

DIN EN 62129

ICS 17.180.30; 33.180.99

**Kalibrierung von optischen Spektrumanalysatoren (IEC 62129:2006);
Deutsche Fassung EN 62129:2006**

Calibration of optical spectrum analyzers (IEC 62129:2006);
German version EN 62129:2006

Etalonnage des analyseurs de spectre optique (CEI 62129:2006);
Version allemande EN 62129:2006

Gesamtumfang 53 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2006-02-01 angenommene EN 62129 gilt als DIN-Norm ab 2007-01-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 62129:1999-11.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 412 „Kommunikationskabel (Kabel, Leitungen, Wellenleiter, Lichtwellenleiter, Komponenten, Zubehör und Anlagentechnik für die Nachrichten- und Informationsübertragung)“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (<http://www.dke.de>) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 86 „Fibre optics“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ mit den Daten zu dieser Publikation angegebenen Datum (maintenance result date) unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

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.

Kalibrierung von optischen Spektrumanalysatoren
(IEC 62129:2006)

Calibration of optical spectrum analyzers
(IEC 62129:2006)

Etalonnage des analyseurs de spectre optique
(CEI 62129:2006)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2006-02-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

© 2006 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 62129:2006 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 86/245/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 62129, ausgearbeitet von dem IEC/TC 86 „Fibre optics“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2006-02-01 als EN 62129 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2006-11-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2009-02-01

Diese Europäische Norm verweist auf Internationale Normen. Wenn eine in Bezug genommene Internationale Norm als Europäische Norm anerkannt (übernommen) wurde oder wenn eine rein Europäische Norm existiert, so muss stattdessen die Europäische Norm angewandt werden. Die Website des CENELEC nennt entsprechende Informationen.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62129:2006 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Prüfanforderungen der Kalibrierung	9
4.1 Vorbereitung	9
4.2 Referenzprüfbedingungen	10
4.3 Rückverfolgbarkeit	10
5 Prüfung der Auflösungsbandbreite (spektrale Auflösung)	10
5.1 Allgemeines	10
5.2 Prüfung der Auflösungsbandbreite (spektrale Auflösung)	11
6 Kalibrierung des angezeigten Leistungspegels	13
6.1 Allgemeines	13
6.2 Kalibrierung des angezeigten Leistungspegels (DPL) unter Referenzbedingungen	13
6.3 Kalibrierung des angezeigten Leistungspegels (DPL) für Betriebsbedingungen	15
6.4 Berechnung der erweiterten Unsicherheit des angezeigten Leistungspegels	21
7 Kalibrierung der Wellenlänge	22
7.1 Allgemeines	22
7.2 Kalibrierung der Wellenlänge unter Referenzbedingungen	22
7.3 Kalibrierung der Wellenlänge für Betriebsbedingungen	24
7.4 Berechnung der erweiterten Wellenlängenunsicherheit	26
8 Dokumentation	26
8.1 Messdaten und Unsicherheit	26
8.2 Messbedingungen	27
Anhang A (normativ) Mathematische Grundlagen für die Berechnung der Kalibrierunsicherheit	28
Anhang B (informativ) Beispiele für die Berechnung der Kalibrierunsicherheit	32
Anhang C (informativ) Anwendung der Kalibrierergebnisse	40
Anhang D (informativ) Wellenlängenreferenzen	46
Anhang E (informativ) Weitere Literatur und Hinweise für die Kalibrierung der Wellenskala	51
 Bild 1 – Prüfaufbau unter Verwendung eines Gaslasers mit bekannter Wellenlänge	 11
Bild 2 – Prüfaufbau unter Verwendung einer Breitbandquelle mit einem Übertragungsbauteil	11
Bild 3 – Prüfaufbau unter Verwendung einer LD mit einer unbekannten Wellenlänge	11
Bild 4 – Prüfaufbau für die Kalibrierung des angezeigten Leistungspegels unter Referenzbedingungen	14
Bild 5 – Prüfaufbau zur Bestimmung der Wellenlängenabhängigkeit der Unsicherheit des angezeigten Leistungspegels	16
Bild 6 – Prüfaufbau zur Bestimmung der Polarisationsabhängigkeit der Unsicherheit des angezeigten Leistungspegels	17

	Seite
Bild 7 – Prüfaufbau zur Bestimmung des Linearitätsfehlers der Unsicherheit des angezeigten Leistungspegels.....	19
Bild 8 – Prüfaufbau zur Bestimmung der Temperaturabhängigkeit der Unsicherheit des angezeigten Leistungspegels.....	20
Bild 9 – Prüfaufbau zur Bestimmung der Temperaturabhängigkeit der Wellenlängenunsicherheit.....	25
Bild A.1 – Abweichung und Unsicherheit vom Typ B und wie beide durch eine entsprechend größere Unsicherheit zu ersetzen sind.....	29
Bild C.1 – Kalibrierung der OSA-Wellenlängenskala unter Verwendung von Krypton-Emissionslinien	45
Bild D.1 – Absorption von LED-Licht durch Acetylen ($^{12}\text{C}_2\text{H}_2$)	48
Bild D.2 – Absorption von LED-Licht durch Cyanwasserstoff ($\text{H}^{13}\text{C}^{14}\text{N}$).....	50
Tabelle 1 – Empfohlene Lichtquellen.....	12
Tabelle C.1 – OSA-Kalibrierergebnisse.....	44
Tabelle C.2 – Zusammenfassung der OSA-Kalibrierparameter.....	44
Tabelle D.1 – Vakuumwellenlängen (nm) ausgewählter Linien von Gaslasern	46
Tabelle D.2 – Vakuumwellenlängen (nm) von Edelgas-Referenzlinien	47
Tabelle D.3 – Vakuumwellenlängen (nm) von Absorptionslinien für das $\nu_1 + \nu_3$ -Band von Acetylen $^{12}\text{C}_2\text{H}_2$	48
Tabelle D.4 – Vakuumwellenlängen (nm) der Absorptionslinien für das $\nu_1 + \nu_3$ -Band von Acetylen $^{13}\text{C}_2\text{H}_2$	49
Tabelle D.5 – Vakuumwellenlängen (nm) ausgewählter Absorptionslinien von Cyanwasserstoff ($\text{H}^{13}\text{C}^{14}\text{N}$)	49

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm liefert Verfahren für die Kalibrierung eines optischen Spektrumanalysators, mit dem die Leistungsverteilung innerhalb eines optischen Spektrums bestimmt werden kann. Der Analysator ist mit einem Eingang für einen LWL-Steckverbinder ausgerüstet.

Ein optischer Spektrumanalysator muss mindestens folgende Merkmale haben:

- a) die Fähigkeit, ein optisches Spektrum bezüglich der absoluten Wellenlänge darzustellen; und
- b) einen Marker/Positionsanzeiger, der die Strahlungsleistung und die Wellenlänge an einem Punkt der spektralen Darstellung anzeigt.

ANMERKUNG Diese Norm gilt für optische Spektrumanalysatoren, die für Anwendungen in der LWL-Kommunikation entwickelt wurden, und beschränkt sich auf Geräte, die das optische Spektrum am Ausgang eines Lichtwellenleiters direkt messen können, wobei der Lichtwellenleiter durch einen LWL-Steckverbinder mit einem Eingang verbunden ist, der in den optischen Spektrumanalysator integriert ist.

Außerdem kann ein optischer Spektrumanalysator die spektrale Leistungsverteilung hinsichtlich der absoluten Wellenlänge des geprüften Lichts messen und die Ergebnisse dieser Messungen anzeigen. Er darf kein optisches Wellenlängenmessgerät haben, das nur die Zentralwellenlängen misst, kein Fabry-Perot-Interferometer bzw. keinen Monochromator ohne Anzeigeeinheit.

Es wird angenommen, dass die in diesem Dokument beschriebenen Verfahren hauptsächlich von Anwendern optischer Spektrumanalysatoren durchgeführt werden. Folglich enthält das Dokument im Hauptteil keine Korrekturen auf der Basis von Kalibrierergebnissen. Korrekturverfahren sind in Anhang C beschrieben. Selbstverständlich wird dieses Dokument nützlich für Kalibrierlaboratorien und für Hersteller optischer Spektrumanalysatoren sein.

2 Normative Verweisungen

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

IEC 60050-731, *Internationales elektrotechnisches Wörterbuch – Teil 731: Lichtwellenleiter-Nachrichtentechnik*

IEC 60359, *Elektrische und elektronische Messeinrichtungen – Angabe zum Betriebsverhalten*

DIN EN 60793-1 (alle Teile), *Lichtwellenleiter – Teil 1: Mess- und Prüfverfahren*

IEC 60825-1, *Sicherheit von Laser-Einrichtungen – Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien*

IEC 60825-2, *Sicherheit von Lasereinrichtungen – Teil 2: Sicherheit von Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen*

IEC 61290-3-1, *Lichtwellenleiter-Verstärker – Prüfverfahren – Teil 3-1: Rauschzahlparameter – Prüfverfahren mit optischem Spektralanalysator*

BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML:1993, *Internationales Wörterbuch der Metrologie (VIM)*

BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen (GUM)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in DIN EN 60050-731 enthaltenen und die folgenden Begriffe und Definitionen.

3.1

Kalibrierung

die Reihe von Operationen, die unter festgelegten Bedingungen die Beziehung zwischen den vom Messgerät angezeigten Werten und den entsprechenden bekannten Werten dieser Größe festlegt. Siehe auch VIM, Definition 6.11

3.2

Kalibrierung unter Referenzbedingungen

diese Kalibrierung schließt die Ermittlung der Unsicherheit des Prüfanalysators unter **Referenzbedingungen** ein (3.17)

3.3

Kalibrierung für Betriebsbedingungen

die Kalibrierung für Betriebsbedingungen eines **optischen Spektrumanalysators** (3.16) schließt die Ermittlung der Betriebsunsicherheit des Prüfanalysators ein

3.4

Zentralwellenlänge, λ_{center}

die leistungsgewichtete mittlere Wellenlänge einer Lichtquelle im Vakuum, in Nanometer (nm).

Bei einem kontinuierlichen Spektrum ist die Zentralwellenlänge definiert als:

$$\lambda_{\text{center}} = \int \rho(\lambda) \cdot \lambda \cdot d\lambda / P_{\text{total}} \quad (1)$$

Bei einem Spektrum aus diskreten Linien ist die Zentralwellenlänge definiert als:

$$\lambda_{\text{center}} = \sum P_i \lambda_i / \sum P_i \quad (2)$$

Dabei sind:

$\rho(\lambda)$ die spektrale Leistungsdichte der Lichtquelle, z. B. in W/nm;

λ_i die i -te diskrete Wellenlänge;

P_i die Leistung bei λ_i , z. B. in Watt;

$P_{\text{total}} = \sum P_i$ = Gesamtleistung, z. B. in Watt.

Die oben genannten Integrale und Summen erstrecken sich über das gesamte Spektrum der Lichtquelle.

3.5

Vertrauensniveau

Abschätzung der Wahrscheinlichkeit, dass der wahre Wert eines gemessenen Parameters im angegebenen Bereich liegt (siehe **erweiterte Unsicherheit** (3.11))

3.6

Überdeckungsfaktor, k

der Überdeckungsfaktor k wird angewendet, um die **erweiterte Unsicherheit** U (3.11) aus der Standardunsicherheit σ (3.21) zu berechnen. Siehe 3.11

3.7

angezeigter Leistungspegel, DPL

der Leistungspegel, der von einem **optischen Spektrumanalysator** (3.16) angezeigt wird, wenn er bei einer festgelegten Einstellung der Wellenlängenauflösung einer Kalibrierung (3.1) unterzogen wird

ANMERKUNG Der Leistungspegel wird mit einem optischen Spektrumanalysator bei einer eingestellten Auflösung gemessen und angezeigt.

3.8

Abweichung des angezeigten Leistungspegels, ΔP

die Differenz zwischen dem angezeigten Leistungspegel, der mit dem Prüfanalysator gemessen wurde, P_{OSA} , und der entsprechenden Referenzleistung, P_{ref} , dividiert durch die Referenzleistung

$$\Delta P = (P_{\text{OSA}} - P_{\text{ref}}) / P_{\text{ref}} = P_{\text{OSA}} / P_{\text{ref}} - 1 \quad (3)$$

3.9

Unsicherheit des angezeigten Leistungspegels, $\sigma_{\Delta P}$

die Standardunsicherheit (3.21) der Abweichung des angezeigten Leistungspegels

$$\sigma_{\Delta P} = \sigma(P_{\text{OSA}} / P_{\text{ref}} - 1) \quad (4)$$

ANMERKUNG In den obigen Gleichungen bedeutet σ die Standardunsicherheit (3.21).

3.10

angezeigter Wellenlängenbereich

der gesamte Wellenlängenbereich, der auf dem Display eines **optischen Spektrumanalysators** (3.16) in einem bestimmten **Gerätezustand** (3.12) angezeigt wird

3.11

erweiterte Unsicherheit, U

die erweiterte Unsicherheit U ist der Wertebereich, von dem angenommen wird, dass darin die Messparameter bei dem angegebenen **Vertrauensniveau** (3.5) liegen. Sie ist gleich dem **Überdeckungsfaktor** k (3.6) multipliziert mit der zusammengefassten **Standardunsicherheit** σ (3.21):

$$U = k \sigma \quad (5)$$

ANMERKUNG Wenn angenommen wird, dass die Unsicherheiten normal verteilt sind und eine große Anzahl von Messungen durchgeführt wird, dann entsprechen die Vertrauensniveaus (3.5) von 68,3 %, 95,5 % und 99,7 % den k -Werten von 1, 2 bzw. 3.

Die Messunsicherheit eines **optischen Spektrumanalysators** (3.16) soll nach Möglichkeit in Form der erweiterten Unsicherheit U angegeben werden.

3.12

Gerätezustand

eine vollständige Beschreibung der Messbedingungen und des Zustands eines **optischen Spektrumanalysators** (3.16) während der Kalibrierung

ANMERKUNG Typische Parameter des Gerätezustands sind der **angezeigte Wellenlängenbereich** (3.10), die **Auflösungsbandbreite (spektrale Auflösung)** (3.18), der Anzeigemodus (Watt oder dBm), Aufwärmzeit und weitere Geräteeinstellungen.

3.13

Messergebnis

die angezeigte oder elektrische Ausgabe eines **optischen Spektrumanalysators** (3.16) als Wellenlänge in nm oder μm und als Leistungspegel in mW oder dBm, nachdem alle von der Betriebsanleitung vorgeschlagenen Operationen, z. B. Aufwärmen, abgeschlossen sind

3.14

Wellenlängenbereich der Messung

der Wellenlängenbereich des eingespeisten Lichts, über den die Leistungsfähigkeit eines **optischen Spektrumanalysators** (3.16) angegeben ist

3.15

Betriebsbedingungen

sämtliche Bedingungen der Messgrößen und Einflussgrößen sowie andere wichtige Anforderungen, für die die **erweiterte Unsicherheit** (3.11) eines **optischen Spektrumanalysators** (3.16) eingehalten sein muss

[VIM, Definition 5.5 modifiziert]

3.16

optischer Spektrumanalysator, OSA

ein optisches Messgerät zur Messung der Leistungsverteilung eines Spektrums bezüglich der Wellenlänge (Frequenz)

ANMERKUNG Ein OSA ist mit einem Eingang für die Verwendung eines LWL-Steckverbinders ausgerüstet. Das Spektrum wird aus dem Licht gewonnen, das in den Eingang eingespeist wird. Das Messgerät verfügt außerdem über eine Bildschirmanzeige.

3.17

Referenzbedingungen

eine hinreichende Anzahl von Einflussgrößen, ihre Nennwerte und ihre Toleranzbänder, für die die Unsicherheit bei Referenzbedingungen festgelegt ist

[nach IEC 60359, Definition 3.3.10 modifiziert]

ANMERKUNG Die Toleranzbänder schließen sowohl die mögliche Unsicherheit der Bedingungen als auch die Unsicherheit bei der Messung der Bedingung ein.

Die Referenzbedingungen schließen üblicherweise folgende Parameter und gegebenenfalls ihre Toleranzbänder ein: Referenzdatum, Referenztemperatur, Referenzfeuchte, Referenz-Atmosphärendruck, Referenzlichtquelle, Referenzwert des **angezeigten Leistungspegels** (3.7), Referenzfaser, Referenz-Steckverbinder-Adapter-Kombination, Referenzwellenlänge, Referenzbandbreite (spektrale Bandbreite) und eingestellte **Auflösungsbandbreite (spektrale Auflösung)** (3.18).

3.18

Auflösungsbandbreite (spektrale Auflösung), R

Halbwertsbreite (FWHM – Full Width at Half Maximum) des angezeigten Spektrums, das mit dem Prüfanalysator bei Verwendung einer Lichtquelle erhalten wird, deren **spektrale Bandbreite** (3.20) genügend schmal, d. h. sehr viel schmäler als die benutzte Auflösungsbandbreite ist

3.19

Nebenmoden-Unterdrückungsverhältnis, SMSR

das maximale Leistungsverhältnis von Hauptmoden-Spektrum zu größtem Nebenmoden-Spektrum für eine Einmoden-Laserdiode, wie z. B. eine DFB-LD

ANMERKUNG Das Nebenmoden-Unterdrückungsverhältnis wird normalerweise in dB angegeben.

3.20

spektrale Bandbreite, B

für die Anwendung dieser Norm wird die spektrale Bandbreite einer Lichtquelle als Halbwertsbreite (FWHM) definiert.

Wenn die Lichtquelle ein kontinuierliches Spektrum aussendet, dann ist die spektrale Bandbreite B die FWHM des Spektrums.

Falls die Lichtquelle eine Laserdiode mit einem mehrfach longitudinalen Modenspektrum ist, ist die FWHM-Spektralbandbreite B gleich der effektiven (RMS-)Spektralbandbreite multipliziert mit 2,35 (wobei man voraussetzt, dass die Lichtquelle eine Gauß'sche Hüllkurve hat):

$$B = 2,35 \cdot \left[\frac{\sum P_i \lambda_i^2}{P_{\text{total}}} - \lambda_{\text{center}}^2 \right]^{1/2} \quad (6)$$

Dabei sind:

λ_{center} die **Zentralwellenlänge** (3.4) der Laserdiode, in nm;

$P_{\text{total}} = \sum P_i$ = Gesamtleistung, in Watt;

P_i Leistung der i -ten longitudinalen Mode, in Watt;

λ_i Wellenlänge der i -ten longitudinalen Mode, in nm.

3.21

Standardunsicherheit, σ

Unsicherheit eines Messergebnisses, ausgedrückt als eine Standardabweichung

ANMERKUNG Weitere Informationen siehe Anhang A und den ISO/IEC-Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen (ISO/IEC GUIDE EXPRES).

3.22

Unsicherheit vom Typ A

eine Unsicherheit vom Typ A wird durch die statistische Analyse einer Reihe von Beobachtungen erhalten, wie z. B. bei der Ermittlung bestimmter Zufallswirkungen bei einer Messung (siehe ISO/IEC-Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen)

3.23

Unsicherheit vom Typ B

eine Unsicherheit vom Typ B wird durch andere Mittel als die einer statistischen Analyse von Beobachtungen erhalten, z. B. durch eine Schätzung möglicher Unsicherheitsquellen, wie z. B. bei der Ermittlung systematischer Messeffekte (siehe ISO/IEC-Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen)

ANMERKUNG Weitere Mittel können frühere Messdaten, Erfahrungen mit oder allgemeines Wissen über das Verhalten und die Eigenschaften von relevanten Materialien, Messgeräten, Herstellerspezifikationen, Daten, die in Kalibrier- und anderen Zertifikaten angegeben werden, und aus Handbüchern entnommene Unsicherheiten von Referenzdaten einschließen.

3.24

Wellenlängenabweichung, $\Delta\lambda$

die Differenz zwischen der Zentralwellenlänge (3.4), die mit dem Prüfanalysator gemessen wurde, λ_{OSA} , und der Referenzwellenlänge, λ_{ref} , in nm bzw. μm

$$\Delta\lambda = \lambda_{\text{OSA}} - \lambda_{\text{ref}} \quad (7)$$

3.25

Wellenlängenunsicherheit, $\sigma_{\Delta\lambda}$

die Standardunsicherheit (3.21) der Wellenlängenabweichung (3.24), in nm bzw. μm

4 Prüfanforderungen der Kalibrierung

4.1 Vorbereitung

Es gelten folgende Empfehlungen:

Kalibrierungen sollten in Einrichtungen durchgeführt werden, die von anderen Funktionen der Organisation getrennt sind. Diese Trennung sollte die Unterbringung des Laboratoriums und die Messausrüstung einschließen.

Das Kalibrierlaboratorium sollte ein Qualitätskontrollsystem betreiben, das für den Umfang der durchzuführenden Messungen geeignet ist (z. B. ISO 9000), wenn die Kalibrierung in Kalibrierlaboratorien durchgeführt wird. Messergebnisse, Zwischenrechnungen und Erarbeitung von Kalibrierzertifikaten sind unabhängig zu überprüfen.

Die Umgebungsbedingungen müssen dem Grad der Unsicherheit entsprechen, der für die Kalibrierung erforderlich ist:

- a) Die Umgebung muss sauber sein;
- b) Temperaturüberwachung und -steuerung sind erforderlich;
- c) die Laserquellen sind entsprechend den Sicherheitsanforderungen zu betreiben (siehe DIN EN 60825-1).

Sämtliche Prüfungen sind bei einer Raumtemperatur von $(23 \pm 3)^\circ\text{C}$ mit einer relativen Luftfeuchte von $(50 \pm 20) \%$ durchzuführen, sofern nichts anderes angegeben wurde. Bevor mit der Prüfung begonnen wird, ist dem Prüfaufbau mindestens 2 h Zeit zu geben, um ein thermisches Gleichgewicht mit der Umgebung zu erreichen. Dem optischen Spektrumanalysator ist in Übereinstimmung mit den Herstelleranweisungen eine ausreichende Aufwärmzeit zu geben.

4.2 Referenzprüfbedingungen

Die Referenzprüfbedingungen schließen üblicherweise folgende Parameter und, sofern dies erforderlich ist, ihre Toleranzbänder ein: Datum, Temperatur, relative Luftfeuchte, angezeigter Leistungspegel, Wellenlänge, Lichtquelle, Faser, Steckverbinder-Adapter-Kombination, (spektrale) Bandbreite und eingestellte Auflösungsbandbreite (spektrale Auflösung). Sofern nicht anders festgelegt, ist am Eingang eine Einmoden-Anschlussfaser nach den Vorschriften der DIN EN 60793-1-Reihe mit einer Länge von mindestens 2 m zu verwenden.

Der optische Spektrumanalysator ist entsprechend den vom Hersteller angegebenen Spezifikationen und Verfahren zu betreiben. Wenn es praktisch möglich ist, sind Prüfbedingungen und Parameter auszuwählen, die den tatsächlichen Betriebsbedingungen des geprüften Analysators entsprechen. Diese Parameter sind so auszuwählen, dass Genauigkeit und Auflösungsvermögen des Analysators optimiert werden, wie es von den Betriebsanweisungen des Herstellers angegeben wird.

Die Bedingungen sind nach Abschnitt 8 aufzuzeichnen.

Die Kalibrierergebnisse gelten nur für den Satz von Prüfbedingungen, der bei der Kalibrierung angewendet wurde. Wegen der Möglichkeit gefährlicher Strahlung ist sicherzustellen, dass die Bedingungen der Lasersicherheit festgelegt und eingehalten werden. Siehe DIN EN 60825-1 und DIN EN 60825-2.

4.3 Rückverfolgbarkeit

Es ist sicherzustellen, dass die gesamte Prüfausrüstung, die einen wesentlichen Einfluss auf Kalibrierergebnisse hat, in einer ununterbrochenen Kette zum entsprechenden nationalen Normal bzw. zur entsprechenden natürlichen physikalischen Konstante kalibriert wurde. Auf Anforderung sind diese Prüfausrüstung und ihre Kalibrierkette(n) anzugeben. Der (die) Kalibrierzyklus (Kalibrierzyklen) muss (müssen) festgelegt und dokumentiert sein.

5 Prüfung der Auflösungsbandbreite (spektrale Auflösung)

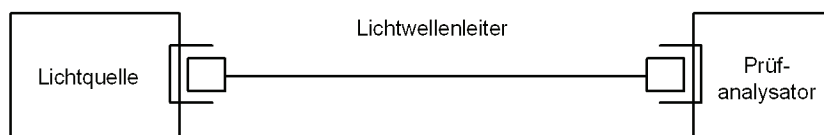
5.1 Allgemeines

Die Auflösungsbandbreite (spektrale Auflösung) des Prüfanalysators soll nach Möglichkeit vor der Kalibrierung des angezeigten Leistungspegels und der Wellenlänge geprüft werden, weil die Auflösungsbandbreite deren Kalibrierung beeinflusst. Diese Prüfung wird unter Referenzkalibrierbedingungen durchgeführt. Die Wellenlänge wird als Vakuumwellenlänge dargestellt. Die Kalibrierung der optischen Bandbreite ist in DIN EN 61290-3-1 beschrieben.

ANMERKUNG Das Ergebnis der hier beschriebenen Prüfung der Auflösungsbandbreite (spektrale Auflösung) sollte als die optische Bandbreite (in Wellenlängeneinheiten) für die Messung der Rauschzahl optischer Verstärker verwendet werden.

5.2 Prüfung der Auflösungsbandbreite (spektrale Auflösung)

Alternative Prüfaufbauten für die Bestimmung der Auflösungsbandbreite werden auf den Bildern 1, 2 und 3 dargestellt. Bei dem in Bild 1 dargestellten Prüfaufbau wird ein Gaslaser mit bekannter Wellenlänge als Lichtquelle verwendet. In Bild 2 wird ein Prüfaufbau dargestellt, bei dem eine Breitbandlichtquelle in Verbindung mit einem Übertragungsbauteil mit bekannten (rückverfolgbaren) Wellenlängen des Spitzendurchgangs (oder des Nulldurchgangs) der Übertragungsfunktion verwendet wird. In Bild 3 wird ein Prüfaufbau dargestellt, bei dem eine Laserdiode (LD), deren Wellenlänge unbekannt ist, als Lichtquelle verwendet wird.



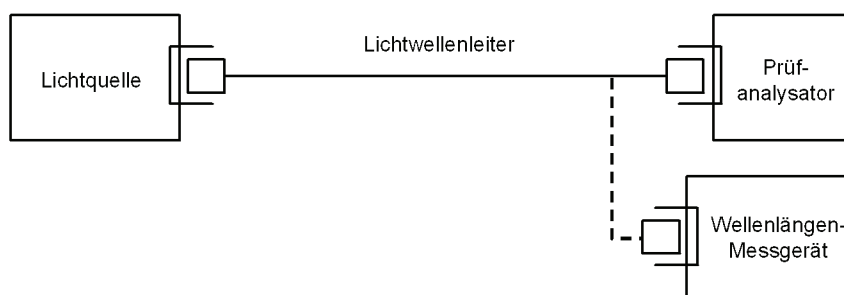
- a) für die Prüfung der Auflösungsbandbreite,
- b) für die Kalibrierung der Wellenlänge unter Referenzbedingungen und
- c) für die Bestimmung der Wellenlängenabhängigkeit der Wellenlängenunsicherheit.

Bild 1 – Prüfaufbau unter Verwendung eines Gaslasers mit bekannter Wellenlänge



- a) für die Prüfung der Auflösungsbandbreite,
- b) für die Kalibrierung der Wellenlänge unter Referenzbedingungen und
- c) für die Bestimmung der Wellenlängenabhängigkeit der Wellenlängenunsicherheit.

Bild 2 – Prüfaufbau unter Verwendung einer Breitbandquelle mit einem Übertragungsbauteil



- a) für die Prüfung der Auflösungsbandbreite,
- b) für die Kalibrierung der Wellenlänge unter Referenzbedingungen und
- c) für die Bestimmung der Wellenlängenabhängigkeit der Wellenlängenunsicherheit.

Bild 3 – Prüfaufbau unter Verwendung einer LD mit einer unbekannten Wellenlänge

5.2.1 Ausrüstung für die Prüfung der Auflösungsbandbreite (spektrale Auflösung)

- a) **Lichtquelle:** Es ist die für die Kalibrierung des Prüf-analysators vorgeschriebene Lichtquelle zu verwenden. Falls die Lichtquelle nicht vorgeschrieben ist, ist eine Lichtquelle mit einer spektralen Bandbreite

und Wellenlängenstabilität zu verwenden, die ausreichend für die minimale für den Prüfanalysator vorgeschriebene Auflösungsbandbreite ist.

Empfohlene Lichtquellen sind Laser wie die in Tabelle 1 aufgeführten, eine Laserdiode (LD) oder ein anderer Laser (der abstimmbar sein kann), der eine spektrale Bandbreite hat, die wesentlich schmäler als die Auflösungsbandbreite des Prüfanalysators ist. Außerdem kann eine Breitbandlichtquelle in Verbindung mit einem Übertragungsbauteil mit bekannten (rückverfolgbaren) Wellenlängen des Spitzendurchgangs (oder Nulldurchgangs) der Übertragung verwendet werden. Das Übertragungsbauteil kann zum Beispiel eine Reihe von unveränderlichen Schmalbandfiltern, Absorptionslinien in gasförmigen Medien oder ein Fabry-Perot-Interferometer sein. In Anhang D sind eine Reihe von stabilen Referenzwellenlängen aufgeführt. Wellenlängenstabilität, spektrale Bandbreite und Stabilität der Leistung der verwendeten Referenz sollten für die Prüfung der Auflösungsbandbreite ausreichend sein.

Tabelle 1 – Empfohlene Lichtquellen

Lichtquelle	Wellenlänge nm [Vakuum]
Ar-Laser	488,122
	514,673
He-Ne-Laser	632,991
	1 152,590
	1 523,488

- b) **Wellenlängenmessgerät:** Ein Messgerät zur Bestimmung der Wellenlänge einer Lichtquelle. Seine Genauigkeit muss hinreichend besser sein als die Genauigkeit, die für die Prüfung der Wellenlänge erforderlich ist. Dieses Messgerät wird verwendet, wenn eine Laserdiode (LD) mit einer unbekannten Wellenlänge als Lichtquelle verwendet wird.
- c) **Lichtwellenleiter:** Einmoden-Lichtwellenleiter, wie von der DIN EN 60793-1-Reihe vorgeschrieben.

5.2.2 Prüfverfahren für die Bestimmung der Auflösungsbandbreite (spektrale Auflösung)

Bei Verwendung der auf den Bildern 1, 2 und 3 dargestellten Prüfaufbauten ist der Wellenlängenmessbereich des Prüfanalysators so einzustellen, dass er die Wellenlänge der Lichtquelle einschließt.

- a) Die Auflösungsbandbreite des Prüfanalysators ist auf ihren festgelegten Wert einzustellen. Der festgelegte Wert sei R_{set} .
- b) Die Auflösung der angezeigten spektralen Bandbreite, d. h. der Wellenlängenbereich 3 dB unter dem Höchstwert, wird als R_{OSA} gemessen. Diese Messung ist mindestens zehnmal zu wiederholen, und die mittlere Auflösung ist zu berechnen.

$$R_{\text{OSA}} = \sum_{i=1}^m R_{\text{OSA } i} / m \quad (8)$$

Dabei ist m die Anzahl der Messungen.

- c) Das Differenzverhältnis des OSA-Werts wird aus der Einstellung der Auflösungsbandbreite nach Gleichung (9) berechnet.

$$\Delta R_{\text{diff}} = R_{\text{OSA}} / R_{\text{set}} - 1 \quad (9)$$

- d) Gegebenenfalls ist dieses Verfahren mit verschiedenen Einstellungen für die Auflösungsbandbreite zu wiederholen.

ANMERKUNG 1 Wenn der Prüfanalysator einen Linearitätsfehler des Wellenlängenbereichs aufweist, ist es erforderlich, die Lichtquelle in der Umgebung der interessierenden Wellenlänge leicht zu verstellen, während mehrere Messungen der angezeigten 3-dB-Bandbreite durchgeführt werden, um eine genaue Messung der wahren Auflösungsbandbreite bei einer bestimmten Wellenlänge zu erhalten. Der erforderliche Abstimmbereich hat eine Größenordnung von ± 1 nm, so

dass diese Messung mit einem temperaturabgestimmten DFB-Laser, einem Laser mit äußerem Hohlraumresonator oder einem einstellbaren Faserlaser durchgeführt werden kann. Indem die Ablesewerte der Auflösungsbandbreite gemittelt werden, kann eine genauere Messung der wahren Auflösungsbandbreite erhalten werden.

ANMERKUNG 2 Wenn die Auflösungsbandbreite auf Grundlage der Kalibrierergebnisse korrigiert werden muss, wird dies üblicherweise durch Softwarekorrekturen am Messgerät, durch mathematische Korrekturen an den Ergebnissen oder durch Hardwareeinstellungen am Messgerät erreicht. Nachdem die Korrekturen durchgeführt wurden, ist es ratsam, die Prüfung zu wiederholen, um nachzuweisen, dass die Korrektur ordnungsgemäß erfolgte. Siehe Anhang C.

6 Kalibrierung des angezeigten Leistungspegels

6.1 Allgemeines

Die Faktoren, die die Unsicherheit des angezeigten Leistungspegels des Prüfanalysators bestimmen, umfassen

- a) die bei der Prüfung unter Referenzbedingungen ermittelte intrinsische Unsicherheit des Prüfanalysators und
- b) die bei den Prüfungen unter Betriebsbedingungen ermittelten partiellen Unsicherheiten aufgrund von Wellenlängenabhängigkeit, Polarisationsabhängigkeit, Linearitäts- und Temperaturabhängigkeit.

Wenn der Prüfanalysator über die Referenzbedingungen hinaus verwendet wird, ist es erforderlich, die partiellen Unsicherheiten zu ermitteln.

Die intrinsische Unsicherheit unter Referenzbedingungen erhält man mit dem in 6.2 beschriebenen Kalibrierverfahren. Die partiellen Unsicherheiten werden mit den in 6.3.1 bis 6.3.4 beschriebenen Kalibrierverfahren entsprechend den einzelnen Faktoren gewonnen, d. h. Wellenlänge, Polarisation, Linearität und Temperatur. Wenn der Prüfanalysator ausschließlich unter Referenzbedingungen verwendet wird, sind die in 6.3 beschriebenen Kalibrierverfahren nicht von Bedeutung, d. h., sie sind nicht vorgeschrieben.

ANMERKUNG 1 Weil die dBm-Einheit, die im Allgemeinen für die Messwerte verwendet wird, für die Akkumulation der Unsicherheit nicht geeignet ist, werden lineare Einheiten (mW, μ W) verwendet. Ergebnisse derartiger Akkumulationen können nötigenfalls in dB umgewandelt werden, um die Gesamtunsicherheit anzugeben.

ANMERKUNG 2 Um jedes Mal, wenn eine neue Wellenlänge der Lichtquelle verwendet wird, die Leistung der Lichtquelle zu überprüfen, ist ein Leistungsmessgerät oder ein Referenz-Leistungsmessgerät erforderlich.

ANMERKUNG 3 Der Polarisationszustand sollte während der Kalibrierung nicht verändert werden, außer wenn er von einem optionalen Polarisationssteller eingestellt wird.

6.2 Kalibrierung des angezeigten Leistungspegels (DPL) unter Referenzbedingungen

In Bild 4 ist der Prüfaufbau für die Bestimmung der Unsicherheit des angezeigten Leistungspegels (DLP – Displayed Power Level) dargestellt. Diese Prüfung wird unter Referenz-Kalibrierbedingungen durchgeführt.

ANMERKUNG Die Lichtquelle, die für die Kalibrierung des angezeigten Leistungspegels verwendet wird, sollte depolarisiert sein, oder es sollte ein Polarisationssteller verwendet werden. Dadurch wird der Prüfanalysator in der Mitte seiner polarisationsbedingten Änderungen kalibriert.

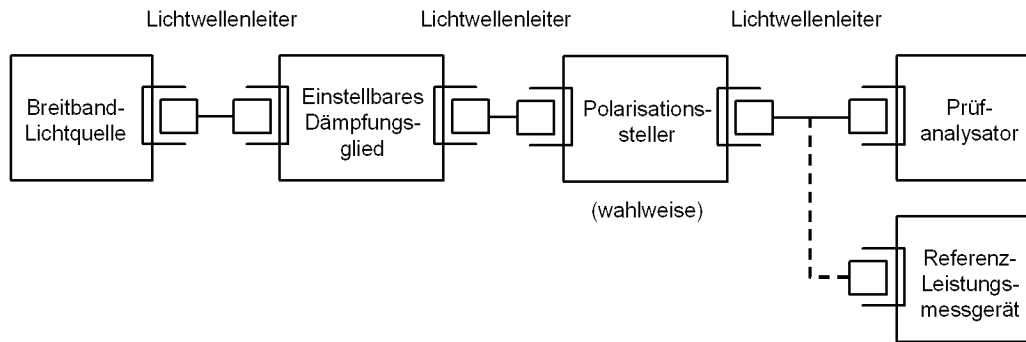


Bild 4 – Prüfaufbau für die Kalibrierung des angegebenen Leistungspegels unter Referenzbedingungen

6.2.1 Ausrüstung für die DPL-Kalibrierung unter Referenzbedingungen

- a) **Lichtquelle:** Es wird eine Lichtquelle verwendet, die stabiles LWL-Licht mit einer Ausgangsleistung von 0,1 mW (−10 dBm) bis 1 mW (0 dBm) ausstrahlt und außerhalb ihrer spektralen Bandbreite die Nebemoden und optisches Rauschen hinreichend unterdrückt (> 40 dB, wenn die Messung mit einer Auflösungsbandbreite durchgeführt wurde, die gleich der des Prüfanalysators ist). Die spektrale Bandbreite der Strahlungsquelle sollte ihrerseits genügend schmäler sein als die Auflösung, die für den Prüfanalysator vorgeschrieben ist. Zu empfehlen sind die in Tabelle 1 aufgeführten Lichtquellen, eine Laserdiode (LD) (SMSR > 40 dB; siehe 3.19) oder ein Faserlaser (ebenfalls SMSR > 40 dB).

ANMERKUNG Bei Verwendung einer Laserdiode (LD) oder eines Faserlasers sollte die Wellenlänge der Lichtquelle vorher mit einem Wellenlängenmessgerät bestimmt werden.

- b) **Einstellbares Dämpfungsglied:** Es wird ein einstellbares Dämpfungsglied verwendet, das über den bei der Prüfung angewendeten Leistungsbereich eingestellt werden kann.
- c) **Referenz-Leistungsmessgerät:** eins der folgenden Messgeräte, die unter Referenz-Kalibrierbedingungen betrieben werden:
- 1) ein Leistungsmessgerät, das von einer offiziellen Stelle kalibriert wurde, die Kalibrierungen mit einer angegebenen Unsicherheit durchführt, oder
 - 2) ein Leistungsmessgerät, das mittels eines Normals kalibriert wurde, dessen Unsicherheit von einer offiziellen Stelle angegeben wurde.

Insbesondere die Unsicherheit des Leistungsmessgeräts, σ_{PPM} , ist bereits bekannt und in dessen Zertifizierung angegeben.

- d) **Polarisationssteller (wahlweise):** Es wird ein Polarisationssteller verwendet, mit dem man den Polarisationszustand des einfallenden Lichts einstellen kann, um einen LWL-Ausgang mit einem Auslöschungsverhältnis von 20 dB oder mehr zu erhalten. Bei Änderungen des Polarisationszustands sollte die Pegelschwankung wesentlich geringer sein als die Polarisationsabhängigkeit des Prüfanalysators. Einige Polarisationssteller sind Kombinationen aus einem Polarisator, einem $\lambda/2$ -Plättchen und einem $\lambda/4$ -Plättchen; andere drehen zwei Faserschleifen.

6.2.2 Prüfverfahren für die DPL-Kalibrierung unter Referenzbedingungen

Unter Verwendung des in Bild 5 dargestellten Prüfaufbaus ist die Auflösung des Prüfanalysators hinreichend breiter als die spektrale Bandbreite der Lichtquelle einzustellen. Das einstellbare Dämpfungsglied ist so einzustellen, dass der Leistungspegel des ausgestrahlten Lichts zum Prüfanalysator optimiert wird. Wenn die Wellenlänge der Lichtquelle nicht bereits bekannt ist, sollte sie mit einem Wellenlängenmessgerät gemessen werden.

Die Messung ist in folgender Reihenfolge durchzuführen:

- a) Der Leistungswert des ausgestrahlten LWL-Lichts wird mit einem Referenz-Leistungsmessgerät als $P_{\text{ref},i}$ bestimmt. Bei Verwendung eines Polarisationsstellers wird mehrere Male bei unterschiedlichen Polarisationszuständen gemessen, und diese Werte werden gemittelt.