

DIN EN 61745

ICS 33.180.01

Einsprüche bis 2017-02-02

Entwurf**Endflächen-Bildanalyseverfahren für die Kalibrierung von Prüfeinrichtungen für die Geometrie von Lichtwellenleitern (IEC 86/498/CD:2016)**

End-face image analysis procedure for the calibration of optical fibre geometry test sets (IEC 86/498/CD:2016)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-12-02 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm 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, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 76 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Allgemeine Informationen und Vorbereitungen für die Kalibrierung	9
4.1 Geometrische Parameter von Lichtwellenleitern.....	9
4.2 Beschreibung von Geometrieprüfeinrichtungen.....	9
4.3 Anforderungen an das Kalibriernormal.....	10
5 Kalibrierung	10
5.1 Allgemeines.....	10
5.2 Gründe für die Kalibrierung von Geometrieprüfeinrichtungen	10
5.2.1 Verifizierung des Kalibrierzustands	11
5.3 Kalibrierverfahren	11
5.3.1 Allgemeine Hinweise und Organisation	11
5.3.2 Prüfanforderungen	11
5.3.3 Anforderungen an das Kalibriernormal	12
5.3.4 Bestimmung von Kalibrierfaktoren	12
5.4 Verfahren für die Überprüfung der Kalibrierung	14
5.5 Räumliche Linearität.....	14
5.6 Kalibrierung der Messung des Kern/Mantel-Konzentritätsfehlers	14
5.7 Kalibrierung der Messung der Kreisabweichung.....	14
6 Bewertung von Unsicherheiten	15
6.1 Einleitende Bemerkungen	15
6.2 Bewertung der Kalibrierunsicherheit der Prüfeinrichtung.....	15
6.2.1 Unsicherheit des Maßstabsfaktors	15
6.2.2 Unsicherheit des Korrekturausgleichsfaktors.....	16
6.3 Bewertung der Messunsicherheit der Faser.....	17
6.3.1 Bestimmung von $u_{Op,I,F}$	18
6.3.2 Bestimmung von $u'_{I,F}$	18
6.4 Bewertung der Messunsicherheit der Chrommaske	18
6.4.1 Bestimmung von $u_{Op,I,C}$	19
6.4.2 Bestimmung von $u'_{I,C}$	19
6.5 Zusammenfassung.....	19
7 Dokumentation	19
7.1 Kalibrierberichte.....	19
Anhang A (normativ) Mathematische Grundlagen	21
A.1 Allgemeines.....	21

	Seite
A.2 Bewertung von Unsicherheiten des Typs A	21
A.3 Bewertung von Unsicherheiten des Typs B	21
A.4 Bestimmen der kombinierten Standardunsicherheit	22
A.5 Kalibrierbericht	23
Anhang B (informativ) Ableitung von Kalibrierfaktoren	24
B.1 Ableitung von Maßstabsfaktoren.....	24
B.2 Ableitung des Korrekturausgleichsfaktors.....	24
Anhang C (informativ) Arbeitsbeispiele für die Bestimmung von Kalibrierfaktoren.....	27
C.1 Beispiel für die Bestimmung des Maßstabsfaktors	27
C.2 Beispiel für die Bestimmung des Korrekturausgleichsfaktors	27
Anhang D (informativ) Berechnung von Unsicherheiten	28
D.1 Allgemeines	28
D.1.1 Bewertungsbeispiele einer Unsicherheit des Typs B.....	28
D.2 Kombinieren von Unsicherheitsquellen.....	28
D.2.1 Beispiel für die Kombination mehrerer Unsicherheitsquellen	29
D.3 Student- <i>t</i> -Verteilung	29
Anhang E (informativ) Arbeitsbeispiele für die Bestimmung von Unsicherheiten	31
E.1 Allgemeines	31
E.2 Beispiel für die Bestimmung der Unsicherheit des Maßstabsfaktors.....	31
E.3 Beispiel für die Bestimmung der Unsicherheit des Korrekturausgleichsfaktors	31
E.4 Beispiel für die Bestimmung der Messunsicherheit der Faser.....	32
E.5 Beispiel für die Bestimmung der Messunsicherheit der Chrommaske	32
Anhang F (informativ) Herstellung von Arbeitsnormalen	33
F.1 Herstellung von Arbeitsnormalen	33
F.1.1 Messbedingungen	33
F.2 Verfahren für die Herstellung von Arbeitsnormalen	33
F.2.1 Wenn die unbenutzte Maßverkörperung eine Faser ist	33
F.2.2 Wenn die unbenutzte Maßverkörperung eine Chrommaske ist.....	33
Anhang G (informativ) Schätzung der Messunsicherheit des Kern/Mantel-Konzentritätsfehlers.....	34
G.1 Schätzmethode für die Messunsicherheit des Konzentritätsfehlers.....	34
G.1.1 Bestimmung von u	34
G.1.2 Bestimmung von u_{OP}	34
G.1.3 Bestimmung von CB	34
G.1.4 Bestimmung von u_{CB}	36
G.2 Korrektur des systematischen Konzentritätsfehlers	36
Anhang H (informativ) Schätzung der Messunsicherheit des Kreisabweichung.....	37
H.1 Schätzmethode für die Messunsicherheit der Kreisabweichung	37
H.1.1 Bestimmung von u	37
H.1.2 Bestimmung von u_{OP}	37

	Seite
H.1.3 Bestimmung von NCB	37
H.1.4 Bestimmung von u_{NCB}	38
Bilder	
Bild 1 – Beispiel für die Kalibrierkette und die Akkumulation von Unsicherheiten	20
Bild B.1 – Darstellung einer Gitterkalibriermaske	25
Bild B.2 – Darstellung einer Kreisringkalibriermaske.....	25
Bild B.3 – Ableitung des Korrekturausgleichsfaktors.....	26
Tabellen	
Tabelle D.1 – Werte für t für das festgelegte Vertrauensniveau (1 von 2)	29
Tabelle G.3 – Messwerte für drei Winkellagen.....	35

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 86/498/CD:2016 „End-face image analysis procedure for the calibration of optical fibre geometry test sets“ (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 beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

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

Die 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 prEN nur 2 Monate 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 UK 412.2 „Komponenten für Kommunikationskabelanlagen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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

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

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. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Die deutsche Fassung wurde in dem Abschnitt 3 an die aktuellen Standardtexte angepasst.

Endflächen-Bildanalyseverfahren für die Kalibrierung von Prüfeinrichtungen für die Geometrie von Lichtwellenleitern

Einleitung

Im Bereich der Forschung und in der Herstellungsumgebung gibt es verschiedene Prüfverfahren für die Untersuchung der Geometrie von Lichtwellenleitern. Mit jedem Prüfverfahren darf ein Parameter oder dürfen mehrere Parameter bestimmt werden, der/die für die vollständige geometrische Beschreibung erforderlich ist/sind. Diese Internationale Norm beschreibt die Kalibrierung von Prüfeinrichtungen für die Durchführung einer Endflächen-Bildanalyse, die auch als Nahfeld- oder Grautonanalyse bezeichnet wird. Die Grundsätze dürfen jedoch für verschiedene Typen von Prüfeinrichtungen angewendet werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm beschreibt die Kalibrierung von Prüfeinrichtungen für die Durchführung einer Endflächen-Bildanalyse, die auch als Nahfeld- oder Grautonanalyse bezeichnet wird. Die Grundsätze dürfen jedoch für verschiedene Typen von Prüfeinrichtungen angewendet werden.

Die beschriebenen Verfahren sind von Kalibrierlaboren und von den Herstellern und Anwendern von Geometrieprüfeinrichtungen durchzuführen und dienen der Kalibrierung von Geometrieprüfeinrichtungen und der Bewertung der Messunsicherheiten der kalibrierten Prüfeinrichtungen. Die Kalibrierung von Messeinrichtungen für die Faserbeschichtung oder für Kabel gehört nicht zum Anwendungsbereich dieser Norm.

2 Normative Verweisungen

In diesem Dokument werden keine normativen Verweisungen angegeben.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC führen Terminologiedatenbanken für die Normung unter folgenden Adressen:

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

3.1

akkreditiertes Kalibrierlabor

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

3.2

Maßverkörperung

beliebiges Objekt, das in einer Geometrieprüfeinrichtung vermessen wird oder für deren Kalibrierung benutzt wird. Eine Maßverkörperung darf z. B. eine Faservorlage oder ein Chrommaske (chromium on glass, CoG) sein

3.3

Kalibrierung

Folge von Tätigkeiten zur Ermittlung des Zusammenhangs 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 dürfen 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.

3.4

Kalibrierkette

durchgängige Übertragungskette von einem nationalen Normal über Zwischen- oder Arbeitsnormale zur Geometrieprüfeinrichtung (siehe Bild 1)

3.5

Überprüfung der Kalibrierung

Feststellung, dass eine Geometrieprüfeinrichtung, die vorher kalibriert wurde, deren gültiger Kalibrierzeitraum aber erreicht ist, innerhalb der festgelegten Unsicherheitsgrenzen bleibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Falls die Geometrieprüfeinrichtung diese Grenzen überschritten hat, ist eine erneute Kalibrierung erforderlich. Ansonsten kann der für eine erneute Überprüfung geforderte Zeitraum um eine festgelegte Dauer verlängert werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Prüfeinrichtung darf mit einem Arbeitsnormal überprüft werden.

3.6

Kalibriernormal

Maßverkörperung, die gegen ein Referenznormal kalibriert wurde und zur Kalibrierung von Prüfeinrichtungen verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Maßverkörperung darf eine Faservorlage oder eine Chrommaske (CoG-Maske) sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die richtige Verwendung eines Kalibriernormals stellt die Rückverfolgbarkeit sicher.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der Begriff schließt das nationale Referenznormal, das Übertragungsnormal und das (die) Arbeitsnormal(e) in fallender Ordnung der metrologischen Unsicherheit ein.

3.7

kombinierte Standardunsicherheit

Kombination einer Anzahl von Einzelunsicherheiten des Normals

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff „Genauigkeit“ sollte in diesem Zusammenhang vermieden werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: In Kalibrierberichten und technischen Datenblättern wird die kombinierte Standardunsicherheit der Geometrieprüfeinrichtung als erweiterte Gesamtunsicherheit mit dem anwendbaren Vertrauensniveau z. B. von 95,5 % oder 99,7 % angegeben.

3.8

Vertrauensniveau

Schätzwert für die Wahrscheinlichkeit, dass der wahre Wert einer Messgröße innerhalb eines gegebenen Bereichs liegt (erweiterte Unsicherheit)

3.9

Korrekturausgleich

Zahl, die zum Messergebnis einer Prüfeinrichtung addiert oder von diesem subtrahiert wird, um einen bekannten physikalischen Effekt zu korrigieren

3.10

Überdeckungsfaktor

k

der Überdeckungsfaktor k wird angewendet, um die erweiterte Unsicherheit U (2.11) aus der Standardunsicherheit u (3.20) zu berechnen

3.11

erweiterte Unsicherheit

U

Wertebereich, von dem angenommen wird, dass darin die Messparameter bei dem angegebenen Vertrauensniveau liegen. Sie ist gleich dem Überdeckungsfaktor k multipliziert mit der kombinierten Standardunsicherheit u

$$U = ku \quad (1)$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn angenommen wird, dass die Unsicherheiten normalverteilt sind und eine große Anzahl von Messungen durchgeführt wird, dann entsprechen die Vertrauensniveaus (2.10) von 68,3 %, 95,5 % und 99,7 % den k -Werten von 1, 2 bzw. 3.

3.12

Geometrieprüfeinrichtung

Messgerät für die Messung der geometrischen Parameter eines Lichtwellenleiters. Die gemessenen Parameter hängen vom Typ der Geometriemesseinrichtung ab

3.13

unbenutzte Faser

Faser, deren Geometrie mit einer kalibrierten Geometrieprüfeinrichtung zu messen ist

3.14

Messgerätezustand

Beschreibung der Messbedingungen der Geometrieprüfeinrichtung bei der Kalibrierung und Messung, z. B. die benutzten Formanpassungen, verwendete Datenfilterungspläne und weitere wichtige Informationen, die die Prüfeinrichtung betreffen, wie Anlaufzeit und Kalibrierdatum

3.15

nationales Normal

Normal, das in einem Land durch einen nationalen Beschluss als Basis zur Festlegung der Werte anderer Normale der gegebenen Größe anerkannt ist

[QUELLE: VIM, Begriff 5.3, modifiziert]

3.16

nationale Normalprüfanstalt

Prüfanstalt, die das nationale Normal unterhält

3.17

Betriebsbereich

Bereich von Bedingungen, unter denen die Geometrieprüfeinrichtung der Auslegung nach innerhalb der angegebenen erweiterten Unsicherheit arbeitet; z. B. der Durchmesser der zu messenden Faser und Umgebungsbedingungen wie die Temperatur

3.18

Referenznormal

von einem Kalibrierlabor gemessene Maßverkörperung, wobei die Messung auf nationale Normale rückverfolgbar ist

3.19

Maßstabsfaktor

Verhältnis der bekannten Normalwerte für ein Kalibriernormal zu den Werten, die von der Geometrieprüfeinrichtung angezeigt werden, ohne dass ein Korrekturausgleich durchgeführt wird

3.20

Standardunsicherheit

u

Unsicherheit eines Messergebnisses, ausgedrückt als eine Standardabweichung

Anmerkung 1 zum Begriff: Weitere Informationen siehe Anhang A und ISO/IEC-Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen (siehe ISO/IEC Guide 98-3).

3.21

Rückverfolgbarkeit

Fähigkeit, für ein Messergebnis oder eine Geometrieprüfeinrichtung eine Kalibrierkette mit ihrem Ursprung in einem nationalen Normal nachzuweisen

Anmerkung 1 zum Begriff: Nach den Verfahren der vorliegenden Norm kalibrierte Geometrieprüfeinrichtungen sind rückverfolgbar. Die direkte Rückverfolgbarkeit der Messergebnisse entweder auf eine nationale Normalprüfanstalt oder ein akkreditiertes Kalibrierlabor muss nachgewiesen werden. Solche Rückverfolgbarkeit schließt die Kalibrierpläne für alle Maßverkörperungen in der Kalibrierkette und detaillierte Berechnungen aller (kumulierten) Übertragungsunsicherheiten in der Kalibrierkette ein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Verwendung eines Arbeitsnormals allein, um die Kalibrierung einer Geometrieprüfeinrichtung zu vergleichen oder zu überwachen, kann die Rückverfolgbarkeit nicht begründen oder wieder herstellen, sondern verlängert nur die Dauer der Rückverfolgbarkeitszertifizierung, wenn keine Änderung festgestellt wurde.

3.22

Übertragungsnormal

Normal, das gegen ein Referenznormal kalibriert wurde und zur Kalibrierung von Geometrieprüfeinrichtungen verwendet wird

3.23

Übertragungsunsicherheit

Schätzwert, der die Unsicherheit einer Messung beschreibt, die durch Unsicherheiten beim Übertragungsprozess bei dem angegebenen Vertrauensniveau verursacht wird (wie Änderungen der Umgebungsbedingungen). Diese Unsicherheiten dürfen durch die verwendeten Kalibriernormale sowie die Geometrieprüfeinrichtung entstehen

3.24

Arbeitsnormal

Normal, das üblicherweise dazu benutzt wird, um Messgeräte zu kalibrieren oder zu prüfen

4 Allgemeine Informationen und Vorbereitungen für die Kalibrierung

4.1 Geometrische Parameter von Lichtwellenleitern

Für ein zufrieden stellendes mechanisches und optisches Betriebsverhalten müssen die geometrischen Eigenschaften von Lichtwellenleitern untersucht werden. Die folgenden geometrischen Parameter werden von den verschiedenen Typen von Prüfeinrichtungen gemessen:

- a) Manteldurchmesser (Durchmesser der Referenzoberfläche);
- b) Mantel-Kreisabweichung;
- c) Kern/Mantel-Konzentritätsfehler.

4.2 Beschreibung von Geometrieprüfeinrichtungen

Prüfeinrichtungen für Endflächenbilder oder Grautonskalen umfassen in der Regel ein optisches Mikroskop, eine Beleuchtungsquelle, ein elektronisches Bildaufnahmegerät wie eine Kamera und Speichermittel für die Bilddaten für eine Verarbeitung durch einen Computer. Mit einer zweiten Beleuchtungsquelle wird gewöhnlich Licht in das andere Faserende eingekoppelt. Dadurch wird auch die Messung der Lage des Faserkerns ermöglicht. Nachfolgend wird eine typische Messreihe beschrieben: Ein gebrochenes Faserende wird so in den Messanschluss des Messgeräts eingesetzt, dass in der Kamera ein Bild des Faserendes erscheint. Das Bild des Faserendes wird gewöhnlich durch eine automatische Computersteuerung fokussiert, digitalisiert und dann zu einem Computer übertragen, der die geometrischen Parameter der Faser bestimmt.

Bei dieser Methode ist die Qualität des Faserendes maßgeblich und vorhandene Beschädigungen durch das Brechen der Faser wie Abplatzungen oder Kantenrauigkeit können die Messung erheblich beeinflussen. Aus diesem Grund werden in der Regel Datenfilterverfahren angewendet, um die Empfindlichkeit des Messergebnisses auf vorhandene Beschädigungen durch das Brechen der Faser herabzusetzen.

4.3 Anforderungen an das Kalibriernormal

Das in der vorliegenden Norm beschriebenen Kalibrierverfahren erfordert die Anwendung rückverfolgbarer Maßverkörperungen für die Kalibrierung. Diese Maßverkörperungen bestehen aus einem kalibrierten Faserende und einer Chrommaske. Die entsprechenden Nennmaße werden in 5.3.3 und 5.5 erläutert.

5 Kalibrierung

5.1 Allgemeines

Das Kalibrierverfahren umfasst die folgenden beiden Tätigkeiten:

- a) Die Vergrößerung oder der Maßstabsfaktor des bildgebenden Systems wird kalibriert. Dieser Vorgang ähnelt den üblichen Kalibrierverfahren für optische Mikroskope mit der Ausnahme, dass in diesem Fall eine zweidimensionale Kalibrierung erforderlich ist.
- b) Ein Korrekturausgleich wird bestimmt. Dieser Ausgleich ist erforderlich für die Korrektur systematischer Effekte wie die Beugung an der Faserkante, Unterschiede zwischen den Verfahren, mit denen die Maßverkörperung für die Kalibrierung kalibriert wurde, und zwischen den Messverfahren in der Prüfeinrichtung und die Verzerrung des Bilds der Faserkante durch die Kameraabtastung.

Anhang B enthält Arbeitsbeispiele für die Bestimmung von Kalibrierfaktoren.

Die Kalibrierung ist wirksam, wenn sie auf folgende Weise bei den Messungen angewendet wird:

- die Maßstabsfaktoren werden mehrfach auf die Rohdaten aus der Kamera angewendet, bevor Formanpassungen angewendet werden und der Manteldurchmesser der zu prüfenden Faser berechnet wird;
- zusätzlich wird der Korrekturausgleich für den berechneten Manteldurchmesser der zu prüfenden Faser durchgeführt.

ANMERKUNG 1 Die Wahl eines Kriteriums für die Randeinstellung zur Festlegung der Position des Mantelrands ist entscheidend und die Kalibrierung gilt nur für Messungen, die nach dem gleichen Kriterium durchgeführt wurden, wie es bei der Kalibrierung angewendet wurde.

ANMERKUNG 2 Unter bestimmten Umständen hat es sich als ausreichend erwiesen, nur den Maßstabsfaktor mit einem Fasernormal oder einem CoG-Normal zu kalibrieren. Dieser Ansatz kann jedoch zu erhöhten Unsicherheiten bei der Messung von Fasern führen, deren Durchmesser sich erheblich von dem des verwendeten Kalibriernormals unterscheidet.

5.2 Gründe für die Kalibrierung von Geometrieprüfeinrichtungen

Den Manteldurchmesser messen im Allgemeinen die meisten Typen von Geometrieprüfeinrichtungen, so dass die Kalibrierung dieses Parameters sehr wichtig für den Vergleich von Prüfeinrichtungen verschiedener Typen ist. Die vorliegende Norm beschreibt jedoch nur die Kalibrierung von Prüfeinrichtungen, die eine Endflächen-Bildanalyse durchführen.

Grundsätzlich wird die Kalibrierung durchgeführt, indem die Prüfeinrichtung unabhängigen geometrischen Kalibriernormalen ausgesetzt wird. Diese Normale gehören zur Kalibrierkette und tragen damit zur Übertragungsunsicherheit bei.

Das Verfahren wird in 5.3 beschrieben. Bild 1 zeigt die gesamte Kalibrierkette.

Die Kalibrierung der Messung des Kern/Mantel-Konzentritätsfehlers und der Mantel-Kreisabweichung wird nicht beschrieben, da zum Zeitpunkt der Verfassung der vorliegenden Norm keine geeigneten Referenzmaterialien für Normale zur Verfügung standen. Verfahren, mit denen die bei der Messung dieser Parameter ermittelten Unsicherheiten eingeschätzt werden können, werden jedoch in den Anhängen G bzw. H angegeben.

5.2.1 Verifizierung des Kalibrierzustands

Bei Stückprüfungen, wie sie häufig mit eingesetzten Geometrieprüfeinrichtungen durchgeführt werden dürfen, reicht es aus, den Kalibrierzustand der Geometrieprüfeinrichtungen mit einem Arbeitsnormal zu überprüfen (aber nicht widerherzustellen). Das Arbeitsnormal darf eine Faservorlage oder eine Chrommaske sein.

Anhang F enthält ein Verfahren für die Herstellung eines Arbeitsnormal.

Es muss eindeutig zwischen der Überprüfung des Kalibrierzustands und der Kalibrierung selbst unterschieden werden. Obwohl es ausreicht, mit dem Arbeitsnormal die Stabilität der Geometrieprüfeinrichtung nachzuweisen, ersetzt dies keine vollständige Kalibrierung.

Durch Verwendung eines Arbeitsnormal kann die kontinuierliche Rückverfolgbarkeit auf nationale Normale beansprucht werden, wenn zufrieden stellend nachgewiesen werden kann, dass der bestehende Messgerätezustand, die Korrekturfaktoren usw. ausreichen, um geometrische Ergebnisse innerhalb einer festgelegten Unsicherheit und ohne Änderungen anzugeben. Das bedeutet einfach, dass die Geometrieprüfeinrichtung seit der letzten Kalibrierung stabil geblieben ist.

Eine kontinuierliche Rückverfolgbarkeit kann für eine kalibrierte Prüfeinrichtung beansprucht werden, wenn die Messwerte für das Arbeitsnormal mit ihren kalibrierten Werten innerhalb der Unsicherheiten übereinstimmen.

Für die Inbetriebnahme von Geometrieprüfeinrichtungen ist eine Kalibrierung unerlässlich, während ein Arbeitsnormal für die Überprüfung der routinemäßigen Kalibrierung benutzt wird.

Das Verfahren für die Überprüfung der Kalibrierung wird in 5.4 beschrieben.

5.3 Kalibrierverfahren

5.3.1 Allgemeine Hinweise und Organisation

Es muss sichergestellt werden, dass die Umgebungsbedingungen mit der vom Hersteller festgelegten Arbeitsumgebung im Einklang steht. Es ist stets eine gute Messpraxis anzuwenden.

Es ist sicherzustellen, dass alle bei der Kalibrierung verwendeten Kalibriernormale nach einem dokumentierten Programm mit Rückverfolgbarkeit auf nationale oder akkreditierte Normalprüfanstalten kalibriert werden. Nach Möglichkeit ist auf jeder hierarchischen Ebene der Kalibrierkette mehr als ein Normal zu unterhalten, so dass die Leistungsfähigkeit der Normale durch Vergleich auf der gleichen Ebene nachgewiesen werden kann.

Für jede Art der durchgeführten Kalibrierung wird ein dokumentiertes Messverfahren mit schrittweisen Arbeitsanweisungen und den anzuwendenden Betriebsmitteln entwickelt. Es sind Ergebnisdatenblätter, Unsicherheitsbilanzen und Kalibrierzertifikate anzuwenden (siehe Abschnitt 7).

Es wird nach einem für den Messbereich geeigneten Qualitätssicherungssystem vorgegangen. Dabei ist sicherzustellen, dass eine unabhängige Kontrolle der Messergebnisse und Zwischenberechnungen durchgeführt und Kalibrierzertifikate ausgestellt werden.

5.3.2 Prüfanforderungen

- Alle Prüfungen sind bei einer Temperatur und einer relativen Luftfeuchte durchzuführen, die innerhalb der Festlegungen des Herstellers für die Prüfeinrichtung liegen.
- Der Geometrieprüfeinrichtung und dem Prüfaufbau müssen genügend Zeit zum Angleichen an die Umgebungstemperatur entsprechend den Empfehlungen des Herstellers für die Prüfeinrichtung und die verwendeten Kalibriernormale eingeräumt werden, bevor das Kalibrierverfahren eingeleitet wird.
- An der Geometrieprüfeinrichtung werden die entsprechenden Einstellungen für den Kalibrierprozess nach den Empfehlungen des Herstellers vorgenommen.

- d) Es ist nach Möglichkeit sicherzustellen, dass alle berührbaren optischen Flächen und Kalibriernormale vor der Messung gereinigt werden.

5.3.3 Anforderungen an das Kalibriernormal

Die Anwendung von Kalibriernormalen, die auf nationale Normalprüfanstalten rückverfolgbar sind, ist verbindlich vorgeschrieben. Das Kalibrierverfahren erfordert folgende Mittel:

- Eine kalibrierte Messskale. Dabei handelt es sich um eine Chrommaske mit einer Teilung, die gewöhnlich aus Punkten, Linien, Kreisen oder Kreisringen besteht.
- Ein Faserende mit einem kalibrierten Manteldurchmesser. Die Faser sollte aus ähnlichem Material bestehen und der Durchmesser innerhalb von $5,0\ \mu\text{m}$ des Mantel-Nenndurchmessers der von der Prüfeinrichtung zu messen Faser liegen und eine Kreisabweichung von höchstens 0,5 % besitzen.

Das kalibrierte Faserende darf nicht erneut gebrochen werden. Der Grund dafür sind Durchmesseränderungen entlang der Faserlänge.

Wenn das Faserende beschädigt wird oder nicht ausreichend gereinigt werden kann, sollte es nicht für Kalibrierzwecke verwendet werden.

Für die Überprüfung der Kalibrierung (siehe 5.4) darf das Normal entweder eine Faservorlage oder eine Chrommaske (CoG-Maske) mit rückverfolgbaren Geometriewerten sein.

5.3.4 Bestimmung von Kalibrierfaktoren

Anhang B enthält eine Ableitung der verwendeten Kalibrierfaktoren.

5.3.4.1 Maßstabsfaktor

Für die Kalibrierung des Maßstabsfaktors wird eine Chrommaske verwendet. Diese darf ein Feld von Punkten oder Linien oder eine Kreisringstruktur enthalten. Das Prinzip der Kalibrierung besteht in der Messung des Abstands zwischen den Skalenteilungen.

ANMERKUNG Die Gleichförmigkeit des Maßstabsfaktors über dem Sichtfeld des bildgebenden Systems (die als räumliche Linearität bezeichnet wird) beeinflusst die Unsicherheit, die auf Messungen an Fasern und auch auf Messungen des Kern/Mantel-Konzentritätsfehlers übertragen werden kann. In 5.5 wird ein Verfahren für die Einschätzung der räumlichen Linearität beschrieben.

Die Maßstabsfaktoren für die x -Achse und die y -Achse der Kamera werden wie folgt angegeben:

$$S_x = \frac{Dx_c}{Dx_m} \quad (2)$$

$$S_y = \frac{Dy_c}{Dy_m} \quad (3)$$

Dabei ist

Dx_m der gemessene Abstand der Skalenteilungen entlang der x -Achse;

Dy_m der gemessene Abstand der Skalenteilungen entlang der y -Achse;

Dx_c der kalibrierte Abstand der Skalenteilungen entlang der x -Achse;

Dy_c der kalibrierte Abstand der Skalenteilungen entlang der y -Achse.

Das Verfahren für die Messung des Abstands zwischen den Skalenteilungen hängt von der Art der verwendeten Chrommaske ab, wie folgt:

a) regelmäßiges Feld von Punkten oder Linien

Es wird ein Bild des Feldes in einer Weise gebildet, die mit dem Normalbetrieb der Prüfeinrichtung übereinstimmt. Die Abstände zwischen den Skalenteilungen werden in zwei zu einander senkrecht verlaufenden Richtungen gemessen, die parallel zu den Abtastachsen der Kamera verlaufen. Der Abstand, über den die Kalibrierung beeinflusst wird, sollte innerhalb von 5 µm des Nenndurchmessers der von der Prüfeinrichtung zu messenden Fasern liegen. Vorzugsweise sollten die Achsen des Feldes parallel zu den Abtastachsen der Kamera ausgerichtet werden. Sind sie jedoch anders ausgerichtet, muss der Winkelversatz kompensiert werden.

b) Kreisring

Es wird ein Bild des Kreisrings in einer Weise gebildet, die mit dem Normalbetrieb der Prüfeinrichtung übereinstimmt. Auf den inneren und den äußeren Rand des Kreisrings werden elliptische Formanpassungen angewendet. Die gemessenen Durchmesser Dx_m und Dy_m entlang der x -Achse und der y -Achse werden wie folgt bestimmt:

$$Dx_m = \frac{Dx_{inner} + Dx_{outer}}{2} \quad (4)$$

und

$$Dy_m = \frac{Dy_{inner} + Dy_{outer}}{2} \quad (5)$$

Dabei ist

Dx_{inner} der gemessene Durchmesser des inneren Kreisrings entlang der x -Achse;

Dy_{inner} der gemessene Durchmesser des inneren Kreisrings entlang der y -Achse;

Dx_{outer} der gemessene Durchmesser des äußeren Kreisrings entlang der x -Achse;

Dy_{outer} der gemessene Durchmesser des äußeren Kreisrings entlang der y -Achse.

Der Durchmesser des Kreisrings sollte innerhalb von 5 µm des Nenndurchmessers der von der Prüfeinrichtung zu messenden Fasern liegen. Wenn der Einfachheit halber angenommen wird, dass Dx_m gleich Dy_m ist, beeinflusst jede Kreisabweichung im Kreisring die Bestimmung der Unsicherheit bei den nachfolgenden Messungen der Faser-Kreisabweichung, siehe 5.7.

Die Unsicherheit der Bestimmung der Maßstabsfaktoren wird nach Abschnitt 6 berechnet.

5.3.4.2 Korrekturausgleich

Für die Kalibrierung des Korrekturausgleichs ist eine kalibrierte Faser erforderlich. Auf eine mit dem Normalbetrieb der Prüfeinrichtung übereinstimmende Weise wird ein Bild des Faserendes gebildet und ein Formanpassungsalgorithmus für die Faserkante angewendet. Der Korrekturausgleich O wird wie folgt bestimmt:

$$O = D_{P,F} - D'_{P,F} \cdot S \quad (6)$$

Dabei ist

$D_{P,F}$ der kalibrierte Faserdurchmesser;

$D'_{P,F}$ der gemessene Faserdurchmesser (ohne angewendeten Maßstabsfaktor);

P steht für Vorläufer (parent), F steht für Faser und $S = \frac{S_x + S_y}{2}$ (mittlerer Maßstabsfaktor).

Damit ist $D'_{P,F} \cdot S$ gleich dem gemessenen Faserdurchmesser in Mikrometer.

Die Unsicherheit der Bestimmung des Korrekturausgleichs wird nach Abschnitt 6 berechnet.

5.4 Verfahren für die Überprüfung der Kalibrierung

Dieses Verfahren dient der Überprüfung der Kalibrierung einer Geometrieprüfeinrichtung. Es wird nicht für die Bestimmung von Kalibrierfaktoren angewendet, es darf aber für die Überprüfung der Stabilität der Prüfeinrichtung seit der Durchführung der letzten Kalibrierung verwendet werden.

Solange die Geometrieprüfeinrichtung bereits kalibriert worden ist und die Messung eines Arbeitsnormal keine geometrische Unsicherheit aufdeckt, die größer als die zulässige Gesamtunsicherheit ist, darf der Anspruch der Rückverfolgbarkeit verlängert werden.

- a) Es ist sicherzustellen, dass die in 5.3.2 angegebenen Prüfanforderungen erfüllt worden sind.
- b) Das Arbeitsnormal wird in die betreffende Geometrieprüfeinrichtung eingesetzt.
- c) Wenn das Arbeitsnormal:
 - eine Faser ist: wird der mittlere Manteldurchmesser gemessen;
 - eine Chrommaske ist: wird Abstand zwischen den Skalenteilungen gemessen.

Die gemessenen Werte werden mit den Referenzwerten verglichen und Abweichungen werden aufgezeichnet. Die Messung muss mehrmals wiederholt werden, um die Unsicherheit des mittleren Messwerts statistisch zu verringern.

5.5 Räumliche Linearität

Die Messunsicherheit von Fasern, deren Durchmesser um mehr als 5 µm von dem Durchmesser der für die Kalibrierung benutzten Faser abweicht, darf nach einer der beiden folgenden Methoden bestimmt werden:

- a) Messung der Chrom-Maßverkörperung an verschiedenen Stellen innerhalb des Sichtfelds;
- b) Messung des Abstands zwischen den Skalenteilungen eines Felds von Linien oder Punkten über dem gesamten Sichtfeld.

In jedem Fall muss das Längenmaß der Maßverkörperung oder der Abstand kleiner sein als ein Viertel des Durchmessers der verwendeten Kalibrierfaser. Bei Verwendung von Methode a) ist nur eine nominelle Kalibrierung der Maßverkörperung notwendig. Wird Methode b) verwendet, muss eine Maßverkörperung verwendet werden, bei der jeder Abstand kalibriert ist.

Eine Änderung des Maßstabsfaktors über dem Sichtfeld zeigt eine Unsicherheitsquelle bei der Kalibrierung des Maßstabsfaktors der Prüfeinrichtung an. Die Bedeutung dieser Unsicherheit hängt vom Bereich der mit der kalibrierten Prüfeinrichtung zu messenden Faserdurchmesser ab. Der Unsicherheitsbetrag wird ermittelt und zur Gesamtunsicherheit des Maßstabsfaktors u_S , der nach 6.2.1 abgeleitet wird, addiert.

5.6 Kalibrierung der Messung des Kern/Mantel-Konzentritätsfehlers

Der Kern/Mantel-Konzentritätsfehler ist definiert als der Abstand zwischen den Mittelpunkten des Kerns und des Mantels einer Faser.

Zum Zeitpunkt der Verfassung der vorliegenden Norm standen von Normalprüfanstalten keine Normalreferenzmaterialien für eine direkte Kalibrierung dieses Parameters zur Verfügung. Anhang G enthält ein Verfahren, das beschreibt, wie die Unsicherheit, die die Messung des Konzentritätsfehlers ergibt, zu ermitteln ist.

5.7 Kalibrierung der Messung der Kreisabweichung

Die Kreisabweichung ist definiert als die Differenz des radialen Abstands der Randpunkte, die am weitesten vom angepassten Mittelpunkt entfernt bzw. dem angepassten Mittelpunkt am nächsten liegen, geteilt durch den angepassten Radius. Bei einer elliptischen Formanpassung ist die Kreisabweichung die Differenz zwischen der Hauptachse und der Nebenachse, geteilt durch deren Mittelwert.

Zum Zeitpunkt der Verfassung der vorliegenden Norm standen von Normalprüfanstalten keine Normalreferenzmaterialien für eine direkte Kalibrierung dieses Parameters zur Verfügung. Anhang H enthält ein Verfahren, das beschreibt, wie die Unsicherheit, die die Messung der Kreisabweichung ergibt, zu ermitteln ist.

6 Bewertung von Unsicherheiten

6.1 Einleitende Bemerkungen

In diesem Abschnitt wird die Protokollierung von Unsicherheiten bei der Kalibrierung einer Prüfeinrichtung und bei den nachfolgenden Messungen erläutert. Die Analyse beruht auf den in Anhang D angegebenen statistischen Berechnungen. Es muss ein Vertrauensniveau ausgewählt werden, bei dem Unsicherheiten berechnet werden, und bei jeder Berechnung müssen die entsprechenden Werte für den Überdeckungsfaktor benutzt werden (siehe 3.11 und D.3).

Die Kalibrierunsicherheit der Prüfeinrichtung wird in 6.2 erläutert. Die Messunsicherheit einer Faser wird in 6.3 erläutert. Die Messunsicherheit einer Chrommaske wird in 6.4 erläutert.

Anhang E enthält Arbeitsbeispiele für die Bestimmung von Unsicherheiten.

6.2 Bewertung der Kalibrierunsicherheit der Prüfeinrichtung

Das Kalibrierverfahren (siehe 5.3.4) umfasst zwei Tätigkeiten. Zuerst wird ein Maßstabsfaktor bestimmt, dann ein Korrekturausgleichsfaktor. Die Unsicherheitsquellen dieser beiden Parameter müssen bestimmt werden, um die Kalibrierunsicherheit der Prüfeinrichtung zu ermitteln.

6.2.1 Unsicherheit des Maßstabsfaktors

Folgende Terme werden angewendet:

S	Maßstabsfaktor;
$D_{P,C}$	kalibrierter Abstand der Skalenteilungen des Vorläufer-Chromnormals;
$u_{P,C}$	Kalibrierunsicherheit des Vorläufer-Chromnormals;
$D'_{P,C}$	gemessener Abstand der Skalenteilungen des Vorläufer-Chromnormals (Rohdaten);
$u'_{P,C}$	statistische Messunsicherheit des Vorläufer-Chromnormals (Rohdaten);
$u_{Tr,P,C}$	Übertragungsunsicherheit des Vorläufer-Chromnormals;
n_C	Anzahl der Messungen.

Dabei steht P steht für Vorläufer (parent) und C für Chrom.

Die Bestimmung des Maßstabsfaktors wird in 5.3.4.1 beschrieben und er wird mit zwei Maßstabsfaktoren angegeben, einen für jede der beiden Kameraachsen. Für die Schätzung der Unsicherheit des Maßstabsfaktors dürfen die beiden Maßstabsfaktoren zusammengefasst werden und ergeben den folgenden Ausdruck:

$$S = \frac{D_{P,C}}{D'_{P,C}} \quad (7)$$

Die Unsicherheit u_S des Maßstabsfaktors setzt sich aus der Kalibrierunsicherheit $u_{P,C}$ des Vorläufer-Chromnormals, allen Änderungen $u_{Tr,P,C}$, die seit dessen Kalibrierung im Vorläufer-Chromnormal eingetreten sind, und der statistischen Unsicherheit $u'_{P,C}$ der Messung des Vorläufer-Chromnormals mit der Prüfeinrichtung zusammen.

Die relative Unsicherheit u_S des Maßstabsfaktors wird wie folgt angegeben:

$$u_S = \sqrt{\frac{u_{Tr,P,C}^2 + u_{P,C}^2 + \left(\frac{u'_{P,C} \cdot S}{\sqrt{n_C}} \right)^2}{D_{P,C}^2}} \quad (8)$$

6.2.1.1 Bestimmung von $u_{P,C}$

Die Unsicherheit $u_{P,C}$ der Kalibrierung des Vorläufersnormals darf aus dem Kalibrierzertifikat oder dem Datenblatt des Vorläufers bestimmt werden. Mit der erweiterten Unsicherheit $U_{P,C}$ des Vorläufers wird $u_{P,C}$ wie folgt berechnet:

$$u_{P,C} = \frac{U_{P,C}}{k} \quad (9)$$

Dabei ist k der Überdeckungsfaktor.

k wird aus dem Kalibrierzertifikat des Vorläufers bestimmt.

6.2.1.2 Bestimmung von $u_{Tr,P,C}$

Die Übertragungsunsicherheit darf aufgrund von Faktoren entstehen, die die Kalibrierung des Vorläufer-Chromnormals beeinflussen, z. B. Alterung, temperaturinduzierte Änderungen und Sauberkeit. Die Übertragungsunsicherheit wird mit Gleichung (A.6) ermittelt.

6.2.1.3 Bestimmung von $u'_{P,C}$

Die statistische Messunsicherheit des Vorläufer-Chromnormals wird mit Gleichung (A.2) ermittelt.

6.2.2 Unsicherheit des Korrekturausgleichsfaktors

Folgende Terme werden angewendet:

- S Maßstabsfaktor;
- $D_{P,F}$ kalibrierter Durchmesser des Vorläufer-Fasernormals;
- $u_{P,F}$ Kalibrierunsicherheit des Vorläufer-Fasernormals;
- $u'_{P,F}$ statistische Messunsicherheit des Vorläufer-Fasernormals (Rohdaten);
- $u_{Tr,P,F}$ Übertragungsunsicherheit des Vorläufer-Fasernormals;
- n_F Anzahl der Messungen.

Dabei steht P steht für Vorläufer (parent) und F für Faser.

Die Bestimmung des Korrekturausgleichsfaktors wird in 5.3.4.2 beschrieben. Der Ausgleichsfaktor O wird wie folgt angegeben:

$$O = D_{P,F} - D'_{P,F} \cdot S \quad (10)$$

Die Unsicherheit u_O des Ausgleichsfaktors setzt sich aus der Kalibrierunsicherheit $u_{P,F}$ des Vorläufer-Fasernormals, allen Änderungen $u_{Tr,P,F}$, die seit dessen Kalibrierung im Fasernormal eingetreten sind, und der statistischen Unsicherheit $u'_{P,F}$ der Messung des Vorläufer-Fasernormals mit der Prüfeinrichtung zusammen.

Die Unsicherheit u des Ausgleichsfaktors wird wie folgt angegeben:

$$u_O = \sqrt{u_{P,F}^2 + u_{Tr,P,F}^2 + \left(\frac{u'_{P,F} \cdot S}{\sqrt{n_F}} \right)^2} \quad (11)$$

ANMERKUNG Die Unsicherheit u_S des Maßstabsfaktors ist in der Ableitung von Gleichung (11) nicht enthalten. Der Grund dafür ist, dass der Fehler des Maßstabsfaktors bei der Bestimmung des Korrekturausgleichsfaktors nach Gleichung (10) bereits kompensiert ist. Er trägt jedoch zur Unsicherheit der Messung des Faserdurchmessers bei, wenn der Durchmesser der zu messenden Faser vom Durchmesser der Kalibrierfaser, die für die Bestimmung des Korrekturausgleichsfaktors benutzt wurde, abweicht (siehe 6.3).

6.2.2.1 Bestimmung von $u_{P,F}$

Die Unsicherheit $u_{P,F}$ des Vorläufers darf aus der erweiterten Unsicherheit $U_{P,F}$, die auf dem Kalibrierzertifikat oder dem Datenblatt des Vorläufers angegeben ist, bestimmt werden. Damit wird die Standardunsicherheit $u_{P,F}$ wie folgt ausgedrückt:

$$u_{P,F} = \frac{U_{P,F}}{k} \quad (12)$$

Dabei ist k der Überdeckungsfaktor.

k wird aus dem Kalibrierzertifikat des Vorläufers bestimmt.

6.2.2.2 Bestimmung von $u_{Tr,P,F}$

Die Übertragungsunsicherheit darf aufgrund von Faktoren entstehen, die die Kalibrierung des Vorläufer-Fasernormals beeinflussen, z. B. Alterung, temperaturinduzierte Änderungen und Sauberkeit. Die Übertragungsunsicherheit wird mit Gleichung (A.6) ermittelt.

6.2.2.3 Bestimmung von $u'_{P,F}$

Die statistische Unsicherheit der Messung des Vorläufer-Fasernormals wird nach A.2 ermittelt.

6.3 Bewertung der Messunsicherheit der Faser

Folgende Terme werden angewendet:

- $D_{P,F}$ kalibrierter Durchmesser des Vorläufer-Fasernormals, der bei der Bestimmung des Ausgleichsfaktors verwendet wurde;
- $D_{I,F}$ Durchmesser der unbenutzten Faser (zu bestimmen);
- $D'_{I,F}$ gemessener Durchmesser der unbenutzten Faser (Rohdaten);
- $u'_{I,F}$ statistische Messunsicherheit der unbenutzten Faser (Rohdaten);
- $u_{Op,I,F}$ Betriebsunsicherheit der unbenutzten Faser;
- n_F Anzahl der Messungen.

Dabei steht I steht für unbenutzten (infant) und F für Faser.

Der gemessene Durchmesser der unbenutzten Faser nach der Kalibrierung wird wie folgt angegeben:

$$D_{I,F} = D'_{I,F} \cdot S + O \quad (13)$$

Die Unsicherheit $u_{I,F}$ der Messung setzt sich aus der Unsicherheit u_S des Maßstabsfaktors, der Unsicherheit u_O des Ausgleichsfaktors und der statistischen Unsicherheit $u'_{I,F}$ der Messung der unbenutzten Faser mit der Prüfeinrichtung zusammen. Wenn die Messung darüber hinaus bei anderen Betriebsbedingungen durchgeführt wird, als sie zum Zeitpunkt der Kalibrierung vorlagen, müssen diese Änderungen durch eine Betriebsunsicherheit $u_{Op,I,F}$ berücksichtigt werden. Eine Unsicherheit bei der Bestimmung des Maßstabsfaktors trägt zur Unsicherheit bei der Bestimmung des Faserdurchmessers bei, wenn sich der Durchmesser der zu prüfenden Faser vom Durchmesser der Kalibrierfaser, die bei der Bestimmung des Korrekturausgleichsfaktors benutzt wurde (siehe 6.2.2), unterscheidet. Dieser Aspekt wird durch den letzten Term in der nachfolgenden Gleichung einbezogen.

Die Unsicherheit $u_{I,F}$ des gemessenen Durchmessers der unbenutzten Faser wird wie folgt angegeben:

$$u_{I,F} = \sqrt{u_O^2 + u_{Op,I,F}^2 + \left(\frac{u'_{I,F} \cdot S}{\sqrt{n_F}} \right)^2 + (D'_{I,F} \cdot S - D_{P,F})^2 \cdot u_S^2} \quad (14)$$

6.3.1 Bestimmung von $u_{Op,I,F}$

Die Betriebsunsicherheit entsteht durch Betriebsbedingungen, die sich von den Betriebsbedingungen zum Zeitpunkt der Kalibrierung unterscheiden, z. B. die Qualität des Bruchs, die Sauberkeit und die Betriebstemperatur. Die Betriebsunsicherheit wird mit Gleichung (A.6) berechnet.

6.3.2 Bestimmung von $u'_{I,F}$

Die statistische Messunsicherheit der unbenutzten Faser wird mit Gleichung (A.2) ermittelt.

6.4 Bewertung der Messunsicherheit der Chrommaske

Folgende Terme werden angewendet:

- $D_{I,C}$ Abstand der Skalenteilungen der unbenutzten Chrommaske (zu bestimmen);
- $D'_{I,C}$ gemessener Abstand der Skalenteilungen der unbenutzten Chrommaske (Rohdaten);
- $u'_{I,C}$ statistische Messunsicherheit der unbenutzten Chrommaske (Rohdaten);
- $u_{Op,I,C}$ Betriebsunsicherheit der unbenutzten Chrommaske;
- n_C Anzahl der Messungen.

Dabei steht I steht für unbenutzten (infant) und C für Chrom.

Der gemessene Durchmesser der unbenutzten Chrommaske nach der Kalibrierung wird wie folgt angegeben:

$$D_{I,C} = D'_{I,C} \cdot S \quad (15)$$

Die Unsicherheit $u_{I,C}$ des gemessenen Durchmessers setzt sich aus der relativen Unsicherheit u_S des Maßstabsfaktors und der statistischen Unsicherheit $u'_{I,C}$ der Messung der unbenutzten Chrommaske mit der Prüfeinrichtung zusammen. Wenn die Messung darüber hinaus bei anderen Betriebsbedingungen durchgeführt wird, als sie zum Zeitpunkt der Kalibrierung vorlagen, müssen diese Änderungen durch eine Betriebsunsicherheit $u_{Op,I,C}$ berücksichtigt werden.

Die Unsicherheit $u_{I,C}$ des gemessenen Durchmessers der unbenutzten Chrommaske wird wie folgt angegeben:

$$u_{I,C} = \sqrt{u_{Op,I,C}^2 + \left(\frac{u'_{I,C} \cdot S}{\sqrt{n_C}} \right)^2 + (D'_{I,C} \cdot u_S)^2} \quad (16)$$

6.4.1 Bestimmung von $u_{Op,I,C}$

Die Betriebsunsicherheit entsteht durch Betriebsbedingungen, die sich von den Betriebsbedingungen zum Zeitpunkt der Kalibrierung unterscheiden, z. B. die Qualität des Bruchs, die Sauberkeit und die Betriebstemperatur. Die Betriebsunsicherheit wird mit Gleichung (A.6) berechnet.

6.4.2 Bestimmung von $u'_{I,C}$

Die statistische Messunsicherheit der unbenutzten Chrommaske wird mit Gleichung (A.2) ermittelt.

6.5 Zusammenfassung

Die Kalibrierunsicherheit der Prüfeinrichtung ist anhand der Unsicherheit des Maßstabsfaktors und der Unsicherheit des Ausgleichsfaktors, wie in 6.2.1 bzw. 6.2.2 angegeben, bewertet worden.

Die Messunsicherheiten einer Prüffaser und einer Chrommaske werden nach 6.3 bzw. 6.4 bewertet.

Die Angabe der Messunsicherheit einer Faser- oder einer Chrommaske enthalten die Unsicherheiten der für die Kalibrierung der Prüfeinrichtung verwendeten Kalibriernormale, die statistischen Messunsicherheiten und weitere Messunsicherheiten.

7 Dokumentation

7.1 Kalibrierberichte

Bei der Kalibrierung einer Geometrieprüfeinrichtung nach diesem Verfahren müssen entsprechende Kalibrierberichte angefertigt werden. Diese Kalibrierberichte müssen Folgendes enthalten:

- a) Beschreibung der Prüfeinrichtung und eindeutige Identifikation (Seriennummer);
- b) Datum, an dem die Kalibrierung durchgeführt wurde;
- c) beim Kalibriervorgang erhaltene Ergebnisse (siehe Abschnitt 5);
- d) Abstände der erneuten Kalibrierung;
- e) Bezeichnung des durchgeführten Kalibrierverfahrens;
- f) eindeutige Bezeichnung aller benutzten Kalibriernormale und Zertifizierung zum Nachweis der Rückverfolgbarkeit;
- g) Bezeichnung des Personals, das die Kalibrierung durchgeführt hat;
- h) Angabe der Unsicherheiten bei der Kalibrierung der Prüfeinrichtung und deren kumulative Auswirkung auf die Unsicherheiten des Maßstabsfaktors und des Ausgleichsfaktors (siehe Abschnitt 5);
- i) Messgerätezustand wie Schwellenwerte für die Auswahl von Randpunkten, Kriterien für die Zurückweisung von Punkten und Arten der angewendeten Formanpassung.

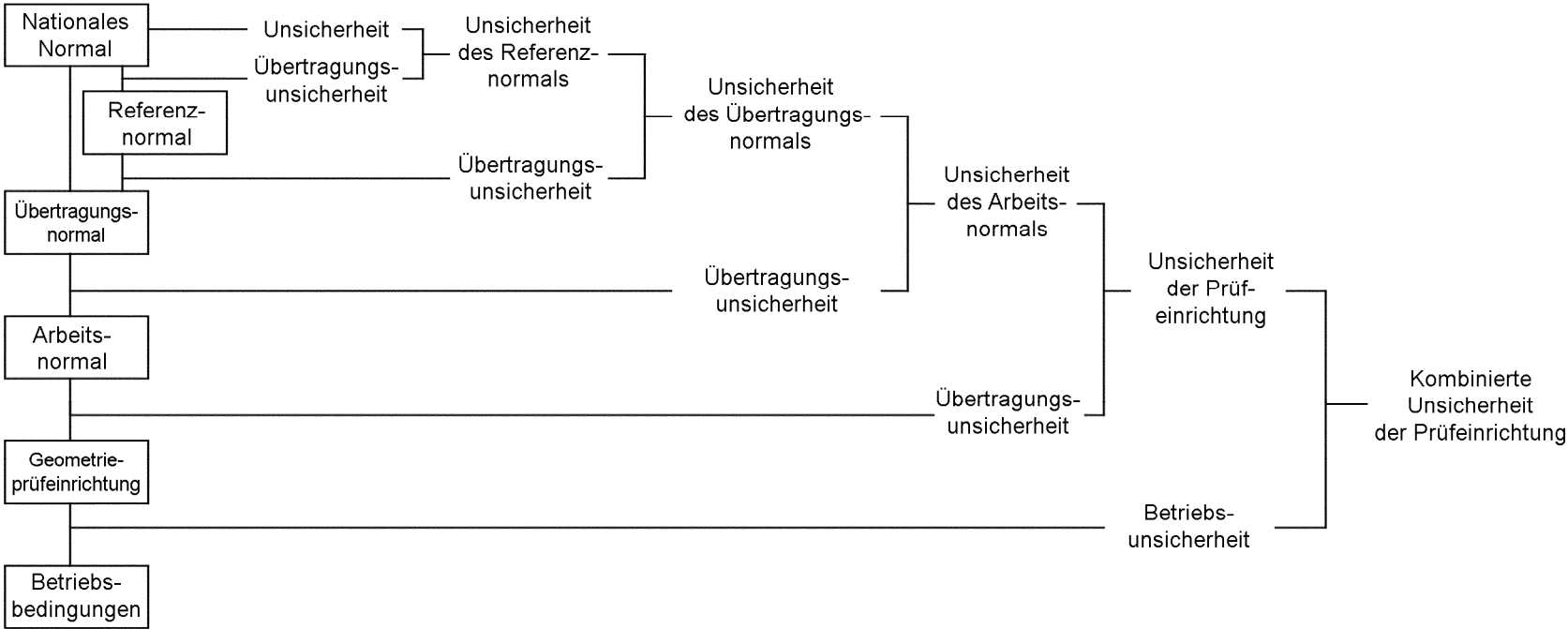


Bild 1 – Beispiel für die Kalibrierkette und die Akkumulation von Unsicherheiten

Anhang A (normativ)

Mathematische Grundlagen

A.1 Allgemeines

In diesem Anhang werden die Bewertung, die Kombination und die Protokollierung der Messunsicherheit zusammengefasst. Er beruht auf dem „Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen (Guide to the expression of Uncertainty in Measurement (GUM))“. Der Leser wird nicht von der Notwendigkeit entbunden, diesen Leitfaden für weitere Hinweise heranzuziehen.

In dieser Norm werden zwei Arten der Bewertung der Messunsicherheit unterschieden. Typ A ist eine Bewertungsmethode der Unsicherheit durch eine statistische Auswertung einer Messreihe derselben Messgröße. Typ B ist eine Bewertungsmethode der Unsicherheit auf der Grundlage weiterer Informationen.

A.2 Bewertung von Unsicherheiten des Typs A

Die Bewertung der Standardunsicherheit des Typs A kann angewendet werden, wenn mehrere unabhängige Beobachtungen einer Messgröße unter denselben Messbedingungen vorgenommen worden sind.

Für eine Messgröße X , die bei n unabhängigen wiederholten Beobachtungen X_k ermittelt wird, ist der arithmetische Mittelwert:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k \quad (\text{A.1})$$

Dieser Mittelwert wird als der Schätzwert der Messgröße verwendet, das heißt $x = \bar{X}$. Die experimentelle Standardabweichung der Beobachtungen wird wie folgt angegeben:

$$s(X) = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (X_k - \bar{X})^2 \right]^{1/2} \quad (\text{A.2})$$

Dabei ist

$\bar{X}$ der arithmetische Mittelwert der beobachteten Werte;

X_k sind die Messwerte einer Messreihe;

n die Anzahl der Messungen; es wird davon ausgegangen, dass diese Anzahl groß ist, z. B. $n \geq 10$.

Die Standardunsicherheit des Typs A $u_{\text{typeA}}(x)$ des Schätzwerts x ist die experimentelle Standardabweichung des Mittelwerts:

$$u_{\text{typeA}}(x) = s(\bar{X}) = \frac{s(X)}{\sqrt{n}} \quad (\text{A.3})$$

A.3 Bewertung von Unsicherheiten des Typs B

Die Bewertung der Standardunsicherheit des Typs B ist die Bewertungsmethode der Unsicherheit durch andere Mittel als die statistische Auswertung einer Reihe von Beobachtungen. Die Bewertung erfolgt durch eine wissenschaftliche Beurteilung auf der Grundlage aller verfügbaren Informationen über die Veränderlichkeit der Messgröße.

Wenn der Schätzwert x einer Messgröße X einer Herstellerspezifikation, einem Kalibrierzertifikat, einem Handbuch oder einer anderen Quelle entnommen wird und seine angegebene Unsicherheit $U(x)$ als ein vielfacher k -Wert einer Standardabweichung angegeben wird, ist die Standardunsicherheit $u(x)$ einfach der Quotient aus dem angegebenen Wert und dem Vervielfacher.

$$u(x) = U(x) / k \quad (\text{A.4})$$

Wenn für die Messgröße X nur der obere und untere Grenzwert $X_{\max}$ bzw. $X_{\min}$ geschätzt werden kann, wird eine Rechteckverteilung der Wahrscheinlichkeit angenommen.

Die Standardunsicherheit ist:

$$u(x) = \frac{(|X_{\max} - x|, |X_{\min} - x|)_{\text{MAX}}}{\sqrt{3}} \quad (\text{A.6})$$

Der Beitrag zur Standardunsicherheit des Schätzwerts der Ausgangsgröße y , der sich aus der Standardunsicherheit des Schätzwerts der Eingangsgröße x ergibt, ist:

$$u(y) = c \cdot x \cdot u(x) \quad (\text{A.7})$$

Dabei ist c der Empfindlichkeitskoeffizient des Schätzwerts der Eingangsgröße x , d. h. die partielle Ableitung der Modellfunktion $y(x)$, bewertet beim Schätzwert der Eingangsgröße x :

$$c = \frac{\partial y}{\partial x} \quad (\text{A.8})$$

Der Empfindlichkeitskoeffizient c beschreibt den Umfang, in dem der Schätzwert der Ausgangsgröße y von Änderungen des Schätzwerts der Eingangsgröße x beeinflusst wird. Er kann mit Gleichung (A.8) oder mit numerischen Verfahren ermittelt werden, d. h. durch Berechnung der Änderung des Schätzwerts der Ausgangsgröße y infolge einer Änderung des Schätzwerts der Eingangsgröße x aus einer Modellfunktion. Mitunter kann es günstiger sein, die Änderung des Schätzwerts der Ausgangsgröße y infolge einer Änderung von x experimentell zu ermitteln.

A.4 Bestimmen der kombinierten Standardunsicherheit

Mit der kombinierten Standardunsicherheit wird eine Anzahl einzelner Unsicherheiten mit einer einzigen Zahl angegeben. Die kombinierte Standardunsicherheit beruht auf der statistischen Unabhängigkeit der einzelnen Unsicherheiten; sie wird aus der Quadratsummenwurzel aller Standardunsicherheiten der Bewertungen des Typs A und des Typs B berechnet.

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(y)} \quad (\text{A.9})$$

Dabei ist

- i die gegenwärtige Anzahl einzelner Beiträge;
- $u_i(y)$ sind die Beiträge der Standardunsicherheiten;
- n die Anzahl der Unsicherheiten.

ANMERKUNG Es ist zulässig, Unsicherheitsbeiträge zu dieser Gleichung, die kleiner als 1/10 des größten Beitrags sind, zu vernachlässigen, weil das Quadrieren dieser Beiträge deren Signifikanz auf 1/100 des größten Beitrags herabsetzt.

Wenn die angegebenen Größen als Grundlage für weitere Unsicherheitsberechnungen anzuwenden sind, kann die kombinierte Standardunsicherheit u_c erneut in Gleichung (A.9) eingesetzt werden. Obwohl sie teilweise Unsicherheiten des Typs A entstammt, sollte u_c so betrachtet werden, als würde sie eine Unsicherheit des Typs B beschreiben.

A.5 Kalibrierbericht

In Kalibrierberichten und technischen Datenblättern müssen die kombinierten Standardunsicherheiten als erweiterte Unsicherheiten zusammen mit dem anwendbaren Vertrauensniveau angegeben werden. Korrekturfaktoren oder Abweichungen müssen aufgezeichnet werden. Die erweiterte Unsicherheit U wird durch Multiplizieren der Standardunsicherheit $u_c(y)$ mit einem Überdeckungsfaktor k ermittelt:

$$U = k \times u_c(y) \quad (\text{A.10})$$