

DIN EN IEC 62522

ICS 31.260; 33.180.99

Einsprüche bis 2024-02-08
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 62522:2015-01**Entwurf****Kalibrierung von abstimmbaren Laserquellen
(IEC 86/600/CD:2022);
Text Deutsch und Englisch**Calibration of tuneable laser sources
(IEC 86/600/CD:2022);
Text in German and EnglishÉtalonnage des sources laser accordables
(IEC 86/600/CD:2022);
Texte en allemand et anglais**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-12-08 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil das beabsichtigte Dokument von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Merianstraße 28, 63069 Offenbach am Main.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 69 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 86/600/CD:2022-04 „Calibration of tuneable laser sources“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom IEC/TC 86 „Fibre optics“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC . Das Dokument wurde den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf FprEN nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine "JA/NEIN"-Entscheidung möglich ist, wobei eine "NEIN"-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

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

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnitsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

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

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 62522:2015-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) IEC 61315 wurde in den Normativen Verweisungen ergänzt (und es wird in diesem Dokument darauf verwiesen);
- b) Tabelle 1 und Tabelle 2 zu Unsicherheiten wurden hinzugefügt;
- c) Einstellungen des Referenzleistungsmessgerätes in 6.2.3 und 6.3.2.3 wurden verdeutlicht.

Inhalt		Seite
Einleitung.....		6
1 Anwendungsbereich.....		7
2 Normative Verweisungen.....		7
3 Begriffe und Abkürzungen.....		7
3.1 Begriffe.....		7
3.2 Abkürzungen.....		10
4 Vorbereitung der Kalibrierung.....		10
4.1 Organisation.....		10
4.2 Rückverfolgbarkeit.....		10
4.3 Vorbereitung.....		11
4.4 Referenzkalibrierbedingungen.....		11
5 Kalibrierung der Wellenlänge.....		11
5.1 Überblick.....		11
5.2 Kalibrierung der Wellenlänge bei Referenzbedingungen.....		12
5.2.1 Aufbau.....		12
5.2.2 Kalibriereinrichtung.....		12
5.2.3 Verfahren für die Kalibrierung der Wellenlänge.....		12
5.2.4 Abhängigkeit von den Bedingungen.....		13
5.2.5 Unsicherheit bei Referenzbedingungen.....		15
5.3 Kalibrierung der Wellenlänge bei Betriebsbedingungen.....		16
5.3.1 Allgemeines.....		16
5.3.2 Abhängigkeit von der optischen Leistung.....		16
5.3.3 Unsicherheit bei Betriebsbedingungen.....		17
6 Kalibrierung der optischen Leistung.....		17
6.1 Überblick.....		17
6.2 Kalibrierung der optischen Leistung bei Referenzbedingungen.....		18
6.2.1 Aufbau.....		18
6.2.2 Kalibriereinrichtung.....		18
6.2.3 Verfahren zur Kalibrierung der Leistung bei Referenzbedingungen.....		18
6.2.4 Abhängigkeit von den Bedingungen.....		19
6.2.5 Unsicherheit bei Referenzbedingungen.....		22
6.3 Kalibrierung der optischen Leistung bei Betriebsbedingungen.....		22
6.3.1 Allgemeines.....		22
6.3.2 Wellenlängenabhängigkeit.....		23
6.3.3 Unsicherheit bei Betriebsbedingungen.....		23
7 Dokumentation.....		24
7.1 Kalibrierdaten und Unsicherheit.....		24
7.2 Kalibrierbedingungen.....		24

Anhang A (normativ) Mathematische Grundlage.....	25
A.1 Allgemeines.....	25
A.2 Bewertung von Unsicherheit Typ A.....	25
A.3 Bewertung von Unsicherheit Typ B.....	25
A.4 Bestimmung der kombinierten Standardunsicherheit.....	26
A.5 Bericht.....	27
Anhang B (informativ) Weitere Prüfungen.....	28
B.1 Allgemeines.....	28
B.2 Auflösung der Wellenlänge.....	28
B.2.1 Aufbau.....	28
B.2.2 Prüfeinrichtung.....	28
B.2.3 Prüfverfahren zur Bestimmung der Wellenlängenauflösung.....	28
B.3 Auflösung der optischen Leistung.....	29
B.3.1 Aufbau.....	29
B.3.2 Prüfeinrichtung.....	29
B.3.3 Prüfverfahren zur Bestimmung der Auflösung der optischen Leistung.....	29
B.4 Signal-Quelle-Spontanemissionsverhältnis.....	30
B.4.1 Allgemeines.....	30
B.4.2 Aufbau.....	30
B.4.3 Prüfeinrichtung.....	30
B.4.4 Prüfverfahren zur Bestimmung des Signal-Quelle-Spontanemissionsverhältnisses.....	30
B.5 Seitenmoden-Unterdrückungsverhältnis.....	31
B.5.1 Allgemeines.....	31
B.5.2 Aufbau.....	31
B.5.3 Prüfeinrichtung.....	32
B.5.4 Prüfverfahren.....	32
Literaturhinweise.....	35
Bilder	
Bild 1 – Messaufbau für die Kalibrierung der Wellenlänge.....	12
Bild 2 – Messaufbau für die Temperaturabhängigkeit.....	13
Bild 3 – Messaufbau für die Stabilität der Wellenlänge.....	14
Bild 4 – Messaufbau für die Abhängigkeit von der optischen Leistung.....	16
Bild 5 – Messaufbau für die Eigenkalibrierung der optischen Leistung.....	18
Bild 6 – Messaufbau für die Temperaturabhängigkeit.....	19
Bild 7 – Messaufbau für die Stabilität der optischen Leistung.....	20
Bild 8 – Messaufbau für die Verbindungswiederholpräzision/-reproduzierbarkeit.....	21
Bild 9 – Messaufbau für die Wellenlängenabhängigkeit.....	23
Bild B.1 – Messaufbau für die Auflösung der Wellenlänge.....	28
Bild B.2 – Messaufbau für die Prüfung der Auflösung der optischen Leistungseinstellung.....	29

Bild B.3 – Messaufbau für Signal-Quelle-Spontanemissionsverhältnis.....	30
Bild B.4 – Messung des Signal-Quelle-Spontanemissionsverhältnisses.....	31
Bild B.5 – Messaufbau für die Prüfung des Seitenmoden-Unterdrückungsverhältnisses.....	32
Bild B.6 – Optisches Spektrum einer abstimmbaren Laserquelle.....	33
Bild B.7 – Messaufbau für die Prüfung des SMSR.....	33

Tabellen

Tabelle 1 – Quelle der Unsicherheit bei der Kalibrierung der Wellenlänge.....	12
Tabelle 2 – Quelle der Unsicherheit bei der Kalibrierung der optischen Leistung.....	17

Einleitung

Wellenlängenmultiplex-Übertragungssysteme (en: wavelength-division multiplexing, WDM) werden bereits in Lichtwellenleiter-Zuleitungen eingesetzt. Die ITU-T-Empfehlungen der Reihe G.694 beschreiben die Frequenz- und Wellenlängenabstände für WDM-Anwendungen. Der Frequenzabstand nach G.694.1 unterstützt beispielsweise eine Vielzahl von Kanalabständen im Bereich von 12,5 GHz bis 100 GHz und darüber. In den WDM-Übertragungssystemen sind WDM-Einrichtungen wie z. B. Wellenleitergitter (en: arrayed waveguide grating, AWG), Dünnschichtfilter oder Multiplexer (MUX) und Demultiplexer (DMUX) auf Gitterbasis mit geringem Kanalabstand, enthalten. Die Messung der Kennwerte dieser Einrichtungen erfolgt im Allgemeinen mit in der Wellenlänge abstimmbaren Laserquellen, die ein genau kalibriertes Betriebsverhalten aufweisen müssen; maßgebliche Parameter sind die Wellenlängenunsicherheit, die Wiederholpräzision der Wellenlängenabstimmung, die Wellenlängenstabilität und die Stabilität der optischen Ausgangsleistung.

Die abstimmbare Laserquelle (en: tuneable laser source, TLS) weist üblicherweise die folgenden Merkmale auf:

- d) Die Ausgangswellenlänge ist in einem Wellenlängenbereich von 1 260 nm oder höher bis mindestens 1 675 nm abstimmbare (am Ausgang sollte nur der Grundmode LP01 des Lichtwellenleiters angeregt werden);
- e) ein Ausgangsanschluss für Lichtwellenleitersteckverbinder.

Die Hüllkurve des Spektrums entspricht dem Spektrum bei Longitudinal-Einmodenbetrieb mit einer Halbwertsbreite (en: full width half maximum, FWHM) von höchstens 0,1 nm. Alle angrenzenden Moden sind mindestens 20 dB kleiner als der Hauptmode des Spektrums (zum Beispiel eine Laserdiode mit verteilter Rückkopplung (en: distributed feedback laser diode, DFB-LD), Laser mit externem Resonator (en: external cavity laser) usw.).

Kalibrierung von abstimmbaren Laserquellen

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm enthält ein sicheres und reproduzierbares Verfahren für die Kalibrierung der Wellenlänge und Ausgangsleistung eines abstimmbaren Lasers gegenüber Referenzmesseinrichtungen wie Messgeräten für die optische Leistung und die optische Wellenlänge (einschließlich der optischen Frequenz), die zuvor rückverfolgbar kalibriert worden sind.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60793-2-50, *Optical fibres – Part 2-50: Product specifications – Sectional specification for class B single-mode fibres*

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

IEC 60825-2, *Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)*

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

IEC 62129-2, *Calibration of wavelength/optical frequency measurement instruments – Part 2: Michelson interferometer single wavelength meters*

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)*

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

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

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

3.1.1

akkreditiertes Kalibrierlabor

Kalibrierlabor, das von der entsprechenden nationalen Organisation autorisiert ist, Kalibrierzertifikate auszustellen, die die Rückführbarkeit auf nationale Normale aufzeigen

3.1.2

Justierung

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

[QUELLE: IEC 60050-300:2001, 311-03-16, modifiziert – kleinere redaktionelle Änderung, Wegfall der Anmerkung]

[Siehe auch ISO/IEC Guide 99:2007, 3.11, modifiziert – Wegfall von 3 Anmerkungen].

3.1.3

Kalibrierung

Folge von Tätigkeiten zur Ermittlung des Zusammenhanges zwischen den ausgegebenen Werten einer Messeinrichtung und den zugehörigen, durch Normale festgelegten Werten einer Messgröße unter festgelegten Bedingungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Ergebnisse einer Kalibrierung erlauben entweder die Zuordnung der Werte der Messgröße zur Anzeige oder die Ermittlung von Korrekturen für die Anzeige.

Anmerkung 2 zum Begriff: Durch eine Kalibrierung können auch andere metrologische Merkmale wie die Wirkung von Einflussgrößen ermittelt werden.

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

[QUELLE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.39, modifiziert – gekürzt; die zwei Anmerkungen wurden durch drei neue Anmerkungen ersetzt.]

3.1.4

Kalibrierbedingungen

Messbedingungen, unter denen die Kalibrierung durchgeführt wird

3.1.5

Kalibrierung bei Referenzbedingungen

Kalibrierung, die die Bewertung der Unsicherheit bei Referenzbedingungen der zu kalibrierenden Lichtquelle beinhaltet

3.1.6

Kalibrierung bei Betriebsbedingungen

Kalibrierung, die die Bewertung der Unsicherheit bei Betriebsbedingungen der zu kalibrierenden Lichtquelle beinhaltet

3.1.7

Vertrauensniveau

geschätzte Wahrscheinlichkeit, dass der wahre Wert eines gemessenen Parameters in dem angegebenen Bereich liegt

3.1.8

Erweiterungsfaktor

k

k wird verwendet, um die erweiterte Unsicherheit U aus der Standardunsicherheit u zu berechnen

3.1.9

Dezibel

dB, dBm

Teil der Einheit Bel, B, mit der der optische Leistungspegel auf einer logarithmischen Skala ausgedrückt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Leistungspegel ist immer relativ zu einer Referenzleistung P_0

$$L_{P/P_0} = 10 \times \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

zu verstehen. Dabei werden P und P_0 in den gleichen linearen Einheiten ausgedrückt. Das Einheitenzeichen dBm wird zur Angabe von Leistungspegeln bezogen auf 1 mW benutzt:

$$L_{P/1\text{mW}} = 10 \times \log_{10} \left(\frac{P}{1\text{mW}} \right)$$

Das lineare Verhältnis R_{lin} zweier Strahlungsleistungen P_1 und P_2 kann alternativ auch als Leistungsdifferenz in Dezibel (dB) angegeben werden:

$$\Delta L_P = 10 \times \log_{10}(R_{\text{lin}}) = 10 \times \log_{10} \left(\frac{P_1}{P_2} \right) = 10 \times \log_{10}(P_1) - 10 \times \log_{10}(P_2)$$

Ähnlich können relative Unsicherheiten U_{lin} oder relative Abweichungen alternativ in Dezibel ausgedrückt werden:

$$U_{\text{dB}} = |10 \times \log_{10} |1 - U_{\text{lin}}||$$

Anmerkung 2 zum Begriff: Für die mathematische Betrachtung sollten alle Messergebnisse in linearen Einheiten (z. B. Watt) und alle Unsicherheiten in linearer Form angegeben werden. Das ist empfehlenswert, weil die Summierung von Unsicherheiten in logarithmischen Einheiten mathematisch schwierig ist. Die endgültige Angabe einer Unsicherheit darf entweder in linearer Form oder in dB erfolgen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Weitere Einzelheiten sollten ISO 80000-3 und IEC 60027-3 entnommen werden. Die Vorschriften von IEC 60027-3 gestatten keine Anhänge an Einheitenzeichen. Das Einheitenzeichen dBm wird jedoch in dieser Norm akzeptiert, da die Anwendung weit verbreitet und bei Anwendern von Lichtwellenleitermessgeräten üblich ist.

3.1.10

Abweichung der optischen Leistung

D_P

Differenz zwischen der eingestellten Leistung der zu kalibrierenden Lichtquelle P_{TLS} und der entsprechenden Referenzleistung P_{meas} , gemessen vom Referenzleistungsmessgerät

$$D_P = \frac{P_{\text{TLS}} - P_{\text{meas}}}{P_{\text{meas}}}$$

3.1.11

Betriebsbedingungen

geeigneter Satz von festgelegten Wertebereichen von Einflussgrößen, der üblicherweise umfangreicher ist als die Referenzbedingungen, für die die Unsicherheiten eines Messgerätes festgelegt sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Betriebsbedingungen und die Unsicherheit bei Betriebsbedingungen werden üblicherweise vom Hersteller aus Gründen der Verbraucherefreundlichkeit angegeben.

3.1.12

Referenzbedingungen

Bedingungen für die Prüfung des Betriebsverhaltens eines Messgerätes oder für den Vergleich von Messergebnissen

Anmerkung 1 zum Begriff: Referenzbedingungen schließen im Allgemeinen Referenzwerte und Referenzbereiche für die auf das Messgerät einwirkenden Einflussgrößen ein.

3.1.13

Seitenmoden-Unterdrückungsverhältnis

SMSR (en: side mode suppression ratio)

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

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

3.1.14

Wellenlänge

Wellenlänge einer Lichtquelle (in einem Vakuum)

3.1.15

Wellenlängenabweichung

D_λ
Differenz zwischen der Zielwellenlänge λ_{TLS} , die an der zu kalibrierenden Lichtquelle eingestellt wird, und der gemessenen Wellenlänge λ_{meas} in nm oder μm

$$D_\lambda = \lambda_{\text{TLS}} - \lambda_{\text{meas}}$$

3.2 Abkürzungen

APC	Steckverbinder mit angeschrägtem physikalischem Kontakt (en: angled physical contact)
DFB-LD	Laserdiode mit verteilter Rückkopplung (en: distributed feedback laser diode)
FWHM	Halbwertsbreite (en: full width half maximum)
OSA	optischer Spektrumanalysator (en: optical spectrum analyser)
SMSR	Seitenmoden-Unterdrückungsverhältnis (en: side-mode suppression ratio)
TLS	abstimmbare Laserquelle (en: tuneable laser source)
WDM	Wellenlängenmultiplex-Übertragungssysteme (en: wavelength-division multiplexing)

4 Vorbereitung der Kalibrierung

4.1 Organisation

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

Für jede durchgeführte Art der Kalibrierung muss ein dokumentiertes Messverfahren mit einer schrittweisen Arbeitsanweisung und der zu verwendenden Einrichtung vorliegen.

4.2 Rückverfolgbarkeit

Die Anforderungen von ISO/IEC 17025 sollten erfüllt werden.

Sämtliche beim Kalibrierverfahren verwendeten Normale müssen nach einem dokumentierten Programm, das auf nationale oder akkreditierte Kalibrierlabore rückverfolgbar ist, kalibriert werden.

Es ist empfehlenswert, auf jeder hierarchischen Ebene mehrere Normale zu unterhalten, so dass die Leistungsfähigkeit des Normals durch Vergleich auf derselben Ebene nachgewiesen werden kann. Es

ist sicherzustellen, dass alle anderen Kalibriereinrichtungen mit einem maßgeblichen Einfluss auf die Kalibrierergebnisse kalibriert sind.

4.3 Vorbereitung

Die Umgebungsbedingungen müssen mit der Unsicherheit im Einklang stehen, die für die Kalibrierung erforderlich ist:

- a) Kalibrierungen müssen in einer sauberen Umgebung durchgeführt werden.
- b) Es ist eine Temperaturüberwachung und -regelung erforderlich.
- c) Alle Laserquellen müssen sicher betrieben werden (siehe IEC 60825-1 und IEC 60825-2).
- d) Mit einem optischen Spektrumanalysator (en: optical spectrum analyser, OSA) sollte geprüft werden, ob das Spektrum am Ausgang einer abstimmbaren Laserquelle einmodig ist.

Die empfohlene Temperatur ist 23 °C (zum Beispiel 23 °C ± 2 °C). Die Kalibriereinrichtung benötigt vor der Prüfung mindestens 2 h bis zum Erreichen des Gleichgewichtes in ihrer Umgebung. Der abstimmbare Laserquelle muss eine Aufwärmzeit nach den Anweisungen des Herstellers eingeräumt werden.

4.4 Referenzkalibrierbedingungen

Zu den Referenzkalibrierbedingungen gehören gewöhnlich die folgenden Parameter und gegebenenfalls deren Toleranzbereiche: Datum, Temperatur, relative Feuchte, Luftdruck, angezeigte optische Leistung, angezeigte Wellenlänge, Lichtwellenleiter, Steckverbinder-Kupplungen-Kombination, eingestellte (spektrale) Bandbreite und Auflösungsbandbreite (spektrale Auflösung). Sofern keine anderslautenden Festlegungen bestehen, ist ein Einmoden-Lichtwellenleiter-Pigtail der Kategorie B1.1 oder Kategorie B1.3 nach den Festlegungen in IEC 60793-2-50 mit einer Länge von mindestens 2 m anzuwenden. Vorzugsweise ist die gesamte Kalibrierung in einer Situation durchzuführen, unter der Rückreflexionen vernachlässigbar sind. Folglich sollten immer, wenn es die Situation zulässt, schräg angeschliffene Steckverbinder und Isolatoren verwendet werden.

Die abstimmbare Laserquelle ist nach den Spezifikationen und Betriebsverfahren des Herstellers zu betreiben. Soweit durchführbar ist ein Bereich von Kalibrierbedingungen und -parametern auszuwählen, der die tatsächlichen Feldbetriebsbedingungen der zu kalibrierenden abstimmbaren Laserquelle nachbildet. Diese Parameter sind so zu wählen, dass die Genauigkeit der abstimmbaren Laserquelle, die in den Betriebsverfahren des Herstellers festgelegt ist, optimiert wird.

Die Bedingungen sind nach den Festlegungen im Abschnitt 7 zu dokumentieren.

ANMERKUNG Die Kalibrierergebnisse gelten nur für die Menge der Kalibrierbedingungen, die im Kalibrierverfahren verwendet wurden.

5 Kalibrierung der Wellenlänge

5.1 Überblick

Die Faktoren, die die Unsicherheit der Wellenlänge der zu kalibrierenden Lichtquelle verursachen, sind:

- a) die Eigenunsicherheit der zu kalibrierenden Lichtquelle, die bei der Kalibrierung bei Referenzbedingungen ermittelt wird, einschließlich der Temperatur- und Zeitabhängigkeit für diese strengen Bedingungen, und
- b) die Unsicherheiten infolge der Abhängigkeit von der optischen Leistung, der Temperatur und der Zeit, die bei der Kalibrierung bei breiteren Betriebsbedingungen ermittelt werden.

Eine Liste der Quellen von Unsicherheit ist in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 – Quelle der Unsicherheit bei der Kalibrierung der Wellenlänge

Quelle der Unsicherheit	Art des Ursprungs	Symbol
Wiederholpräzision	Messung	s_{λ_j}
Temperatur	Umgebung	$u_{\lambda_j, \Delta\theta}$
Stabilität	Kalibrierte Lichtquelle	$u_{\lambda_j, \Delta t}$
Auflösung der Wellenlänge	Referenzwellenlängenmessgerät	$u_{\lambda_j, res}$
Kalibrierung des Wellenlängenmessgeräts	Referenzwellenlängenmessgerät	$u_{WM_{\lambda_j}}$
Optische Leistung	Kalibrierte Lichtquelle	$u_{\lambda_j, P}$

Die Kalibrierung der Wellenlänge bei Referenzbedingungen nach den Festlegungen in 5.2 für einzelne Wellenlängen ist vorgeschrieben. Die Kalibrierung bei den in 5.3 beschriebenen Betriebsbedingungen ist wahlfrei.

5.2 Kalibrierung der Wellenlänge bei Referenzbedingungen

5.2.1 Aufbau

Bild 1 zeigt ein System für die Kalibrierung der Wellenlänge. Die Kalibrierung wird unter den angegebenen Referenzbedingungen durchgeführt.



Bild 1 – Messaufbau für die Kalibrierung der Wellenlänge

5.2.2 Kalibriereinrichtung

Für die Kalibrierung muss ein Wellenlängenmessgerät verwendet werden. Das Wellenlängenmessgerät sollte nach IEC 62129-2 kalibriert sein.

5.2.3 Verfahren für die Kalibrierung der Wellenlänge

Es wird das folgende Kalibrierverfahren durchgeführt:

- Unter Bezugnahme auf das in Bild 1 dargestellte Kalibriersystem sind die eingestellte Wellenlänge der Lichtquelle mit λ_{TLSj} und die Messwerte mit $\lambda_{meas\ i,j}$ angegeben. Die Unsicherheit der Wellenlängenmessung berücksichtigt die Wiederholpräzision der Abstimmung und die Hysterese der abstimmbaren Laserquelle (TLS). Die Hysterese ist definiert als die Abweichung, die sich durch die Abstimmung der gewünschten Wellenlänge sowohl von der Seite der kürzeren als auch von der Seite der längeren Wellenlänge aus ergibt.
- Die Wellenlängenmessung $\lambda_{meas\ i,j}$ wird mindestens zehnmal wiederholt. Es ist sicherzustellen, dass die TLS vor jeder Messung auf λ_{TLSj} abgestimmt wird. Die Annäherung an die Zielwellenlänge (j) sollte so erfolgen, dass eine Abstimmung sowohl von der Seite der längeren Wellenlänge als auch von der Seite der kürzeren Wellenlänge aus erfolgt.

- c) Die mittlere gemessene Wellenlänge wird wie folgt berechnet: $\bar{\lambda}_{meas\ j}$

$$\bar{\lambda}_{meas\ j} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \lambda_{meas\ i,j} \quad (1)$$

Dabei ist m die Anzahl der durchgeführten Messungen. Jeder Wert $\lambda_{meas\ i,j}$ ist ein angezeigter Mittelwert des Wellenlängenmessgerätes.

- d) Es wird die Wellenlängenabweichung berechnet: D_{λ_j}

$$D_{\lambda_j} = \lambda_{TLS\ j} - \bar{\lambda}_{meas\ j} \quad (2)$$

Dabei ist $\lambda_{TLS\ j}$ die abgestimmte Wellenlänge der TLS.

- f) Die Standardabweichung für λ_j von den (m) Wellenlängenmessergebnissen wird wie folgt berechnet: $s_{\lambda_{meas\ i,j}}$

$$s_{\lambda_j} = \left[\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (\lambda_{meas\ i,j} - \bar{\lambda}_{meas\ j})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

- g) Die Wiederholpräzision der Wellenlängenabstimmung wird wie folgt berechnet: S_{rep,λ_j}

$$S_{rep,\lambda_j} = 2 \times s_{\lambda_j} \quad (4)$$

Dieses Kalibrierverfahren muss für jede Kalibrierwellenlänge durchgeführt werden. Es müssen mindestens 10 einzelne Wellenlängen oder die Wellenlänge im Abstand von 10 nm einschließlich der ersten, der mittleren und der letzten Wellenlänge des Bereiches gemessen werden.

5.2.4 Abhängigkeit von den Bedingungen

5.2.4.1 Temperaturabhängigkeit (wahlfrei falls bekannt)

5.2.4.1.1 Aufbau

Bild 2 zeigt ein Kalibriersystem für die Temperaturabhängigkeit. Diese Kalibrierung wird unter den Referenzkalibrierbedingungen mit Ausnahme der Temperatur durchgeführt.



Bild 2 – Messaufbau für die Temperaturabhängigkeit

5.2.4.1.2 Kalibriereinrichtung

Es wird folgende Kalibriereinrichtung verwendet:

- a) Wellenlängenmessgerät mit der Fähigkeit der Messung von temperaturbedingten Wellenlängenabweichungen an der TLS.

- b) Temperaturregelte Kammer: Es ist sicherzustellen, dass die Messergebnisse nicht von der inneren Temperaturverteilung abhängen.

5.2.4.1.3 Kalibrierverfahren zur Bestimmung der Temperaturabhängigkeit

Es wird das folgende Kalibrierverfahren durchgeführt:

- a) Unter Bezugnahme auf das in Bild 2 dargestellte Kalibriersystem wird die Nennwellenlänge (j) der TLS bei der optischen Leistung $P_{\text{TLS},j}$ bei Referenzbedingungen $\lambda_{j,\text{ref}}$ gemessen. Die verwendete Wellenlänge sollte die größte Reaktion auf Temperaturänderungen zeigen. Ansonsten ist die Beschreibung mehrerer Ausgangswellenlängen erforderlich.
- b) Es ist die Wellenlänge der TLS bei der Temperatur $(i): \lambda_{j,\Theta_i}$ zu messen. Zur Bestimmung von $(i): \lambda_{j,\Theta_i}$ sollte der jeder Temperatureinstellung entsprechende Wellenlängenmesswert gemittelt werden. λ_{j,Θ_i}
- c) Es wird die relative Wellenlängenabweichung berechnet:

$$D_{\lambda_{j,\Theta_i}} = \lambda_{j,\Theta_i} - \lambda_{j,\text{ref}} \quad (5)$$

- d) Die Schritte b) und c) sind mit (m) verschiedenen Temperatureinstellungen Θ_i zu wiederholen, um sicherzustellen, dass dem Messgerät die notwendige Zeit eingeräumt wurde, um ein Temperaturgefälle zu beseitigen.
- e) Es ist die höchste $\max(D_{\lambda_{j,\Theta_i}}) \Big|_{i=1}^{i=m}$ und die niedrigste $\min(D_{\lambda_{j,\Theta_i}}) \Big|_{i=1}^{i=m}$ Wellenlängenabweichung zu berechnen.
- f) Die Standardunsicherheit für die Temperaturabhängigkeit der Wellenlänge $u_{\lambda_{j,\Delta\Theta}}$ bei der Kalibrierwellenlänge (j) unter Anwendung eines Rechteckverteilungsmodells ist:

$$u_{\lambda_{j,\Delta\Theta}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} \left[\max(D_{\lambda_{j,\Theta_i}}) \Big|_{i=1}^{i=m} - \min(D_{\lambda_{j,\Theta_i}}) \Big|_{i=1}^{i=m} \right] \quad (6)$$

Dabei ist $\Delta\Theta$ die Temperaturänderung.

Es ist empfehlenswert, für die Dauer dieser Kalibrierung eine Wellenlängenerfassung mit einem optischen Wellenlängenmessgerät durchzuführen.

5.2.4.2 Stabilität der Wellenlänge

5.2.4.2.1 Aufbau

Bild 3 zeigt ein Kalibriersystem für die Stabilität der Wellenlänge. Diese Kalibrierung wird unter den Referenzkalibrierbedingungen mit Ausnahme der Zeit durchgeführt.



Bild 3 – Messaufbau für die Stabilität der Wellenlänge

5.2.4.2.2 Kalibriereinrichtung

Es ist empfehlenswert, ein Wellenlängenmessgerät mit der Fähigkeit der Messung von Wellenlängenschwankungen der TLS zu verwenden.

5.2.4.2.3 Kalibrierverfahren für die Stabilität der Wellenlänge

Es wird das folgende Kalibrierverfahren durchgeführt:

- Unter Bezugnahme auf das in Bild 3 dargestellte Kalibriersystem wird die Messung durchgeführt, nachdem die Lichtquelle eingeschaltet worden und einige Zeit nach den Anweisungen des Herstellers warmgelaufen ist.
- Es ist ein bestimmtes Zeitintervall (Δt) auszuwählen, zum Beispiel 10 min, das für die Durchführung von mindestens 10 Wellenlängenmessungen mit einem Referenzwellenlängenmessgerät ausreicht (für den Beispielfall wird eine Stabilität über 10 min gemessen).
- Es muss eine stetige Wellenlängenerfassung mit einem Datums- und Zeitstempel der Wellenlängen erfolgen, die in einem computerlesbaren Format gespeichert wird.
- Es ist sicherzustellen, dass (m) Messungen je Zeitintervall mit ($m > 10$) aufgenommen werden, die genau mit dem gewünschten Zeitintervall (Δt) übereinstimmen.
- Es ist die Standardabweichung von (m) Wellenlängenmessungen entsprechend dem Zeitintervall (Δt) zu berechnen:

$$u_{\lambda_j, \Delta t} = \left[\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (\lambda_{j, t_i} - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \lambda_{j, t_i})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

- Zur Bewertung der Wellenlängenstabilität der TLS ist mindestens ein Zeitintervall erforderlich. In diesem Fall gilt für die Unsicherheit der Stabilität der Wellenlänge:

$$S_{\text{stab}, \lambda_j, \Delta t} = 2 \times u_{\lambda_j, \Delta t} \quad (8)$$

Die Wellenlänge der Lichtquelle sollte mehr als zehnmal (m -mal) nacheinander gemessen werden, wobei wenigsten ein paar Messungen je Minute empfohlen werden. Das Zeitintervall zwischen den wiederholten Messungen sollte länger als die Ansprechzeit der Lichtquelle sein. Vorzugsweise sollten mehrere Zeitintervalle erfasster Daten unter Anwendung eines gleitenden Fensters berechnet und der Höchstwert aufgezeichnet werden.

5.2.5 Unsicherheit bei Referenzbedingungen

Die Unsicherheit der Kalibrierwellenlänge (j) bei Referenzbedingungen wird wie folgt angegeben:

$$u_{\lambda_{j, \text{ref}}} = \left(\frac{s_{\lambda_j}^2}{m} + u_{\lambda_j, \Delta \Theta}^2 + u_{\lambda_j, \Delta t}^2 + u_{\lambda_j, \text{res}}^2 + u_{\text{WM}_{\lambda_j}}^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

Dabei werden $u_{\lambda_j, \Delta \Theta}$ und $u_{\lambda_j, \Delta t}$ für die in 5.2.4 festgelegten Referenzbedingungen bewertet, $u_{\lambda_j, \text{res}}$ ist die Unsicherheit der Wellenlängenauflösung, die mit $u_{\lambda_j, \text{res}} = d\lambda_j / 2\sqrt{3}$ ($d\lambda_j$ ist die Wellenlängenauflösung des Wellenlängenmessgerätes) und $u_{\text{WM}_{\lambda_j}}$ ist die Unsicherheit des Wellenlängenmessgerätes bei der Wellenlänge (j) nach der Beschreibung in seinem Zertifikat.

Die erweiterte Unsicherheit für die Kalibrierwellenlänge (j) bei Referenzbedingungen $U_{\lambda_{j, \text{ref}}}$ mit einem Überdeckungsfaktor k wird wie folgt angegeben:

$$U_{\lambda_{j, \text{ref}}} = \pm k u_{\lambda_{j, \text{ref}}} \quad (10)$$

Dabei entspricht k einem geeigneten Vertrauensniveau nach den Angaben in Abschnitt A.5.

Wenn die Justierungen am Messgerät basierend auf den Kalibrierergebnissen vorgenommen werden, ist die Wiederholung der Kalibrierungen empfehlenswert, um die Korrekturen zu überprüfen.

5.3 Kalibrierung der Wellenlänge bei Betriebsbedingungen

5.3.1 Allgemeines

Das Kalibrierverfahren wird durchgeführt, wenn die Lichtquelle außerhalb der Referenzbedingungen eingesetzt wird.

Die einzelnen Faktoren der Wellenlängenunsicherheit bei Betriebsbedingungen sind folgende:

- a) Abhängigkeit von der optischen Leistung;
- b) Temperaturabhängigkeit;
- c) Wellenlängenstabilität.

5.3.2 Abhängigkeit von der optischen Leistung

5.3.2.1 Allgemeines

Bild 4 zeigt ein Kalibriersystem für die Abhängigkeit von der optischen Leistung. Diese Kalibrierung sollte unter den Referenzkalibrierbedingungen mit Ausnahme der optischen Leistung durchgeführt werden. Sie muss nach der Kalibrierung der optischen Leistung (6.2.3) durchgeführt werden.



Bild 4 – Messaufbau für die Abhängigkeit von der optischen Leistung

5.3.2.2 Kalibriereinrichtung

Es wird folgende Kalibriereinrichtung verwendet:

- Das Wellenlängenmessgerät sollte nach IEC 62129-2 kalibriert sein.

5.3.2.3 Kalibrierverfahren für die Bestimmung der Leistungsabhängigkeit

Es wird das folgende Kalibrierverfahren durchgeführt:

- a) Die Wellenlänge (j) wird bei m optischen Leistungen (mehr als 5) der Lichtquelle $P_{TLS\ i\ j}$ einschließlich der oberen und der unteren Grenze des festgelegten Leistungsbereiches gemessen. Der Abstand zwischen diesen benachbarten Pegeln sollte kleiner als 10 dB sein.
- b) Unter Bezugnahme auf das in Bild 4 dargestellte Kalibriersystem werden die eingestellte Wellenlänge der Lichtquelle mit $\lambda_{TLS\ i\ j}$ und der Messwert des Wellenlängenmessgerätes mit $\lambda_{P\ i\ j}$ angegeben.
- c) Die gemessene Wellenlänge $\lambda_{P\ i\ j}$ wird für alle (m) verwendeten Einstellungen der Ausgangsleistung $P_{TLS\ i\ j}$ aufgezeichnet.
- d) Es ist die Standardunsicherheit der Wellenlänge (j) infolge der optischen Ausgangsleistung der TLS wie folgt zu berechnen:

$$u_{\lambda_{j,P}} = \left[\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (\lambda_{P\ i\ j} - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \lambda_{P\ i\ j})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

5.3.3 Unsicherheit bei Betriebsbedingungen

Die Unsicherheit der Kalibrierwellenlänge (j) bei beliebigen Betriebsbedingungen wird wie folgt angegeben:

$$u_{\lambda_{j,op}} = \left(s_{\lambda_j}^2 + u_{\lambda_j,P}^2 + u_{\lambda_j,\Delta\Theta}^2 + u_{\lambda_j,\Delta t}^2 + u_{\lambda_j,res}^2 + u_{WM_{\lambda_j}}^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

Dabei werden $u_{\lambda_j,P}$, $u_{\lambda_j,\Delta\Theta}$ und $u_{\lambda_j,\Delta t}$ für die Betriebsbedingungen bewertet, $u_{\lambda_j,res}$ ist die Unsicherheit der Wellenlängenauflösung, die mit $u_{\lambda_j,res} = d\lambda_j / 2\sqrt{3}$ ($d\lambda_j$ ist die Wellenlängenauflösung des Wellenlängenmessgerätes) und $u_{WM_{\lambda_j}}$ ist die Unsicherheit des Wellenlängenmessgerätes bei der Wellenlänge (j) nach der Beschreibung in seinem Zertifikat.

Die erweiterte Unsicherheit für die Kalibrierwellenlänge (j) bei allen Betriebsbedingungen $U_{\lambda_{j,op}}$ mit einem Überdeckungsfaktor k wird wie folgt angegeben:

$$U_{\lambda_{j,op}} = \pm k u_{\lambda_{j,op}} \quad (13)$$

Dabei entspricht k einem geeigneten Vertrauensniveau nach den Angaben in Abschnitt A.5.

6 Kalibrierung der optischen Leistung

6.1 Überblick

Die Faktoren, die die Unsicherheit der eingestellten optischen Leistung der zu kalibrierenden Lichtquelle verursachen, sind:

- die Eigenunsicherheit der zu kalibrierenden Lichtquelle, die bei der Kalibrierung bei Referenzbedingungen ermittelt wird, einschließlich von Temperatur- und Zeitabhängigkeit sowie der Abhängigkeit von der Verbindungswiederholpräzision/-reproduzierbarkeit für diese strengen Bedingungen, und
- die Unsicherheiten infolge der Abhängigkeit von der Wellenlänge, der Temperatur, der Zeit und der Verbindungswiederholpräzision/-reproduzierbarkeit, die bei der Kalibrierung bei breiteren Betriebsbedingungen ermittelt werden.

Eine Liste der Quellen von Unsicherheit ist in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2 – Quelle der Unsicherheit bei der Kalibrierung der optischen Leistung

Quelle der Unsicherheit	Art des Ursprungs	Symbol
Wiederholpräzision	Messung	$s_{D_{P_j}}$
Temperatur	Umgebung	$u_{D_{P_j,\Delta\Theta}}$
Stabilität	Kalibrierte Lichtquelle	$u_{D_{P_j,\Delta t}}$
Verbindungsreproduzierbarkeit	Kalibrierte Lichtquelle	$u_{D_{P_j,con}}$
Auflösung der optischen Leistung	Referenzmessgerät für die optische Leistung	$u_{D_{P_j,res}}$

Quelle der Unsicherheit	Art des Ursprungs	Symbol
Kalibrierung des optischen Leistungsmessgeräts	Referenzmessgerät für die optische Leistung	$u_{PM_{P_j}}$
Wellenlänge	Kalibrierte Lichtquelle	$u_{D_{P,\lambda}}$

Die Kalibrierung der optischen Leistung bei Referenzbedingungen nach den Festlegungen in 6.2 ist vorgeschrieben. Die Kalibrierung bei den in 6.3 beschriebenen Betriebsbedingungen ist wahlfrei.

6.2 Kalibrierung der optischen Leistung bei Referenzbedingungen

6.2.1 Aufbau

Bild 5 zeigt ein Kalibriersystem für die Kalibrierung der optischen Leistung. Die Kalibrierung wird unter den angegebenen Referenzbedingungen durchgeführt.

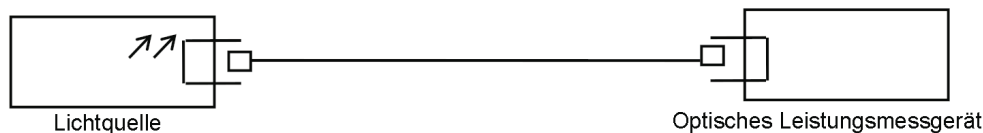


Bild 5 – Messaufbau für die Eigenkalibrierung der optischen Leistung

ANMERKUNG 1 Bei stark kohärenten Laserquellen können infolge der Beeinflussung durch parasitäre Interferenzen, die durch Reflexionen von den Steckverbinderendflächen und ebenfalls vom optischen Leistungsmessgerät hervorgerufen werden, möglicherweise Probleme bei der Kalibrierung ihrer Leistung auftreten. Die Verwendung von Steckverbindern mit angeschrägtem physikalischem Kontakt (en: angled physical contact, APC), in Reihe geschaltete optische Isolatoren und die Nutzung der „kohärenten Steuerungsfunktion“ des Lasers (falls ausgerüstet) kann möglicherweise Störbeeinflussungen auf ein akzeptables Level reduzieren.

Die zu kalibrierende optische Leistung wird am Ende eines Lichtwellenleiters gemessen, was möglicherweise Einfügedämpfungen verursachen kann. Die Kalibrierbedingung des verwendeten Lichtwellenleiters wie zum Beispiel Länge, Steckertyp, in Reihe geschaltete Isolatoren, falls vorhanden, sollte vermerkt werden.

6.2.2 Kalibriereinrichtung

Das optische Leistungsmessgerät sollte nach IEC 61315 kalibriert sein.

6.2.3 Verfahren zur Kalibrierung der Leistung bei Referenzbedingungen

Es wird das folgende Kalibrierverfahren durchgeführt:

- Lichtquelle und Leistungsmessgerät werden mit dem zu messenden Lichtwellenleiter verbunden.
- Die Wellenlänge der Lichtquelle und des optischen Leistungsmessgerätes wird auf die geforderte Kalibrierwellenlänge eingestellt.
- Die Ausgangsleistung der Lichtquelle wird auf P_{TLS_j} eingestellt. Die Unsicherheit der Leistungsmessung berücksichtigt die Wiederholpräzision der Einstellung und die Hysterese der abstimmbaren Laserquelle (TLS). Die Hysterese ist definiert als die Abweichung, die sich durch die Einstellung der gewünschten Leistung sowohl von der Seite der unteren als auch von der Seite der oberen Leistung aus ergibt.
- Der Messwert wird vom optischen Leistungsmessgerät abgelesen.
- Diese Messung wird mindestens zehnmal wiederholt. Es ist sicherzustellen, dass die TLS vor jeder Messung auf P_{TLS_j} eingestellt wird. Die Annäherung an die Zielleistung sollte so erfolgen, dass die

Einstellung sowohl von der Seite der unteren als auch von der Seite der oberen Leistung aus erfolgt.

$$D_{P_{ij}} = \frac{P_{\text{TLS } j} - P_{\text{meas } ij}}{P_{\text{meas } ij}} \quad (14)$$

Dabei ist $P_{\text{TLS } j}$ die eingestellte optische Leistung der TLS. Jeder Wert $P_{\text{meas } ij}$ ist ein angezeigter Mittelwert des Leistungsmessgerätes. Es wird die Leistungsabweichung berechnet: D_{P_j} .

$$D_{P_j} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m D_{P_{ij}} \quad (15)$$

Dabei ist m die Anzahl der durchgeführten Messungen.

- f) Es ist die Standardabweichung für D_{P_j} für die (m) Leistungsmessergebnisse zu berechnen: $P_{\text{meas } ij}$

$$s_{D_{P_j}} = \left[\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (D_{P_{ij}} - D_{P_j})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (16)$$

- g) Es ist die Wiederholpräzision der Einstellung der optischen Leistung zu bestimmen: $S_{\text{rep}, D_{P_j}}$

$$S_{\text{rep}, D_{P_j}} = 2 \times s_{D_{P_j}} \quad (17)$$

Die Unsicherheitsberechnungen (6.2.3 a) bis (6.2.3 g) sollten für jede Kalibrierleistung durchgeführt werden.

6.2.4 Abhängigkeit von den Bedingungen

6.2.4.1 Temperaturabhängigkeit (wahlfrei falls bekannt)

6.2.4.1.1 Aufbau

Bild 6 zeigt ein Kalibriersystem für die Temperaturabhängigkeit. Diese Kalibrierung wird unter den Referenzkalibrierbedingungen mit Ausnahme der Temperatur durchgeführt.

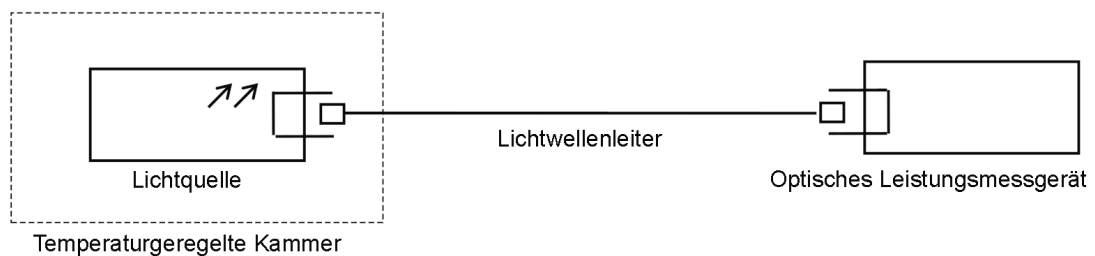


Bild 6 – Messaufbau für die Temperaturabhängigkeit

6.2.4.1.2 Kalibriereinrichtung

Es wird folgende Kalibriereinrichtung verwendet:

- Optisches Leistungsmessgerät mit der Fähigkeit der Messung von temperaturabhängigen Abweichungen der optischen Leistung an der TLS.
- Temperaturgeregelter Kammer: Es ist sicherzustellen, dass die Messergebnisse nicht von der inneren Temperaturverteilung abhängen.

6.2.4.1.3 Kalibrierverfahren zur Bestimmung der Temperaturabhängigkeit

Es wird das folgende Kalibrierverfahren durchgeführt:

- Unter Bezugnahme auf das in Bild 6 dargestellte Kalibriersystem wird die optische Nennleistung der TLS bei der Wellenlänge $\lambda_{\text{TLS } j}$ bei Referenzbedingungen gemessen: $P_{j,\text{ref}}$. Die verwendete optische Leistung sollte die größte Reaktion auf Temperaturänderungen zeigen. Ansonsten ist die Beschreibung mehrerer optischer Ausgangsleistungen erforderlich.
- Es ist die optische Leistung der TLS bei der Temperatur (i) zu messen: P_{j,Θ_i} . Zur Bestimmung von P_{j,Θ_i} sollte der jeder Temperatureinstellung entsprechende optische Leistungsmesswert gemittelt werden.
- Es wird die relative Abweichung der optischen Leistung berechnet:

$$D_{P_{j,\Theta_i}} = \frac{P_{j,\Theta_i} - P_{j,\text{ref}}}{P_{j,\text{ref}}} \quad (18)$$

- Die Schritte b) und c) sind mit (m) verschiedenen Temperatureinstellungen Θ_i zu wiederholen, um sicherzustellen, dass dem Messgerät die notwendige Zeit eingeräumt wurde, um ein Temperaturgefälle zu beseitigen.
- Es ist die höchste $\max(D_{P_{j,\Theta_i}}) \Big|_{i=1}^{i=m}$ und die niedrigste $\min(D_{P_{j,\Theta_i}}) \Big|_{i=1}^{i=m}$ Abweichung der optischen Leistung zu berechnen.
- Die Standardunsicherheit für die Temperaturabhängigkeit der optischen Leistung $u_{P_{j,\Delta\Theta}}$ bei der optischen Kalibrierleistung unter Anwendung eines Rechteckverteilungsmodells ist:

$$u_{D_{P_{j,\Delta\Theta}}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} \left[\max(D_{P_{j,\Theta_i}}) \Big|_{i=1}^{i=m} - \min(D_{P_{j,\Theta_i}}) \Big|_{i=1}^{i=m} \right] \quad (19)$$

Dabei ist $\Delta\Theta$ die Temperaturänderung.

Es ist empfehlenswert, für die Dauer dieser Kalibrierung eine Erfassung der optischen Leistung mit einem optischen Leistungsmessgerät durchzuführen.

6.2.4.2 Stabilität der optischen Leistung

6.2.4.2.1 Aufbau

Bild 7 zeigt ein Kalibriersystem für die Stabilität der optischen Leistung. Diese Kalibrierung wird unter den Referenzkalibrierbedingungen mit Ausnahme der Zeit durchgeführt.



Bild 7 – Messaufbau für die Stabilität der optischen Leistung

6.2.4.2.2 Kalibriereinrichtung

- Es ist empfehlenswert, ein optisches Leistungsmessgerät mit der Fähigkeit der Messung von Schwankungen der optischen Leistung der TLS zu verwenden.

6.2.4.2.3 Kalibrierverfahren für die Stabilität der optischen Leistung

Es wird das folgende Kalibrierverfahren durchgeführt:

- Unter Bezugnahme auf das in Bild 7 dargestellte Kalibriersystem wird die Messung durchgeführt, nachdem die Lichtquelle eingeschaltet worden und einige Zeit nach den Anweisungen des Herstellers warmgelaufen ist.
- Es ist ein bestimmtes Zeitintervall (Δt) auszuwählen, zum Beispiel 10 min, das für die Durchführung von mindestens 10 Messungen der optischen Leistung mit einem Referenzleistungsmessgerät ausreicht (für den Beispielfall wird eine Stabilität über 10 min gemessen).
- Es muss eine stetige Erfassung der optischen Leistung mit einem Datums- und Zeitstempel erfolgen, die in einem computerlesbaren Format gespeichert wird.
- Es ist sicherzustellen, dass (m) Messungen je Zeitintervall mit ($m > 10$) aufgenommen werden, die genau mit dem gewünschten Zeitintervall (Δt) übereinstimmen.
- Es ist die Standardabweichung von (m) Messungen entsprechend dem Zeitintervall (Δt) zu berechnen:

$$u_{D_{P_j\Delta t}} = \left[\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (P_{j,t_i} - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m P_{j,t_i})^2 \right]^{\frac{1}{2}} / \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m P_{j,t_i} \right) \quad (20)$$

- Zur Bewertung der Stabilität der optischen Leistung der TLS-Quelle ist mindestens ein Zeitintervall erforderlich. In diesem Fall gilt für die Unsicherheit der Stabilität der optischen Leistung:

$$S_{\text{stab}, D_{P_j\Delta t}} = 2 \times u_{D_{P_j\Delta t}} \quad (21)$$

Vorzugsweise sollten mehrere Zeitintervalle erfasster Daten unter Anwendung eines gleitenden Fensters berechnet und der Höchstwert aufgezeichnet werden.

Die optische Leistung der Lichtquelle sollte mehr als zehnmal (m -mal) nacheinander gemessen werden, wobei wenigsten ein paar Messungen je Minute empfohlen werden. Das Zeitintervall zwischen den wiederholten Messungen sollte länger als die Ansprechzeit der Lichtquelle sein.

6.2.4.3 Verbindungswiederholpräzision/-reproduzierbarkeit

6.2.4.3.1 Aufbau

Bild 8 zeigt ein Kalibriersystem für die Stabilität der optischen Leistung. Diese Kalibrierung wird unter den Referenzkalibrierbedingungen durchgeführt.



Bild 8 – Messaufbau für die Verbindungswiederholpräzision/-reproduzierbarkeit

6.2.4.3.2 Kalibriereinrichtung

- Das optische Leistungsmessgerät sollte nach IEC 61315 kalibriert sein.

6.2.4.3.3 Kalibrierverfahren für die Verbindungswiederholpräzision/-reproduzierbarkeit

Es wird das folgende Kalibrierverfahren durchgeführt:

- Unter Bezugnahme auf das in Bild 8 dargestellte Kalibriersystem werden die Lichtquelle und das Leistungsmessgerät mit dem zu messenden Lichtwellenleiter verbunden.