

	DIN EN 62129-1 (VDE 0888-429-1)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE
ICS 17.180.30; 33.180.99 Ersatz für DIN EN 62129:2007-01 und DIN EN 62129 Berichtigung 1:2008-11 Siehe Anwendungsbeginn Kalibrierung von Messgeräten für die Wellenlänge/optische Frequenz – Teil 1: Optische Spektrumanalysatoren (IEC 62129-1:2016); Deutsche Fassung EN 62129-1:2016 Calibration of wavelength/optical frequency measurement instruments – Part 1: Optical spectrum analyzers (IEC 62129-1:2016); German version EN 62129-1:2016 Étalonnage des appareils de mesure de longueur d'onde/appareil de mesure de la fréquence optique – Partie 1: Analyseurs de spectre optique (IEC 62129-1:2016); Version allemande EN 62129-1:2016 Gesamtumfang 58 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE		

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2016-02-17 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2016-12-01.

Für DIN EN 62129:2007-01 und DIN EN 62129 Berichtigung 1:2008-11 besteht eine Übergangsfrist bis 2019-06-03.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 62129-1 (VDE 0888-429-1):2014-12.

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

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

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

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

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.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 62129:2007-01 und DIN EN 62129 Berichtigung 1:2008-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aktualisierung der Begriffe;
- b) Aktualisierung der Referenz-Kalibrierbedingungen;
- c) Änderung der Berechnung der Unsicherheiten bezüglich der Temperaturabhängigkeit der Wellenlänge, der Leistungslinearität, der Temperaturabhängigkeit des Leistungspegels;
- d) Überführung des Anhangs E in die Literaturhinweise.

Frühere Ausgaben

DIN EN 62129: 2007-01

DIN EN 62129 Berichtigung 1: 2008-11

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Dokumenten

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.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden Deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60050-731	^a	–
EN 60793-2 (alle Teile)	IEC 60793-2 (alle Teile)	DIN EN 60793-2 (VDE 0888-300) (alle Teile)	VDE 0888-300 (alle Teile)
EN 60825-1	IEC 60825-1	DIN EN 60825-1 (VDE 0837-1)	VDE 0837-1
EN ISO/IEC 17025	ISO/IEC 17025	DIN EN ISO/IEC 17025	–
–	ISO/IEC Guide 98-3:2008	–	–
EN 60793-2-50	IEC 60793-2-50	DIN EN 60793-2-50 (VDE 0888-325)	VDE 0888-325
EN 62129-2	IEC 62129-2	DIN EN 62129-2	–
EN 60359:2002	IEC 60359:2001	DIN EN 60359:2002-09	–
EN 61290-3-1	IEC 61290-3-1	DIN EN 61290-3-1	–
–	IEC 60050-311	^a	–
–	IEC 60050-312	^a	–
–	IEC 60050-313	^a	–
–	IEC 60050-314	^a	–
EN 61315	IEC 61315	DIN EN 61315	–
EN 62522	IEC 62522	DIN EN 62522	–
–	ISO/IEC Guide 99:2007	–	–

^a Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe^a, Online-Zugang: <http://www.dke.de/dke-iev>.

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60359:2002-09, *Elektrische und elektronische Messeinrichtungen – Angabe zum Betriebsverhalten (IEC 60359:2001); Deutsche Fassung EN 60359:2002*

DIN EN 60793-2 (VDE 0888-300) (alle Teile), *Lichtwellenleiter – Teil 2: Produktspezifikationen*

DIN EN 60793-2-50 (VDE 0888-325), *Lichtwellenleiter – Teil 2-50: Produktspezifikationen – Rahmenspezifikation für Einmodenfasern der Kategorie B*

DIN EN 60825-1 (VDE 0837-1), *Sicherheit von Lasereinrichtungen – Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen*

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

DIN EN 61315, *Kalibrierung von Lichtwellenleiter-Leistungsmessern*

DIN EN 62129-2, *Kalibrierung von Messgeräten für die Wellenlänge/optische Frequenz – Teil 2: Michelson-Interferometer-Einzelwellenlängen-Messgeräte*

DIN EN 62522, *Kalibrierung von abstimmbaren Laserquellen*

DIN EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien*

**Kalibrierung von Messgeräten für die Wellenlänge/optische Frequenz –
Teil 1: Optische Spektrumanalysatoren
(IEC 62129-1:2016)**

Calibration of wavelength/optical frequency
measurement instruments –
Part 1: Optical spectrum analyzers
(IEC 62129-1:2016)

Étalonnage des appareils de mesure de
longueur d'onde/appareil de mesure de la
fréquence optique –
Partie 1: Analyseurs de spectre optique
(IEC 62129-1:2016)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2016-02-17 angenommen. 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 CEN-CENELEC Management Centre 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 CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

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

CENELEC

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

CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2016 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 62129-1:2016 D

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 86/477/CDV, zukünftige 1. Ausgabe der IEC 62129-1, erarbeitet vom IEC/TC 86 „Fibre optics“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 62129-1:2016 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2016-12-03
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2019-06-03

Dieses Dokument ersetzt EN 62129:2006.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62129-1:2016 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 60793-2-50	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60793-2-50.
IEC 61315	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61315.
IEC 62129-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62129-2.
IEC 62522	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62522.
IEC 60359:2001	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60359:2002 (nicht modifiziert).
IEC 61290-3-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61290-3-1.

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Vorbereitung der Kalibrierung	11
4.1 Organisation	11
4.2 Rückverfolgbarkeit	11
4.3 Vorbereitung	11
4.4 Referenz-Kalibrierbedingungen	11
5 Kalibrierung der Wellenlänge	12
5.1 Allgemeines	12
5.2 Kalibrierung der Wellenlänge unter Referenzbedingungen	12
5.2.1 Allgemeines	12
5.2.2 Ausrüstung für die Kalibrierung der Wellenlänge unter Referenzbedingungen	13
5.2.3 Verfahren für die Kalibrierung der Wellenlänge unter Referenzbedingungen	13
5.2.4 Berechnungen der Wellenlängenunsicherheit unter Referenzbedingungen	14
5.3 Kalibrierung der Wellenlänge für Betriebsbedingungen	15
5.3.1 Allgemeines	15
5.3.2 Wellenlängenabhängigkeit	15
5.3.3 Temperaturabhängigkeit	16
5.4 Berechnung der erweiterten Unsicherheit	17
6 Kalibrierung des Leistungspegels	17
6.1 Allgemeines	17
6.2 Kalibrierung des Leistungspegels unter Referenzbedingungen	18
6.2.1 Allgemeines	18
6.2.2 Ausrüstung für die Kalibrierung des Leistungspegels unter Referenzbedingungen	18
6.2.3 Prüfverfahren für die Kalibrierung des Leistungspegels unter Referenzbedingungen	19
6.2.4 Berechnung der Unsicherheit des Leistungspegels unter Referenzbedingungen	19
6.3 Kalibrierung des Leistungspegels für Betriebsbedingungen	20
6.3.1 Allgemeines	20
6.3.2 Wellenlängenabhängigkeit	20
6.3.3 Polarisationsabhängigkeit	22
6.3.4 Linearität	23
6.3.5 Temperaturabhängigkeit	25
6.4 Berechnung der erweiterten Unsicherheit	26
7 Prüfung der Auflösungsbandbreite (spektrale Auflösung)	27
7.1 Allgemeines	27

7.2	Prüfung der Auflösungsbandbreite (spektrale Auflösung).....	28
7.2.1	Allgemeines	28
7.2.2	Ausrüstung für die Prüfung der Auflösungsbandbreite (spektrale Auflösung)	28
7.2.3	Prüfverfahren zur Bestimmung der Auflösungsbandbreite (spektrale Auflösung)	28
8	Dokumentation	29
8.1	Messbedingungen	29
8.2	Messdaten und Unsicherheit.....	29
Anhang A (normativ) Mathematische Grundlagen		30
A.1	Allgemeines	30
A.2	Ermittlung der Unsicherheit vom Typ A.....	30
A.3	Ermittlung der Unsicherheit vom Typ B.....	30
A.4	Bestimmung der zusammengefassten Standardunsicherheit.....	31
A.5	Berichte.....	32
Anhang B (informativ) Beispiele für die Berechnung der Kalibrierunsicherheit.....		33
B.1	Allgemeines	33
B.2	Kalibrierung der Wellenlänge	33
B.2.1	Unsicherheit unter Referenzbedingungen: $u_{D_{\lambda_{ref}}}$	33
B.2.2	Unsicherheit unter Betriebsbedingungen	34
B.2.3	Berechnung der erweiterten Unsicherheit	35
B.3	Kalibrierung des Leistungspegels	36
B.3.1	Unsicherheit unter Referenzbedingungen: $u_{D_{Pref}}$	36
B.3.2	Unsicherheit unter Betriebsbedingungen	37
B.3.3	Berechnung der erweiterten Unsicherheit	40
Anhang C (informativ) Anwendung der Kalibrierergebnisse		41
C.1	Allgemeines	41
C.1.1	Anwendungsbereich	41
C.1.2	Parameter	41
C.1.3	Einschränkungen.....	41
C.2	Additive Korrekturen	42
C.2.1	Parameter	42
C.2.2	Messungen in der Nähe einer Kalibrier-Referenzwellenlänge	42
C.2.3	Messungen bei anderen Wellenlängen	42
C.3	Multiplikative Korrekturen	43
C.3.1	Parameter	43
C.3.2	Messungen in der Nähe einer Kalibrier-Referenzwellenlänge	43
C.3.3	Messungen bei anderen Wellenlängen	44
C.4	OSA-Kalibrierergebnisse (additive Korrektur)	45
Anhang D (informativ) Wellenlängenreferenzen.....		47

D.1	Allgemeines	47
D.2	Linien von Gaslasern	47
D.3	Referenzlinien von Edelgasen	47
D.4	Molekulare Absorptionslinien	48
	Literaturhinweise	52
	Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	54

Bilder

Bild 1	– Prüfaufbau unter Verwendung eines Gaslasers mit bekannter Wellenlänge	12
Bild 2	– Prüfaufbau unter Verwendung einer Breitbandlichtquelle mit einem Übertragungsbauteil	13
Bild 3	– Prüfaufbau unter Verwendung einer LD mit einer unbekannten Wellenlänge	13
Bild 4	– Prüfaufbau zur Bestimmung der Temperaturabhängigkeit der Wellenlängenunsicherheit	16
Bild 5	– Prüfaufbau für die Kalibrierung des Leistungspegels unter Referenzbedingungen	18
Bild 6	– Prüfaufbau zur Bestimmung der Wellenlängenabhängigkeit der Unsicherheit des Leistungspegels	21
Bild 7	– Prüfaufbau zur Bestimmung der Polarisationsabhängigkeit der Unsicherheit des Leistungspegels	22
Bild 8	– Prüfaufbau zur Bestimmung des Linearitätsfehlers der Unsicherheit des Leistungspegels	24
Bild 9	– Prüfaufbau zur Bestimmung der Temperaturabhängigkeit der Unsicherheit des Leistungspegels	25
Bild C.1	– Kalibrierung der OSA-Wellenlängenskala unter Verwendung von Krypton- Emissionslinien; gezeigt sind die 95%-Vertrauensintervalle	46
Bild D.1	– Absorption von LED-Licht durch Acetylen ($^{12}\text{C}_2\text{H}_2$)	49
Bild D.2	– Absorption von LED-Licht durch Cyanwasserstoff ($\text{H}^{13}\text{C}^{14}\text{N}$)	51

Tabellen

Tabelle 1	– Empfohlene Lichtquellen	28
Tabelle C.1	– OSA-Kalibrierergebnisse	45
Tabelle C.2	– Zusammenstellung der OSA-Kalibrierparameter	45
Tabelle D.1	– Vakuumwellenlängen (nm) ausgewählter Linien von Gaslasern	47
Tabelle D.2	– Vakuumwellenlängen (nm) von Edelgas-Referenzlinien	48
Tabelle D.3	– Vakuumwellenlängen (nm) von Absorptionslinien für das $\nu_1 + \nu_3$ -Band von Acetylen $^{12}\text{C}_2\text{H}_2$ [21] bis [23]	49
Tabelle D.4	– Vakuumwellenlängen (nm) von Absorptionslinien für das $\nu_1 + \nu_3$ -Band von Acetylen $^{13}\text{C}_2\text{H}_2$ [21] bis [23]	50
Tabelle D.5	– Vakuumwellenlängen (nm) ausgewählter Absorptionslinien von Cyanwasserstoff ($\text{H}^{13}\text{C}^{14}\text{N}$) [24]	50

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 62129 legt Verfahren für die Kalibrierung eines optischen Spektrumanalysators fest, der für Anwendung in der LWL-Kommunikation entwickelt wurde und mit dem die Leistungsverteilung innerhalb eines optischen Spektrums bestimmt werden kann. Er gilt nicht für ein optisches Wellenlängenmessgerät, das nur die Zentralwellenlängen misst, für Fabry-Perot-Interferometer bzw. Monochromator ohne Anzeigeeinheit.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60050-731, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 731: Optical fibre communication* (verfügbar auf <http://www.electropedia.org>)

IEC 60793-2 (alle Teile), *Optical fibres – Part 2: Product specifications*

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

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050-731 und die folgenden Begriffe.

3.1

akkreditiertes Kalibrierlabor

durch eine angemessene, nationale Organisation autorisiertes Kalibrierlabor, das Kalibrierzertifikate veröffentlicht, die Transparenz gegenüber nationalen Normen beweisen

3.2

Kalibrierung

Reihe von Operationen, die unter festgelegten Bedingungen die Beziehung zwischen den vom Messgerät angezeigten Werten und den entsprechenden bekannten Werten dieser Größe festlegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Ergebnisse einer Kalibrierung erlauben entweder die Zuordnung von gemessenen Werten zu den angezeigten oder die Bestimmung von Korrekturen in Bezug auf die angezeigten Werte.

Anmerkung 2 zum Begriff: Eine Kalibrierung kann auch andere metrologische Eigenschaften bestimmen, wie die Effekte von beeinflussenden Mengen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Das Ergebnis einer Kalibrierung kann in einem Dokument aufgezeichnet werden, das Kalibrierzertifikat oder Kalibrierbericht genannt wird.

[QUELLE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.39, modifiziert – nur der erste Teil der Definition wird verwendet]

3.3

Kalibrierung unter Referenzbedingungen

Kalibrierung, die die Ermittlung der Unsicherheit des Prüfanalysators unter Referenzbedingungen einschließt (3.18)

3.4

Kalibrierung für Betriebsbedingungen

Kalibrierung für Betriebsbedingungen eines optischen Spektrumanalysators (3.15), die die Ermittlung der Betriebsunsicherheit des Prüfanalysators einschließt

3.5

Zentralwellenlänge

λ_c

leistungsgewichtete mittlere Wellenlänge einer Lichtquelle im Vakuum

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Zentralwellenlänge wird in Nanometer (nm) angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei einem kontinuierlichen Spektrum ist die Zentralwellenlänge definiert als:

$$\lambda_c = \frac{\int p(\lambda) \lambda d\lambda}{P_{\text{total}}} \quad (1)$$

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

$$\lambda_c = \frac{\sum_i P_i \lambda_i}{\sum_i P_i} \quad (2)$$

Dabei ist

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

λ_i die Vakuumwellenlänge der i -ten diskreten Wellenlänge;

P_i die Leistung der i -ten diskreten Linie, z. B. in W;

P_{total} die Gesamtleistung, z. B. in W.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die zuvor genannten Integrale und Summen erstrecken sich über das gesamte Spektrum der Lichtquelle.

3.6

Vertrauensniveau

Vertrauensintervall

Abschätzung der Wahrscheinlichkeit, dass der wahre Wert eines gemessenen Parameters im angegebenen Bereich liegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe erweiterte Unsicherheit (3.8).

3.7

Überdeckungsfaktor

k

Faktor, mit dem die Standardunsicherheit u (3.22) multipliziert wird, um die erweiterte Unsicherheit U (3.8) zu berechnen

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe 3.8.

3.8

erweiterte Unsicherheit

U

Wertebereich, von dem angenommen wird, dass darin die Messparameter bei dem angegebenen Vertrauensniveau (3.6) liegen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die erweiterte Unsicherheit ist gleich dem Überdeckungsfaktor k (3.7) multipliziert mit der zusammengefassten Standardunsicherheit u (3.22):

$$U = ku \quad (3)$$

Anmerkung 2 zum Begriff: Wenn angenommen wird, dass die Unsicherheiten normal verteilt sind und eine große Anzahl von Messungen durchgeführt wird, dann entsprechen die Vertrauensniveaus (3.6) von 68,3 %, 95,5 % und 99,7 % den k -Werten von 1, 2 bzw. 3.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Messunsicherheit eines optischen Spektrumanalysators (3.15) sollte nach Möglichkeit in Form der erweiterten Unsicherheit U angegeben werden.

3.9

Gerätezustand

vollständige Beschreibung der Messbedingungen und des Zustands eines optischen Spektrumanalysators (3.15) während der Kalibrierung

Anmerkung 1 zum Begriff: Typische Parameter des Gerätezustands sind der angezeigte Wellenlängenbereich, die Auflösungsbandbreite (spektrale Auflösung) (3.19), der Anzeigemodus (W oder dBm), Aufwärmzeit und weitere Geräteeinstellungen.

3.10

Messergebnis

angezeigte oder elektrische Ausgabe eines optischen Spektrumanalysators (3.15) 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

3.11

Messbereich

Wertebereich der Messgröße, für den die Messabweichungen eines Messgeräts innerhalb vorgegebener Grenzen liegen sollen

3.12

nationale (Mess-)Norm

nationale Norm, die durch einen nationalen Beschluss zur Anwendung in einem Land als Basis der betreffenden Menge, für die Zuordnung von Werten aus anderen Normen anerkannt wird

[QUELLE: ISO/IEC Guide 99:2007, 5.3, modifiziert]

3.13

Labor der nationalen Normale

Labor, das die nationalen Normale (3.12) bewahrt

3.14

Betriebsbedingungen

sämtliche Bedingungen der Messgrößen und Einflussgrößen sowie andere wichtige Anforderungen, für die die erweiterte Unsicherheit (3.8) eines optischen Spektrumanalysators (3.15) eingehalten sein muss

[QUELLE: ISO/IEC Guide 99:2007, 4.9, modifiziert]

3.15

optischer Spektrumanalysator

OSA (en: optical spectrum analyzer)

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein OSA ist mit einem Eingang für die Verwendung eines LWL-Steckverbinders ausgerüstet, wobei das Spektrum aus dem Licht gewonnen wird, das in den Eingang eingespeist wird; das Messgerät verfügt außerdem über eine Bildschirmanzeige.

Anmerkung 2 zum Begriff: Diese Anmerkung gilt nur für die französische Sprache.

3.16

Leistungspegel

Leistungspegel, der von einem optischen Spektrumanalysator (3.15) angezeigt wird, wenn er bei einer festgelegten Einstellung der Wellenlängenauflösung einer Kalibrierung (3.2) unterzogen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Leistungspegel wird mit einem optischen Spektrumanalysator bei einer eingestellten Auflösung gemessen und angezeigt.

3.17

Abweichung des Leistungspegels

D_P

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

$$D_P = \frac{P_{OSA} - P_{REF}}{P_{REF}} = \frac{P_{OSA}}{P_{REF}} - 1 \quad (4)$$

3.18

Referenzbedingungen

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Toleranzbänder schließen sowohl die mögliche Unsicherheit der Bedingung als auch die Unsicherheit bei der Messung der Bedingung ein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Referenzbedingungen schließen üblicherweise folgende Parameter und gegebenenfalls ihre Toleranzbänder ein: Referenzdatum, Referenztemperatur, Referenzfeuchte, Referenz-Atmosphärendruck, Referenzlichtquelle, Referenzwert des Leistungspegels (3.16), Referenzfaser, Referenz-Steckverbinder-Kupplung-Kombination, Referenzwellenlänge, Referenzbandbreite (spektrale Bandbreite) und Auflösungsbandbreite (spektrale Auflösung) (3.19).

[QUELLE: IEC 60359:2001, 3.3.10, modifiziert]

3.19

Auflösungsbandbreite

R

spektrale Auflösung

Halbwertsbreite (FWHM – Full Width at Half Maximum) des angezeigten Spektrums, das mit dem Prüfanalysator bei Verwendung einer Lichtquelle erhalten wird, deren spektrale Bandbreite (3.21) genügend schmal, d. h. sehr viel schmäler als die benutzte Auflösungsbandbreite ist

3.20

Nebenmoden-Unterdrückungsverhältnis

SMSR (en: side-mode suppression ratio)

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Nebenmoden-Unterdrückungsverhältnis wird normalerweise in dB angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Diese Anmerkung gilt nur für die französische Sprache.

3.21

spektrale Bandbreite

B

Halbwertsbreite (FWHM) der spektralen Bandbreite der Lichtquelle

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn die Lichtquelle ein kontinuierliches Spektrum aussendet, dann ist die spektrale Bandbreite B die FWHM des Spektrums.

Anmerkung 2 zum Begriff: Falls die Lichtquelle eine Laserdiode mit einem mehrfach longitudinalen Modenspektrum ist, dann 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).

$$B = 2,35 \sqrt{\frac{1}{P_{\text{total}}} \sum_i P_i \lambda_i^2 - \lambda_c^2} \quad (5)$$

$$P_{\text{total}} = \sum_i P_i \quad (6)$$

Dabei ist

λ_c die Zentralwellenlänge (3.5) der Laserdiode, in nm;

P_{total} die Gesamtleistung, in W;

P_i die Leistung der i -ten longitudinalen Mode, in W;

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

3.22

Standardunsicherheit

u

Unsicherheit eines Messergebnisses, ausgedrückt als eine Standardabweichung

Anmerkung 1 zum Begriff: Weitere Informationen siehe [Anhang A](#) und ISO/IEC Guide 98-3.

3.23

Unsicherheit vom Typ A

Unsicherheitstyp A, der durch die statistische Analyse einer Reihe von Beobachtungen erhalten wird, wie z. B. bei der Ermittlung bestimmter Zufallswirkungen bei einer Messung

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe ISO/IEC Guide 98-3.

3.24

Unsicherheit vom Typ B

Unsicherheitstyp B, der durch andere Mittel als die einer statistischen Analyse von Beobachtungen erhalten wird, z. B. durch eine Schätzung möglicher Unsicherheitsquellen, wie z. B. bei der Ermittlung systematischer Messeffekte

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe ISO/IEC Guide 98-3.

Anmerkung 2 zum Begriff: 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.

3.25

Wellenlängenabweichung

D_λ

Differenz zwischen der Zentralwellenlänge (3.5), die mit dem Prüfanalysator gemessen wurde, λ_{OSA} , und der Referenzwellenlänge λ_{REF}

$$D_\lambda = \lambda_{\text{OSA}} - \lambda_{\text{REF}} \quad (7)$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Wellenlängenabweichung wird in nm oder μm angegeben.

4 Vorbereitung der Kalibrierung

4.1 Organisation

Das Kalibrierlabor sollte den Anforderungen von ISO/IEC 17025 genügen.

Es muss für jede Art der durchgeführten Kalibrierung ein Dokument geben, das eine Schritt-für-Schritt Durchführungserklärung und die verwendete Ausrüstung ausweist.

4.2 Rückverfolgbarkeit

Die Anforderungen von ISO/IEC 17025 sollten erfüllt werden.

Alle im Kalibrierverfahren verwendeten Normale müssen nach einem dokumentierten Programm kalibriert werden und zu einem nationalen Normallabor oder einem akkreditierten Kalibrierlabor rückverfolgbar sein.

Es ist ratsam, auf jeder hierarchischen Ebene mehr als ein Normal zu warten, damit das Betriebsverhalten eines Normals durch einen Vergleich auf gleicher Ebene erfolgen kann. Es wird sichergestellt, dass jede andere Kalibrierungsausrüstung, die maßgeblichen Einfluss auf die Kalibrierergebnisse hat, kalibriert ist. Auf Anfrage ist diese Prüfausrüstung und ihre Kalibrierkette(n) zu spezifizieren. Die Zeitspanne, in der eine Rekalibrierung stattfinden soll, ist festzulegen und zu dokumentieren.

4.3 Vorbereitung

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 IEC 60825-1).

4.4 Referenz-Kalibrierbedingungen

Die Referenzkalibrierbedingungen schließen üblicherweise folgende Parameter und, sofern dies erforderlich ist, ihre Toleranzbänder ein: Datum, Temperatur, relative Luftfeuchte, Leistungspegel, Wellenlänge, Lichtquelle, Faser, Steckverbinder-Kupplung-Kombination, (spektrale) Bandbreite und eingestellte Auflösungsbandbreite (spektrale Auflösung). Sofern nicht anders festgelegt, wird am Eingang eine Einmoden-Anschlussfaser der Kategorie B nach den Vorschriften der IEC 60793-2 mit einer Länge von mindestens 2 m verwendet.

Die Kalibrierungen sollte bei einer Raumtemperatur von $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ mit einer relativen Luftfeuchte von $(50 \pm 20) \%$ durchgeführt werden, sofern nichts anderes angegeben wurde. Bevor mit der Prüfung begonnen wird, wird dem Prüfaufbau mindestens 2 h Zeit gegeben, um ein thermisches Gleichgewicht mit der Umgebung zu erreichen. Dem optischen Spektrumanalysator wird entsprechend den Herstelleranweisungen eine ausreichende Aufwärmzeit gegeben.

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

Die Bedingungen werden nach [Abschnitt 8](#) aufgezeichnet.

ANMERKUNG Die Kalibrierergebnisse gelten nur für die Prüfbedingungen, die bei der Kalibrierung angewendet wurden.

5 Kalibrierung der Wellenlänge

5.1 Allgemeines

Die Faktoren, die die Wellenlängenunsicherheit des Prüfanalysators bestimmen, umfassen:

- a) die intrinsische Unsicherheit des Prüfanalysators, wie sie bei der Prüfung unter Referenzbedingungen bei Einbeziehung von dessen Auflösung, der Auflösung des Wellenlängenmessgeräts und der unter diesen Bedingungen geltenden Temperaturabhängigkeit ermittelt wurde, und
- b) die partiellen Unsicherheiten aufgrund von Wellenlängenabhängigkeit und Temperaturabhängigkeit, wie sie bei den Prüfungen unter Betriebsbedingungen ermittelt wurden.

Die in 5.2 beschriebene Kalibrierung unter Referenzbedingungen zur Bestimmung der intrinsischen Unsicherheit ist vorgeschrieben. Die in 5.3 beschriebene Kalibrierung unter Betriebsbedingungen ist jedoch wahlfrei. Wenn der Prüfanalysator über die Referenzbedingungen hinaus betrieben wird, muss er innerhalb des Bereichs der Betriebsbedingungen kalibriert werden. Die Wellenlänge ist die im Vakuum.

5.2 Kalibrierung der Wellenlänge unter Referenzbedingungen

5.2.1 Allgemeines

In Bild 1, Bild 2 und Bild 3 sind alternative Prüfaufbauten für die Kalibrierung unter Referenzbedingungen 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 Nulldurchgangs) der Übertragung verwendet werden kann. In Bild 3 wird ein Prüfaufbau dargestellt, bei dem eine Laserdiode (LD), deren Wellenlänge unbekannt ist, als Lichtquelle verwendet wird. Diese Prüfung wird unter Referenz-Kalibrierbedingungen durchgeführt.



Bild 1 – Prüfaufbau unter Verwendung eines Gaslasers mit bekannter Wellenlänge

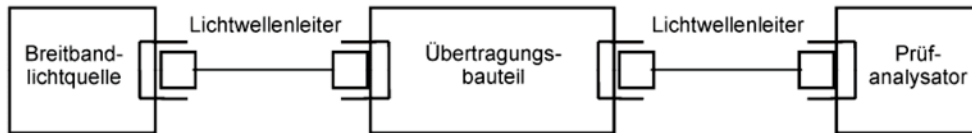


Bild 2 – Prüfaufbau unter Verwendung einer Breitbandlichtquelle mit einem Übertragungsbauteil

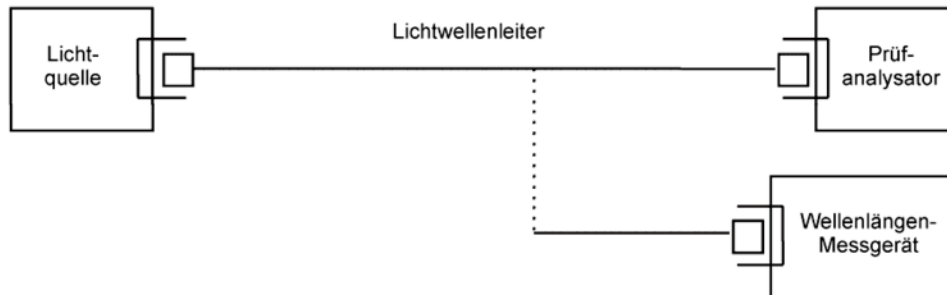


Bild 3 – Prüfaufbau unter Verwendung einer LD mit einer unbekannten Wellenlänge

5.2.2 Ausrüstung für die Kalibrierung der Wellenlänge unter Referenzbedingungen

Die Ausrüstung für die Kalibrierung der Wellenlänge besteht aus:

- a) *Lichtquelle:* Es wird die für die Kalibrierung des Prüfanalysators vorgeschriebene Lichtquelle verwendet; wenn keine bestimmte Lichtquelle vorgeschrieben ist, wird eine Lichtquelle mit einer spektralen Bandbreite und Wellenlängenstabilität verwendet, die hinreichend für die Wellenlängenunsicherheit sind, welche für den Prüfanalysator vorgeschrieben ist.

Empfohlene Lichtquellen sind Laser wie die in [Tabelle 1](#) aufgeführten, eine Laserdiode (LD) oder ein Laser (der abstimbar sein darf) mit einem Einmoden-Spektrum. Außerdem darf eine Breitbandlichtquelle in Verbindung mit einem Übertragungsbauteil mit bekannten (rückverfolgbaren) Wellenlängen des Spitzendurchgangs (oder Nulldurchgangs) der Übertragung verwendet werden. Das Übertragungsbauteil darf zum Beispiel eine Reihe von fest eingestellten Schmalbandfiltern, Absorptionslinien in gasförmigen Medien oder ein Fabry-Perot-Interferometer sein.

In [Anhang D](#) sind viele stabile Wellenlängenreferenzen aufgeführt. Wellenlängenstabilität, spektrale Bandbreite und Stabilität der Leistung der verwendeten Referenz sollten zur Bestimmung der für den Prüfanalysator erforderlichen Wellenlängenunsicherheit ausreichend sein.

- b) *Wellenlängenmessgerät:* ein Messgerät zur Bestimmung der Wellenlänge der 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 (siehe Bild 3).

5.2.3 Verfahren für die Kalibrierung der Wellenlänge unter Referenzbedingungen

Die Verfahren für die Kalibrierung der Wellenlänge werden wie folgt durchgeführt:

- a) Bei Verwendung der in [Bild 1](#), Bild 2 bzw. Bild 3 dargestellten Prüfaufbauten wird der angezeigte Wellenlängenbereich des Prüfanalysators so eingestellt, dass er die Wellenlänge der Lichtquelle in der Umgebung des Displayzentrums einschließt. Zusätzlich wird die Wellenlängenauflösung (S/N) des Prüfanalysators so eingestellt, dass sie Gleichung (8) erfüllt und besser als die geprüfte Wellenlängenunsicherheit ist.

$$\frac{S}{N} < \frac{R_{\text{set}}}{10} \quad (8)$$

Dabei ist

S der angezeigte Wellenlängenbereich;

N die Anzahl der Punkte auf der Anzeige;

R_{set} die eingestellte Auflösungsbandbreite (spektrale Auflösung) des zu prüfenden optischen Spektrumanalysators. Bei Verwendung der in Bild 1 bzw. Bild 2 dargestellten Prüfaufbauten sei der Wert der bekannten Wellenlänge der Lichtquelle oder Übertragungs-Maßverkörperung λ_{REF} und bei Verwendung des in Bild 3 dargestellten Prüfaufbaus sei λ_{REF} die Wellenlänge der Lichtquelle, die mit dem Wellenlängenmessgerät bestimmt wurde.

Bezüglich λ_{REF} der Lichtquelle sei die vom Prüfanalysator gemessene Zentralwellenlänge $\lambda_{\text{OSA}i}$.

b) Diese Messung wird mindestens zehnmal wiederholt und dann wird die mittlere Wellenlänge berechnet:

$$\lambda_{\text{OSA}_{\text{AV}}} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \lambda_{\text{OSA}i} \quad (9)$$

Dabei ist m die Anzahl der verwendeten Messungen.

5.2.4 Berechnungen der Wellenlängenunsicherheit unter Referenzbedingungen

Aus dem Messwert wird die Abweichung $D_{\lambda_{\text{ref}}}$ berechnet:

$$D_{\lambda_{\text{ref}}} = \lambda_{\text{OSA}_{\text{AV}}} - \lambda_{\text{REF}} \quad (10)$$

Die Standardunsicherheit $u_{\lambda_{\text{OSA}}}$ der gemessenen Werte von $\lambda_{\text{OSA}i}$ wird nach Gleichung (11) berechnet.

$$u_{\lambda_{\text{OSA}}} = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (\lambda_{\text{OSA}i} - \lambda_{\text{OSA}_{\text{AV}}})^2} \quad (11)$$

Die Unsicherheit $u_{D_{\lambda_{\text{ref}}}}$ des Prüfanalysators bezüglich der Wellenlänge unter Referenz-Kalibrierbedingungen ergibt sich aus Gleichung (12).

$$u_{D_{\lambda_{\text{ref}}}} = \sqrt{u_{\lambda_{\text{REF}}}^2 + \frac{u_{\lambda_{\text{OSA}}}^2}{m} + u_{\text{res_ref}}^2 + u_{\text{res_OSA}}^2 + u_{D_{\lambda_{\text{T}}}}^2} \quad (12)$$

Dabei ist

$u_{\lambda_{\text{ref}}} = \frac{U_{\lambda_{\text{ref}}}}{k}$ die Wellenlängenunsicherheit der Lichtquelle;

$u_{\lambda_{\text{OSA}}}$ die Standardunsicherheit der Werte, die bei der Prüfung gemessen wurden;

$u_{\text{res_ref}}$ die Unsicherheit, die sich aus der Auflösung der Anzeigeeinrichtung des Wellenlängenmessgeräts (falls verwendet) ergibt;

$u_{\text{res_OSA}}$ die Unsicherheit, die sich aus der Auflösung der Anzeigeeinrichtung des OSA ergibt;

$u_{D_{\lambda_{\text{T}}}}$ die Unsicherheit, die sich aus der Temperaturabhängigkeit ergibt und nach 5.3.3 ermittelt werden kann, außer Referenzbedingungen. Sie ist vernachlässigbar, wenn sie etwa 10-mal niedriger als $u_{D_{\lambda_{\text{ref}}}}$ ist.