

DIN EN 61744

ICS 33.140; 33.180.01

Ersatz für
DIN EN 61744:2002-01
Siehe jedoch Beginn der
Gültigkeit

**Kalibrierung von Prüfaufbauten zur Bestimmung der chromatischen
Dispersion (IEC 61744:2005);
Deutsche Fassung EN 61744:2005**

Calibration of fibre optic chromatic dispersion test sets (IEC 61744:2005);
German version EN 61744:2005

Etalonnage des ensembles d'essai de la dispersion chromatique des fibres optiques
(CEI 61744:2005);
Version allemande EN 61744:2005

Gesamtumfang 53 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2005-09-01 angenommene EN 61744 gilt als DIN-Norm ab 2006-10-01.

Daneben darf DIN EN 61744:2002-01 noch bis 2008-09-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 61744:2005-09.

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

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

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

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

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnitsnummer, 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.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 61744:2002-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Ergänzung der Wellenlänge im Vakuum als Bezugsgröße.

Frühere Ausgaben

DIN EN 61744:2002-01

Kalibrierung von Prüfaufbauten zur Bestimmung der chromatischen Dispersion
(IEC 61744:2005)

Calibration of fibre optic chromatic dispersion
test sets
(IEC 61744:2005)

Etalonnage des ensembles d'essai de la
dispersion chromatique des fibres optiques
(CEI 61744:2005)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2005-09-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

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

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

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

CENELEC

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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

© 2005 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 61744:2005 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 86/236/FDIS, zukünftige 2. Ausgabe von IEC 61744, ausgearbeitet von dem IEC/TC 86 „Fibre optics“, wurde der IEC/CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2005-09-01 als EN 61744 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 61744:2001.

Die wesentliche Änderung ist die Ergänzung der Wellenlänge im Vakuum als Bezugsgröße. In dem wachsenden Markt von LWL-Produkten ist diese Bezugnahme wichtig für genaue Produktion, Messungen und Verkauf, wie z. B. für dichte Wellenlängen-Multiplex(DWDM)-Systeme.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2006-07-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2008-09-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61744:2005 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 61315	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61315:1997 (nicht modifiziert).
IEC 61746	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61746:2005 (nicht modifiziert).
IEC 60793-1-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60793-1-1:2003 (nicht modifiziert).
ISO 9000 (alle Teile)	ANMERKUNG	Harmonisiert in der Reihe EN ISO 9000 (nicht modifiziert).
ISO 10012	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN ISO 10012 (nicht modifiziert).

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
0 Einleitung.....	5
0.1 Chromatische Dispersion in Lichtwellenleitern	5
0.2 Prüfaufbauten zur Bestimmung der chromatischen Dispersion.....	5
0.3 Überblick über die in dieser Norm beschriebenen Kalibrierverfahren	5
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Kalibrierung	14
4.1 Grundprinzipien für die Kalibrierung von CD-Prüfaufbauten	14
4.2 Vorbereitung zur Kalibrierung	16
4.3 Durchführung der Kalibrierung	17
4.4 Durchführung der Kalibrierungsüberprüfung.....	18
5 Durchführung der Wellenlängenkalibrierung.....	18
5.1 Allgemeines.....	18
5.2 Diskrete Strahlungsquellen	18
5.3 Abstimmbare Strahlungsquellen	19
5.4 Unsicherheiten und Aufzeichnung	21
6 Durchführung der Laufzeitkalibrierung (Dispersionskalibrierung).....	21
6.1 Allgemeines.....	21
6.2 Ausrüstungen und Vorbereitung	21
6.3 Durchführung der Kalibrierung	23
6.4 Unsicherheiten und Aufzeichnung	24
7 Durchführung der Kalibrierungsüberprüfung.....	24
7.1 Allgemeines.....	24
7.2 Ausrüstungen und Vorbereitung	25
7.3 Durchführung.....	25
7.4 Unsicherheiten und Aufzeichnung	26
7.5 Herstellung der nachgeordneten Referenzfaser	26
8 Dokumentation	27
8.1 Spezifikationen, Messwerte und Unsicherheiten	27
8.2 Rückverfolgbarkeitsangaben.....	28
Anhang A (normativ) Mathematische Grundlagen	29
Anhang B (normativ) Bestimmung der Betriebsunsicherheiten	33
Anhang C (informativ) Chromatische Dispersion	40
Anhang D (informativ) Kalibrierungskompensation von CD-Prüfaufbauten.....	44
Anhang E (informativ) Wellenlänge im Vakuum und in Luft.....	47
Literaturhinweise	50

	Seite
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	51
Bild 1 – Typische Kalibrierkette für CD-Prüfaufbauten	9
Bild 2 – Typische Maßverkörperung einer optischen Verzögerungsleitung für die Laufzeitkalibrierung eines CD-Prüfaufbaus	22
Bild 3 – Typische Nachbildung einer differentiellen Laufzeit (Dispersion) zur Kalibrierung von CD- Prüfaufbauten	23
Bild 4 – Referenzfaservergleich	26
Bild 5 – Herstellung einer Referenzfaser	26
Bild A.1 – Abweichung und Unsicherheit vom Typ B und wie beide durch eine passende größere Unsicherheit zu ersetzen sind	30
Bild C.1 – Blockschaltbild eines CD-Prüfaufbaus	41
Bild E.1 – Dispersion und Wellenlänge in Luft und im Vakuum	48

0 Einleitung

0.1 Chromatische Dispersion in Lichtwellenleitern

Die chromatische Dispersion ist die Änderung der Laufzeit der Lichtausbreitung in einer Faserlänge mit der Wellenlänge des Lichtes. Diese Änderung kann eine Bandbreitenbegrenzung der Faser bewirken, wenn sie für die Übertragung von Kommunikationssignalen verwendet wird. Zu weiteren Erläuterungen siehe Anhang C und IEC 60793-1-1.

0.2 Prüfaufbauten zur Bestimmung der chromatischen Dispersion

Prüfaufbauten zur Bestimmung der chromatischen Dispersion (CD-Prüfaufbauten) werden verwendet, um die Eigenschaften der chromatischen Dispersion von Lichtwellenleitern (LWL) zu messen, und sie enthalten üblicherweise eine optische Strahlungsquelle mit bekannter (bekannten) Wellenlänge(n), LWL-Lichtein- und -auskopplungsvorrichtungen, optische Empfangseinrichtungen sowie elektronische oder optische Einrichtungen zur Bestimmung der optischen Laufzeit oder Dispersion bei der Wellenlänge der Strahlungsquelle. Es gibt mehrere verschiedene Varianten, die alle leicht unterschiedliche Kalibriertechniken erfordern. Zu weiteren Einzelheiten wird auf Anhang C verwiesen.

Im Allgemeinen erzeugen alle CD-Prüfaufbauten ein Ergebnis für die Faserlaufzeit oder -dispersion als Funktion der Wellenlänge des Lichtes, üblicherweise in grafischer Form. Dabei wird die Wellenlänge auf der x-Achse und die Laufzeit oder Dispersion auf der y-Achse aufgetragen.

0.3 Überblick über die in dieser Norm beschriebenen Kalibrierverfahren

Für die Qualitätsüberwachung der Lichtwellenleiterproduktion, die Faserforschung und ähnliche Aktivitäten ist es wichtig, die CD-Prüfaufbauten mit bekannten und rückverfolgbaren Normalen zu kalibrieren. Die vorliegende Norm beschreibt die detaillierten Verfahren, die zur Durchführung der Kalibrierung eines CD-Prüfaufbaus verwendet werden.

Die Kalibrierung eines CD-Prüfaufbaus wird durch die Anwendung bekannter Maßverkörperungen oder Normale (die selbst gegen ein Referenznormal kalibriert wurden) auf CD-Prüfaufbauten, die Messung ihrer Übertragungsfunktion und den Abgleich (Korrektur) des CD-Prüfaufbaus vorgenommen, um Prüfergebnisse zu erreichen, die mit den verwendeten Normalen übereinstimmen. Auf diese Weise werden die Ergebnisse des CD-Prüfaufbaus in enge Übereinstimmung mit anderen CD-Prüfaufbauten gebracht, die gleichfalls nach dem in der vorliegenden Norm beschriebenen Verfahren kalibriert wurden.

Maßverkörperungen und Normale, die hauptsächlich verwendet werden, sind:

- a) Wellenlängenmaßverkörperungen, die zur Kalibrierung der Wellenlänge(n) der Lichtquelle verwendet werden, die im CD-Prüfaufbau zur Anwendung kommen. Sie dienen zur Ermittlung der korrekten Anregungswellenlänge für das System (der „x-Achse“), um damit anschließend die korrekte Laufzeit oder Dispersion (die „y-Achse“) zu bestimmen.
- b) Laufzeit- oder Dispersionsmaßverkörperungen, die zur Kalibrierung der Laufzeit- oder Dispersionsanzeige (der „y-Achse“) des CD-Prüfaufbaus verwendet werden.

Die Kalibrierung kann nur unter Verwendung dieser Maßverkörperungen durchgeführt werden. Nachdem die Kalibrierung abgeschlossen wurde, wird ein Kalibrierzeitraum festgelegt, für den davon ausgegangen wird, dass der CD-Prüfaufbau kalibriert bleibt. Am Ende dieses Zeitraumes würde es erforderlich sein, festzulegen, ob die Kalibrierung des CD-Prüfaufbaus eine Aktualisierung (Änderung) erfordert; dies kann unter Verwendung der vorstehend beschriebenen Maßverkörperung oder unter Benutzung einer bekannten Normalfaser (Referenzfaser) durchgeführt werden, deren chromatische Dispersion bekannt ist. Dies wird als Kalibrierungsüberprüfung bezeichnet. Die Faser bildet eine stabile Quelle einer bekannten Dispersion und darf als eine einfache Dispersionsmaßverkörperung verwendet werden.

Falls festgestellt wird, dass sich die Kalibrierung innerhalb der erforderlichen Unsicherheitsgrenzen nicht verändert hat, ist es möglich, einfach den Kalibrierzeitraum um einen festgelegten Wert zu verlängern.

Falls jedoch festgestellt wird, dass sich die Messergebnisse des CD-Prüfaufbaus im Vergleich zu den Anforderungen des Anwenders erheblich geändert haben (d. h., der Prüfaufbau ist abgedriftet), dann sollte eine Kalibrierung unter Verwendung der Maßverkörperung (wenn zu diesem Zeitpunkt nicht schon ausgeführt) durchgeführt und erneuert werden.

Die vorstehende Vorgehensweise stellt sicher, dass die Kalibrierung des CD-Prüfaufbaus immer nur unter Verwendung bekannter Normale (Maßverkörperungen) durchgeführt wird, dass aber, wenn der CD-Prüfaufbau innerhalb des gewählten Kalibrierzeitraumes ausreichend stabil ist, eine einfache Überprüfung der Kalibrierung ausreichen kann, um dies festzustellen und eine Verlängerung des Kalibrierzeitraumes zuzulassen (zu rechtfertigen). Die Verlängerung kann unbegrenzt über viele Kalibrierzeiträume wiederholt werden, wenn der CD-Prüfaufbau weiterhin über alle Kalibrierzeiträume innerhalb der Unsicherheitsgrenzen verbleibt.

Um als kalibriert und in Übereinstimmung mit dieser Norm angesehen zu werden, muss ein CD-Prüfaufbau seine Kalibrierjustierung auf der Grundlage des Vergleiches mit Maßverkörperungen für die Primärparameter von Wellenlänge und Laufzeit (Dispersion) erhalten haben. Diese Kalibrierung der Primärparameter ist in allen Fällen erforderlich. Für die Sicherstellung der Kalibrierung des CD-Prüfaufbaus auf die erforderliche Unsicherheit kann sie ausreichend sein oder auch nicht ausreichend sein.

Es kann außerdem erforderlich sein, den Kalibrierzustand eines CD-Prüfaufbaus unter Verwendung einer kalibrierten Referenzfaser zu bestätigen oder zu kompensieren. Die Kalibrierungskompensation des CD-Prüfaufbaus ist im informativen Anhang D umfassender erläutert. Es sollte beachtet werden, dass für die Sicherstellung der Kalibrierung des CD-Prüfaufbaus die alleinige Verwendung einer kalibrierten Referenzfaser nicht ausreichend ist.

Es sollte auch beachtet werden, dass, wenn ein kalibrierter CD-Prüfaufbau einer Kalibrierungskompensation mit einer kalibrierten Referenzfaser unterworfen wird, der Geltungsbereich und Umfang seiner Kalibrierung auf die Bedingungen beschränkt sind, die zur Zeit der Kalibrierungskompensation gelten (d. h. Wellenlänge, Fasertyp, Dämpfungsbereich usw.). Es sollte sorgfältig darauf geachtet werden, dass in dieser Weise kalibrierte und kompensierte Prüfaufbauten nur innerhalb der entsprechenden Grenzen ihres Kalibrierumfangs verwendet werden. Die für die Kompensation bei einer Wellenlängengruppe für einen Fasertyp erforderlichen Abgleichvorgänge können die Unsicherheit der Messung für andere Fasertypen mit unterschiedlichen kleinsten Dispersionswellenlängen erhöhen.

In diesem Schriftstück wird für die Lichtwellenlänge und -geschwindigkeit die normale Luft als Bezugsmedium angenommen. Da jedoch die Lichtgeschwindigkeit in Luft (oder eher der Brechungsindex der Luft) vom barometrischen Druck, der Luftfeuchte und der Temperatur abhängt, ist es manchmal vorteilhaft, die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum als Bezugsgröße zu verwenden und damit einen Brechungsindex = 1,0 000 000 zu definieren. Dadurch kommt es zwischen der so genannten „Wellenlänge in Luft“ (wie in diesem Schriftstück angenommen) und der Wellenlänge im Vakuum, die auch als „Vakuumwellenlänge“ bezeichnet wird, zu einer leichten wellenlängenabhängigen Verschiebung der Wellenlängenskala in der Größenordnung von 0,3 nm bis 0,4 nm.

Wo sehr genaue Dispersionsüberwachung gefordert ist, wie bei Langstrecken- oder Unterwasser-LWL-Kabelsystemen, wird üblicherweise die Vakuumwellenlänge angewendet. CD-Prüfaufbauten, die für Messungen an LWL für diese Anwendungen verwendet werden, sind üblicherweise für die Vakuumwellenlänge kalibriert, z. B. mit einem Wellenlängenmessgerät, oder die Ergebnisse, die mit einer Kalibrierung auf Luftwellenlänge erhalten wurden, werden intern mathematisch korrigiert.

Der informative Anhang E ist vorgesehen, um den Anwender mit der Umrechnung von der Wellenlänge in Luft und den zugehörigen Korrekturrechnungen vertraut zu machen.

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Internationale Norm enthält normierte Verfahren für die Kalibrierung von Prüfaufbauten zur Bestimmung der chromatischen Dispersion (CD-Prüfaufbau) von Lichtwellenleitern. Sie enthält darüber hinaus Verfahren zur Kalibrierungsüberprüfung von CD-Prüfaufbauten, wodurch eine Verlängerung des Kalibrierzeitraumes des Prüfaufbaus erreicht werden kann.

Die vorliegende Internationale Norm gilt für alle CD-Prüfaufbautypen mit der Ausnahme, dass Messungen an Mehrmoden-Lichtwellenleitern ausgeschlossen sind.

Das Ziel dieser Norm ist es, ein normiertes Verfahren für die Kalibrierung von LWL-Prüfaufbauten zur Bestimmung der chromatischen Dispersion (CD-Prüfaufbauten) festzulegen. Die verwendeten einzelnen Kalibrierschritte variieren entsprechend der im CD-Prüfaufbau verwendeten Messtechnik.

Obgleich anerkannt wird, dass die chromatische Dispersion auch in einer Mehrmodenfaser auftritt und diese Faser auf vielen CD-Prüfaufbauten gemessen werden kann, beschränkt sich diese Norm ausschließlich auf die Messung von Einmodenfasern.

Der Zweck der in dieser Norm beschriebenen Verfahren ist es, die Aufmerksamkeit der Hersteller und Anwender von CD-Prüfaufbauten auf die Verringerung der Messunsicherheit bei der Bestimmung der chromatischen Dispersion in Lichtwellenleitern unter allen anwendbaren Bedingungen zu lenken. Die Verfahren sind für Kalibrierlaboratorien sowie für Hersteller und Anwender von CD-Prüfaufbauten anwendbar zur:

- a) Kalibrierung von CD-Prüfaufbauten und
- b) Festlegung von Spezifikationen von CD-Prüfaufbauten,
- c) Verlängerung des Kalibrierzeitraumes eines bereits kalibrierten CD-Prüfaufbaus.

Die Anwendung der Verfahren lässt auch die korrekte Bestimmung der Unsicherheit des CD-Prüfaufbaus in Bezug und rückführbar auf geeignete Normale (z. B. nationale Normale) zu.

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 60050-731, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 731: Optical fibre communication*

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

IEC 62129, *Calibration of optical spectrum analyzers*²⁾

ISO 9000 (all parts), *Quality management and quality assurance standards*

BIPM/IEC/IFCC/ISO/IUPAC/IUPAP/OIML:1995, *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)*

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die in IEC 60050-731 angegebenen und die folgenden Begriffe.

¹⁾ Es gibt eine konsolidierte Fassung 1.2:1998, die IEC 60825-1:1993 und deren Änderung 1:1997 und Änderung 2:2001 enthält.

²⁾ In Vorbereitung.

3.1

akkreditiertes Kalibrierlaboratorium

Kalibrierlaboratorium, das durch ein geeignetes nationales Standardlaboratorium ermächtigt ist, Kalibrierzertifikate mit einer kleinsten festgelegten Unsicherheit auszugeben, die die Rückführbarkeit auf nationale Normale nachweisen

3.2

Abgleich

Änderung der Hardware oder Firmware eines CD-Prüfaufbaus mit der Absicht, das Messergebnis des CD-Prüfaufbaus an das eines nationalen Normals oder eines vergleichbar kalibrierten CD-Prüfaufbaus anzugleichen. Er bewirkt die Korrektur aller nachfolgenden Messungen dieses CD-Prüfaufbaus.

3.3

Maßverkörperung

Gerät, Messmittel oder Einrichtung, das (die) beim Vorgang der Kalibrierung sowohl der Wellenlänge als auch der Laufzeit (Dispersion) eines CD-Prüfaufbaus verwendet wird. Die Maßverkörperung ist ein Hilfsmittel zur Übertragung der Kalibrierung dieser Parameter auf den CD-Prüfaufbau.

3.4

Kalibrierung

Vorgang, bei dem unter festgelegten Bedingungen der Zusammenhang zwischen den vom untergeordneten CD-Prüfaufbau angezeigten und den bekannten Werten des Kalibriernormals hergestellt wird

ANMERKUNG Das Ziel der Kalibrierung ist, alle CD-Prüfaufbauten in eine weit gehende Übereinstimmung mit einem geeigneten nationalen Standardlaboratorium zu bringen. Dies kann durch einen ersten Vergleich der entsprechenden Parameter einer Mess-Maßverkörperung mit denen vom CD-Prüfaufbau erzeugten durchgeführt werden, dem eine Übertragung jener Ergebnisse folgt, entweder durch Abgleich des CD-Prüfaufbaus oder durch Dokumentation eines Kalibrierfaktors (von Kalibrierfaktoren) in ein Kalibrierzertifikat. Die zugehörigen Umgebungsbedingungen und der Betriebszustand der Geräte werden üblicherweise aufgezeichnet. Die Kalibrierung schließt die Beurteilung aller Unsicherheiten ein. Die Verwendung von Referenzfasern dient nur zur Kalibrierungsüberprüfung.

3.5

Kalibrierkette

durchgängige Übertragungskette von einem Hauptnormal über Referenznormale, Zwischen- und/oder Arbeitsnormale zum CD-Prüfaufbau (siehe Bild 1)

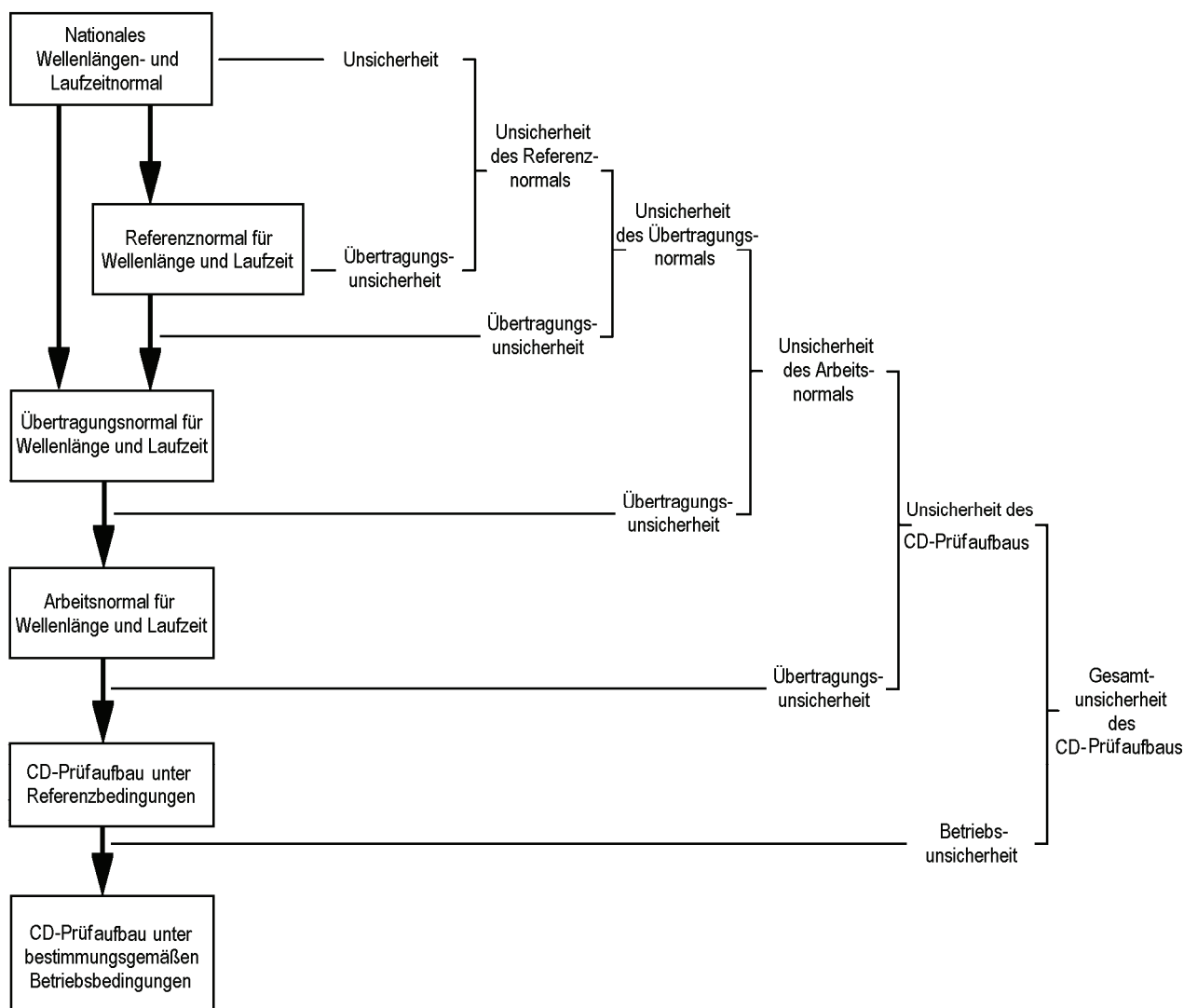


Bild 1 – Typische Kalibrierkette für CD-Prüfaufbauten

3.6

Kalibrierungsüberprüfung

Vorgang der Feststellung, dass ein CD-Prüfaufbau, der vorher kalibriert wurde, sich aber nahe dem Ende seines Kalibrierzeitraums befindet, innerhalb der festgelegten Unsicherheitsgrenzen verbleibt. Falls der CD-Prüfaufbau über diese Grenzen hinaus gedriftet ist, ist eine Kalibrierung erforderlich. Andererseits kann der Kalibrierzeitraum um eine festgelegte Dauer verlängert werden, und die Kalibrierungsüberprüfung kann unbegrenzt wiederholt werden, wenn der CD-Prüfaufbau über nachfolgende Kalibrierzeiträume stabil bleibt.

ANMERKUNG Die Kalibrierungsüberprüfung wird mit einer Referenzfaser oder einem Arbeitsnormal durchgeführt. Grundsätzlich ist die Kalibrierungsüberprüfung der erste Teil des Kalibriervorgangs, jedoch ohne den zusätzlichen Vorgang der Übertragung oder des Abgleichs.

3.7

Kalibrierzeitraum

Bestätigungsintervall

Zeitraum, von dem für eine Kalibrierung, die nach den Verfahren dieser Norm durchgeführt wurde, angenommen werden kann, dass sie innerhalb der Unsicherheitsgrenzwerte bleibt (d. h., dass sie gültig bleibt). Die zugewiesene Zeit wird durch Anforderungen einzelner Anwender, Kennwerte des CD-Prüfaufbaus, erlangte Erfahrungen, Umgebungsbedingungen usw. und durch die Überwachung der erfahrungsgemäßen Prüfergebnisse des CD-Prüfaufbaus im bestimmungsgemäßen Gebrauch bestimmt (siehe auch ISO 10012).

3.8

Kalibriernormal

Maßverkörperung, die gegen ein Referenznormal kalibriert wurde und zur Kalibrierung von CD-Prüfaufbauten verwendet wird. Die Maßverkörperung kann ein Laufzeit(Dispersions)- oder Wellenlängennormal sein. Die richtige Verwendung eines Kalibriernormals stellt die Rückführbarkeit sicher. Der Begriff schließt das nationale Normal, Referenznormal, Übertragungsnormal und Arbeitsnormal in fallender Ordnung der metrologischen Unsicherheit ein.

3.9

Hauptwellenlänge

leistungsgewichtete mittlere Wellenlänge einer Lichtquelle in Luft, in nm

Für ein kontinuierliches Spektrum der Strahlungsquelle ist die Hauptwellenlänge λ_c in Luft definiert durch das folgende Integral, wobei die Integrationsgrenzen das gesamte Spektrum der Strahlungsquelle enthalten:

$$\lambda_c = (1/P_{\text{total}}) \times \left[\int p(\lambda) \times \lambda \, d\lambda \right] \quad (1)$$

Dabei ist

$P_{\text{total}} = \int p(\lambda) \times d\lambda$ die optische Gesamtleistung der Strahlungsquelle.

Für ein Spektrum, das aus i diskreten Linien besteht, ist die Hauptwellenlänge λ_c in Luft definiert als:

$$\lambda_c = (1/P_{\text{total}}) \times \left[\sum_i p_i \lambda_i \right] \quad (2)$$

Dabei ist

$p(\lambda)$ die spektrale Leistungsdichte der Strahlungsquelle, in W/nm;

λ_c die Hauptwellenlänge in Luft, in nm;

λ_i die i -te diskrete Linie, in nm;

p_i die Leistungspegel bei λ_i , in W;

$P_{\text{total}} = \sum_i p_i$ die Gesamtleistung, in W.

3.10

Prüfaufbau zur Bestimmung der chromatischen Dispersion (CD-Prüfaufbau)

Messmittel, das die chromatische Dispersion einer Einmodenfaser bei verschiedenen Wellenlängen in dem interessierenden Übertragungsfenster, typischerweise den 1 310-nm- und/oder 1 550-nm-Wellenbändern, messen kann

3.11

kombinierte Standardunsicherheit

die kombinierte Standardunsicherheit ist die Kombination einer Anzahl von Einzelunsicherheiten des Normals

ANMERKUNG Der Begriff „Genauigkeit“ sollte in diesem Zusammenhang vermieden werden.

Alle Kalibrierungsprüfberichte und technische Datenblätter sollen nach Möglichkeit die kombinierte Standardunsicherheit des CD-Prüfaufbaus als erweiterte Gesamtunsicherheit U mit dem anwendbaren Vertrauensniveau zum Beispiel von 95,5 % oder 99,7 % angeben.

3.12

Vertrauensniveau

Abschätzung der Wahrscheinlichkeit, dass der wahre Wert eines gemessenen Parameters in dem angegebenen Bereich liegt (erweiterte Unsicherheit)

3.13**Korrekturoffset** **CO**

die Zahl, die zu dem Messergebnis eines CD-Prüfaufbaus addiert oder von ihm subtrahiert wird, um einen bekannten physikalischen Effekt oder einen bekannten systematischen Fehler zu korrigieren

3.14**Überdeckungsfaktor** **k**

wird verwendet, um die erweiterte Unsicherheit U aus der Standardunsicherheit σ zu berechnen (siehe 3.15)

3.15**erweiterte Unsicherheit** **U**

(Vertrauensbereich)

Wertebereich, in dem die Lage der Messparameter bei dem angegebenen Vertrauensniveau erwartet werden kann. Sie ist gleich dem Produkt aus Überdeckungsfaktor k und Standardunsicherheit σ :

$$U = k \times \sigma \quad (3)$$

ANMERKUNG Wenn die Verteilung der Unsicherheiten als Normalverteilung angenommen wird und eine große Anzahl von Messungen durchgeführt wurde, entsprechen die Vertrauensniveaus von 68,3 %, 95,5 % bzw. 99,7 % den Werten von k gleich 1, 2 bzw. 3.

Die Messunsicherheit eines CD-Prüfaufbaus soll nach Möglichkeit in Form der erweiterten Unsicherheit U angegeben werden.

3.16**nachgeordnete Referenzfaser**

Faser, deren Dispersion gegen eine vorgeordnete Referenzfaser gemessen werden muss. Die nachgeordnete Referenzfaser würde dann für die Kalibrierungsüberprüfung eines CD-Prüfaufbaus vorgesehen sein.

3.17**Messgeräte-Betriebszustand**

vollständige Beschreibung der Messbedingungen und des Betriebszustandes des CD-Prüfaufbaus während des Kalibriervorgangs

ANMERKUNG Typische Parameter für den Betriebszustand des Messmittels sind der verwendete Wellenlängenbereich, das Datenanpassungsmodell (falls zutreffend), die Warmlaufzeit und weitere Messgeräteeinstellungen.

3.18**Messergebnis**

angezeigtes oder elektrisches Ausgangssignal eines beliebigen CD-Prüfaufbaus für die Dispersion D

- in $\text{ps} \times \text{nm}^{-1} \times \text{km}^{-1}$, Lambda-Null λ_0 , in nm oder als Steigung bei Null-Dispersion, S_0 , in
- $\text{ps} \times \text{nm}^{-2} \times \text{km}^{-1}$ nach Beendigung aller Tätigkeiten, wie z. B. Warmlaufen, die durch die Betriebsanweisungen vorgesehen sind

3.19**nationales Normal**

Normal, dessen Maßgröße auf Grundeigenschaften, wie die Lichtgeschwindigkeit, rückführbar ist, das durch eine amtliche nationale Entscheidung anerkannt ist und als Grundlage für die Festlegung des Wertes aller anderen Normale der betreffenden Größe in einem Land verwendet wird

3.20**nationales Standardlaboratorium**

Körperschaft oder Laboratorium, die (das) das nationale Normal bewahrt und betreibt

3.21**Betriebsbereich**

alle Bedingungen, wie zum Beispiel die Dispersion, die Temperatur und andere Einflussgrößen, für die der CD-Prüfaufbau ausgelegt ist und bei denen er die angegebene erweiterte Unsicherheit einhält

3.22**vorgeordnete Referenzfaser**

Referenzfaser, die als Bezugsgröße für die Herstellung einer nachgeordneten Referenzfaser dient. Die vorgeordnete Referenzfaser darf für die Kalibrierungsüberprüfung eines CD-Prüfaufbaus verwendet werden.

3.23**Referenznormal**

Maßverkörperung, die gegen ein nationales Normal kalibriert ist und verwendet wird, um CD-Prüfaufbauten zu kalibrieren. Die Maßverkörperung kann ein Laufzeit(Dispersions)- oder Wellenlängennormal sein. Die richtige Anwendung des Kalibriernormals sichert die Rückführbarkeit. Der Begriff schließt das nationale Normal, Referenznormal, Übertragungsnormal und Arbeitsnormal in fallender Ordnung der metrologischen Unsicherheit ein.

ANMERKUNG In dieser Norm kann das Referenznormal auch die Faser bedeuten (vor- oder nachgeordnet), die als Referenz für die Kalibrierungsüberprüfung eines CD-Prüfaufbaus verwendet wird.

3.24**Skalierungsfaktor**

SF

das Verhältnis aus den bekannten Normwerten für eine Normalmaßverkörperung und den Werten, die durch den CD-Prüfaufbau angezeigt werden, wenn keine Korrekturen vorgenommen wurden. Die Faktoren können sowohl für die Kalibrierung der Wellenlänge und Laufzeit (Dispersion) gelten als auch für die Nulldispersions-Wellenlänge, die Steigung und tatsächlichen Dispersionswerte, wenn eine kalibrierte Referenzfaser verwendet wird (siehe Anhang D).

3.25**spektrale Bandbreite**

die spektrale Halbwertsbreite (FWHM) der Lichtquelle

Wenn die Strahlungsquelle ein kontinuierliches Spektrum aufweist, dann muss die spektrale Bandbreite die Halbwertsbreite (FWHM) des Spektrums sein.

Wenn die Strahlungsquelle ein Spektrum zeigt, das aus i diskreten Linien besteht (z. B. eine Laserdiode mit einem multi-longitudinalen Modenspektrum), dann muss die spektrale FWHM-Bandbreite B der mit 2,35 multiplizierte Effektivwert der spektralen Bandbreite sein (unter der Annahme, dass die Strahlungsquelle eine Gaußsche Verteilung aufweist):

$$B = 2,35 \times \left[\left\{ \left(1/P_{\text{total}} \right) \times \left(\sum_i p_i \lambda_i^2 \right) \right\} - \lambda_c^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

Dabei ist

λ_c die Hauptwellenlänge (siehe 3.9) der Laserdiode, in nm;

$P_{\text{total}} = \sum_i p_i$ die Gesamtleistung, in W;

p_i die Leistung der i -ten Längsmode, in W;

λ_i die Wellenlänge der i -ten Längsmode, in nm.

3.26**Standardunsicherheit**

Standardabweichung

Unsicherheit eines Messergebnisses, ausgedrückt als eine Standardabweichung σ

ANMERKUNG 1 Zu weiteren Angaben wird auf den Anhang A und auf den *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen* verwiesen.

ANMERKUNG 2 Um Standardunsicherheiten von unterschiedlichen Quellen zu kombinieren (siehe Anhang A), ist es wichtig, dass sie alle für dasselbe Vertrauensniveau angegeben werden, d. h. für normalverteilte Daten für ein Vertrauensniveau von 68,3 %. Dies kann durch Anwendung des entsprechenden Überdeckungsfaktors k erreicht werden, der bezogen auf die Studenten- t -Verteilung für jede einzelne Unsicherheitskomponente bestimmt wird.

3.27**Rückführbarkeit**

Fähigkeit, um für ein Messergebnis oder einen CD-Prüfaufbau die durchgängige Kalibrierkette mit ihrem Ursprung in einem nationalen Normal nachzuweisen

Nach den Verfahren des vorliegenden Schriftstückes kalibrierte CD-Prüfaufbauten sind rückführbar. Im Sinne dieser Norm wird die direkte Rückführbarkeit zu entweder einer Anstalt zur Bewahrung nationaler Normale oder einem akkreditierten Kalibrierlaboratorium nachgewiesen. Solche Rückführbarkeit schließt die Kalibrierungspläne für alle Maßverkörperungen in der Kalibrierkette und detaillierte Berechnungen aller (kumulierten) Übertragungsunsicherheiten in der Kalibrierkette ein. Die Verwendung einer Referenzfaser oder eines Arbeitsnormals allein, um die Kalibrierung eines CD-Prüfaufbaus zu vergleichen oder zu überwachen, begründet oder wiederbegründet keine Rückführbarkeit, sondern erweitert nur die Dauer der Rückführbarkeitszertifizierung (Kalibrierzeitraum), wenn keine Änderung festgestellt wurde.

3.28**Übertragung**

Teil des Kalibriervorgangs, bei dem nach dem Vergleich des entsprechenden Parameters einer kalibrierten Maßverkörperung mit dem des CD-Prüfaufbaus das Maßverkörperungsergebnis auf den CD-Prüfaufbau angewendet wird

Die Übertragung darf entweder durch Abgleich des CD-Prüfaufbaus oder durch Dokumentation eines Kalibrierfaktors im Kalibrierzertifikat vorgenommen werden.

3.29**Übertragungsnormal**

Zwischenmaßverkörperung, z. B. eine Laufzeit(Dispersions)- oder Wellenlängen-Maßverkörperung, die zur Kalibrierung neuer Arbeitsnormale eines entsprechenden Typs verwendet wird

3.30**Übertragungsunsicherheit**

Schätzwert, der die zusätzliche Unsicherheit eines CD-Prüfaufbaus charakterisiert, die durch Unsicherheiten im Kalibriervorgang hervorgerufen wird, bei dem gegebenen Vertrauensniveau

ANMERKUNG Diese Unsicherheiten können sowohl durch die Kalibriernormale oder Maßverkörperungen als auch durch den CD-Prüfaufbau entstehen.

3.31**Unsicherheit Typ A**

eine Unsicherheit vom Typ A wird durch eine statistische Analyse einer Reihe von Beobachtungen erhalten, z. B durch Auswertung gewisser zufälliger Einflüsse bei der Messung

(siehe *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen*)

3.32

Unsicherheit Typ B

eine Unsicherheit vom Typ B wird mit anderen Mitteln als der statistischen Analyse einer Reihe von Beobachtungen erhalten, z. B. durch eine Abschätzung wahrscheinlicher Unsicherheitsquellen wie der Bestimmung systematischer Einflüsse auf die Messung

(siehe *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen*)

ANMERKUNG Andere Mittel können enthalten: vorhergehende Messwerte, Erfahrungen mit dem oder allgemeine Kenntnisse über das Verhalten und die Eigenschaften des betreffenden Werkstoffes, Maßverkörperungen und Messgeräte, Herstellerspezifikationen, mit Kalibrier- und anderen Zertifikaten gelieferte Daten und Unsicherheiten, die den aus Handbüchern entnommenen Referenzdaten zugeordnet sind.

3.33

Unsicherheitsgrenzen

Grenzen zulässiger Fehler (eines Messmittels)

Grenzen oder Extremwerte der erweiterten Unsicherheit, die nach den Anforderungen der Anwender, der Herstellerspezifikation, Vorschriften usw. zulässig sind

(siehe ISO 10012)

3.34

Arbeitsnormal

Normal, das üblicherweise gegen ein Referenznormal oder Übertragungsnormal kalibriert ist und auf Routinegrundlage zur Überprüfung von CD-Prüfaufbauten verwendet wird

4 Kalibrierung

Dieser Hauptabschnitt fasst die Schritte der Kalibrierung eines Prüfaufbaus zur Ermittlung der chromatischen Dispersion (CD-Prüfaufbau) und Einzelheiten der Empfehlungen für die Umgebungsanforderungen der Kalibrierungsausrüstung zusammen.

4.1 Grundprinzipien für die Kalibrierung von CD-Prüfaufbauten

4.1.1 (Vollständige) Kalibrierung

Es gibt zwei grundlegende und allgemein gültige Gesichtspunkte der unterschiedlichen Messverfahren für die chromatische Dispersion (siehe Anhang C):

- die Verwendung einer Reihe von bekannten (d. h. festen) oder programmierbaren (d. h. veränderlichen) Prüfwellenlängen der Strahlungsquelle, die in die Prüffaser(n) eingespeist werden;
- die elektronische oder optische Messung der Impulslaufzeit, Phasenverschiebung, differentiellen Phasenverschiebung oder der Lage der Maxima der Interferenzstreifen (je nach CD-Prüfaufbautyp), die von der (den) Prüffaser(n) erzeugt werden. Die Faserdispersion wird durch Berechnung aus den Messdaten erhalten.

Im Wesentlichen arbeiten alle CD-Prüfaufbauten mit der Wellenlänge als eine programmierte (unabhängige) Veränderliche, üblicherweise die Ordinate (x-Achse), und der Dispersion oder Laufzeit als gemessene (abhängige) Veränderliche als Abszisse (y-Achse). Grundsätzlich erfordern Messungen der chromatischen Dispersion an Fasern mehrere zu programmierende Wellenlängen. Selbst im Falle eines einzelnen Dispersionspunktes, der unter Verwendung des differentiellen Phasenverschiebungsverfahrens erhalten wird, werden zwei getrennte Wellenlängenwerte verwendet. Es ist auch typisch, einen weiten Dispersionswertebereich über einen zu messenden Wellenlängenbereich zu erwarten. Dies macht es unmöglich, lediglich die Kalibrierung von einem CD-Prüfaufbau zu einem anderen zu übertragen, indem auf sie eine einzelne geeignete Dispersionsquelle einwirkt, es sei denn die Verwendung des CD-Prüfaufbaus ist auf den Bereich der gemessenen Faserdispersionswerte zu beschränken (siehe Einleitung). Vielmehr ist es erforderlich, das Wellenlängen- und Laufzeit(Dispersion)-Verhalten unabhängig zu kalibrieren, um bei beiden die kleinste mögliche Unsicherheit zu erhalten.

Der Vorgang der Kalibrierung des CD-Prüfaufbaus muss daher in zwei Teile unterteilt werden: