

DIN EN 62129-2



ICS 17.180.30; 33.180.99

**Kalibrierung von Messgeräten für die Wellenlänge/optische Frequenz –
Teil 2: Michelson-Interferometer-Einzelwellenlängen-Messgeräte
(IEC 62129-2:2011);
Deutsche Fassung EN 62129-2:2011**

Calibration of wavelength/optical frequency measurement instruments –
Part 2: Michelson interferometer single wavelength meters
(IEC 62129-2:2011);
German version EN 62129-2:2011

Étalonnage des appareils de mesure de longueur d'onde/appareil de mesure de la
fréquence optique –
Partie 2: Appareils de mesure de longueur d'onde unique à interféromètre de Michelson
(CEI 62129-2:2011);
Version allemande EN 62129-2:2011

Gesamtumfang 45 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2011-06-30 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2012-03-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 62129-2:2009-11.

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 (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.

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 Messgeräten für die Wellenlänge/optische Frequenz –
Teil 2: Michelson-Interferometer-Einzelwellenlängen-Messgeräte
(IEC 62129-2:2011)

Calibration of wavelength/optical frequency
measurement instruments –
Part 2: Michelson interferometer single
wavelength meters
(IEC 62129-2:2011)

Etalonnage des appareils de mesure de
longueur d'onde/appareil de mesure de la
fréquence optique –
Partie 2: Appareils de mesure de longueur
d'onde unique à interféromètre de Michelson
(CEI 62129-2:2011)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2011-06-30 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, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, 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, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

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

Zentralsekretariat: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2011 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 62129-2:2011 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 86/395/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 62129-2, ausgearbeitet von dem IEC/TC 86 „Fibre optics“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2011-06-20 als EN 62129-2 angenommen.

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

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): 2012-03-30
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2014-06-30

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62129-2:2011 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 60793-1-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60793-1-1.
IEC 60825-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60825-1.
IEC 60825-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60825-2.

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Vorbereitung der Kalibrierung	8
4.1 Organisation	8
4.2 Rückführbarkeit	8
4.3 Hinweise für Messungen und Kalibrierungen	8
4.4 Empfehlungen für Kunden	9
5 Kalibrierung einer Einzelwellenlänge	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Einrichtung der Kalibrierbedingungen	10
5.3 Kalibrierverfahren	10
5.4 Kalibrierunsicherheit	17
5.5 Dokumentation der Ergebnisse	17
6 Absolutleistungskalibrierung	17
Anhang A (normativ) Mathematische Basis	18
Anhang B (informativ) Zurückweisung von Ausreißern	20
Anhang C (informativ) Beispiel für die Kalibrierung einer einzelnen Wellenlänge	22
Anhang D (informativ) ITU-Wellenlängenbänder	25
Anhang E (informativ) Atomare und molekulare Referenzübergänge	26
Anhang F (informativ) Beispiel für einen Referenzlaser mit Festeinstellung der Übergänge	37
Anhang G (informativ) Ausgewogenheit zwischen Genauigkeit und Kalibrierzeit	39
Literaturhinweise	41
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	43
Bilder	
Bild 1 – Beispiel für eine Rückverfolgbarkeitskette	8
Bild 2 – Messung des Wellenlängenmessgerätes mit einem Überwachungssignal für die Qualität der Festeinstellung	11
Bild 3 – Messung des Wellenlängenmessgerätes mit einem Referenzwellenlängenmessgerät	11
Bild F.1 – Typische Messanordnung zur Festeinstellung eines Lasers auf eine Gasabsorptionslinie	38
Tabellen	
Tabelle 1 – Typische Parameter für die Berechnung der Messdauer für die Messung der „Ein/Aus- Wiederholpräzision“	14
Tabelle B.1 – Kritische Werte Z_c als Funktion der Stichprobengröße N	21
Tabelle C.1 – Unsicherheitsbeiträge Typ A für eine Stabilitätsmessung	22
Tabelle C.2 – Unsicherheitsbeiträge für die Messung der „Ein/Aus-Wiederholpräzision“	22
Tabelle C.3 – Unsicherheitsrahmen für die Wellenlängenabhängigkeit	23
Tabelle C.4 – Unsicherheitsrahmen für die Kalibrierung des Wellenlängenmessgerätes	24
Tabelle D.1 – Die ITU-T-Bänder in verschiedenen Einheiten	25
Tabelle E.1 – Linien des Helium-Neon-Lasers	27
Tabelle E.2 – Zentralwellenlänge im Vakuum für Acetylen $^{12}\text{C}_2\text{H}_2$	28
Tabelle E.3 – Frequenzwerte und Wellenlängenwerte im Vakuum für die $\nu_1 + \nu_3$ - und $\nu_1 + \nu_2 + \nu_4 + \nu_5$ - Bänder von $^{13}\text{C}_2\text{H}_2$	30
Tabelle E.4 – Liste der H^{13}CN -Übergänge	33
Tabelle E.5 – Liste der $^{12}\text{C}^{16}\text{O}$ -Übergänge	35
Tabelle E.6 – Optogalvanische Übergänge zwischen angeregten Zuständen	36
Tabelle G.1 – Bereich typischer Wahlmöglichkeiten	40

Einleitung

Wellenlängenmessgeräte, häufig auf der Grundlage eines Michelson-Interferometers, sind dafür ausgelegt, die Wellenlängen einer optischen Quelle möglichst genau zu messen. Obwohl die Wellenlängenmessgeräte eine interne absolute Referenz besitzen, gewöhnlich ein Helium-Neon-Laser, ist es notwendig, eine Kalibrierung durchzuführen, um höchstmögliche Genauigkeiten zu erreichen. Die Messgeräte werden üblicherweise zum Messen anderer Wellenlängen als der internen Referenz verwendet. Innerhalb des Messgerätes werden Korrekturen des Brechungsindex der Umgebungsluft durchgeführt. Daher muss eine genaue Beschreibung der Kalibrierbedingungen Bestandteil der Kalibrierung sein.

Diese Internationale Norm legt alle Schritte, die im Kalibrierprozess enthalten sind, fest: Einrichtung der Kalibrierbedingungen, Kalibrierverfahren, Berechnung der Unsicherheit, Kalibrierbedingungen und Rückverfolgbarkeit.

Das Kalibrierverfahren beschreibt die Ermittlung des Verhältnisses zwischen dem Wert der Eingangsreferenzwellenlänge (oder der optischen Frequenz) und dem Ergebnis der Messung des Wellenlängenmessgerätes. Dieses Verhältnis ist der *Korrekturfaktor*. Die Messunsicherheit des Korrekturfaktors ist nach den Ausführungen in Anhang A eine Zusammenfassung der Unsicherheitsanteile des Referenzmessgerätes, des Prüfmessgerätes des Messaufbaus und des Verfahrens.

Die Berechnungen kennzeichnen die einzelnen Unsicherheiten. Dabei ist wichtig zu wissen, dass:

- a) die Schätzungen der einzelnen Unsicherheiten akzeptabel sind;
- b) eine ausführliche Unsicherheitsanalyse nur einmal für jede zu prüfende Art von Wellenlängenmessgeräten erforderlich ist, so dass bei allen anschließenden Kalibrierungen diese einmalige Analyse als Grundlage genommen werden kann;
- c) einfach in Betracht gezogen werden kann, dass einige der einzelnen Unsicherheiten Teil einer Vergleichsliste sind, mit einem Istwert, der zu vernachlässigen ist.

Einige optische Frequenzreferenzen können als rückverfolgbare optische Frequenzen verwendet werden. Dies basiert auf der Absorption durch Gasmoleküle bei geringem Druck und der Verwendung von optogalvanischen Übergängen in Atomen zwischen angeregten Zuständen. In Anhang E sind die Linien aufgelistet.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 62129 gilt für Messgeräte zur Messung der Vakuumwellenlänge oder der optischen Frequenz, die von Quellen ausgesendet wird, die typisch für Industrieprodukte der Lichtwellenleiter-Übertragungstechnik sind. Zu diesen Quellen gehören Laserdioden mit verteilter Rückkopplung (en: distributed Feedback – DFB), Laser mit externem Resonator und longitudinal einmodige Lichtwellenleiterquellen. Es wird vorausgesetzt, dass die optische Strahlung mit einem Einmoden-Lichtwellenleiter in das Wellenlängenmessgerät eingekoppelt wird. Die vorliegende Norm beschreibt die Kalibrierung von Wellenlängenmessgeräten durch Kalibrierlabore oder Hersteller von Wellenlängenmessgeräten. Dieses Dokument ist Teil der Reihe IEC 62129 zur Kalibrierung von Wellenlängenmessgeräten/optischen Frequenzmessgeräten. Die Kalibrierung optischer Spektrumanalysatoren ist in IEC 62129 beschrieben.

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 60050-300:2001, *International Electrotechnical Vocabulary – Electrical and electronic measurements and measuring instruments – Part 311: General terms relating to measurements – Part 312: General terms relating to electrical instruments – Part 313: Types of electrical measuring instruments – Part 314: Specific terms according to the type of instrument*

IEC 61315:2005, *Calibration of fibre-optic power meters*

IEC/TR 61931:1998, *Fibre optic – Terminology*

ISO/IEC 17025:2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

ISO/IEC Guide 99:2007, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

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 dieser Norm gelten die folgenden Begriffe.

3.1

akkreditiertes Kalibrierlabor

Kalibrierlabor, das von der entsprechenden nationalen Organisation autorisiert ist, Kalibrierzertifikate mit einer minimalen spezifizierten Unsicherheit auszustellen, welche die Rückverfolgbarkeit auf *nationale Normale* aufzeigen

3.2

Justierung

Folge von Tätigkeiten, die an einem Messgerät ausgeführt werden, damit seine Anzeigen gegebenen Werten der Messgröße entsprechen

[IEC 60050-300:2001 (311-03-16); siehe auch ISO/IEC Guide 99:2007, 3.11, modifiziert]

3.3

Kalibrierung

Tätigkeiten zur Ermittlung des Zusammenhangs zwischen den ausgegebenen Werten eines Messgerätes und den zugehörigen, durch Normale festgelegten Werten einer Messgröße unter vorgegebenen Bedingungen

[ISO/IEC Guide 99:2007, 2.39, modifiziert]

ANMERKUNG 1 Das Ergebnis einer Kalibrierung erlaubt entweder die Zuordnung der Werte der Messgröße zur Anzeige oder die Ermittlung von Korrekturen für die Anzeige.

ANMERKUNG 2 Durch eine Kalibrierung können auch andere metrologische Merkmale wie die Wirkung von Einflussgrößen ermittelt werden.

ANMERKUNG 3 Das Ergebnis einer Kalibrierung kann in einem Dokument festgehalten werden, das auch Kalibrierzertifikat oder Kalibrierbericht genannt wird.

3.4

Kalibrierbedingungen

Messbedingungen, unter denen die Kalibrierung durchgeführt wird

3.5

Korrekturfaktor

CF

Zahlenfaktor, mit dem das unberichtigte Messergebnis zum Ausgleich hinsichtlich der systematischen Messabweichung multipliziert wird

[ISO/IEC Guide 99:2007, 2.53, modifiziert]

3.6

Empfänger

Bauteil eines Wellenlängenmessgerätes, das die eingestrahlte optische Leistung in eine messbare, üblicherweise elektrische Größe umsetzt

[IEC/TR 61931 und ISO/IEC Guide 99:2007, 3.9, modifiziert]

3.7

Abweichung

Differenz zwischen Wert und dessen Referenzwert

ANMERKUNG In diesem Dokument ist die Abweichung die Differenz zwischen der Anzeige des Prüflings und der Anzeige des Referenzmessgerätes, wenn die Anregung unter den gleichen Bedingungen erfolgt.

3.8

Anregung (Faser-)

Beschreibung der Verteilung der optischen Leistung zwischen den Moden im Lichtwellenleiter

ANMERKUNG Bei Einmoden-Lichtwellenleitern wird üblicherweise angenommen, dass nur ein Mode angeregt ist (die Grundmode).

3.9

Geräteeinstellung

vollständige Beschreibung der Einstellungen des Messgerätes während der Kalibrierung

3.10

Messbereich

Wertebereiche einer Messgröße, bei denen Messabweichungen eines Messgerätes innerhalb vorgegebener Grenzen liegen sollen

[ISO/IEC Guide 99:2007, 4.7, modifiziert]

ANMERKUNG In dieser Norm bedeutet der Messbereich den Bereich von Strahlungsleistungen (Teilmenge des *Betriebsbereiches*), für den die Betriebsunsicherheit angegeben ist. Der Begriff „Dynamikbereich“ sollte in diesem Zusammenhang vermieden werden.

3.11

nationales (Mess-)Normal

Normal, das in einem Land durch nationalen Beschluss als Basis zur Zuweisung der Werte aller anderen Normale der betreffenden Größe anerkannt ist

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

3.12

nationales Normalienlabor

Labor, welches das *nationale Normal* bewahrt

3.13

natürliches Normal

atomarer oder molekularer Übergang, der zur Schaffung eines Referenznormals benutzt werden kann

3.14

Betriebsbedingungen

geeigneter Satz von festgelegten Wertebereichen von Einflussgrößen, üblicherweise umfangreicher als die Bezugsbedingungen, für den die Unsicherheiten eines Messgerätes festgelegt sind

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

ANMERKUNG Die Betriebsbedingungen und die Unsicherheit bei Betriebsbedingungen werden üblicherweise vom Hersteller aus Gründen der Verbraucherefreundlichkeit angegeben.

3.15

Betriebsbereich

festgelegter Wertebereich für einen Satz von *Betriebsbedingungen*

3.16

optisches Eingangstor

physikalischer Eingang des Wellenlängenmessgerätes (oder Normals), an den die Strahlungsleistung angelegt oder mit dem das Ende eines Lichtwellenleiters zu verbinden ist. Es wird angenommen, dass das optische Eingangstor durch einen optischen Pfad (Strahlpfad mit oder ohne optische Elemente wie Linsen, Blenden, Lichtführungen usw.) mit dem Empfänger verbunden ist

3.17

Referenzbedingungen

vorgeschriebene Betriebsbedingungen für die Prüfung eines Messgerätes oder für den Vergleich von Messergebnissen

[ISO/IEC Guide 99:2007, 4.11, modifiziert]

ANMERKUNG Referenzbedingungen schließen üblicherweise Festlegungen von Bezugswerten und Bezugsbereichen für die auf das Messgerät einwirkenden Einflussgrößen ein.

3.18

Referenzwellenlängenmessgerät

Normal, das als Referenz für die Kalibrierung des Prüfwellenlängenmessgerätes benutzt wird

3.19

Referenzquelle

Laser, der durch Bezugnahme auf einen atomaren oder molekularen Übergang stabilisiert wird, oder eine stabilisierte Frequenzkombination mit bekannter Frequenz/Wellenlänge

3.20

Referenznormal

Normal, im Allgemeinen mit der höchsten verfügbaren Genauigkeit an einem betrachteten Ort oder bei einer Organisation, von dem dort Messungen abgeleitet werden

[ISO/IEC Guide 99:2007, 5.6, modifiziert]

3.21

Prüfling

durch Vergleich mit dem *Referenzwellenlängenmessgerät* oder dem *Referenznormal* zu kalibrierendes *Wellenlängenmessgerät* (oder -normal)

3.22

Rückverfolgbarkeit

Eigenschaft eines Messergebnisses oder des Wertes eines Normals, durch eine ununterbrochene Kette von Vergleichsmessungen mit angegebenen Messunsicherheiten auf geeignete Normale, im Allgemeinen nationale oder internationale Normale, bezogen zu sein

[ISO/IEC Guide 99:2007, 2.41, modifiziert]

3.23

Rückverfolgbarkeitskette

ununterbrochene Kette von Vergleichsmessungen (siehe Bild 1)

[ISO/IEC Guide 99:2007, 2.41 und 2.42, modifiziert]

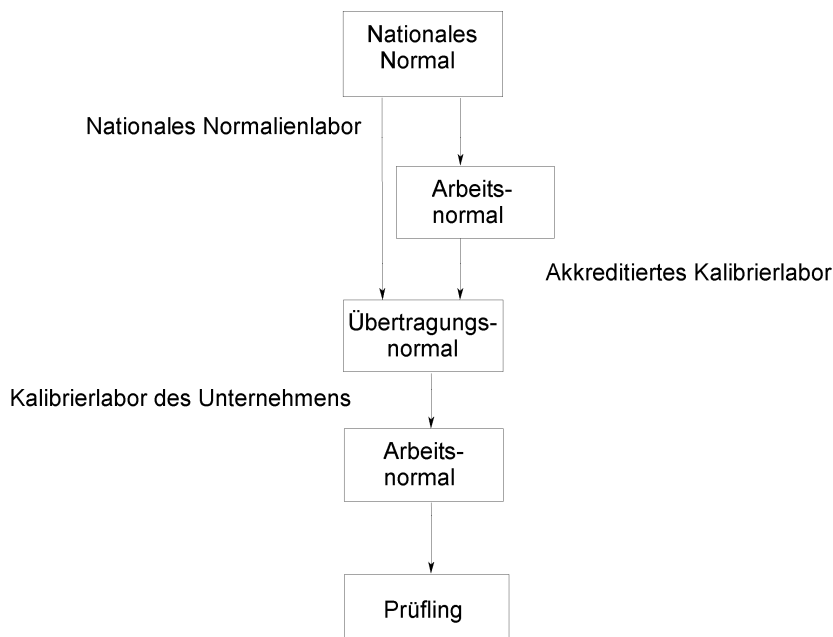


Bild 1 – Beispiel für eine Rückverfolgbarkeitskette

3.24

(Einzel-)Wellenlängenmessgerät (Michelson-Interferometer)

Messgerät auf der Basis eines Michelson-Interferometers, mit dem die Wellenlänge einer einzelnen Quelle gemessen werden kann

ANMERKUNG Bestimmte Messgeräteausführungen können auch die Eingangsleistung messen, allerdings mit einer größeren Unsicherheit als die meisten Leistungsmessgeräte.

3.25

Arbeitsnormal

Normal, das routinemäßig benutzt wird, um Messgeräte zu kalibrieren

[ISO/IEC Guide 99:2007, 5.7, modifiziert]

ANMERKUNG Ein Arbeitsnormal ist üblicherweise gegen ein Referenznormal kalibriert.

4 Vorbereitung der Kalibrierung

4.1 Organisation

Das Kalibrierlabor sollte die Anforderungen von ISO/IEC 17025 erfüllen.

Für alle Arten von durchgeführten Kalibrierungen muss ein dokumentiertes Messverfahren vorhanden sein mit Schritt-für-Schritt-Bedienungsanleitungen und den zu benutzenden Einrichtungen.

4.2 Rückverfolgbarkeit

Die in ISO/IEC 17025 beschriebenen Anforderungen sollten erfüllt werden.

Alle Normale, die im Kalibrierprozess benutzt werden, sind entsprechend einem dokumentierten Plan mit *Rückverfolgbarkeit* auf *nationale Normalienlabors* oder *akkreditierte Kalibrierlabors* zu kalibrieren. Es ist empfehlenswert, mehr als ein Normal auf jeder Hierarchieebene vorzuhalten, so dass die Leistungsfähigkeit des Normals durch Vergleiche auf derselben Ebene nachgeprüft werden kann. Es ist sicherzustellen, dass weitere Prüfeinrichtungen, die einen erheblichen Einfluss auf das Kalibrierergebnis haben, kalibriert sind. Diese Prüfeinrichtungen und die *Rückverfolgbarkeitskette(n)* sind auf Nachfrage anzugeben. Der Zyklus/die Zyklen für eine Neukalibrierung muss/müssen definiert und dokumentiert sein.

4.3 Hinweise für Messungen und Kalibrierungen

In diesem Abschnitt sind allgemeine Hinweise für alle Messungen und Kalibrierungen von Wellenlängenmessgeräten angegeben.

Die Kalibrierung sollte in einer temperaturgeregelten Umgebung durchgeführt werden. Die empfohlene Temperatur ist 23 °C. Abhängig von der gewünschten Unsicherheit müssen Temperatur, Luftdruck und Feuchte während der Messung möglicherweise überwacht werden, da der Brechungsindex der Luft eine Funktion dieser Parameter ist. Eine Feuchteregelung kann notwendig sein, um sicherzustellen, dass die Umgebungsbedingungen innerhalb der Betriebsspezifikation des Messgerätes gehalten werden.

Das Labor sollte sauber gehalten werden. Steckverbinder und optische Eingangstore sollten vor jeder Messung gereinigt werden. Die Qualität und die Sauberkeit des Steckverbinders vor dem Wellenlängenmessgerät sollten überprüft werden. Das Wellenlängenmessgerät ist ein mechanisches Präzisionsgerät, und deshalb sollte eher der Lichtwellenleiter zum Messgerät hin bewegt werden als umgekehrt, wie es bei der Kalibrierung von Leistungsmessgeräten erforderlich ist.

Laserdioden reagieren empfindlich auf Rückreflexionen. Um die Stabilität zu verbessern, ist es empfehlenswert, einen optischen Isolator zwischen der Laserdiode und dem Prüfling zu verwenden.

Die Kalibrierverfahren für Messgeräte, mit denen auch die optische Leistung aufgenommen wird, können IEC 61315 entnommen werden. Es muss angemerkt werden, dass optische Quellen wie Laserdioden mit erweitertem Hohlraumresonator eine schmale Linienbreite (z. B. 50 kHz) und damit hohe Kohärenzlängen besitzen können. Kohärente Reflexionen werden anstatt als Summe der optischen Leistungen eher als Vektorsumme der elektrischen Felder addiert.

Die Verwendung einer Referenzquelle auf der Basis eines natürlichen Normals führt zu geringeren Unsicherheiten als Kalibrierungen, die mit einem Referenzwellenlängenmessgerät durchgeführt werden.

4.4 Empfehlungen für Kunden

Die Kalibrierung eines Einzelwellenlängenmessgerätes innerhalb eines ITU-Bandes (siehe Anhang D) wird als ausreichend für dieses Band angesehen. Die Erhöhung der Unsicherheit aufgrund einer Extrapolation der Kalibrierung auf benachbarte Bänder muss für jede Messgeräteausführung ermittelt werden.

5 Kalibrierung einer Einzelwellenlänge

5.1 Allgemeines

Die Kalibrierung der Wellenlänge des Wellenlängenmessgerätes beruht auf einem Vergleich mit einem Referenznormal, wobei die Unsicherheit den Beitrag der Stabilität des zu prüfenden Messgerätes, dessen „Ein/Aus-Wiederholpräzision“ und Wellenlängenabhängigkeit sowie die Wiederholpräzision des optischen Steckverbinders umfasst.

Die Korrektur beruht auf dem Kalibrierergebnis.

Die Messung der „Ein/Aus-Wiederholpräzision“ ist ein Beitrag zur Berechnung der Unsicherheit des Messgerätes. Die Wiederholpräzision der Stabilisierung der internen Wellenlängenreferenz und die Stabilität der optischen Justierung stellen die Hauptbeiträge für diesen Unsicherheitsanteil dar.

Die Messung der Wellenlängenabhängigkeit ist außerdem ein Beitrag zur Berechnung der Unsicherheit des Messgerätes. Diese Messung hat mehrere Zwecke:

- a) den Nachweis, dass die Korrektur des Brechungsindex von Luft innerhalb des Messgerätes ordnungsgemäß vorgenommen wurde;
- b) die Bestimmung der Unsicherheitsbeiträge durch numerische Abschneidefehler;
- c) die Bestimmung der Unsicherheitsbeiträge durch die endliche optische Weglänge innerhalb des Prüflings;
- d) die Bestimmung der systematischen Auswirkung der Justierung wie einer wellenlängenabhängigen Strahlablenkung.

Die Kalibrierung kann entweder unter Verwendung einer Referenzquelle mit einer Qualitätsüberwachung der Festeinstellung des Übergangs oder unter Verwendung eines Referenzwellenlängenmessgerätes durchgeführt werden.

Eine computergesteuerte Erfassung der Messergebnisse ist sehr empfehlenswert.

5.2 Einrichtung der Kalibrierbedingungen

Die Einrichtung und Aufrechterhaltung der Kalibrierbedingungen stellen einen wichtigen Teil der Kalibrierung dar, weil jede Änderung dieser Bedingungen zu fehlerhaften Messergebnissen führen kann. Die Kalibrierbedingungen sollten eine gute Annäherung an die geplanten Betriebsbedingungen darstellen. Damit wird sichergestellt, dass die (zusätzliche) Unsicherheit in der Betriebsumgebung so klein wie möglich ist. Die Kalibrierbedingungen sollten in Form von Nennwerten, gegebenenfalls mit Unsicherheiten, angegeben werden. Um den Anforderungen dieser Norm zu genügen, müssen sich die Kalibrierbedingungen mindestens zusammensetzen aus:

- a) dem Datum der Kalibrierung;
- b) der Umgebungstemperatur mit ihrer Unsicherheit, zum Beispiel $(23 \pm 1) ^\circ\text{C}$. Die Temperatur muss ununterbrochen überwacht werden, um sicherzustellen, dass sie innerhalb ihrer vorgeschriebenen Grenzen bleibt;
- c) dem Luftdruck, z. B. 1 020 hPa bis 1 025 hPa. Der Luftdruck muss ununterbrochen überwacht werden, um sicherzustellen, dass er innerhalb seiner vorgeschriebenen Grenzen bleibt;
- d) der relativen Luftfeuchte der Umgebung, z. B. 30 % bis 50 %. Die relative Luftfeuchte muss ununterbrochen überwacht werden, um sicherzustellen, dass sie innerhalb ihrer vorgeschriebenen Grenzen bleibt. Als Vorgabe wird eine relative Feuchte unterhalb des Kondensationspunktes angenommen;
- e) der optischen Eingangsleistung (die innerhalb der für das Messgerät geltenden Spezifikation liegen muss);
- f) dem Steckverbindertyp und der Art der Politur;
- g) den Einzelheiten des Referenzmaterials oder dessen Identifikationsnummer. Beispiele für eine Gasabsorptionszelle sind:
 - 1) Gas und Isotop, z. B. $^{13}\text{C}_2\text{H}_2$;
 - 2) Weglänge, z. B. 15 cm;
 - 3) Druck in der Zelle, z. B. 1 000 Pa;
 - 4) Übergang, z. B. R(21);
- h) der Mittenwellenlänge im Vakuum oder der Frequenz der anregenden Quelle mit ihrer Unsicherheit;
- i) wenn eine Quelle mit fest eingestelltem Übergang benutzt wird, muss die Qualität der Festeinstellung während der Messungen ununterbrochen überwacht werden; dabei kann eine Anzeige der Festeinstellung ausreichend sein.

ANMERKUNG Die angegebenen Bedingungen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es kann weitere Parameter geben, die einen erheblichen Einfluss auf die Messunsicherheit haben können und die deshalb ebenfalls aufgeführt werden sollten.

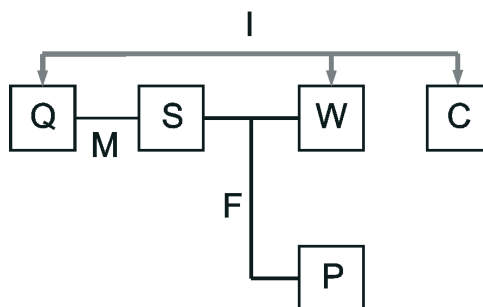
5.3 Kalibrierverfahren

5.3.1 Allgemeines

- a) Herstellen und Aufzeichnen der geeigneten Kalibrierbedingungen (siehe 5.2). Einschalten aller Geräte und Einhalten einer ausreichenden Wartezeit für die Stabilisierung.
- b) Einstellen der Referenzquelle.
- c) Bei einigen älteren Messgeräteausführungen wird zur Einkopplung des Lichtes vom Lichtwellenleiter in das Messgerät eine Steckverbinder-Adapter-Kombination benutzt. Ein Teil des Lichtes vom Referenzsignal, das gewöhnlich aus einem Helium-Neon-Laser stammt, wird vom Messgerät emittiert. Dieser Strahl definiert die optische Achse für das Interferometer. Eine Maximierung des Referenz-Restsignals vom Prüfwellenlängenmessgerät optimiert die Justierung der Steckverbinder-Adapter-Kombination. Die optische Leistung muss mit einem linearen Leistungsmessgerät gemessen werden.
- d) Geräteeinstellung des Prüfwellenlängenmessgerätes nach der Gebrauchsanweisung. Auswahl geeigneter Maßeinheiten.
- e) Aufzeichnen der Geräteeinstellungen des Wellenlängemessgerätes.

5.3.2 Messaufbau

Bild 2 zeigt den Aufbau mit einer Referenzquelle S mit einer Qualitätsüberwachung Q der Festeinstellung des Übergangs. Temperatur, Druck und Feuchte der Umgebung müssen möglicherweise überwacht werden. Die Änderung des Brechungsindex durch Feuchtigkeit liegt bei 1 550 nm unter $\pm 4 \times 10^{-7}$. Die Überwachung der relativen Feuchte ist wahlfrei und nur erforderlich, um die beste Spezifikation zu erzielen.

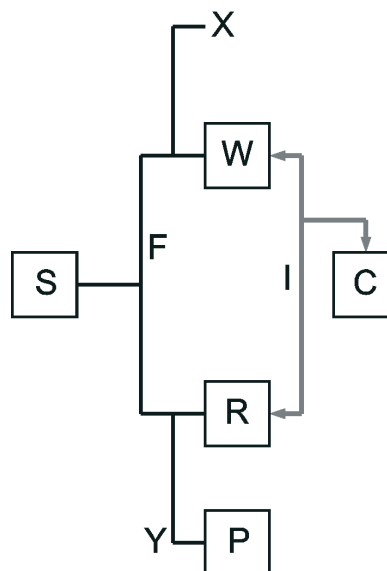


Legende

C	Steuercomputer	P	Referenzleistungsmessgerät
F	Lichtwellenleiter-Verbindungsstrecke	Q	Qualitätsüberwachung der Festeinstellung des Übergangs
I	Schnittstellenverbindung zum Computer	S	Referenzquelle
M	Verbindung der Überwachungseinrichtung	W	Prüfwellenlängenmessgerät

Bild 2 – Messung des Wellenlängenmessgerätes mit einem Überwachungssignal für die Qualität der Festeinstellung

Wenn kein Überwachungssignal für die Qualität der Festeinstellung von der Quelle abgegeben wird, muss zur Überwachung der Qualität der Festeinstellung ein Referenzwellenlängenmessgerät benutzt werden (Bild 3). Falls die Festeinstellung nicht mehr vorhanden ist, weicht das Ergebnis gegenüber den Bedingungen bei der Festeinstellung beträchtlich ab. Die Messungen am Referenzwellenlängenmessgerät und am Prüfwellenlängenmessgerät müssen unbedingt gleichzeitig erfolgen.



Legende

C	Steuercomputer	R	Referenzwellenlängenmessgerät
F	Lichtwellenleiter-Verbindungsstrecke	S	Referenzquelle
I	Schnittstellenverbindung zum Computer	W	Prüfwellenlängenmessgerät
P	Referenzleistungsmessgerät		

ANMERKUNG Das Referenzleistungsmessgerät darf am Ort X oder am Ort Y zur Messung der in das Prüf- oder Referenzwellenlängenmessgerät einfallenden optischen Leistung benutzt werden.

Bild 3 – Messung des Wellenlängenmessgerätes mit einem Referenzwellenlängenmessgerät

5.3.3 Durchführung

Die Anzahl der Messungen, die je Ablesewert gemittelt werden, bestimmt die Größe der Ergebnisdatei, die Zurückweisung von Daten durch die Messprozedur und die Ermittlung des Versagens der Festeinstellung. Eine große Anzahl von Prüfwerten je Messung erhöht den Umfang der Datenmenge, die zur Prüfung dafür benutzt wird, ob Extremwerte gültig sind. Wenn die Anzahl der Prüfwerte zu hoch ist, wird die zeitliche Auflösung herabgesetzt. Außerdem kann ein Verlust der Festeinstellung nicht festgestellt werden. Gewöhnlich werden 50 Prüfwerte (n) je Messung aufgenommen. Die Bestimmung des optimalen Wertes für n kann nach 5.3.5 erfolgen. Die statistische Zurückweisung von Ausreißern (Anhang B) wird stark empfohlen.

Die Messung wird wie folgt durchgeführt:

- Abwarten, bis die Einrichtung einen eingeschwungenen Zustand erreicht hat.
- Konfigurieren der Software zur Datenerfassung.
- Sicherstellen, dass die optische Quelle fest eingestellt ist und ordnungsgemäß arbeitet.
- Ausführen der Datenerfassungssoftware.

Der Korrekturfaktor wird aus dem Verhältnis der Mittelwerte jeder Messung ermittelt:

$$CF = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_{\text{ref}_i}}{\lambda_{\text{test}_i}} = \frac{\overline{\lambda_{\text{ref}}}}{\overline{\lambda_{\text{test}}}} \quad (1)$$

Dabei ist λ_{ref} die Referenzwellenlänge und λ_{test} die vom Prüfwellenlängenmessgerät gemessene Wellenlänge. Die dem Korrekturfaktor zugehörige Unsicherheit sollte dimensionslos angegeben werden. Die Abweichung D kann außerdem nach Gleichung (2) ermittelt werden. Die zur Abweichung gehörende Unsicherheit sollte mit einem Längenmaß angegeben werden.

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\lambda_{\text{ref}_i} - \lambda_{\text{ref}_i}) = \overline{\lambda_{\text{test}}} - \overline{\lambda_{\text{ref}}} \quad (2)$$

5.3.4 Stabilitätsprüfung (falls erforderlich)

Die Stabilität des Messgerätes zur Messung einer einzelnen Wellenlänge unter normalen Betriebsbedingungen wird gemessen, um die Abweichung des Messgerätes und dessen Beitrag zur Unsicherheit zu bestimmen. Die Messdauer muss mehr als 1 Stunde betragen (12 Stunden werden empfohlen). Die statistische Zurückweisung von Ausreißern (Anhang B) wird stark empfohlen.

Wie bei der Kalibrierung bestimmt die Anzahl der Messungen, die je Ablesewert gemittelt werden, die Größe der Ergebnisdatei, die Zurückweisung von Daten durch die Messprozedur und die Ermittlung des Versagens der Festeinstellung. Eine große Anzahl von Prüfwerten je Messung erhöht den Umfang der Datenmenge, die zur Prüfung dafür benutzt wird, ob Extremwerte gültig sind. Wenn die Anzahl der Prüfwerte zu hoch ist, wird die zeitliche Auflösung herabgesetzt. Außerdem kann ein Verlust der Festeinstellung nicht festgestellt werden. Gewöhnlich werden 50 Prüfwerte (n) je Messung aufgenommen. Die Bestimmung des optimalen Wertes für n kann nach 5.3.5 erfolgen.

Die Messung wird wie folgt durchgeführt:

- Abwarten, bis die Einrichtung einen eingeschwungenen Zustand erreicht hat.
- Konfigurieren der Software zur Datenerfassung.
- Sicherstellen, dass die optische Quelle fest eingestellt ist und ordnungsgemäß arbeitet.
- Ausführen der Datenerfassungssoftware.

Wird die Stabilitätsprüfung während der Kalibrierung durchgeführt, sollte mit diesen Ergebnissen der Korrekturfaktor berechnet werden. Ist das Messgerät instabil, ist die Kalibrierung ungültig.

Die mittlere Zentralwellenlänge für die n Messungen jedes Wertes der Stabilitätsprüfung wird angegeben mit:

$$\lambda_{\text{S}_i} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \lambda_{\text{stest}_{i,j}} \quad (3)$$