

DIN EN IEC 61757-3-2

ICS 33.180.99

Einsprüche bis 2022-04-11

Entwurf**Lichtwellenleistersensoren –
Teil 3-2: Schallmessung –
Ortsaufgelöste Messung
(IEC 86C/1675/CD:2020);
Text Deutsch und Englisch**

Fibre Optic Sensors –
Part 3-2: Acoustic sensing –
Distributed sensing
(IEC 86C/1675/CD:2020);
Text in German und English

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-02-11 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 89 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 86C/1675/CD:2020-06 „Fibre Optic Sensors – Part 3-2: Acoustic sensing – 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 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.....	6
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen.....	7
3 Begriffe.....	7
3.1 Begriffe.....	7
3.2 Abkürzungen.....	11
5 Leistungsparameter eines verteilten Schallmesssystems.....	12
6 Prüfeinrichtungen zur Bestimmung der Leistungsparameter.....	12
6.1 Simulierter LWL-Sensor (SFS).....	12
6.2 Faserstrecker.....	13
6.3 Geräte zur Signalerzeugung und Verstärkung.....	14
6.4 Optisches Dämpfungsglied.....	14
6.5 Isolierkammer.....	14
7 Prüfverfahren für Leistungsparameter.....	15
7.1 Allgemeines.....	15
7.2 Dynamikbereich.....	15
7.2.1 Allgemeines.....	15
7.2.2 Prüfaufbau.....	15
7.2.3 Anregung.....	15
7.2.4 Datensammlung und -verarbeitung.....	16
7.2.5 Daten im Prüfbericht.....	18
7.3 Frequenzgang.....	18
7.3.1 Allgemeines.....	18
7.3.2 Prüfaufbau.....	18
7.3.3 Anregung.....	19
7.3.4 Datensammlung und -verarbeitung.....	19
7.3.5 Daten im Prüfbericht.....	20
7.4 Wiedergabetreue.....	22
7.4.1 Allgemeines.....	22
7.4.2 Prüfaufbau.....	22
7.4.3 Anregung.....	22
7.4.4 Datensammlung und -verarbeitung.....	23
7.4.5 Daten im Prüfbericht.....	23
7.5 Eigenrauschen.....	23
7.5.1 Allgemeines.....	23
7.5.2 Prüfaufbau.....	23
7.5.3 Anregung.....	24
7.5.4 Datensammlung und -verarbeitung.....	24

7.5.5	Daten im Prüfbericht.....	26
7.6	Grenzwert der räumlichen Auflösung.....	26
7.6.1	Allgemeines.....	26
7.6.2	Prüfaufbau.....	27
7.6.3	Anregung.....	27
7.6.4	Datensammlung und -verarbeitung.....	27
7.6.5	Daten im Prüfbericht.....	30
7.7	Übersprechen.....	30
7.7.1	Allgemeines.....	30
7.7.2	Prüfaufbau.....	30
7.7.3	Anregung.....	30
7.7.4	Datensammlung und -verarbeitung.....	30
7.7.5	Daten im Prüfbericht.....	31
7.8	Dämpfungsbudget.....	31
7.8.1	Allgemeines.....	31
7.8.2	Prüfaufbau.....	32
7.8.3	Anregung.....	32
7.8.4	Datensammlung und -verarbeitung.....	32
7.8.5	Daten im Prüfbericht.....	32
7.9	Reflexionsstabilität des Sensors.....	33
7.9.1	Allgemeines.....	33
7.9.2	Prüfaufbau.....	33
7.9.3	Anregung.....	35
7.9.4	Datensammlung, -verarbeitung und Angaben im Prüfbericht.....	35
Anhang A (informativ) Umrechnung der optischen Phasenmessung in Dehnung.....		36
Anhang B (normativ) Anforderungen für Messungen mit geringer Unsicherheit.....		39
B.1	Prüfung mit Einzeltonanregung.....	39
B.2	Prüfen des Frequenzgangs.....	40
Anhang C (informativ) FFT-Fensterfunktionen.....		42
C.1	Flat-Top-Fenster für Frequenzbereichsmessungen von spektralen Scheitelwerten.....	42
C.2	Fensterfunktionen für Rauschmessungen im Frequenzbereich.....	43
Literaturhinweise		45
Bilder		
Bild 1 – Verteiltes Schallmesssystem.....		8
Bild 2 – Signalparameter in Bezug auf Zeitreihen und ihre räumliche Punktkennzeichnung.....		11
Bild 3 – Simulierter LWL-Sensor.....		13
Bild 4 – Konfiguration für SFS mit den Positionen TP ₁ , TP ₂ und TP ₃		13
Bild 5 – Prüfaufbau für die Prüfung des Dynamikbereichs.....		15

Bild 6 – Beispiel für ein Dehnungsanregungssignal und wiederhergestellte Phase der IU-Antwort mit Grenzwert bei 17 s.....	17
Bild 7 – Beispiel für eine vergrößerte Ansicht von Dehnungsanregungssignal und wiederhergestellter Phase der IU-Antwort mit Phasensprung bei 16,98 s.....	18
Bild 8 – Prüfaufbau für die Prüfung des Frequenzgangs.....	19
Bild 9 – Die Betragsantwort zeigt die vierzig Anregungssignale alle mit dem Betrag.....	20
Bild 10 – Interrogatorantwort auf Prüfanregung, skaliert in Dehnungseinheiten, dargestellt im Frequenzbereich.....	21
Bild 11 – Normierter Frequenzgang des Interrogators.....	22
Bild 12 – Prüfaufbau für die Wiedergabetreueprüfung.....	22
Bild 13 – Prüfaufbau für Eigenrauschen.....	23
Bild 14 – Schemadarstellung der Datenverarbeitung des Systemgrundrauschens.....	24
Bild 15 – Beispieldiagramm für Daten des Eigenrauschens.....	26
Bild 16 – Prüfaufbau für die Prüfung der räumlichen Auflösung.....	27
Bild 17 – Räumliche Abtastpunkte für die Bewertung der räumlichen Auflösung.....	28
Bild 18 – Grafischer Ansatz zur Bestimmung der räumlichen Auflösung.....	29
Bild 19 – Prüfaufbau für die Messung des Übersprechens.....	30
Bild 20 – Markierte Punkte, die für die Prüfung des Übersprechens abgetastet werden sollen.....	31
Bild 21 – Beispieldiagramm für Prüfergebnisse des Übersprechens.....	31
Bild 22 – Prüfaufbau für die Prüfung des Dämpfungsbudgets.....	32
Bild 23 – Prüfkfigurationen für die Reflexionsstabilität des Sensors.....	33
Bild 24 – Fertigungsbeispiele für die Erzeugung von Teilreflexionen.....	34
Bild B.1 – Räumliche Abtastpunkte des Faserstreckers.....	39
Bild B.2 – Frequenzbereichsdiagramm der Einzeltonanregung.....	40
Bild B.3 – Diagramm des Frequenzgangs der Einzeltonanregung.....	41
Bild C.1 – Flat-Top-Fenster und Merkmale seiner Fourier-Transformierten.....	42
Bild C.2 – Blackman-Harris-Fenster und Merkmale seiner Fourier-Transformierten.....	43
Bild C.3 – Hamming-Fenster und Merkmale seiner Fourier-Transformierten.....	44

Tabellen

Tabelle A.1 – Beziehungen zwischen optischer Phase und Dehnung.....	37
---	----

Einleitung

Dieses Dokument beruht auf dem SEAFOM Measuring Sensor Performance Document - 02 (SEAFOM MSP-02) - DAS Parameter Definitions and Tests (August 2018). Im Rahmen einer Typ-C-Liaison hat SEAFOM dieses Dokument als neues Arbeitsthema vorgeschlagen, was von den teilnehmenden Mitgliedern des IEC SC 86C genehmigt wurde.

Lichtwellenleitersensoren – Teil 3-2: Schallmessung – Ortsaufgelöste Messung

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 61757 legt die Terminologie, die charakteristischen Leistungsparameter, die zugehörigen Prüf- und Berechnungsverfahren sowie spezielle Prüfeinrichtungen für Interrogationseinheiten fest, die in verteilten LWL-Schallmesssystemen verwendet werden. Dieses Dokument bezieht sich nur auf das Rayleigh-Rückstreu- und Phasendetektionsverfahren durch phasensensitive kohärente optische Zeitbereichsreflektometrie (ϕ -OTDR).

Fachgrundspezifikationen für Lichtwellenleitersensoren sind in IEC 61757 definiert.

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 61757-2-2:2016, *Fibre optic sensors – Part 2-2: Temperature measurement – Distributed sensing*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 61757:2018, IEC 61757-2-2:2016, 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:

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

3.1 Begriffe

3.1.1

verteilter LWL-Sensor

LWL-Sensor, der mit einem zusammenhängenden Nachweiselement eine räumlich aufgelöste Messung einer Messgröße über einen ausgedehnten Bereich liefert

[QUELLE: IEC 61757:2018]

3.1.2

verteilteltes LWL-Schallmesssystem

DAS, en: distributed fibre optic acoustic sensing system

Messaufbau, bestehend aus einem verteilten LWL-Sensor, der an eine Interrogationseinheit mit Prozessor, Datenarchiv und Benutzeroberfläche angeschlossen ist, die akustische oder vibrationsinduzierte Störungen (Phasenänderung der Rückstreucentren) in der Faser lokal erfassen kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Alternativ wird in der Industrie auch der Begriff verteilte LWL-Schwingungserfassung (DVS) (en: distributed vibration sensing) verwendet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 1 für einen prinzipiellen DAS-Aufbau.

Anmerkung 3 zum Begriff: Normalerweise detektiert ein DAS-System akustische oder vibrationsinduzierte Störungen bei Frequenzen unter 2 kHz.

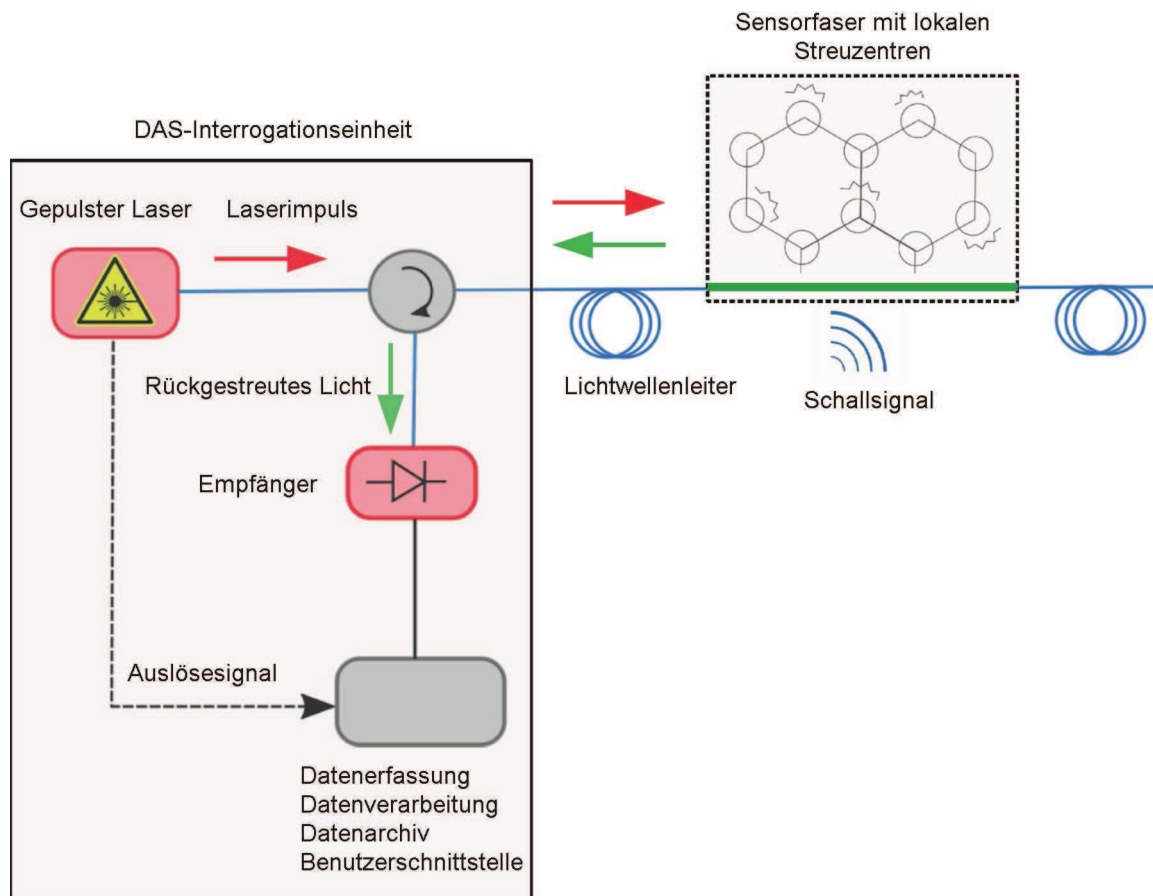


Bild 1 – Verteiltes Schallmesssystem

3.1.3

Abstandsmessbereich

größter Abstand (festgelegt in Längeneinheiten) vom Ausgangsstecker der Interrogationseinheit entlang des simulierten LWL-Sensors, bei dem das DAS-System ein akustisches Signal mit einem festgelegten Messbetriebsverhalten unter festgelegten Bedingungen misst

[QUELLE: IEC 61757-2-2:2016, modifiziert – auf Schallmessung übertragen]

3.1.4

Faserstreckger

Gerät, bei dem eine äußere Anregung eine linear proportionale Faserdehnung gleichmäßig über die angebrachte Faserlänge bewirkt

Anmerkung 1 zum Begriff: Normalerweise besteht das Faserstreckgerät aus einem piezoelektrischen Zylinder mit einer elektrischen Anregung.

3.1.5

Interrogationseinheit

IU, en: interrogation unit

optoelektronisches Messgerät, das mit dem verteilten LWL-Sensor verbunden ist und die dynamische Dehnung entlang der Faser misst und aufzeichnet

Anmerkung 1 zum Begriff: Prozessor, Datenarchiv und Benutzerschnittstelle könnten innerhalb der IU kombiniert oder eine einzelne, mit der IU verbundene Einheit sein. Sie bietet Verarbeitungsfunktionen (standardisiert oder kundenspezifisch), Datenarchivierung (in der Regel standardisiert) und stellt eine Schnittstelle zur Verfügung, um den Interrogator zu steuern und „einzustellen“, Verarbeitungsoptionen auszuwählen und die Datenerfassungsoptionen (ausgelöst, zeitgesteuert oder

andere) festzulegen und umzusetzen.

3.1.6

Position

optische Entfernung (festgelegt in einer Längeneinheit) vom Interrogator-Ausgangssteckverbinder zu einem gewünschten Abtastpunkt im LWL-Sensor

[QUELLE: IEC 61757-2-2:2016]

3.1.7

Messzeit

Zeit zwischen unabhängigen akustischen Signalmessungen bei der Durchführung aufeinanderfolgender Messungen entlang des simulierten LWL-Sensors. Gleichbedeutend ist dies der Zeitabstand zwischen aufeinanderfolgenden Abtastspur-Zeitstempeln unter diesen Bedingungen (siehe Bild 2).

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Interrogationsrate (festgelegt in Hz) ist äquivalent zur Impulsfrequenz für Interrogatoren mit optischer Impulsinterrogation. Sie ist gleich dem Inversen der Messzeit (siehe Bild 2).

[QUELLE: IEC 61757-2-2:2016, modifiziert – auf Schallmessung übertragen]

3.1.8

Nyquist-Frequenz

Frequenz, repräsentiert durch die Dauer oder Periode der halben Interrogations- oder Abtastrate, je nachdem, was kleiner ist

BEISPIEL Bei einer Interrogationsrate von 20 000 Abtastwerten je Sekunde beträgt die Nyquist-Frequenz 10 kHz.

3.1.9

Ausgangsdatenrate

mittlere Anzahl von Datenblocks je Einheitszeit, bei der die Interrogatoreinheit für alle räumlichen Abtastpunkte Ausgangsdaten zur Verfügung stellt

3.1.10

Leistungsdichtespektrum

PSD, en: power spectrum density

Quadratwurzel der spektralen Leistungsdichte, abgeleitet aus den in den Frequenzbereich transformierten Zeitreihendaten

3.1.11

Abtastwertnummer

Sequenznummer eines Abtastwerts in einer Zeitreihe

3.1.12

Abtastrate

Rate, mit der akustische Rohdaten von der Interrogationseinheit ausgegeben werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die höchste Abtastrate ist gleich der Interrogationsrate. Die Abtastrate gilt, wenn die Interrogationsrate verringert wird (durch Dezimierung oder anderweitig), bevor sie von der Interrogatoreinheit ausgegeben wird.

3.1.13

Abtastpunktnummer

fortlaufend nummerierter räumlicher Abtastpunkt, der über die Länge des Sensors zunimmt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der erste räumliche Abtastpunkt beginnt bei Null.

3.1.14

räumliche Auflösung

Länge des simulierten LWL-Sensors, bei dem das DAS-System ein akustisches Signal mit einem festgelegten

Messbetriebsverhalten unter festgelegten Bedingungen misst

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Hersteller der Interrogatoreinheit entwirft und/oder implementiert durch Hardware und/oder Software die räumliche Auflösung, die vom Benutzer gesteuert werden darf.

3.1.15

räumlicher Abtastwertabstand

Entfernung (festgelegt in Längeneinheiten) zwischen zwei aufeinanderfolgenden Abtastpunkten in einer einzelnen Schallsignalspur

[QUELLE: IEC 61757-2-2:2016, modifiziert – auf Schallmessung übertragen]

3.1.16

räumlicher Abtastpunkt

SSP, en: spatial sample point

verschiedene Punkte entlang des simulierten LWL-Sensors, die durch die Interrogatorkonfiguration oder den Aufbau definiert sind und räumlich entlang der Faser als gleichmäßig voneinander entfernte Punkte dargestellt werden, von denen die Interrogationseinheit das rückgestreute Licht abtastet

3.1.17

Dehnungsempfindlichkeit

ε

Grundrauschen des DAS-Systems, definiert als Dehnung:

$$\varepsilon = \frac{\lambda d\phi}{4\pi n G \xi} \quad (1)$$

Dabei ist

- λ die optische (Vakuum-) Betriebswellenlänge des DAS-Systems;
- n die Brechzahl der Messfaser (Gruppenbrechzahl);
- G die vom DAS-System verwendete räumliche Auflösung;
- ξ ist der fotoelastische Skalierungsfaktor für Längsdehnung in einem isotropen Werkstoff (= 0,78);
- $d\phi$ das Grundrauschen des Systems in Radiant.

3.1.18

Zeitreihe

Datensatz für einen bestimmten Abtastpunkt, der wie mit der Interrogationsrate abgetastet dargestellt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Zeitreihen können auch mit einer Unterabtastrate der Interrogationsrate dargestellt werden. Unabhängig davon, welche Rate verwendet wird, muss sie für alle in dieser Norm beschriebenen Prüfungen verwendet werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bild 2 veranschaulicht die Signalparameter in Bezug auf Zeitreihen und ihre räumliche Punktkennzeichnung.

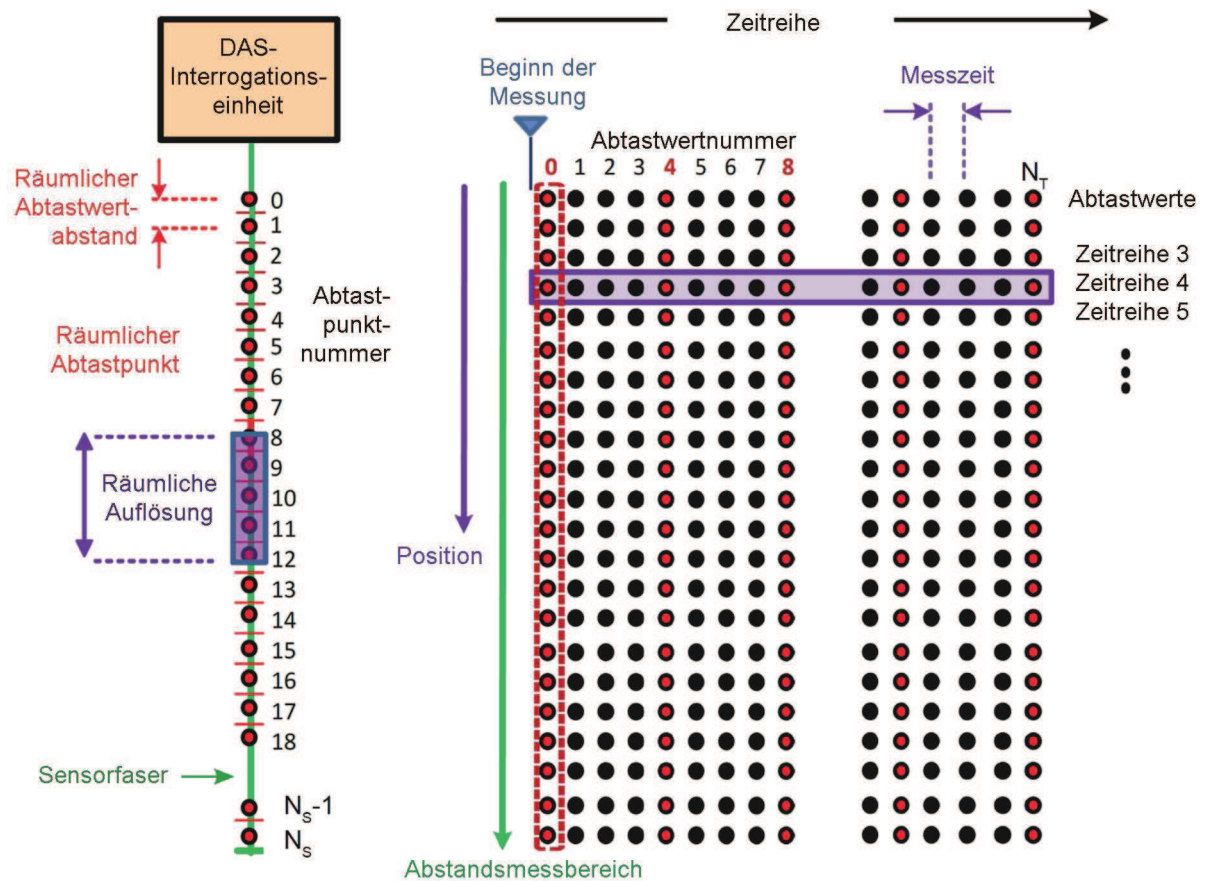


Bild 2 – Signalparameter in Bezug auf Zeitreihen und ihre räumliche Punktkennzeichnung

3.2 Abkürzungen

CL	Übersprechpegel (en: crosstalk level)
DAS	verteiltetes LWL-Schallmesssystem (en: distributed fibre optic acoustic sensing system)
FBG	Faser-Bragg-Gitter (en: fibre Bragg grating)
FFT	schnelle Fourier-Transformation (en: fast Fourier transform)
IU	Interrogationseinheit (en: interrogation unit)
L_s	Länge des Faserstreckers
LL, LR	linke bzw. rechte abfallende Linie
M, M_C, M_{CN}	Betrag, kompensierter Betrag, kompensierter und normierter Betrag
P	Normierungsfaktor
PR	Teilreflektor (en: partial reflector)
PSD	spektrale Leistungsdichte (en: power spectrum density)
PZT	Bleizirkontitanat
SEC	Abschnitt (en: section)
SFS	simulierter LWL-Sensor (en: simulated fibre sensor)
SNR	Signal-Rausch-Verhältnis (en: signal-to-noise ratio)
SR	Signalantwort (en: signal response)
SSP	räumlicher Abtastpunkt (en: spatial sample point)
TFL	Gesamtfaserlänge (en: total fibre length)

THD	Klirrfaktor (en: total harmonic distortion)
TP	Messpunkt (en: test point)

5 Leistungsparameter eines verteilten Schallmesssystems

Das technische Betriebsverhalten eines DAS-Systems muss durch die folgenden Leistungsparameter charakterisiert werden. Abschnitt 6 beschreibt die zugehörigen Prüfverfahren zur Bestimmung der Parameter.

- a) Dynamikbereich (siehe 6.2);
- b) Frequenzgang (siehe 6.3);
- c) Wiedergabetreue (optional) (siehe 6.4);
- d) Eigenrauschen (siehe 6.5);
- e) Grenzwert der räumlichen Auflösung (siehe 6.6);
- f) Übersprechen (siehe 6.7);
- g) Dämpfungsbudget (siehe 6.8);
- h) Reflexionsstabilität des Sensors (siehe 6.9).

6 Prüfeinrichtungen zur Bestimmung der Leistungsparameter

6.1 Simulierter LWL-Sensor (SFS)

Jeder der Leistungsparameter muss unter Verwendung eines simulierten LWL-Sensors (SFS) mit geeigneter Gesamtfaserlänge (*TFL*) zu jedem IU-Prüfling bewertet werden.

Der SFS muss angeschlossen werden wie in Bild 3 dargestellt. Er muss funktionell aus vier Verzögerungsspulen und drei Faserstreckern bestehen, die miteinander verspleißt sind und eine zusammenhängende Länge, die *TFL*, darstellen. In dieser Ansicht sind sie alle mit LWL-Anschlussfasern dargestellt, die am Anfang und Ende der *TFL* mit einem Steckverbindertyp nach Wahl winklig abgeschlossen sind.

Alle Elemente des SFS müssen in einer isolierten Kammer untergebracht sein, die eine Störfestigkeit gegenüber Schall und Vibrationen bietet (siehe 5.5).

Jeder der drei Faserstrecke besteht aus einer Faser der Länge L_s . Die Faserstrecke befinden sich zwischen den vier Verzögerungsspulen und stellen Positionen für viele der Prüfungen der Leistungsparameter dar. Dies sind TP_1 , TP_2 und TP_3 .

Die Längen der Verzögerungsspulen 1 bis 4 müssen mithilfe der folgenden Beziehungen bestimmt werden:

- a) Die Längen der Verzögerungsspulen 1 und 4 werden gleich 250 m gesetzt;
- b) L_s ist gleich der Länge des Faserstreckers;
- c) TFL' wird gleich $(TFL - (500 \text{ m}) - 3 \cdot L_s)$ gesetzt;
- d) Die Längen der Verzögerungsspulen 2 und 3 werden gleich $(TFL' / 2)$ gesetzt.

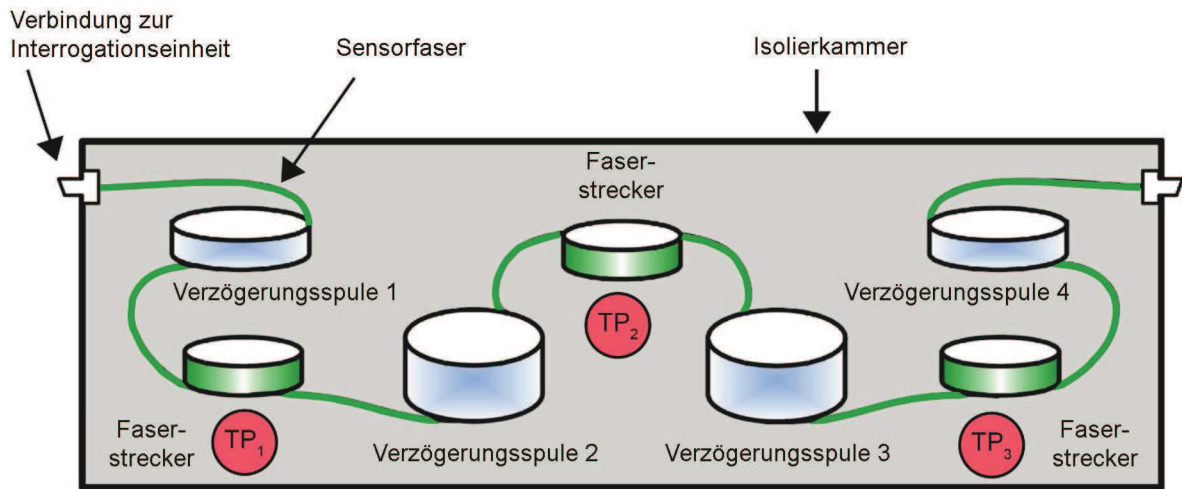


Bild 3 – Simulierter LWL-Sensor

Die drei Prüfpunkte in Bild 3 stimmen mit den Mittelpunkten der Faserstrecke überein und werden wie folgt bezeichnet:

- | | |
|---|--|
| TP ₁ : „Start“-Position: | Faserstrecke zwischen Verzögerungsspulen 1 und 2 |
| TP ₂ : „Mittelpunkt“-Position: | Faserstrecke zwischen Verzögerungsspulen 2 und 3 |
| TP ₃ : „Ende“-Position: | Faserstrecke zwischen Verzögerungsspulen 3 und 4 |

Diese drei Positionen sind in Bild 4 dargestellt und bezeichnet als TP₁, TP₂ und TP₃.

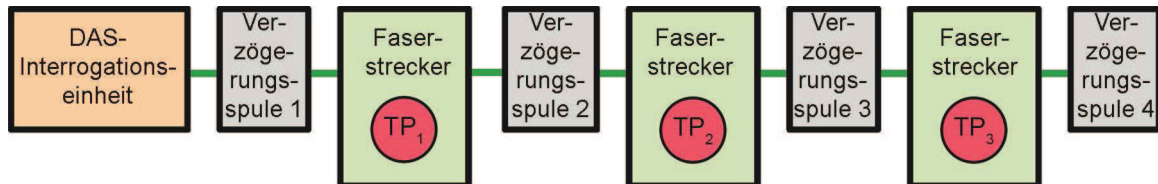


Bild 4 – Konfiguration für SFS mit den Positionen TP₁, TP₂ und TP₃

Einzelne Bewertungsverfahren dürfen mit einem modifizierten Messaufbau durchgeführt werden, der die erforderlichen Messbedingungen bietet. In diesem Fall ist eine detaillierte Beschreibung und Dokumentation des Messaufbaus erforderlich.

6.2 Faserstrecke

Der Faserstrecke wird für die meisten Prüfungen von Leistungsparametern verwendet, die eine „Anregung“ in Form einer variablen Schwingungsdehnung der Faser erfordern. Üblicherweise besteht er aus einer Sensorfaser, die um einen piezoelektrischen Zylinder- oder Rohr-Aktor gewickelt ist, der radial polarisiert ist. Damit die Faserstrecke bei der Prüfung der Leistungsparameter wirksam sind, sollten sie die folgenden Bedingungen erfüllen:

Zylinderdurchmesser (typisch): > 5 cm (z. B. 2 inch) (für geringe Makrokrümmungsverluste)

Fasertyp: derselbe wie SFS-Faser

Länge des Faserstreckers: Die Länge der zu dehnenen Faser muss auf den Faserstrecke gewickelt werden. Die Länge (ohne Zuleitungen) muss mehr als zweimal so groß wie die räumliche Auflösung des bewerteten Interrogators sein. Wenn diese Länge jedoch nicht mindestens 10 SSP abdeckt, muss die Länge für diese Abdeckung hinzugefügt werden. Größere Längen sind zulässig.

Faserdehnung:	Die Dehnung muss über die gesamte Länge der zu dehnenden Faser gleichmäßig und über den festgelegten Frequenzbereich konstant sein. Wenn der Frequenzgang nicht konstant ist, insbesondere bei höheren Frequenzen, darf eine Datenkompensation verwendet werden, um eine ausreichende Gleichmäßigkeit zu erreichen.
Frequenzbereich:	1 % bis 80 % der Nyquist-Frequenz
Dehnungsniveaus (dynamisch):	bis zu (14 $\mu\epsilon$ Spitzenwert) / (räumliche Auflösung) je nach Anwendung

ANMERKUNG 1 Das angegebene hohe Dehnungsniveau ist in der Lage, die niedrigste Frequenz für die Prüfung des dynamischen Bereichs zu erfüllen. Es ist möglich (für diese spezielle Prüfung), dass ein Spannungsverstärker zwischen dem Signalgenerator und dem Faserstreckter benötigt wird. Alle anderen Prüfungen in dieser Norm umfassen wesentlich geringere dynamische Dehnungsniveaus und benötigen keine Verstärkung.

ANMERKUNG 2 Ein unabhängiges Faser-Bragg-Gitter-Messsystem kann zur Steuerung des Dehnungsniveaus des Faserstreckers verwendet werden.

Wird anstelle des piezoelektrischen Zylinders eine alternative Konstruktion verwendet, so muss diese vergleichbare Leistungsparameter aufweisen.

6.3 Geräte zur Signalerzeugung und Verstärkung

Ein Signalgenerator wird benötigt, um die Ansteuersignale für den Faserstreckter zu erzeugen. Der Signalgenerator muss in der Lage sein, über den in 6.3 festgelegten Frequenzgangbereich zu arbeiten. Der Signalgenerator muss verzerrungsarme Sinuswellen erzeugen (typischerweise mit einem Klirrfaktor THD < –54 dB) und sollte geringe Störungen (typischerweise < –60 dB) innerhalb des Frequenzgangbereichs aufweisen.

Die meisten Ausführungen von Faserstreckern können direkt mit handelsüblichen Signalgeneratoren betrieben werden. Wenn Verstärkung benötigt wird, muss der Verstärker ausreichend große Ansteuerspannungsamplituden erzeugen, um Faserdehnungen zu erreichen, die den in Abschnitt 6 genannten Anforderungen an die Anregung entsprechen.

6.4 Optisches Dämpfungsglied

Für die Prüfung der Leistungsparameter des optischen Budgets wird ein kalibriertes optisches Dämpfungsglied oder ein Ansatz eines optischen Dämpfungsglieds oder ein Dämpfungsglied benötigt, der/das selbstkalibriert sein kann.

Empfehlungen für ein durchstimmbares optisches Dämpfungsglied:

Kalibriert für die Betriebswellenlänge:	ja (oder mit einem Leistungsmessgerät selbstkalibriert)
Dämpfungsbereich:	–2 dB bis –6 dB
Schrittweite (Einstellbarkeit):	wie erforderlich; angenommene Fehlergrenze 0,1 dB

Es ist auch zulässig, kalibrierte feste Dämpfungsglieder zu verwenden.

6.5 Isolierkammer

Der SFS verwendet Faserspulen, die empfindlich auf Umgebungsstörungen wie Raumakustik und Raum-/Tischvibrationen reagieren. Daher muss sichergestellt werden, dass solche Umgebungsstörungen die Prüfdaten für die Messungen der Leistungsparameter nicht beeinträchtigen.

Die Isolierkammer muss aus einem akustischen Gehäuse bestehen, um einen thermisch stabilen und akustisch abgeschirmten Versuchsbereich bereitzustellen. Innerhalb dieses Gehäuses muss der Versuch zusätzlich mit

einer negativ steifen Schwingungsisolierplattform von der Umgebung entkoppelt werden, um für eine Isolierung von niederfrequenten Schwingungen in der Größenordnung von 1 Hz zu sorgen.

7 Prüfverfahren für Leistungsparameter

7.1 Allgemeines

Alle Prüfverfahren wurden so entwickelt, dass ein einziger Prüfstand implementiert wird. Dieser ist definiert als ein simulierter LWL-Sensor SFS (siehe 5.1), der für alle Prüfungen verwendet werden muss. Der SFS muss für alle Prüfungen durch eine in 5.5 beschriebene Isolierkammer von Raumakustik und Schwingungen isoliert werden.

Abhängig von der vorgesehenen DAS-Anwendung müssen geeignete Werte für die Anregungsprüfung verwendet werden. Die in den folgenden Prüfungen aufgeführten Parameterwerte der Anregungsprüfung sind Empfehlungen. Sie sollten soweit wie möglich verwendet werden, um den Systemvergleich zu erleichtern.

Das Personal, das die Messungen und Auswertungen durchführt, muss mit der LWL-Sensortechnik und Messtechnik ausreichend vertraut sein.

7.2 Dynamikbereich

7.2.1 Allgemeines

Das Ziel eines DAS-Systems ist es, ein Signal zu erhalten, das direkt proportional zur Amplitude der auf die Sensorfaser einwirkenden zeitvariablen akustischen Dehnung ist. Der Dynamikbereich des Systems ist ein Maß für den Bereich der Amplituden, über den das System die angelegte akustische Anregung genau darstellen kann.

7.2.2 Prüfaufbau

Der simulierte LWL-Sensor muss durch Faserstrecke bis zu dem höchsten Anregungspegel angeregt werden, bei dem das Ergebnissignal im Vergleich zur Eingangsanregung nicht verfälscht wird. Es müssen Anregungen an drei verschiedenen Stellen, TP_1 , TP_2 und TP_3 , entlang des SFS angelegt werden, wie in Bild 5 dargestellt.

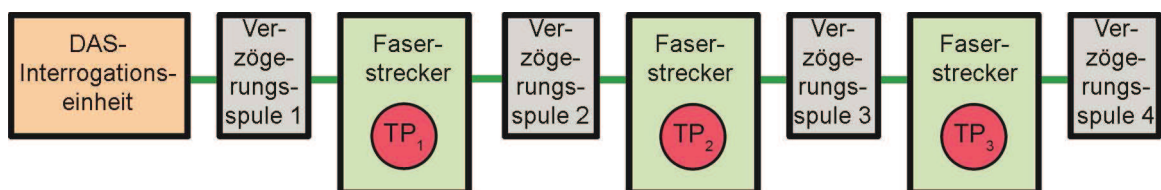


Bild 5 – Prüfaufbau für die Prüfung des Dynamikbereichs

7.2.3 Anregung

Um den Dynamikbereich zu messen, sollte die folgende Anregung verwendet werden:

Signalart:	Sinusförmig
Frequenzen:	1 %, 5 % und 20 % sowie 80 % der Nyquist-Frequenz
Signalpegel (Scheitelwert):	(0,17 $\mu\epsilon$ bis 14 $\mu\epsilon$) / (räumliche Auflösung)

BEISPIEL Wenn die räumliche Auflösung 10 m beträgt, dann ist der Signalpegelbereich 0,02 $\mu\epsilon$ bis 1,4 $\mu\epsilon$.

Das Anregungssignal muss mit einem niedrigeren Signalpegel als dem höchsten erwarteten Grenzwert beginnen und den Pegel linear mit der Zeit bis zum vergangenen höchsten erwarteten Grenzwert erhöhen. Die Anregung muss unabhängig an jeder Prüfposition, TP₁, TP₂ und TP₃, erfolgen.

7.2.4 Datensammlung und -verarbeitung

Die folgenden Daten müssen an den Positionen TP₁, TP₂ und TP₃ gesammelt werden:

Abtastwerte je Position:	Wie erforderlich zur Abdeckung des Anregungsbereichs
Zeitdauer an jeder Position:	Wie erforderlich, um Messungen mit geringer Unsicherheit sicherzustellen (siehe Anhang B)

Die gesammelten Daten müssen wie folgt verarbeitet werden:

- a) Signal: Untersuchung von Anregung im Zeitbereich und Antwortsignal.
- b) Grenzwert des Dynamikbereichs: Dieser Grenzwert ist erreicht, wenn das Antwortsignal verzerrt wird oder seine erste Unstetigkeit erfährt.
- c) Die Prüfung muss 5 mal wiederholt werden. Der Mittelwert der bestimmten Grenzwerte muss berechnet werden.

Der Dynamikbereich ist gleich der Amplitude des mittleren Anregungssignals [optische Phaseneinheiten umgerechnet in Dehnungseinheiten nach Anhang A, Gleichung (A.7)].

Die Bilder 6 und 7 stellen die Signalverarbeitung dar. Sie zeigen eine Simulation einer IU-Messung eines Dehnungsanregungssignals von 100 Hz, das bei einer Amplitude von Null beginnt und über einen Zeitrahmen von 30 s schrittweise erhöht wird. Bild 6 zeigt sowohl das Anregungssignal als auch das von der IU gemessene optische Phasensignal (oder dynamische Dehnungssignal). Nach ungefähr 17 s (entsprechend einer bestimmten Dehnung) erfährt die IU einen unstetigen Übergang. Dies wird in Bild 7 vergrößert dargestellt.

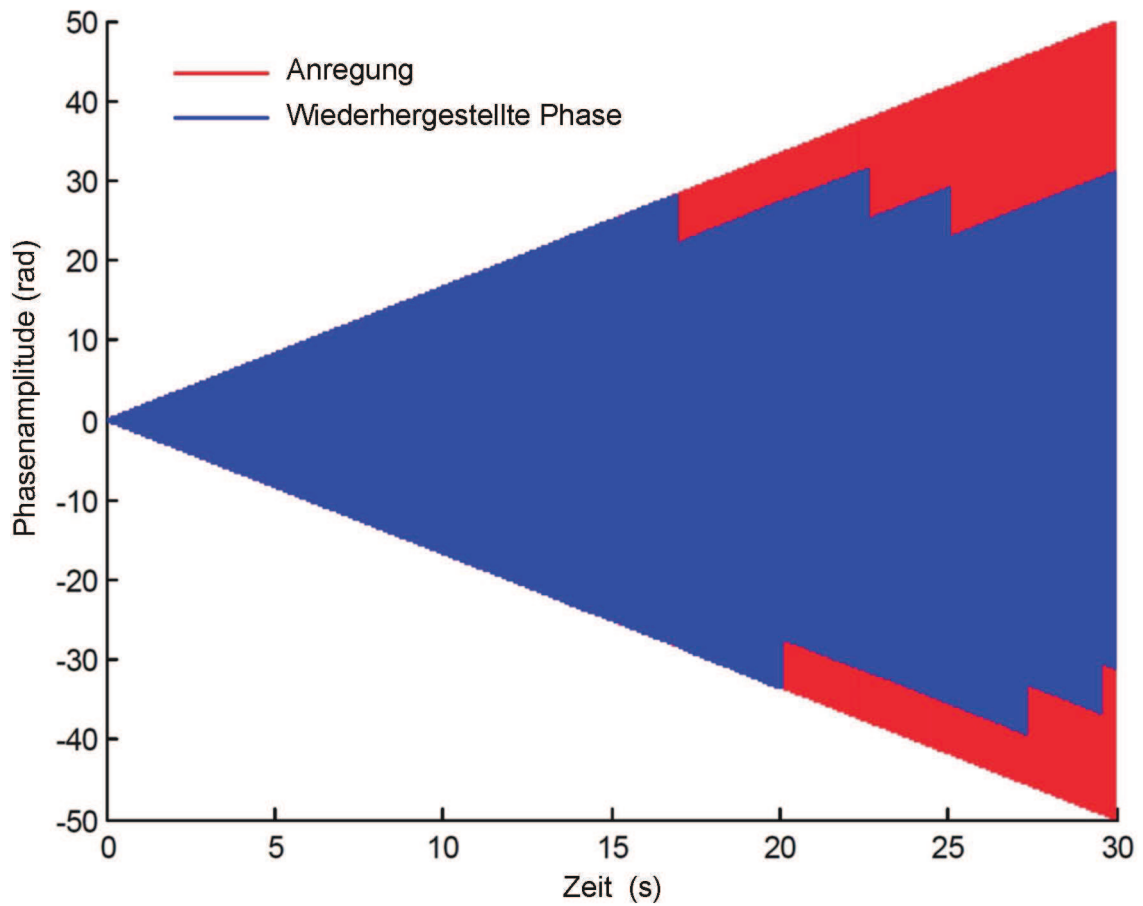


Bild 6 – Beispiel für ein Dehnungsanregungssignal und wiederhergestellte Phase der IU-Antwort mit Grenzwert bei 17 s

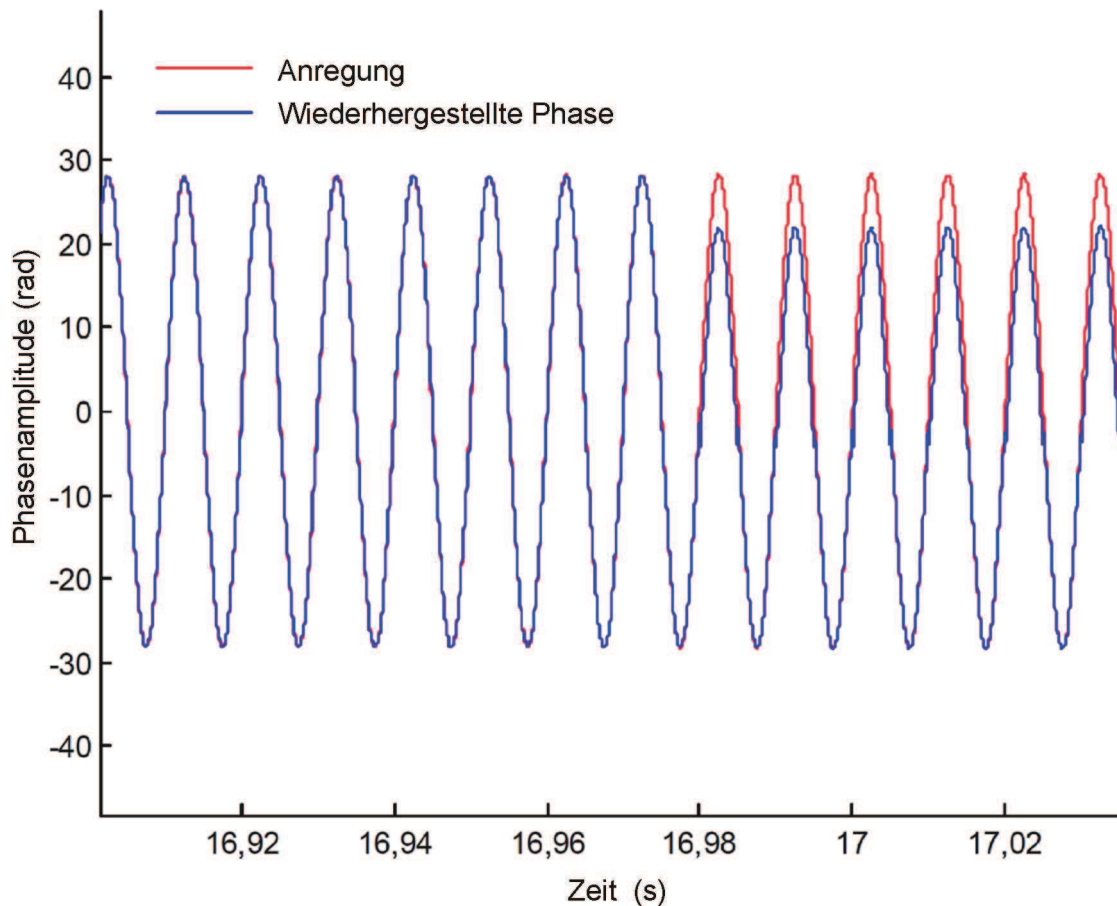


Bild 7 – Beispiel für eine vergrößerte Ansicht von Dehnungsanregungssignal und wiederhergestellter Phase der IU-Antwort mit Phasensprung bei 16,98 s

7.2.5 Daten im Prüfbericht

Es muss der größte erreichte Scheitelwert der Dehnung, multipliziert mit der räumlichen Auflösung, angegeben werden. Dieser Wert ist der Grenzwert für die räumliche Auflösung der Dehnung. Dieser wird für Frequenzen an 3 verschiedenen Positionen bestimmt (was insgesamt 12 Werte ergibt). Es muss ein Tabellenformat verwendet werden.

7.3 Frequenzgang

7.3.1 Allgemeines

Die Prüfung des Frequenzgangs der IU stellt die Genauigkeit der IU bei der Messung der Amplitude der erfassten Signale über den Betriebsfrequenzbereich dar. Dieses Dokument behandelt nur den Betrag und die Verstärkung (Ebenheit der Verstärkung) des Frequenzgangs.

7.3.2 Prüfaufbau

Der Frequenzgang muss durch Anregung des SFS über den funktionalen Frequenzbereich der IU gemessen werden. Die Messungen müssen den Betrag des Frequenzgangs einschließen, der an den drei Positionen TP₁, TP₂ und TP₃ gemessen wird, wie in Bild 8 gezeigt.

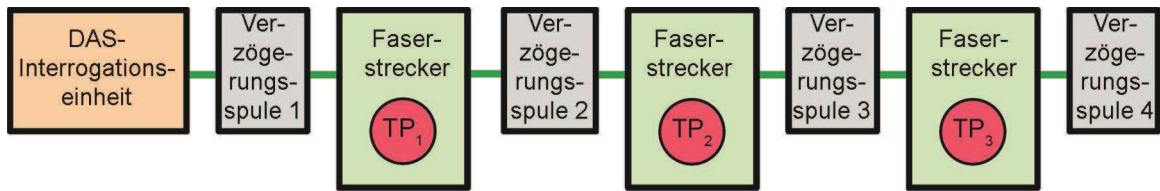


Bild 8 – Prüfaufbau für die Prüfung des Frequenzgangs

7.3.3 Anregung

Zur Messung des Frequenzgangs sollte die folgende Anregung verwendet werden:

Signalart:	Sinusförmige Tonfolge, Durchlauf (40 Frequenzschritte)
Frequenzen:	Interrogationsrate ≤ 20 kHz: 2 % bis 80 % der Nyquist-Frequenz Interrogationsrate > 20 kHz: 200 Hz bis 8 kHz
Anzahl der Frequenzen:	40
Stimuluszeit für jede Frequenz:	2,5 s
Durchlaufdauer für den Frequenzbereich:	100 s
Signalpegel:	0,08 μe (Scheitelwert) / (räumliche Auflösung) oder bei niedrigeren Pegeln, falls nötig, um eine monotone IU-Antwort über den Frequenzbereich zu erzeugen.

Die Anregung muss an allen drei Positionen TP_1 , TP_2 und TP_3 unabhängig angelegt werden.

7.3.4 Datensammlung und -verarbeitung

Mit dem definierten Anregungssignal umfasst der Prüfansatz Folgendes:

- Erzeugen der Anregungsdatei für eine Implementierung in einem beliebigen Wellenformgenerator.
- Anlegen der Anregung an die drei in 6.3.2 und 6.3.3 definierten Prüfpunkte TP_1 , TP_2 und TP_3 .
- Erfassung der Signalantwortdaten SR: Aufnehmen von genügend Abtastwerten, um den gesamten Durchlauf abzudecken (Gesamtzahl der Abtastwerte N).

Die Zeitaufzeichnungen müssen zunächst über eine Fourier-Transformation (FFT) ohne Fenster in den Frequenzbereich in Leistungsdichtespektrum- (Betrag) PSD-Daten transformiert werden:

- Ausführen der FFT: $Y = \text{FFT}(SR)(2)$
- Bestimmung des Normierungsfaktors P : $P = \sqrt{N(3)}$
- Berechnung des Betrags (M): $M = P \cdot |Y|^2(4)$

Ein typischer Verlauf von M ist in Bild 9 dargestellt, wobei eine Interrogationsrate von 20 kHz verwendet wird. Die Antwort deckt den gesamten Nyquist-Frequenzbereich ab und zeigt die 40 Töne, wobei der höchste bei 80 % der Nyquist-Frequenz liegt.

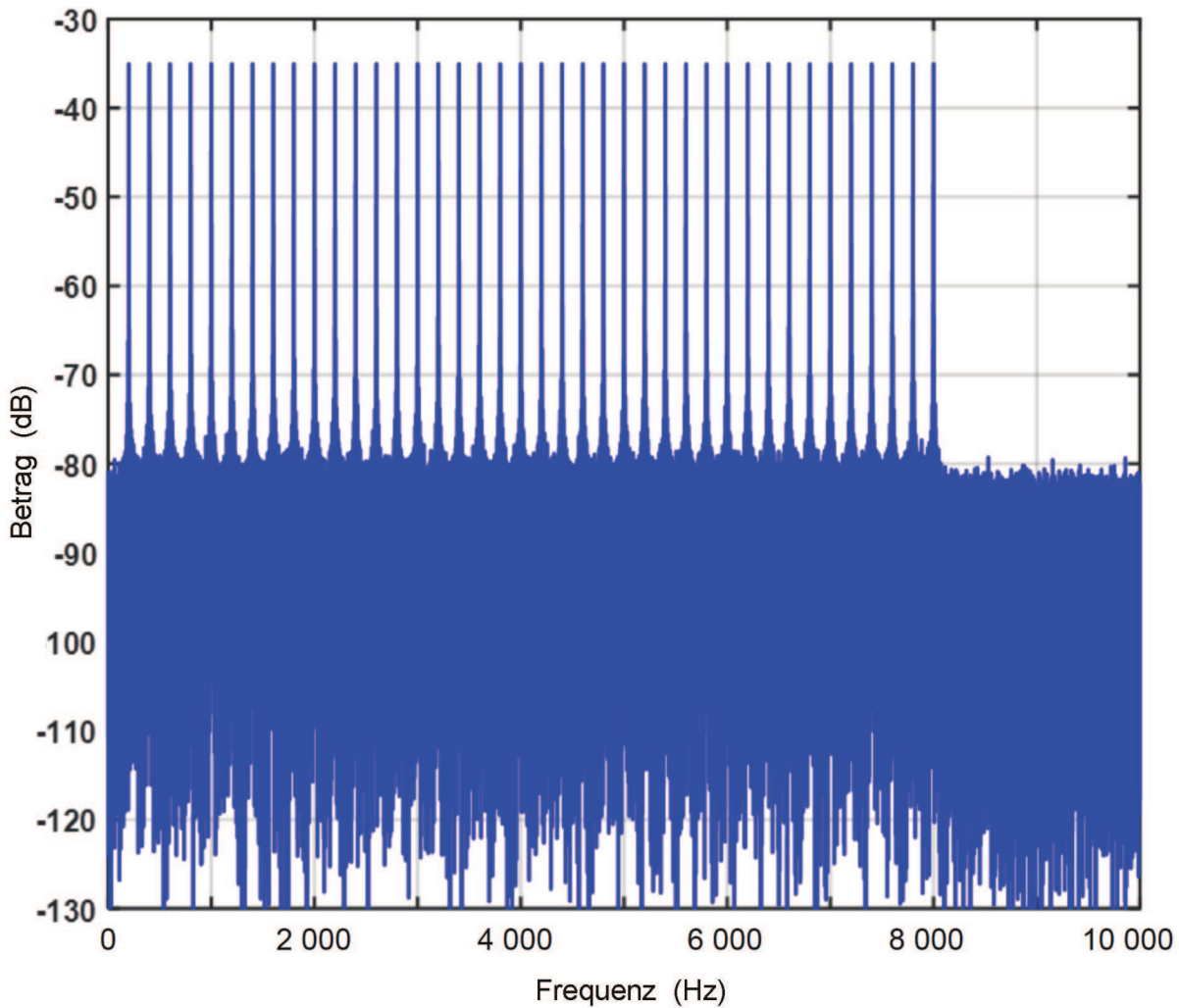


Bild 9 – Die Betragsantwort zeigt die vierzig Anregungssignale alle mit dem Betrag

7.3.5 Daten im Prüfbericht

Die Daten für die Prüfung des Frequenzgangs müssen in einem einzigen Diagramm dargestellt werden, das den Amplitudengang der ausgewählten Prüffrequenzen wiedergibt. Es muss aus den gemessenen Antwortdaten M hergeleitet und wie folgt verarbeitet werden:

- a) Für jeden der drei Prüfpunkte TP_1 , TP_2 und TP_3 wird ein Diagramm der Interrogatorantwort M auf die Prüfanregung mit den folgenden Parametern erstellt:
 - i) Frequenzbereich: linear von 0 Hz bis zur Nyquist-Frequenz;
 - ii) Amplitudenskalierung: Scheitelwert relativ zu Dehnungseinheiten in dB (nicht Dehnung quadriert);
 - iii) Amplitudenbereich: ausreichend, um die Anzeige des beabsichtigten Anregungseingangs einzuschließen.

Ein typisches Diagramm ist in Bild 10 dargestellt.

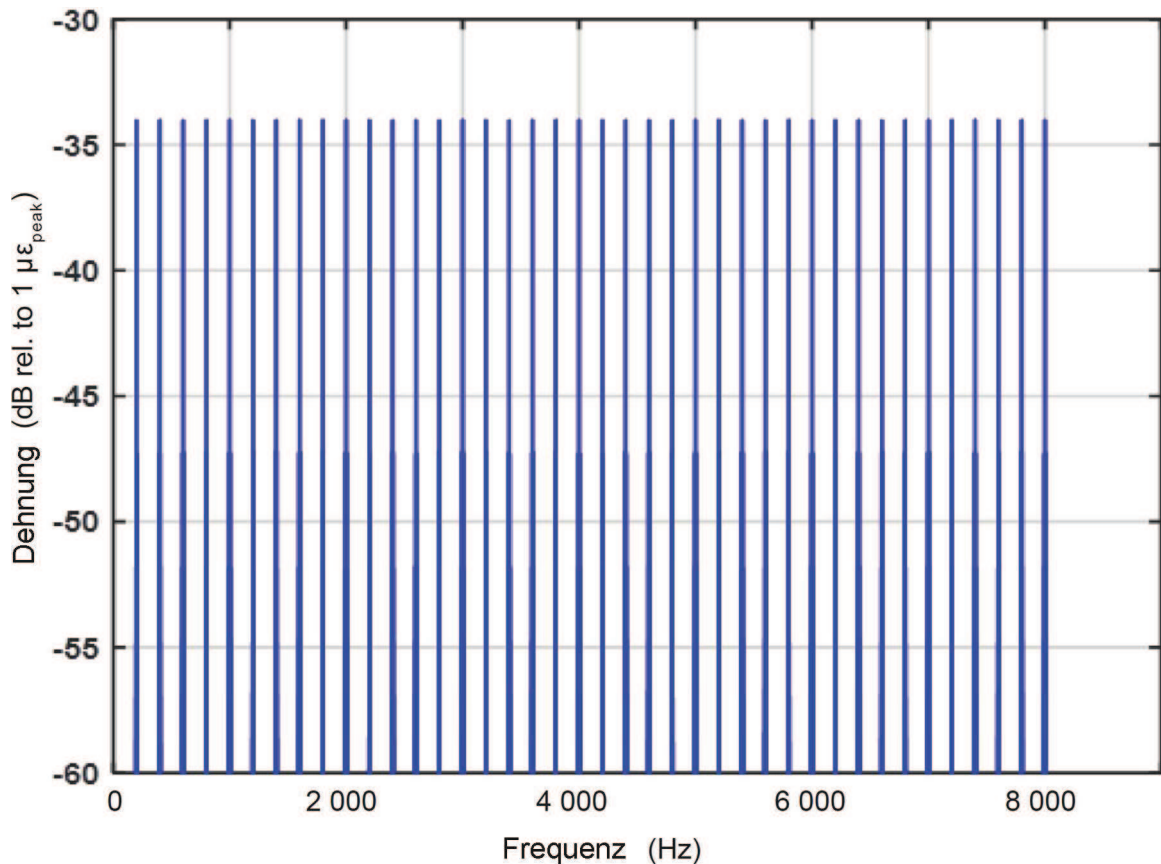


Bild 10 – Interrogatorantwort auf Prüfanregung, skaliert in Dehnungseinheiten, dargestellt im Frequenzbereich

- b) Für jeden der drei Prüfpunkte TP_1 , TP_2 und TP_3 wird der korrigierte und normierte Frequenzgang berechnet:
- Die Antwortdaten M werden korrigiert, um den (Betrags-) Frequenzgang des Faserstreckers zu kompensieren. Ergebnisdatei ist M_C und enthält nur die Werte der ausgewählten Prüffrequenzen.
 - Der Mittelwert der korrigierten M_C Scheitelwerte wird berechnet und es wird auf diesen Pegel normiert. Ergebnisdatei ist M_{CN} .
 - Ein Diagramm von M_{CN} mit den folgenden Parametern wird erzeugt:
 - der Frequenzbereich ist linear von 0 Hz bis zur höchsten geprüften Frequenz;
 - Amplitudenskalisierung: dB ($20 \cdot \log_{10}(M_{CN}\text{-Wert})$);
 - Amplitudenbereich: 9 dB (+3 dB bis -6 dB).

Wenn die gemessenen Daten außerhalb des festgelegten Bereichs liegen, wird der Bereich des Diagramms auf beiden Seiten so erweitert, dass er entsprechend angepasst ist.

Ein typisches Diagramm ist in Bild 11 dargestellt.

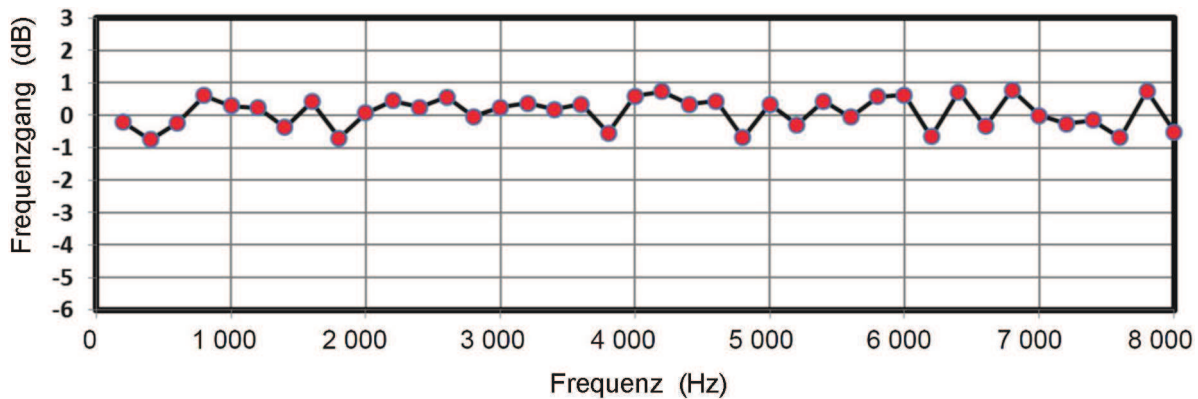


Bild 11 – Normierter Frequenzgang des Interrogators

ANMERKUNG Der Frequenzgang eines piezoelektrischen Faserstreckers ist möglicherweise nicht perfekt eben über die Frequenzbereichsprüfung. Üblicherweise nimmt die Empfindlichkeit mit wachsender Frequenz zu, wenn man sich allmählich der Umfangsresonanz nähert. Wenn dies der Fall ist, kann das in Schritt 2) erstellte Diagramm die Korrektur der Daten von M aufnehmen, so dass sie sich nur auf die Antwort des IU beziehen.

7.4 Wiedergabetreue

7.4.1 Allgemeines

Die Wiedergabetreueprüfung ist optional und gibt Informationen zu den Verzerrungen oder dem Linearitätsverhalten des DAS.

7.4.2 Prüfaufbau

Der SFS muss mit Sinustönen verschiedener Pegel angeregt werden. Messungen müssen an den drei Positionen TP_1 , TP_2 und TP_3 durchgeführt werden, wie in Bild 12 dargestellt.

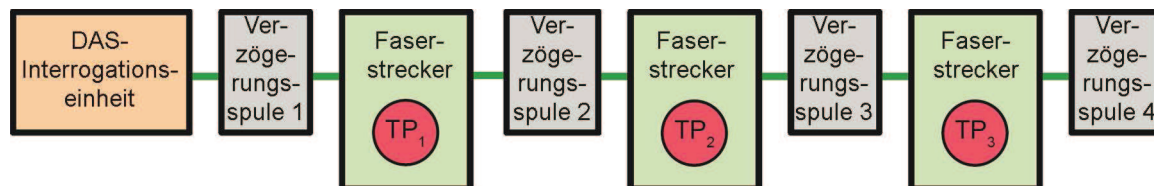


Bild 12 – Prüfaufbau für die Wiedergabetreueprüfung

7.4.3 Anregung

Um die Wiedergabetreue zu messen, sollte die folgende Anregung verwendet werden:

Signalart: Sinusförmig
Frequenz: 10 % der Nyquist-Frequenz

ANMERKUNG Wenn diese Frequenz mit der Netzfrequenz zusammenfällt und Netzstörungen verursacht, kann der Wert der Frequenz um ± 20 % geändert werden.

Signalpegel (0,08 $\mu\epsilon$, 0,25 $\mu\epsilon$ und 0,8 $\mu\epsilon$) / (räumliche Auflösung)
(Scheitelwert):

7.4.4 Datensammlung und -verarbeitung

Zeitreihendaten müssen an jeder der Anregungspositionen erfasst werden. An jedem ausgewählten SSP müssen Abtastwerte für eine Dauer von einer Minute aufgezeichnet werden.

Die gesammelten Daten müssen wie folgt verarbeitet werden:

- Die Datensätze der 1-Minuten-Zeitreihe werden in Zeitreihen kleinerer Länge zerlegt, z. B. in 16 384 Abtastwerte. Ziel ist es, an jeder Position 10 Datensätze zu erhalten.
- Die Datensätze der Zeitreihe werden mittels FFT-Betrag mit Flat-Top-Fenster transformiert, wobei alle Daten verworfen werden, die nicht den Kriterien einer „Messung mit geringer Unsicherheit“ entsprechen (siehe Anhang B).
- Aus den verbleibenden Daten wird der Klirrfaktor THD_{FT} in Prozent berechnet, wobei die Oberschwingungen 2 bis 5 verwendet werden und der Mittelwert aus 10 Sätzen gebildet wird:

$$\text{THD}_{\text{FT}} = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + V_5^2}}{V_1} \quad (2)$$

Dabei ist

V_n der Signalpegel (nicht Leistungspegel) der n -ten Harmonischen, $n = 1$ bis 5.

7.4.5 Daten im Prüfbericht

Der Klirrfaktor THD_{FT} muss im Prüfbericht für jeden der drei Pegel an jeder der drei Positionen in Prozent angegeben werden. Es gibt 9 anzugebende Datenwerte (Einheiten in Prozent). Es muss ein Tabellenformat verwendet werden.

7.5 Eigenrauschen

7.5.1 Allgemeines

Der Zweck dieser Prüfung ist die Bewertung des Eigenrauschens der IU.

7.5.2 Prüfaufbau

Das Leistungsdichtespektrum (PSD) der Rauschantwort des IU muss an drei verschiedenen Positionen entlang des Sensors gemessen werden, wie in Bild 13 dargestellt, und als SEC_1 , SEC_2 und SEC_3 innerhalb der beiden Verzögerungsspulen gekennzeichnet werden.

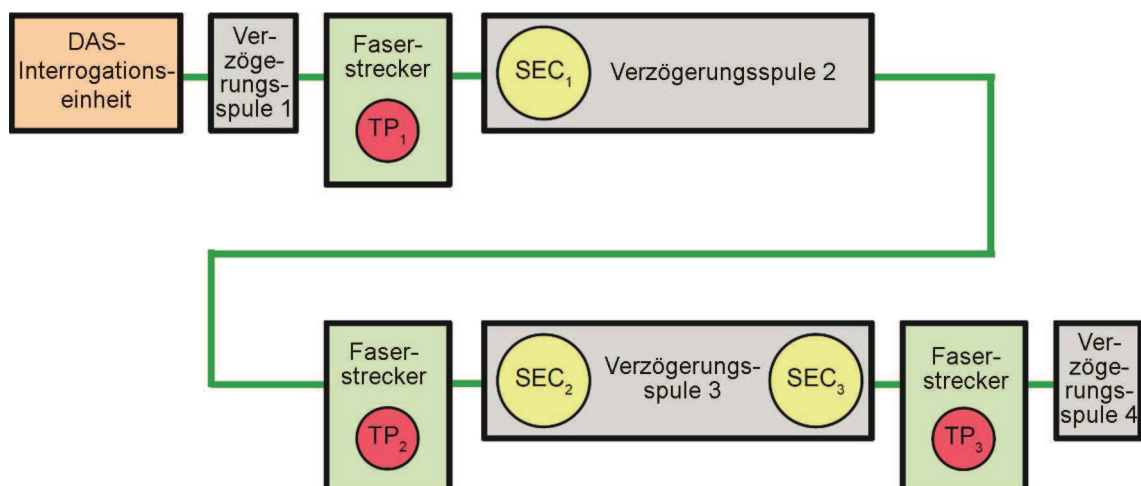


Bild 13 – Prüfaufbau für Eigenrauschen

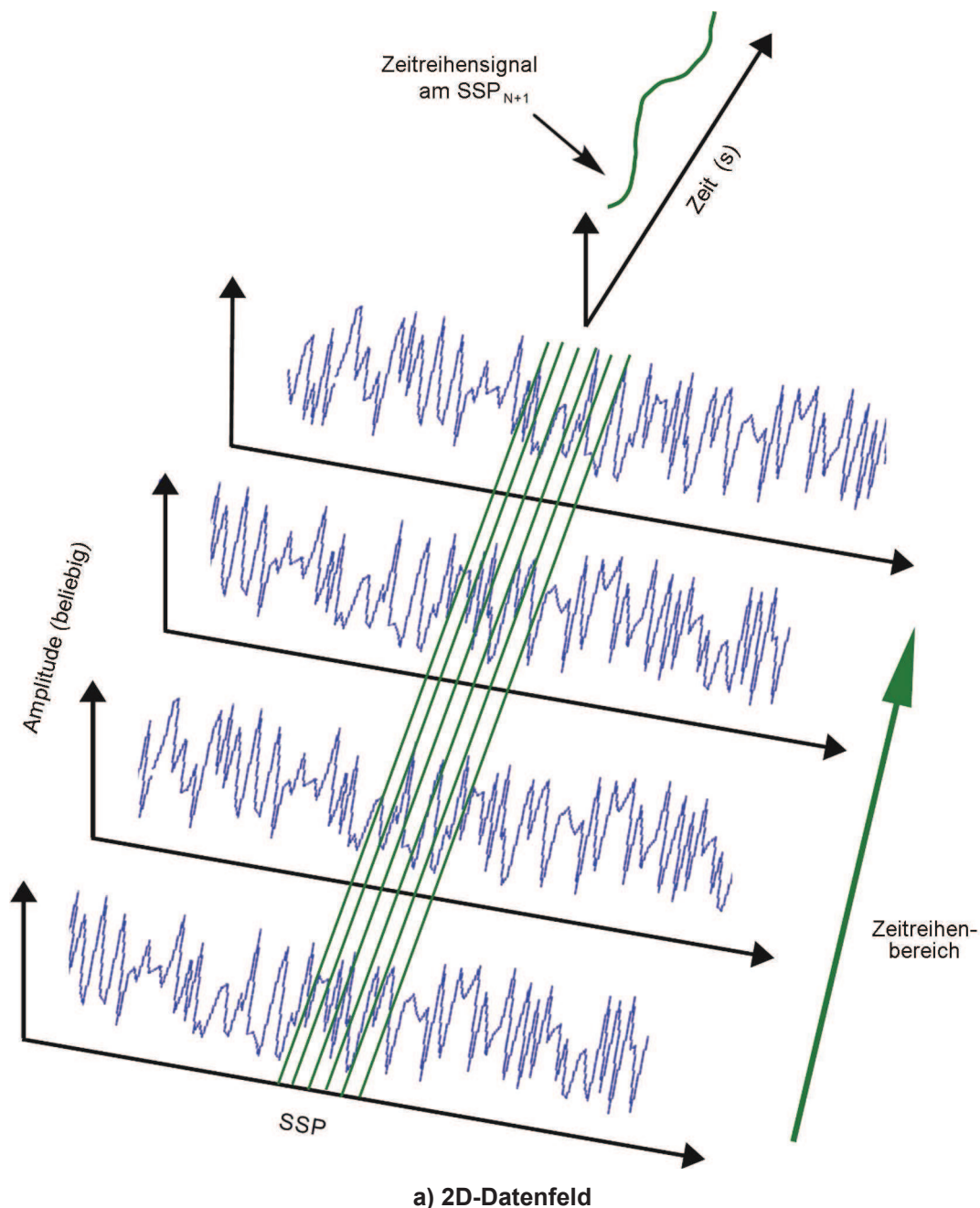
7.5.3 Anregung

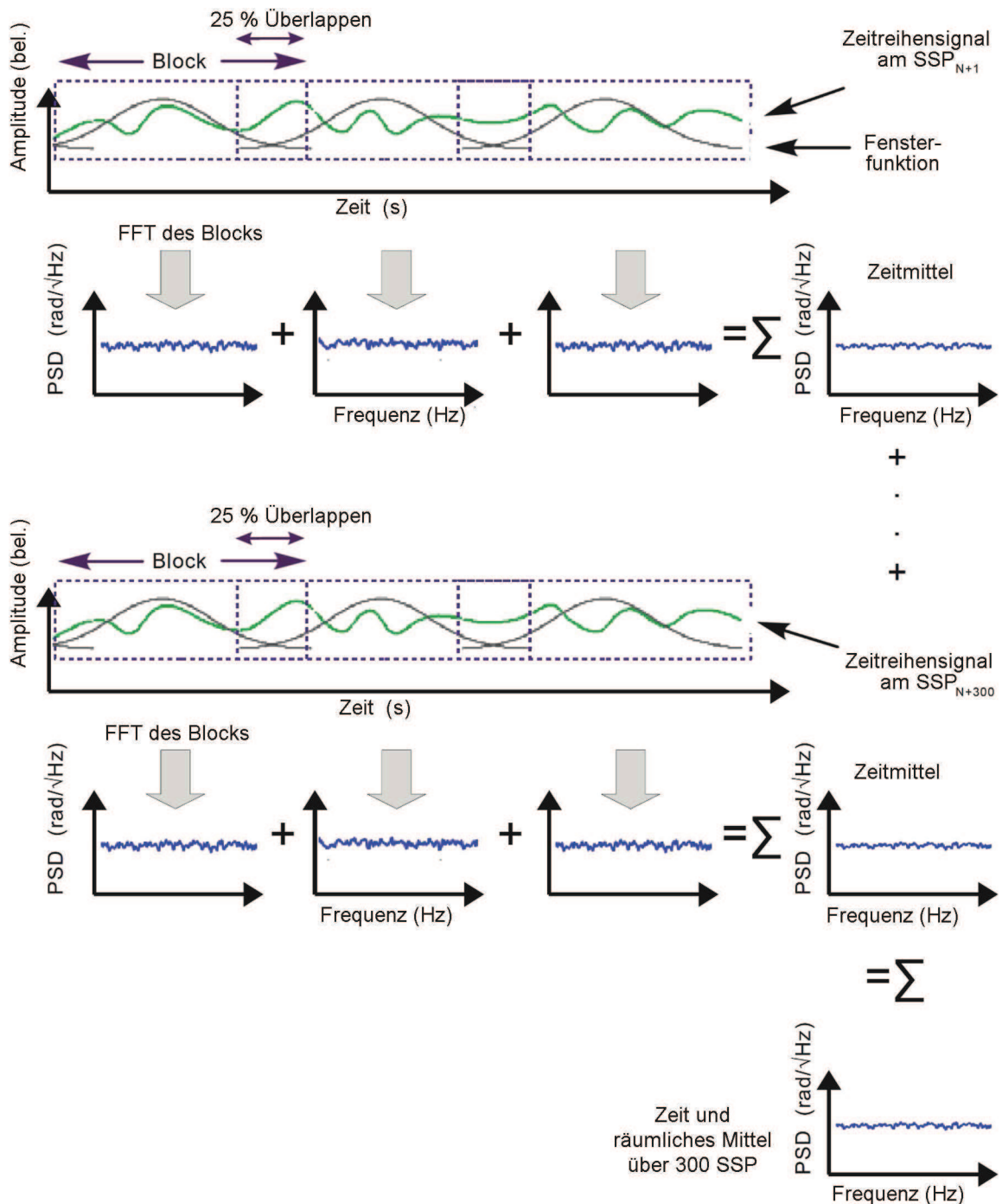
Keine.

7.5.4 Datensammlung und -verarbeitung

Das DAS-System muss nach den Anweisungen des Herstellers eingerichtet werden, wiederum entsprechend der Faserkonfiguration mit den vorgesehenen Interrogationsparametern, die am besten für den SFS geeignet sind.

Für die drei Abschnitte SEC_1 , SEC_2 und SEC_3 muss ein Datensatz von 30 s Dauer aufgenommen werden (300 zusammenhängende SSP je Abschnitt werden empfohlen). Der erfasste Datensatz ist ein 2D-Feld, das das zeitlich variierende Schallfeld als Funktion der Entfernung darstellt. Es wird in zwei Bereiche unterteilt, den räumlichen Bereich, der den Abstand entlang der Faser darstellt (eine Reihe von aufeinanderfolgenden SSP), und den Zeitreihenbereich, d. h. einen 1D-Datensatz (Zeitreihe) für jeden SSP mit einer Abtastrate gleich der Interrogationsrate (siehe Bild 14).





b) Schemadarstellung der Verarbeitung mehrerer Segmente

Bild 14 – Schemadarstellung der Datenverarbeitung des Systemgrundrauschens

Die Daten des Zeitreihenbereichs müssen wie folgt verarbeitet werden: Jeder Datensatz im Zeitreihenbereich (SSP-Zeitreihe) wird in den Frequenzbereich transformiert, um den Mittelwert der Signal-Spektraldichte in rad/√Hz zu bestimmen, der dann in Einheiten von Dehnung/√Hz umgerechnet werden muss.

Es gibt zwei Möglichkeiten, die Daten des Zeitreihenbereichs zu verarbeiten. Die erste Option erfordert mehr Berechnungsschritte (von einigen Experten bevorzugt) als die zweite Option. Beide Optionen sind zulässig.

7.5.4.1 Verarbeitung mehrerer Segmente

Für jeden SSP sollten die Daten des Zeitreihenbereichs genommen und die 30-s-Datensätze in mehrere sich überlappende „Blöcke“ mit jeweils einer gewählten FFT-Länge aufgeteilt werden.

Wenn die FFT-Längen so gewählt werden, dass sie 1 s lang sind, wird die Rauschbandbreite automatisch auf ein 1 Hz-Rauschband normiert. Es kann, wenn gewünscht, Überlappen zwischen den Datenblöcken geben.

ANMERKUNG Einige Experten bevorzugen ein Überlappen von 25 %.

Die FFT sollte mit einer geeigneten Fensterfunktion erfolgen (siehe Anhang C.2). Weiterhin müssen die resultierenden Frequenzbereichsdaten in den Betrag umgerechnet werden und nur die positiven Frequenzdaten (bis zur Nyquist-Frequenz) müssen beibehalten werden.

Alle Zeitreihenblöcke innerhalb jedes SSP (Dateneinheiten von Radiant je $\sqrt{\text{Hz}}$) sollten gemittelt werden, um einen einzelnen Rauschspektrummesswert zu bestimmen. Nach der Mittelwertbildung müssen die resultierenden Daten (in Einheiten von Radiant je $\sqrt{\text{Hz}}$) in Dehnungseinheiten umgerechnet und mit Formel (A.7) auf die räumliche Auflösung normiert werden. Das Ergebnis sollten drei Sätze von 300 Zeitreihen-Datensätzen (oder SSP) für jeden der drei Abschnitte SEC_1 , SEC_2 und SEC_3 sein.

7.5.4.2 Verarbeitung einzelner Segmente

Für jeden SSP sollte die FFT-Länge gleich der gesamten 30-s-Zeitreihe gewählt werden.

Die FFT sollte mit einer geeigneten Fensterfunktion erfolgen (siehe Anhang C.2). Weiterhin sollten die resultierenden Frequenzbereichsdaten in den Betrag umgerechnet sowie auf eine Rauschbandbreite von 1 Hz normiert werden, und nur die positiven Frequenzdaten (bis zur Nyquist-Frequenz) müssen beibehalten werden.

Anschließend werden die resultierenden Daten (in Einheiten von Radiant je $\sqrt{\text{Hz}}$) in Dehnungseinheiten umgerechnet und mit Formel (A.7) auf die räumliche Auflösung normiert. Das Ergebnis sind drei Sätze von 300 Zeitreihen-Datensätzen (oder SSP) für jeden der drei Abschnitte SEC_1 , SEC_2 und SEC_3 .

7.5.5 Daten im Prüfbericht

Für jeden Abschnitt, SEC_1 , SEC_2 und SEC_3 , müssen die Daten des Eigenrauschens nach Bild 15 aufgetragen werden.

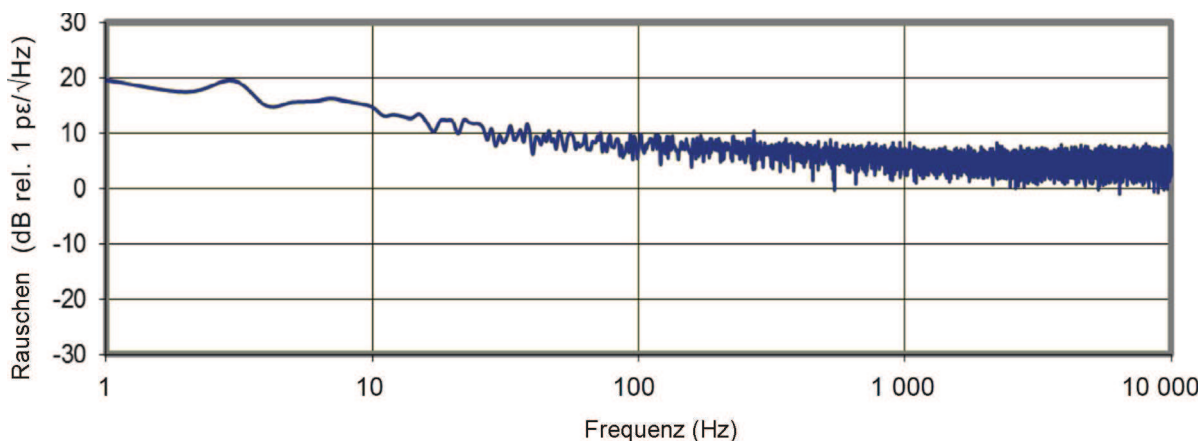


Bild 15 – Beispieldiagramm für Daten des Eigenrauschens

Die Einstellung der räumlichen Auflösung des Interrogators muss in den Prüfergebnissen angegeben werden. Frequenzwerte müssen in logarithmischer Skala dargestellt werden, die die gesamte Bandbreite der Prüfung abdeckt. Rauschwerte müssen in dB (Dehnung/ $\sqrt{\text{Hz}}$) angegeben werden.

7.6 Grenzwert der räumlichen Auflösung

7.6.1 Allgemeines

Die durchzuführende Messung der räumlichen Auflösung ist eine Überprüfung bzw. Verifizierung der kleinstmöglichen räumlichen Auflösung der IU nach der Festlegung des Herstellers.

7.6.2 Prüfaufbau

Bild 16 zeigt den Prüfaufbau, der für die Prüfung der räumlichen Auflösung verwendet werden muss.

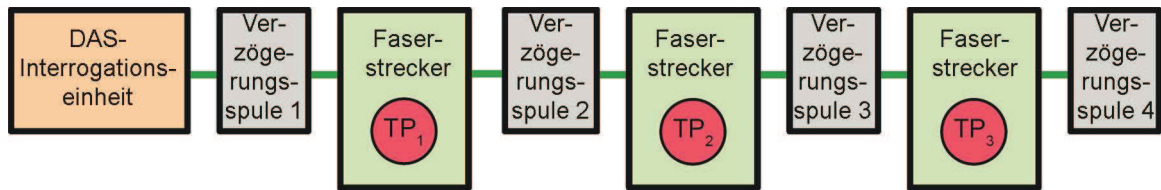


Bild 16 – Prüfaufbau für die Prüfung der räumlichen Auflösung

Die IU muss mit dem SFS verbunden sein (siehe 5.1).

7.6.3 Anregung

Um den Grenzwert der räumlichen Auflösung zu messen, sollte die folgende Anregung verwendet werden:

Signalart: Sinusförmig, 100 Hz;
Frequenz: 2 % der Nyquist-Frequenz;

ANMERKUNG Wenn diese Frequenz mit der Netzfrequenz zusammenfällt und Netzstörungen verursacht, kann der Wert der Frequenz um ± 20 % geändert werden.

Signalpegel 0,5 μe / (räumliche Auflösung).
(Scheitelwert):

Die Anregung muss unabhängig auf alle Faserstrecke angewendet werden.

7.6.4 Datensammlung und -verarbeitung

Die Datenerfassung und -verarbeitung muss nach den folgenden Schritten erfolgen:

- 1) Eine sinusförmige Anregung muss nacheinander auf die Faserstrecke angewendet werden. Die Frequenz der Anregung muss auf 100 Hz eingestellt werden. Die Amplitude muss auf 0,5 μe Scheitelwert / (räumliche Auflösung) eingestellt werden. Es ist nicht entscheidend, dass dieser Signalpegel genau 0,5 μe / (räumliche Auflösung) beträgt, was ein nützlicher Pegel für ein hohes Signal-Rausch-Verhältnis ist. Der Signalpegel muss während der gesamten Prüfung gleichbleibend sein.
- 2) Es wird eine Zeitreihenerfassung über die gesamte Faserspanne des Sensorsimulators begonnen. Die Dauer muss lang genug sein, um sicherzustellen, dass „Messungen mit geringer Unsicherheit“ (siehe Anhang B) an allen SSP erfasst werden.
- 3) Die Daten der IU-Zeitreihe (unter der Annahme einer optischen Phase oder eines anderen „linearen“ Maßes der IU) werden in den Frequenzbereich transformiert. Die für die Bestimmung der räumlichen Auflösung zu transformierenden Zeitreihendaten müssen mindestens die in Bild 17 dargestellten SPP abdecken.