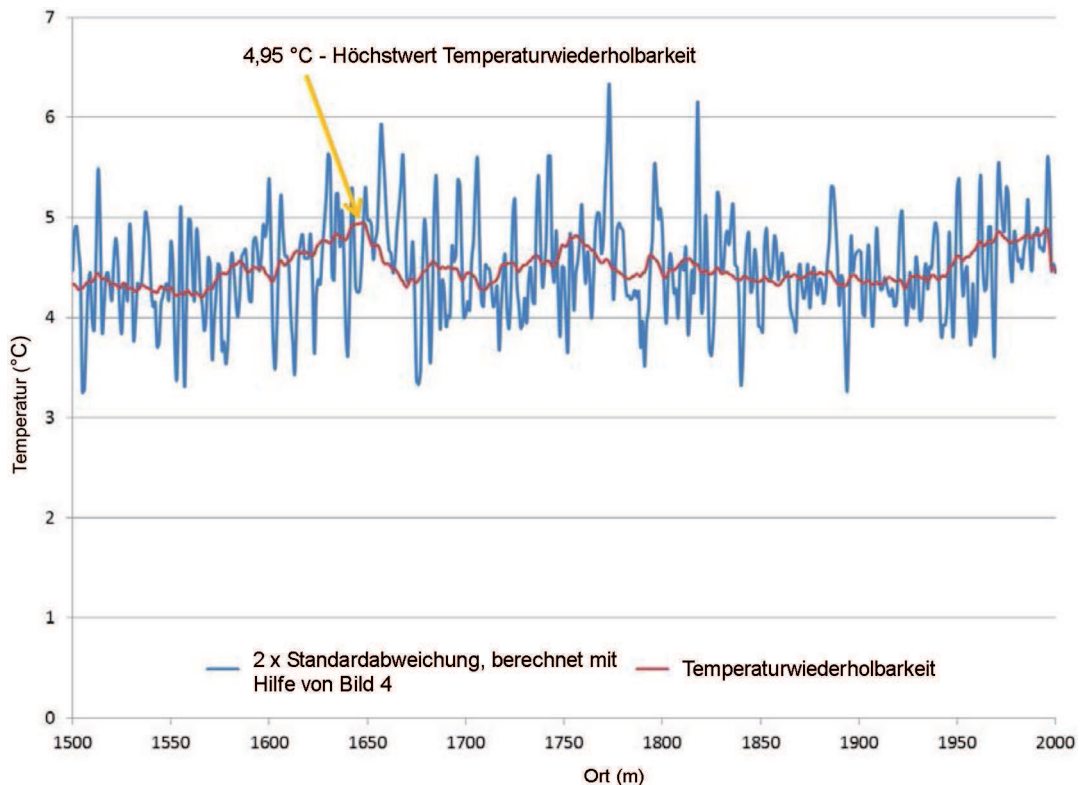


Bild 8 – Temperaturwiederholbarkeit, berechnet mit Hilfe von Bild 4

5. Dieses Verfahren ist für jede Messzeit für die verbleibenden zwei repräsentativen Fasertemperaturen (T_1 , T_2 , T_3) zu wiederholen.

5.3.2.1 Gleichungen

Die Standardabweichung in Schritt 2 wird berechnet:

$$S_x(i) = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N \left(T_j(i) - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N T_j(i) \right)^2} \quad (1)$$

dabei ist

$T_j(i)$ die aufgenommene Temperatur am i -ten Ort der j -ten Spur;

$S_x(i)$ die Standardabweichung für jeden Datenpunkt (i -ter Ort innerhalb einer Spur) über der Zeit (N aufeinanderfolgende Spuren);

N die Anzahl der Spuren ($N = 20$).

Die Temperaturwiederholbarkeit S unter der Verwendung des gleitenden Durchschnitts angewandt auf die zweifache Standardabweichung wird berechnet:

$$S(i) = \frac{1}{51} \sum_{k=(i-25)}^{i+25} 2 \cdot S_x(k) \quad (2)$$

dabei ist

$S(i)$ Temperaturwiederholbarkeit am i -ten Ort.

5.4 Räumliche Temperaturunsicherheit

5.4.1 Prüfverfahren und Bedingungen

Die folgenden Schritte sind durchzuführen:

1. Der Ausrüstung ist vor der Prüfung ausreichend Zeit zu geben, um einen thermischen Ausgleich mit der Umgebung gemäß den Herstellerempfehlungen zu erreichen.
2. Es ist ein allgemeiner Prüfaufbau nach Abschnitt 4 zu verwenden.
3. Es sind 20 aufeinanderfolgende Spuren mit angenommener räumlicher Auflösung über der gesamten Faserlänge Z aufzunehmen, wie unter 5.1 festgelegt, nachdem sich die Fasertemperatur stabilisiert hat.
 - a. für jede Messzeit (kürzeste durch das DTS-Instrument zur Verfügung gestellte Zeit, empfohlene Zeit und längstmögliche durch das DTS-Instrument zur Verfügung gestellte Zeit) und
 - b. für drei repräsentative Fasertemperaturen (T_1 , T_2 , T_3) entsprechend der gewünschten Anwendung.

5.4.2 Kennwertberechnung

Zur Berechnung der räumlichen Temperaturunsicherheit sind die folgenden Schritte durchzuführen:

1. Die zweifache Standardabweichung der aufgenommenen Temperatur $T_j(i)$ ist über 51 Punkte (gemittelte und gleichförmig gewichtet) für jeden Datenpunkt einer einzelnen Temperaturspur zu berechnen.

$$S_j(i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{l=(i-25)}^{i+25} \left(T_j(l) - \frac{1}{n} \sum_{k=(i-25)}^{i+25} T_j(k) \right)^2} \quad (3)$$

dabei ist

$T_j(i)$ die aufgenommenen Temperatur am i -ten Ort der j -ten Spur;

$S_x(i)$ die Standardabweichung über 51 Punkte am i -ten Ort der j -ten Spur;

n Anzahl der Datenpunkte für die Berechnung ($n = 51$).

2. Die räumliche Temperaturunsicherheit $A(i)$ ist durch das Mitteln von $2 \times S_j(i)$ für $N = 20$ Spuren aufgenommen über die Zeit am i -ten Ort zu berechnen.

$$A(i) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N 2 \cdot S_j(i) \quad (4)$$

dabei ist

$A(i)$ die räumliche Temperaturunsicherheit;

$S_j(i)$ die Standardabweichung über 51 Punkte am i -ten Ort der j -ten Spur;

N Anzahl der Spuren ($N = 20$).

- Der Wert der räumlichen Temperaturunsicherheit $A(i)$ des in Schritt 2 erstellten Datensatzes ist zu protokollieren.

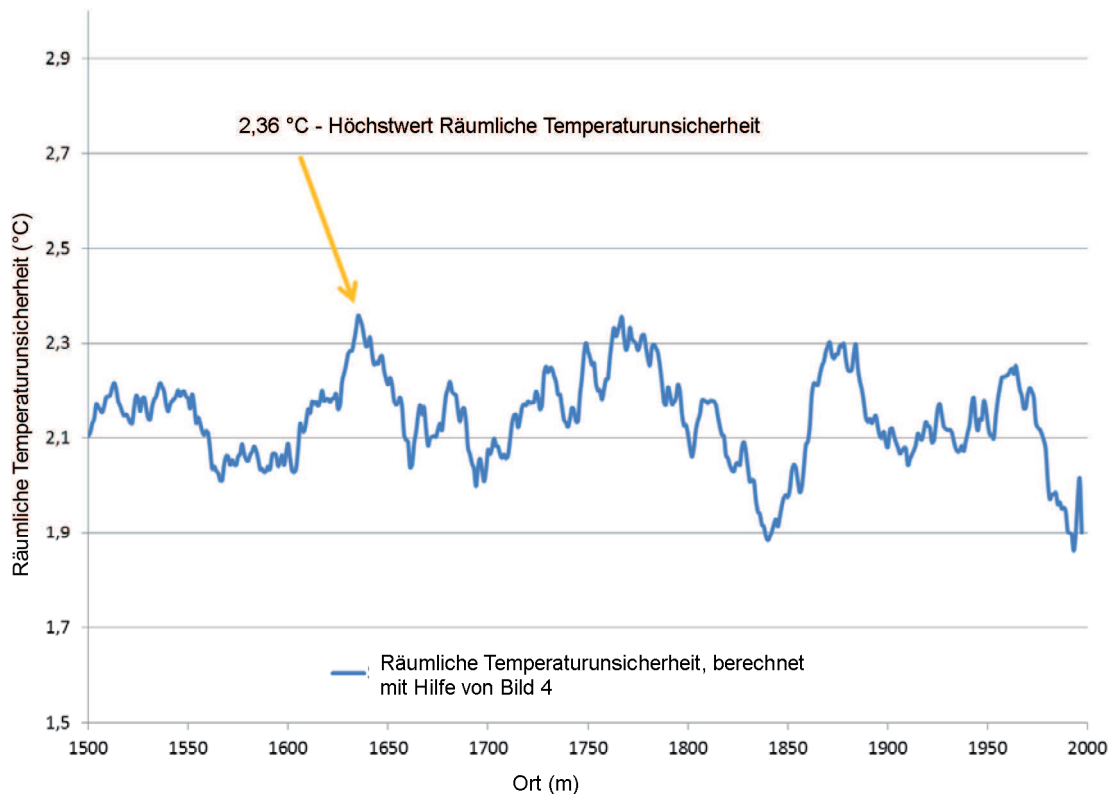


Bild 9 – Räumliche Temperaturunsicherheit, berechnet mit Hilfe von Bild 4

5.5 Umgebungstemperaturstabilität

5.5.1 Prüfverfahren und Bedingungen

Die folgenden Schritte sind durchzuführen:

- Der Ausrüstung ist vor der Prüfung ausreichend Zeit zu geben, um einen thermischen Ausgleich mit der Umgebung, gemäß den Herstellerempfehlungen zu erreichen.
- Es ist ein allgemeiner Prüfaufbau nach Abschnitt 4 zu verwenden.
- Die Faser ist für die Umgebungstemperaturprüfung bei einer gleichbleibenden Temperatur von $(T_{\text{const}} \pm 0,5^\circ)$ zu halten. T_{const} ist zwischen Hersteller und Anwender zu vereinbaren.
- Das DTS-Instrument wird in der Temperatorkammer platziert und die Temperatur nach den in Bild 10 beschriebenen Umgebungstemperaturzyklen geändert. T_{min} , T_{mid} und T_{max} sind zwischen Hersteller und Anwender zu vereinbaren. Jede Temperaturebene ist für 3 Stunden beizubehalten. Temperaturänderungen sind mit einer Änderungsrate von 20 °C/Stunde durchzuführen.