

DIN EN 61290-10-5

ICS 33.180.30

Einsprüche bis 2013-06-15

Entwurf

**Prüfverfahren für Lichtwellenleiter-Verstärker –
Teil 10-5: Mehrkanalparameter –
Verstärkung und Rauschzahl von verteilten Raman-Verstärkern
(IEC 86C/1108/CD:2013)**

Optical amplifiers –

Test methods –

Part 10-5: Multichannel parameters – Distributed Raman amplifier gain and noise figure
(IEC 86C/1108/CD:2013)**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2013-04-15 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@din.de 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 im DIN und VDE (Hausanschrift: 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 39 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Abkürzungen	6
3.1 DRA-Verstärkungs- und -Rauschzahlparameter – Überblick.....	6
3.2 Begriffe	8
3.3 Abkürzungen	9
4 Prüfeinrichtung	9
4.1 Mehrkanal-Signalquelle	10
4.2 Polarisationsstellglied	11
4.3 Optischer Spektralanalysator	11
4.4 Optisches Leistungsmessgerät	11
4.5 Abstimmbare Schmalbandquelle.....	11
4.6 Optische Breitbandquelle	11
4.7 Lichtwellenleiter-Steckverbinder und -Rangierkabel	12
5 Prüfling.....	12
6 Verfahren	12
6.1 Überblick.....	12
6.1.1 Kanal-Ein-Aus-Verstärkung.....	12
6.1.2 Kanal-Einfügungsdämpfung des Pumpmoduls und Kanal-Nettoverstärkung.....	12
6.1.3 Kanaläquivalente NF	13
6.2 Kalibrierung	13
6.2.1 Kalibrierung der optischen Bandbreite	13
6.2.1.1 Kalibrierung mit einer abstimmbaren optischen Schmalbandquelle	13
6.2.1.2 Kalibrierung mit einer optischen Breitbandquelle.....	14
6.2.2 Kalibrierung des OSA-Leistungskorrekturfaktors	14
6.3 Messung	15
6.4 Berechnung	16
6.4.1 Kanal-Ein-Aus-Verstärkung.....	16
6.4.2 Kanal-Nettoverstärkung.....	16
6.4.3 Kanaläquivalente NF	17
7 Prüfergebnisse	17
Anhang A (informativ) Vergleich zwischen Feld- und Labormessungen.....	19
Anhang B (informativ) Pumpverarmung und Raman-Streuung zwischen Kanälen	20
 Bild 1 – Verteilte Raman-Verstärkung in Konfigurationen in (links) und entgegen (rechts) der Richtung der Signalübertragung.....	 7
Bild 2 – Messaufbau ohne Pumpmodul.....	9
Bild 3 – Messaufbau für eine Konfiguration entgegen der Richtung der Signalübertragung	10
Bild 4 – Messaufbau für eine Konfiguration in Richtung der Signalübertragung.....	10
Bild 5 – Mögliche Umsetzung einer Mehrkanal-Signalquelle	10

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 86C/1108/CD:2013 „Optical amplifiers – Test methods – Part 10-5: Multichannel parameters – Distributed Raman amplifier gain and noise figure“ (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 im 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 Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

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

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.

Einleitung

Die vorliegende Internationale Norm gilt für Lichtwellenleiter-Verstärker. Da sich die Technologie auf dem Gebiet der Lichtwellenleiter-Verstärker noch in rascher Entwicklung befindet, sind Änderungen und neue Ausgaben dieser Norm zu erwarten.

1 Anwendungsbereich

Der vorliegende Teil der IEC 61290 gilt für verteilte Raman-Verstärker (DRAs). DRAs beruhen auf einem Prozess, bei dem Raman-Pumpleistung in die Übertragungsfaser eingekoppelt wird, was zu einer Signalverstärkung innerhalb der Übertragungsfaser durch stimulierte Raman-Streuung führt. Ein genauer Überblick über die Technologie und Anwendungen von DRAs kann IEC/TR 61292-6 entnommen werden.

Ein grundlegender Unterschied zwischen diesen Verstärkern und diskreten Verstärkern wie Erbium-dotierten Lichtwellenleiter-Verstärkern (EDFAs) besteht darin, dass die letzteren anhand einer Black Box mit eindeutig definierten Eingangs- und Ausgangsanschlüssen beschrieben werden können. Demgegenüber ist ein DRA im Wesentlichen ein Pumpmodul, bei dem die tatsächliche Verstärkung entlang der Übertragungsfaser stattfindet. Dieser Unterschied zieht nach sich, dass die in anderen Teilen von IEC 61290 für die Messung der Verstärkerparameter wie Verstärkung und Rauschzahl beschriebenen normierten Verfahren nicht ohne Modifikation anwendbar sind.

Der Zweck der vorliegenden Norm ist die Aufstellung einheitlicher Anforderungen für genaue und zuverlässige Messungen der folgenden DRA-Parameter unter Anwendung eines optischen Spektralanalysators (OSA):

- Kanal-Ein-Aus-Verstärkung;
- Einfügedämpfung der Pumpeinheit;
- Kanal-Nettoverstärkung;
- signalspontane Kanalrauschzahl.

Das Messverfahren beruht größtenteils auf dem Quellen-Interpolations- und -Subtraktionsverfahren (ISS) unter Anwendung eines optischen Spektralanalysators, wie in IEC 61290-10-4 beschrieben und im Einzelnen erläutert, mit entsprechenden Modifikationen in Bezug auf einen DRA.

ANMERKUNG 1 Alle numerischen Werte, denen ein (§) folgt, sind vorgeschlagene Werte, deren Messung gesichert ist. Andere Werte können zulässig sein, sollten jedoch überprüft werden.

ANMERKUNG 2 Allgemeine Gesichtspunkte der Prüfverfahren für die Rauschzahl werden in IEC 61290-3 behandelt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60825-1, *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements*

IEC 61290-3, *Optical amplifiers – Test methods – Part 3: Noise figure parameters*

IEC 61290-10-4, *Optical amplifiers – Test methods – Part 10-4: Multichannel parameters – Interpolated source subtraction method using an optical spectrum analyzer*

IEC 61291-1, *Optical amplifiers – Part 1: Generic specification*

IEC 61291-4, *Optical amplifiers – Part 4: Multichannel applications – Performance specification template*

IEC/TR 61292-4, *Optical Amplifiers Technical Reports – Maximum permissible optical power for the damage-free and safe use of optical amplifiers, including Raman amplifiers*

IEC/TR 61292-6, *Optical amplifiers – Part 6: Distributed Raman amplification*

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 DRA-Verstärkungs- und -Rauschzahlparameter – Überblick

ANMERKUNG Sofern es nicht anders angegeben ist, sind alle Gleichungen und Definitionen in diesem Abschnitt und im weiteren Text in linearen Einheiten und nicht in dB angegeben.

Bild 1 zeigt die Anwendung von DRAs in Konfigurationen in (Vorwärtspumpen) und entgegen (Rückwärtspumpen) der Richtung der Signalübertragung. In der Regel werden Konfigurationen entgegen der Richtung der Signalübertragung häufiger angewendet.

Wie bei jedem beliebigen Verstärker ist einer der wichtigsten Parameter von Interesse die Kanalverstärkung (siehe IEC 61291-1 und IEC 61291-4). Im Gegensatz zu diskreten Verstärkern jedoch, bei denen die Kanalverstärkung einfach als das Verhältnis der Kanalleistung am Ausgangsanschluss zur Kanalleistung am Eingangsanschluss definiert ist, ist die Situation bei einem DRA komplexer. Grundsätzlich umfasst der DRA sowohl das Pumpmodul, welches die Pumpleistung liefert, als auch die Faserlänge, in der die eigentliche Verstärkung stattfindet. Somit ist eine Definitionsmöglichkeit für die Kanalverstärkung das Verhältnis der Kanalleistung am Punkt C (Bild 1) zur Kanalleistung am Punkt A, während die Pumpen in Betrieb sind. Da diese Definition außerdem die Dämpfung der Faserlänge einschließt, die oft höher ist, als die von den Raman-Pumpen gelieferte Verstärkung, ist diese Definition nicht sehr sinnvoll.

Eine nützlichere Größe ist die Kanal-Ein-Aus-Verstärkung, die als das Verhältnis der Kanalleistung am Ausgang der Faserlänge bei eingeschalteten Raman-Pumpen zur Kanalleistung am selben Punkt, aber bei ausgeschalteter Pumpe (siehe Kurven in Bild 1), definiert ist.

$$G_{\text{on-off}} = \frac{P_{\text{on}}}{P_{\text{off}}} \quad (1)$$

In der Praxis darf die Kanal-Ein-Aus-Verstärkung an jedem beliebigen Punkt nach der Faserlänge gemessen werden, beispielsweise am Punkt C bei einer Konfiguration in Richtung der Signalübertragung oder an den Punkten B und C bei einer Konfiguration entgegen der Richtung der Signalübertragung.

Ein anderer Parameter, der für DRAs von Interesse ist, ist die Kanal-Einfügungsdämpfung des Pumpmoduls, die als das Verhältnis der Kanalleistung am Eingangsanschluss des Pumpmoduls zur Kanalleistung am Ausgangsanschluss des Pumpmoduls definiert ist (Punkte A und B bei einer Konfiguration in Richtung der Signalübertragung und Punkte B und C bei einer Konfiguration entgegen der Richtung der Signalübertragung).

$$IL = \frac{P_{\text{Eingang der Pumpeinheit}}}{P_{\text{Ausgang der Pumpeinheit}}} \quad (2)$$

Da innerhalb des Pumpmoduls keine Verstärkung erfolgt, handelt es sich nur um eine passive Einfügungsdämpfung, die nicht durch den Zustand der Pumpen (ein- oder ausgeschaltet) beeinflusst wird.

Die Kanal-Ein-Aus-Verstärkung und die Kanal-Einfügungsdämpfung des Pumpmoduls können zu einer einzigen Größe, der Kanal-Nettoverstärkung, zusammengefasst werden, die in dB wie folgt definiert ist:

$$G_{\text{net}} \text{ (dB)} = G_{\text{on-off}} \text{ (dB)} - IL \text{ (dB)} \quad (3)$$

Die Kanal-Nettoverstärkung ist besonders für Konfigurationen entgegen der Richtung der Signalübertragung sinnvoll, da sie direkt in linearen Einheiten als das Verhältnis der Kanalleistung am Punkt C bei eingeschalteten Pumpen zur Kanalleistung am Punkt B bei ausgeschalteten Pumpen gemessen werden kann. Wenn das Pumpmodul einen Filter für die Ebenheit der Verstärkung (Gain Flattening Filter, GFF) zur Anpassung der Spektralform der Raman-Verstärkung umfasst, dann bezieht die Kanal-Nettoverstärkung im Gegensatz zur Kanal-Ein-Aus-Verstärkung den Effekt des GFF ein (d. h. die Kanal-Ein-Aus-Verstärkung ist von der Unebenheit der Kanalwellenlänge abhängig). Bei einer Konfiguration in Richtung der Signalübertragung besitzt die Kanal-Nettoverstärkung nur eine geringe technische Bedeutung und es ist üblich, die Kanal-Ein-Aus-Verstärkung und die Kanal-Einfügungsdämpfung des Pumpmoduls einzeln zu definieren.

Ein weiterer für einen DRA maßgeblicher Parameter ist die kanaläquivalente Rauschzahl (NF) infolge des signalspontanen Schwebungsrauschens. Diese Größe ist nur bei einer Konfiguration entgegen der Richtung der Signalübertragung von Bedeutung. Die kanaläquivalente NF eines DRA ist definiert als die NF eines äquivalenten diskreten Verstärkers am Ausgang der Faserlänge, der den gleichen Betrag der Kanalverstärkung liefert, wie die Kanal-Ein-Aus-Verstärkung des DRA, und den gleichen Betrag der verstärkten spontanen Emission (ASE) erzeugt, wie sie am Ausgang der Faserlänge durch den DRA erzeugt wird. Die kanaläquivalente Rauschzahl (in dB) infolge des signalspontanen Schwebungsrauschens wird wie folgt angegeben (siehe IEC 61290-3)

$$NF_{\text{sig-ASE,eq}} = 10 \log_{10} (\rho_{\text{ASE,B}} / (G_{\text{on-off}} h \nu)) \quad (4)$$

Dabei ist

$\rho_{\text{ASE,B}}$ die ASE-Spektraldichte bei der Kanalwellenlänge λ (bei beiden Polarisationsmoden), gemessen am Ausgang der Faserlänge (in Bild 1 Punkt B bei der Konfiguration entgegen der Richtung der Signalübertragung);

$\nu = c/\lambda$ die Kanalfrequenz;

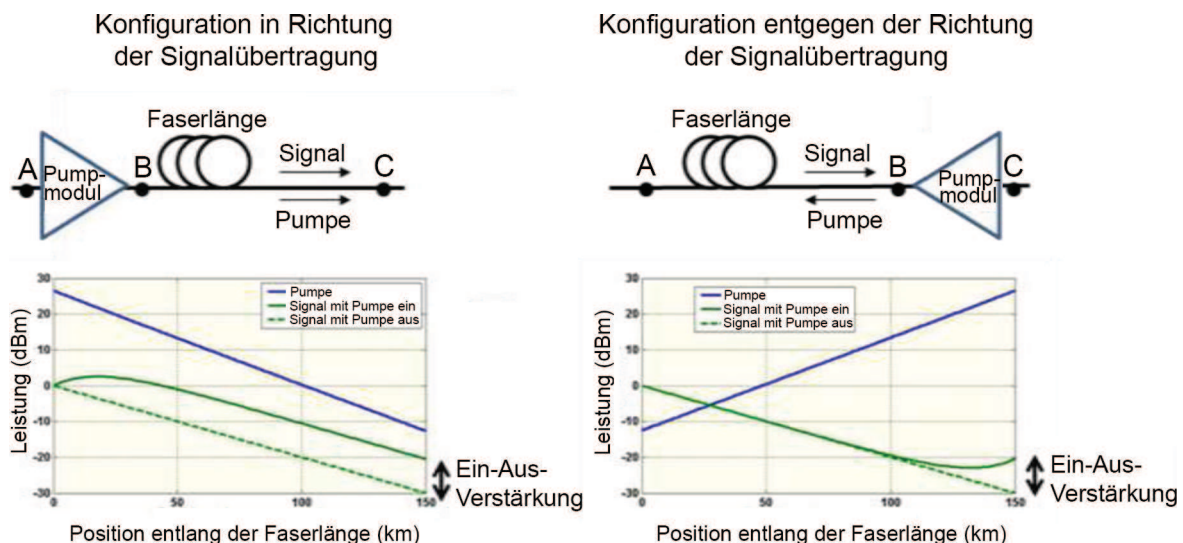
h das Plancksche Wirkungsquantum.

Mit der Beziehung zwischen der Kanal-Ein-Aus-Verstärkung und der Kanal-Nettoverstärkung kann die kanaläquivalente NF auch wie folgt angegeben werden:

$$NF_{\text{sig-ASE,eq}} = 10 \log_{10} (\rho_{\text{ASE,C}} / (G_{\text{net}} h \nu)) \quad (5)$$

Dabei wird

$\rho_{\text{ASE,C}}$ jetzt am Punkt C gemessen.



ANMERKUNG Die Kurven zeigen die Entwicklung von Pumpe und Signal entlang der Faserlänge.

Bild 1 – Verteilte Raman-Verstärkung in Konfigurationen in (links) und entgegen (rechts) der Richtung der Signalübertragung

Bei der Messung von DRA-Verstärkung und -NF sollten die folgenden Aspekte berücksichtigt werden:

- der Zweck der Messung: ob der Zweck die Messung der Leistungsfähigkeit des DRA bezogen auf die spezifische Faserlänge im Feld oder die Beschreibung der Leistungsfähigkeit des DRA bezogen auf einen generischen Fasertyp im Labor ist. Dieser Aspekt wird im Anhang A erläutert.
- ob die Konfiguration des Eingangssignals die Messung infolge der Pumpverarmung und/oder der Signal-Signal-Raman-Streuung beeinflussen kann. Dieser Aspekt wird im Anhang B erläutert.

3.2 Begriffe

3.2.1

Raman-Pumpleistung

vom DRA erzeugte optische Leistung für die Raman-Verstärkung von Signalkanälen

Anmerkung zum Begriff: Die Raman-Pumpleistung muss bei einer geringeren Wellenlänge erzeugt werden als die der Signalkanäle.

3.2.2

Faserlänge

Länge eines Lichtwellenleiters, in die Signalkanäle und Raman-Pumpleistung eingekoppelt werden und in der eine Raman-Verstärkung der Signalkanäle über eine stimulierte Raman-Streuung stattfindet

3.2.3

Konfiguration in Richtung der Signalübertragung

Konfiguration, bei der die Raman-Pumpleistung in den Eingang der Faserlänge eingekoppelt wird, so dass sich die Signalkanäle und die Raman-Pumpleistung in derselben Richtung (Vorwärtsrichtung) ausbreiten

Anmerkung zum Begriff: Diese Konfiguration wird auch als Vorwärtspumpen bezeichnet.

3.2.4

Konfiguration entgegen der Richtung der Signalübertragung

Konfiguration, bei der die Raman-Pumpleistung in den Ausgang der Faserlänge eingekoppelt wird, so dass sich die Signalkanäle und die Raman-Pumpleistung in entgegengesetzten Richtungen ausbreiten

Anmerkung zum Begriff: Diese Konfiguration wird auch als Rückwärtspumpen bezeichnet.

3.2.5

Pumpmodul

Modul, das Raman-Pumpleistung erzeugt und diese in die verbundene Faserlänge einkoppelt

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn das Pumpmodul mit dem Eingang der Faserlänge verbunden ist, werden sowohl die ankommenden Signalkanäle als auch die Raman-Pumpleistung in die Faserlänge eingekoppelt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Wenn das Pumpmodul mit dem Ausgang der Faserlänge verbunden ist, wird die Pumpleistung in die Faserlänge eingekoppelt, während die aus der Faserlänge austretenden Signalkanäle das Pumpmodul vom Eingangsanschluss zum Ausgangsanschluss durchlaufen.

Anmerkung 3 zum Begriff: In der vorliegenden Norm ist vereinbart worden, dass der Eingangsanschluss des Pumpmoduls als der Anschluss definiert ist, in den die Signalkanäle eintreten, während der Ausgangsanschluss der Anschluss ist, durch den die Signalkanäle austreten. Damit tritt bei einer Konfiguration in Richtung der Signalübertragung die Raman-Pumpleistung am Ausgangsanschluss des Pumpmoduls aus, während bei einer Konfiguration entgegen der Richtung der Signalübertragung die Raman-Pumpleistung aus dem Eingangsanschluss des Pumpmoduls austritt.

3.2.6

Kanal-Ein-Aus-Verstärkung

$G_{\text{on-off}}$

Verhältnis der Kanalleistung am Ausgang der Faserlänge bei betriebenem Pumpmodul zur Kanalleistung am selben Punkt bei nicht betriebenem Pumpmodul

3.2.7

Kanal-Einfügungsdämpfung des Pumpmoduls

IL

Verhältnis der Kanalleistung am Eingang des Pumpmoduls zur Kanalleistung am Ausgang des Pumpmoduls

3.2.8

Kanal-Nettoverstärkung

G_{net}

Differenz aus der Kanal-Ein-Aus-Verstärkung und der Kanal-Einfügungsdämpfung des Pumpmoduls in dB

3.2.9**kanaläquivalente Rauschzahl** $NF_{\text{sig-ASE,eq}}$

Kanalrauschzahl infolge des signalspontanen Schwebungsrauschens (siehe IEC 61290-3) eines äquivalenten diskreten Verstärkers am Ausgang der Faserlänge, der die gleiche Kanalverstärkung wie die Kanal-Ein-Aus-Verstärkung des DRA liefert und den gleichen ASE-Betrag erzeugt, wie er vom DRA am Ausgang der Faserlänge erzeugt wird

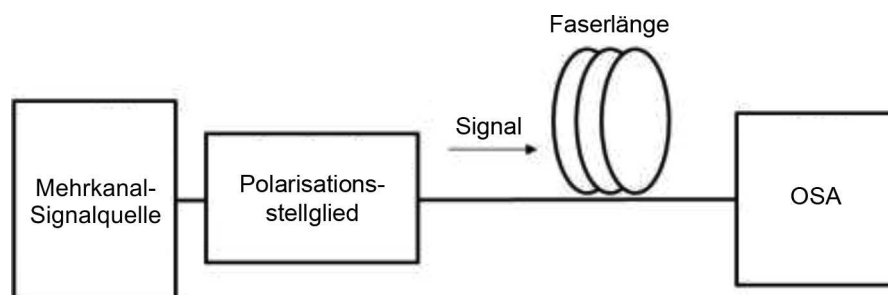
3.3 Abkürzungen

Jede in der vorliegenden Norm eingeführte Abkürzung wird im Text mindestens bei ihrem ersten Auftreten erläutert. Für ein leichteres Verständnis des gesamten Texts ist jedoch nachfolgend eine Liste aller in der Norm verwendeten Abkürzungen angegeben.

ASE	verstärkte spontane Emission (en: amplified spontaneous emission)
DRA	verteilter Raman-Verstärker (en: distributed Raman amplifier)
EDFA	Erbium-dotierter Lichtwellenleiter-Verstärker (en: erbium-doped fibre amplifier)
FWHM	Halbwertsbreite (en: full width at half maximum)
ISS	Quellen-Interpolation und -Subtraktion (en: interpolated source subtraction)
NF	Rauschzahl (en: noise figure)
RBW	Auflösungsbandbreite (en: resolution bandwidth)
OSA	optischer Spektralanalysator (en: optical spectrum analyzer)
OSNR	optischer Signal-Rausch-Abstand (en: optical signal to noise ratio)
PCF	Leistungskorrekturfaktor (en: power correction factor)
SMF	Einmodenfaser (en: single mode fibre)
SSE	spontane Emission der Quelle (en: source spontaneous emission)
VOA	einstellbares optisches Dämpfungsglied (en: variable optical attenuator)

4 Prüfeinrichtung

Die Bilder 2 bis 4 zeigen den Messaufbau für die Messung von DRA-Parametern in Konfigurationen in und entgegen der Richtung der Signalübertragung. Die verschiedenen Komponenten des Messaufbaus (sowie die anderen für die Kalibrierung benutzten Komponenten) sind in den folgenden Abschnitten beschrieben.

**Bild 2 – Messaufbau ohne Pumpmodul**

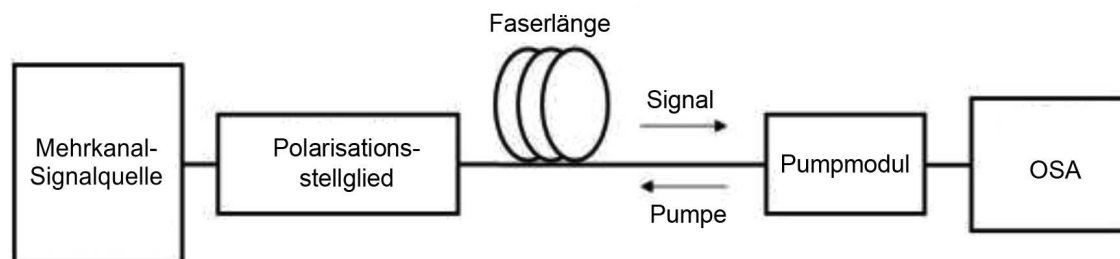


Bild 3 – Messaufbau für eine Konfiguration entgegen der Richtung der Signalübertragung

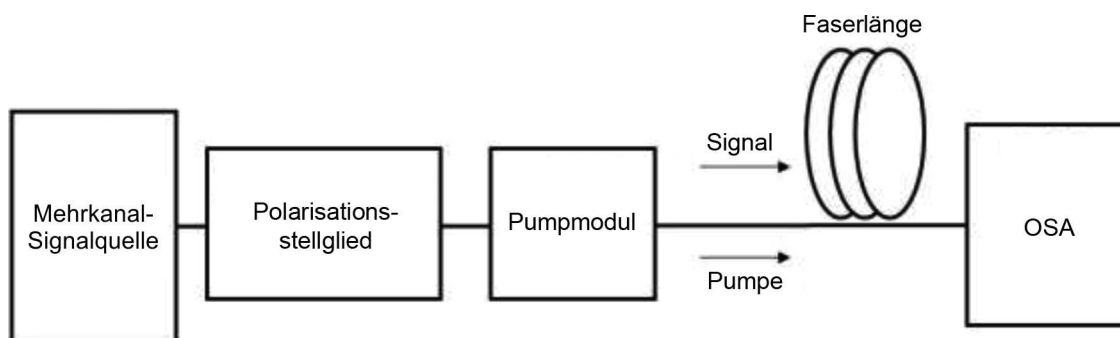


Bild 4 – Messaufbau für eine Konfiguration in Richtung der Signalübertragung

4.1 Mehrkanal-Signalquelle

Bild 5 zeigt eine mögliche Umsetzung einer Mehrkanal-Signalquelle. Diese optische Quelle sollte aus n Laserquellen bestehen, wobei n die Anzahl der Kanäle für den Prüfaufbau ist. Die Halbwertsbreite (FWHM) des Ausgangsspektrums jeder Laserquellen muss kleiner als $0,1 \text{ nm}$ ($\pm$) sein, so dass jede Interferenz mit Nachbarkanälen vermieden wird. Das Seitenmoden-Unterdrückungsverhältnis des Ein-Linien-Lasers muss größer als 35 dB ($\pm$) sein. Die Schwankung der Ausgangsleistung muss kleiner als $0,05 \text{ dB}$ ($\pm$) sein, was mit der Anordnung eines Lichtwellenleiter-Isolators am Ausgangsanschluss jeder Quelle leicht erreichbar ist. Die Wellenlängengenauigkeit muss besser als $\pm 0,1 \text{ nm}$ ($\pm$) sein mit einer Stabilität von besser als $\pm 0,01 \text{ nm}$ ($\pm$). Die Leistung der spontanen Emission innerhalb eines Fensters von 1 nm um die Laserwellenlänge herum sollte mindestens 40 dB unter der Laserausgangsleistung liegen.

Der Zweck des Kanalkombinators ist das Multiplexen aller Laserquellen auf eine einzelne Faser. Die polarisationsabhängige Dämpfung des Kanalkombinators sollte besser als $0,5 \text{ dB}$ ($\pm$) und die wellenlängenabhängige Dämpfung besser als 1 dB ($\pm$) sein. Der Reflexionsgrad dieses Bauteils muss an jedem Anschluss kleiner als -50 dB ($\pm$) sein.

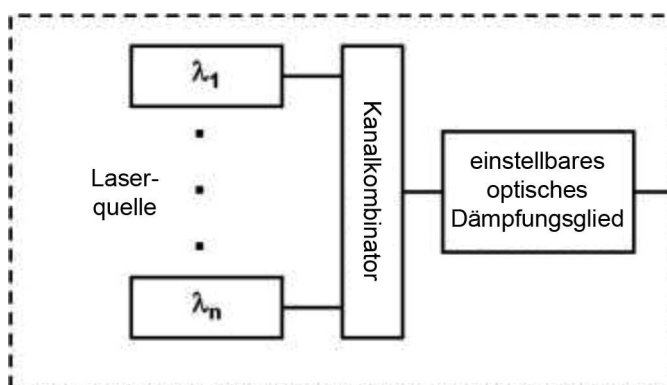


Bild 5 – Mögliche Umsetzung einer Mehrkanal-Signalquelle

Die Mehrkanal-Signalquelle sollte die Möglichkeit der Steuerung der Leistung jedes einzelnen Lasers bieten, so dass die gewünschte Leistung der Kanäle eingestellt werden kann. Diese Einstellung erfolgt entweder

durch direkte Steuerung jeder Laserquelle oder durch Anordnung eines einstellbaren optischen Dämpfungsglieds (VOA) nach jeder Laserquelle. Die Mehrkanal-Signalquelle sollte darüber hinaus vorzugsweise die Fähigkeit der Steuerung der Leistung aller Quellen gleichzeitig besitzen, wie es in Bild 5 durch die Anordnung des VOA dargestellt ist. Wenn ein VOA benutzt wird oder mehrere VOAs benutzt werden, muss dessen bzw. müssen deren Dämpfungsbereich und Stabilität über 40 dB ($\pm$) betragen bzw. besser als 0,1 dB ($\pm$) sein. Der Reflexionsgrad dieses Bauteils muss an jedem Anschluss kleiner als -50 dB ($\pm$) sein. Wird das VOA hinter dem Kanalkombinator angeordnet, muss die Ebenheit der Wellenlänge über dem gesamten Dämpfungsbereich innerhalb von 0,5 dB ($\pm$) liegen.

4.2 Polarisationsstellglied

Dieses Bauteil muss in der Lage sein, jeden Polarisationszustand des Signals in einen anderen beliebigen Polarisationszustand umzuwandeln. Das Polarisationsstellglied kann ein universelles Polarisationsstellglied sein oder ein $\lambda/4$ -Plättchen, das um mindestens 90° drehbar ist, gefolgt von einem $\lambda/2$ -Plättchen, das um mindestens 180° drehbar ist. Der Reflexionsgrad dieses Bauteils muss an jedem Anschluss kleiner als -50 dB ($\pm$) sein. Die Änderung der Einfügungsdämpfung dieses Bauteils muss kleiner als 0,5 dB ($\pm$) sein. Die Verwendung eines Polarisationsstellglieds ist freigestellt, kann jedoch zum Erreichen der gewünschten Genauigkeit bei DRAs, die eine erhebliche polarisationsabhängige Verstärkung aufweisen, notwendig sein.

4.3 Optischer Spektralanalysator

Der optische Spektralanalysator (OSA) muss eine Polarisationsempfindlichkeit von kleiner als 0,1 dB ($\pm$), eine Stabilität von besser als 0,1 dB ($\pm$) und eine Wellenlängengenauigkeit von besser als 0,05 nm ($\pm$) besitzen. Die Linearität sollte über den gesamten Dynamikbereich des Bauteils besser als 0,2 dB ($\pm$) sein. Der Reflexionsgrad dieses Bauteils muss an seinem Eingangsanschluss kleiner als -50 dB ($\pm$) sein. Zur Messung des Rauschens zwischen den Kanälen müssen der Dynamikbereich des OSA genügend groß und die Auflösungsbandbreite (RBW) ausreichend klein sein. Bei einem Kanalabstand von 100 GHz (0,8 nm) muss der Dynamikbereich im Abstand von 50 GHz (0,4 nm) vom Signal größer als 55 dB sein.

4.4 Optisches Leistungsmessgerät

Die Messgenauigkeit dieses Geräts, welches für die Kalibrierung des OSA erforderlich sein kann, muss unabhängig vom Polarisationszustand innerhalb des Betriebswellenlängenbereichs des DRA und innerhalb des Leistungsbereichs von -40 dBm ($\pm$) bis +20 dBm ($\pm$) besser als 0,2 dB ($\pm$) sein.

4.5 Abstimbare Schmalbandquelle

Dieses Bauteil, welches für die Kalibrierung des OSA erforderlich sein kann, muss über den Betriebswellenlängenbereich des DRA (z. B. von 1 530 nm bis 1 565 nm) abstimmbar sein. Die Halbwertsbreite (FWHM) des Ausgangsspektrums der Schmalbandquelle muss kleiner als 0,1 nm ($\pm$) sein. Die Genauigkeit der Wellenlänge muss besser als $\pm 0,1$ nm ($\pm$) mit einer Stabilität von besser als $\pm 0,01$ nm ($\pm$) sein. Die Schwankung der Ausgangsleistung muss kleiner als 0,1 dB ($\pm$) sein. Die Ausgangsleistung muss innerhalb von 0,1 dB ($\pm$) stabil bleiben, während die Wellenlänge über den Messbandbreitenbereich (üblicherweise 10 nm) abgestimmt wird.

4.6 Optische Breitbandquelle

Dieses Bauteil, welches für die Kalibrierung des OSA erforderlich sein kann, muss über den Betriebswellenlängenbereich des DRA (z. B. von 1 530 nm bis 1 565 nm) eine breitbandige optische Leistung zur Verfügung stellen. Das Ausgangsspektrum muss über den Messbandbreitenbereich (üblicherweise 10 nm) mit weniger als 0,1 dB ($\pm$) Abweichung eben sein. Die Schwankung der Ausgangsleistung muss kleiner als 0,1 dB ($\pm$) sein.

Beispielsweise könnte als optische Breitbandquelle die durch einen Lichtwellenleiterverstärker ohne anliegendes Eingangssignal erzeugte ASE verwendet werden.

4.7 Lichtwellenleiter-Steckverbinder und -Rangierkabel

Lichtwellenleiter-Steckverbinder und -Rangierkabel, mit denen die verschiedenen Komponenten in den Bildern 2 bis 4 verbunden werden können, sollten eine Wiederholpräzision der Verbindungsdämpfung von besser als 0,1 dB ($\pm$) besitzen. Werden Lichtwellenleiter-Steckverbinder verwendet, muss deren Reflexionsgrad kleiner als -50 dB ($\pm$) sein. Lichtwellenleiter-Rangierkabel müssen vorzugsweise kurz sein (<2 m) und während der Dauer der Messungen ruhig liegen, um eine Änderung des Polarisationszustands so gering wie möglich zu halten.

5 Prüfling

Der zu prüfende DRA, welcher sowohl das Pumpmodul als auch die Faserlänge umfasst, muss bei Nennbetriebsbedingungen betrieben werden. Es ist darauf zu achten, dass der Polarisationszustand des Eingangslichts während der Messung konstant bleibt. Änderungen des Polarisationszustands des Eingangslichts können aufgrund der schwachen Polarisationsabhängigkeit, die von allen verwendeten optischen Komponenten zu erwarten ist, zu Änderungen der optischen Eingangsleistung und somit zu Messabweichungen führen.

Infolge der gewöhnlich bei der Messung verwendeten hohen Raman-Pumpleistung sollten die in IEC 60825-1 beschriebenen Vorsichtsmaßnahmen für die Sicherheit von Lasereinrichtungen umgesetzt und eingehalten werden. Darüber hinaus sollte die Sauberkeit der Steckverbinder besonders beachtet werden und die Fasern sollten nicht gebogen werden, wie es in IEC/TR 61292-4 beschrieben ist.

Die Verbindungsdämpfung zwischen Pumpmodul und Faserlänge sollte so gering wie möglich gehalten werden (vorzugsweise <0,2 dB), um die Messergebnisse nicht zu beeinflussen.

6 Verfahren

6.1 Überblick

6.1.1 Kanal-Ein-Aus-Verstärkung

Für die Messung der Kanal-Ein-Aus-Verstärkung müssen die folgenden Parameter gemessen werden:

- der Signalleistungspegel für jeden Kanal, wenn das Pumpmodul ausgeschaltet ist (d. h. wenn es keine Raman-Pumpleistung emittiert), mit dem in Bild 3 dargestellten Messaufbau für eine Konfiguration entgegen der Richtung der Signalübertragung oder mit dem in Bild 4 dargestellten Messaufbau für eine Konfiguration in Richtung der Signalübertragung;
- der Signalleistungspegel für jeden Kanal, wenn das Pumpmodul eingeschaltet ist (d. h. wenn es Raman-Pumpleistung emittiert), mit dem in Bild 3 dargestellten Messaufbau für eine Konfiguration entgegen der Richtung der Signalübertragung oder mit dem in Bild 4 dargestellten Messaufbau für eine Konfiguration in Richtung der Signalübertragung.

6.1.2 Kanal-Einfügungsdämpfung des Pumpmoduls und Kanal-Nettoverstärkung

Für die Ermittlung der Kanal-Einfügungsdämpfung des Pumpmoduls und der Kanal-Nettoverstärkung müssen die folgenden Parameter gemessen werden:

- der Signalleistungspegel für jeden Kanal mit dem in Bild 2 dargestellten Messaufbau;
- der Signalleistungspegel für jeden Kanal, wenn die Pumpquellen innerhalb des Pumpmoduls ausgeschaltet sind (d. h. wenn sie keine Raman-Pumpleistung emittieren), mit dem in Bild 3 dargestellten Messaufbau für eine Konfiguration entgegen der Richtung der Signalübertragung oder mit dem in Bild 4 dargestellten Messaufbau für eine Konfiguration in Richtung der Signalübertragung;
- der Signalleistungspegel für jeden Kanal, wenn die Pumpquellen innerhalb des Pumpmoduls eingeschaltet sind (d. h. wenn sie Raman-Pumpleistung emittieren), mit dem in Bild 3 dargestellten Messaufbau für eine Konfiguration entgegen der Richtung der Signalübertragung oder mit dem in Bild 4 dargestellten Messaufbau für eine Konfiguration in Richtung der Signalübertragung.