DIN EN ISO 13696

DIN

ICS 31.260

Einsprüche bis 2021-06-16
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 13696:2002-12

Entwurf

Optik und Photonik – Bestimmung von Streustrahlung, hervorgerufen durch optische Komponenten (ISO/DIS 13696:2021); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 13696:2021

Optics and photonics –
Test method for total scattering by optical components (ISO/DIS 13696:2021);
German and English version prEN ISO 13696:2021

Optique et photonique –
Méthodes d'essai du rayonnement diffusé par les composants optiques
(ISO/DIS 13696:2021);
Version allemande et anglaise prEN ISO 13696:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-04-16 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 nafuo@din.de 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 den DIN-Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO) oder Alexander-Wellendorff-Str. 2, 75172 Pforzheim.

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 79 Seiten

DIN-Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO)

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 13696:2021) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 172 „Optics and photonics" in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 123 „Laser und Photonik" erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 027-01-18 AA „Laser und elektro-optische Systeme“ im DIN-Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 11145	siehe	DIN EN ISO 11145
ISO 11146-1	siehe	DIN EN ISO 11146-1 (Zur Zeit Entwurf)
ISO 11146-2	siehe	DIN EN ISO 11146-2 (Zur Zeit Entwurf)
ISO 11554	siehe	DIN EN ISO 11554
ISO 12005	siehe	DIN EN ISO 12005
ISO 14644-1:2015	siehe	DIN EN ISO 14644-1:2015-12

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 13696:2002-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) **Anwendungsbereich:** der Messbereich wurde ausführlicher beschrieben und auf 250 nm begrenzt. Für Messungen im tiefen Ultraviolettbereich zwischen 190 nm und 250 nm müssen spezifische Verfahren in Betracht gezogen werden, die in diesem Dokument beschrieben sind;

b) **3.1.6:** zusätzliche Anmerkung 2 für die hohe Volumenstreuung der Probe eingefügt;

c) **3.1.6:** zusätzliche Anmerkung 3 für eine umfassende Darstellung des Begriffs „Gesamtstreuung“ eingefügt;

d) **3.1.7:** Anmerkung zum Normal für den diffusen Reflexionsgrad um Wellenlängen unterhalb von 250 nm abwärts bis in den tiefen Ultraviolettbereich erweitert;

e) **3.2:** neue Symbole für Gesamtstreuung (σ_{TS}), Vorwärtsstreuung (τ_{TS}) und Rückwärtsstreuung (ρ_{TS}) in Tabelle 1;

f) **Bild 1 und 4.2.5:** Lock-in-Verstärker optional. Bei schnellen Datenaufnahmemodulen ist unter Umständen kein Lock-in-Verfahren erforderlich;

g) **4.2.2:** Kalibrierung des Referenzdetektors nicht erforderlich. Die Leistung auf der Probenoberfläche muss mit einem kalibrierten Detektor gemessen werden;

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05

h) **4.2.4:** zusätzliche Anmerkung 1 zur Alterung des diffus reflektierenden Materials an den Innenwänden der Kugel eingefügt;

i) **4.2.5:** zusätzliche Anmerkung zu optionalen Komponenten für ein phasenempfindliches Nachweissystem mit Lock-in-Verstärker eingefügt;

j) **5.3:** Änderung der Abfolge der Messungen beginnend bei dem Kalibrierungsvorgang der Leistungsmessung und der Bestimmung des Signals der leeren Kugel vor der Messung der Probe;

k) **6.1:** zusätzliche Anmerkung 3 zu Proben eingefügt, die bei Einzelpunktmessungen größer als das Normal für den diffusen Reflexionsgrad sind;

l) **6.1:** Anpassung der Gleichung (1), Gleichung (2) und Gleichung (5) bis Gleichung (8) ($V_c(r_i)$ im Nenner wurde geändert zu V_c)

Gleichung (C2) lautet $$\sigma_s = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}\left(M_S - \rho_{TS,sc}\,(r_i)\right)^2};$$

m) **6.1:** zusätzliche Anmerkung 6 zu Kalibrierungsproben mit beliebigem diffusen Reflexionsgrad eingefügt;

n) **Anhang E:** zusätzlicher Anhang zu einem alternativen Verfahren für die Kalibrierung von Gesamtstreumessungen mithilfe einer Calciumfluorid-Streuscheibe;

o) **Literaturhinweise**: ISO 31-6:1992 wurde ersetzt durch die aktuelle Version ISO 80000-7, ISO 11146 wurde ersetzt durch ISO 11146-1 und ISO 11146-2, ISO 11554 und ISO 12005 werden undatiert aufgeführt. Ersetzt wurden auch die früheren Literaturhinweise [5] und [6] durch die neueste Ausgabe von SEMI F1048.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 11145, *Optik und Photonik — Laser und Laseranlagen — Begriffe und Formelzeichen*

E DIN EN ISO 11146-1, *Laser und Laseranlagen — Prüfverfahren für Laserstrahlabmessungen, Divergenzwinkel und Beugungsmaßzahlen — Teil 1: Stigmatische und einfach astigmatische Strahlen*

E DIN EN ISO 11146-2, *Laser und Laseranlagen — Prüfverfahren für Laserstrahlabmessungen, Divergenzwinkel und Beugungsmaßzahlen — Teil 2: Allgemein astigmatische Strahlen*

DIN EN ISO 11554, *Optik und Photonik — Laser und Laseranlagen — Prüfverfahren für Leistung, Energie und Kenngrößen des Zeitverhaltens von Laserstrahlen*

DIN EN ISO 12005, *Laser und Laseranlagen — Prüfverfahren für Laserstrahlparameter — Polarisation*

DIN EN ISO 14644-1:2015-12, *Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche — Teil 1: Klassifizierung der Luftreinheit anhand der Partikelkonzentration (ISO 14644-1:2015); Deutsche Fassung EN ISO 14644-1:2015*

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05

2021-04

prEN ISO 13696:2021

Titel de:	Optik und Photonik — Bestimmung von Streustrahlung, hervorgerufen durch optische Komponenten (ISO/DIS 13696:2021)
Titel en:	Optics and photonics — Test method for total scattering by optical components (ISO/DIS 13696:2021)
Titel fr:	Optique et photonique — Méthodes d'essai du rayonnement diffusé par les composants optiques (ISO/DIS 13696:2021)

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort 4
Vorwort 5
Einleitung 7
1 Anwendungsbereich 8
2 Normative Verweisungen 8
3 Begriffe, Definitionen und Symbole 8
3.1 Begriffe 8
3.2 Symbole und Maßeinheiten 10
4 Prüfverfahren 10
4.1 Kurzbeschreibung 10
4.2 Messaufbau und Prüfgerät 11
4.2.1 Allgemeines 11
4.2.2 Strahlquelle 12
4.2.3 Strahlaufbereitungssystem 12
4.2.4 Integrationskugel 12
4.2.5 Detektoreinheit 14
4.2.6 Probenhalter 14
4.3 Aufbau mit hoher Empfindlichkeit 14
4.4 Vorbereitung der Proben 14
5 Verfahren 15
5.1 Allgemeines 15
5.2 Justage 15
5.2.1 Allgemeines 15
5.2.2 Justage des Strahls 15
5.2.3 Justage der Proben 16
5.3 Messverfahren 16
6 Auswertung 17
6.1 Bestimmung des Gesamtstreuwertes 17
6.2 Fehlerbilanz 20
7 Prüfbericht 21
Anhang A (informativ) Aufbau mit einer Coblentzhalbkugel 23
A.1 Kurzbeschreibung 23
A.2 Messaufbau 23
A.2.1 Coblentzkugel 23
A.2.2 Kalibrierung 25
A.2.3 Justage der Proben 25
Anhang B (informativ) Beispiel für einen Prüfbericht 26
Anhang C (informativ) Beispiel für die statistische Auswertung 30
C.1 Datenreduktionsverfahren 30
C.2 Beispiel für eine Datenreduktion 31
Anhang D (informativ) Beispiel für die Wahl der Datenpunktabstände 35
D.1 Abtasten der Probe 35

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05

D.2 Einfluss des Strahldurchmessers 36

Anhang E (informativ) Alternatives Verfahren für die Kalibrierung von Gesamstreumessungen mithilfe einer Calciumfluorid-Streuscheibe 38
E.1 Calciumfluorid-Streuscheibe 38
E.2 Kalibrierungsverfahren 38

Literaturhinweise 40

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 13696:2021) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 172 „Optics and photonics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 123 „Laser und Photonik“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 13696:2002 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 13696:2021 wurde von CEN als prEN ISO 13696:2021 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 172, *Optics and Photonics*, Unterkomitee SC 9, *Laser and electro-optical systems,* erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 13696:2002), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

Anwendungsbereich: der Messbereich wurde ausführlicher beschrieben und auf 250 nm begrenzt. Für Messungen im tiefen Ultraviolettbereich zwischen 190 nm und 250 nm müssen spezifische Verfahren in Betracht gezogen werden, die in diesem Dokument beschrieben sind.

3.1.6: zusätzliche Anmerkung 2 für die hohe Volumenstreuung der Probe eingefügt.

3.1.6: zusätzliche Anmerkung 3 für eine umfassende Darstellung des Begriffs „Gesamtstreuung“ eingefügt.

3.1.7: Anmerkung zum Normal für den diffusen Reflexionsgrad um Wellenlängen unterhalb von 250 nm abwärts bis in den tiefen Ultraviolettbereich erweitert.

3.2: neue Symbole für Gesamtstreuung (σ_{TS}), Vorwärtsstreuung (τ_{TS}) und Rückwärtsstreuung (ρ_{TS}) in Tabelle 1.

Bild 1 und 4.2.5: Lock-in-Verstärker optional. Bei schnellen Datenaufnahmemodulen ist unter Umständen kein Lock-in-Verfahren erforderlich.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05

4.2.2: Kalibrierung des Referenzdetektors nicht erforderlich. Die Leistung auf der Probenoberfläche muss mit einem kalibrierten Detektor gemessen werden.

4.2.4: zusätzliche Anmerkung 1 zur Alterung des diffus reflektierenden Materials an den Innenwänden der Kugel eingefügt.

4.2.5: zusätzliche Anmerkung zu optionalen Komponenten für ein phasenempfindliches Nachweissystem mit Lock-in-Verstärker eingefügt.

5.3: Änderung der Abfolge der Messungen beginnend bei dem Kalibrierungsvorgang der Leistungsmessung und der Bestimmung des Signals der leeren Kugel vor der Messung der Probe.

6.1: zusätzliche Anmerkung 3 zu Proben eingefügt, die bei Einzelpunktmessungen größer als das Normal für den diffusen Reflexionsgrad sind.

6.1: Anpassung der Gleichung (1), Gleichung (2) und Gleichung (5) bis Gleichung (8) ($V_c(r_i)$ im Nenner wurde geändert zu V_c)

Gleichung (C2) lautet $$\sigma_s = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}\left(M_S - \rho_{TS,sc}\,(r_i)\right)^2};$$

6.1: zusätzliche Anmerkung 6 zu Kalibrierungsproben mit beliebigem diffusen Reflexionsgrad eingefügt.

Anhang E: zusätzlicher Anhang zu einem alternativen Verfahren für die Kalibrierung von Gesamtstreumessungen mithilfe einer Calciumfluorid-Streuscheibe.

Literaturhinweise: ISO 31-6:1992 wurde ersetzt durch die aktuelle Version ISO 80000-7, ISO 11146 wurde ersetzt durch ISO 11146-1 und ISO 11146-2, ISO 11554 und ISO 12005 werden undatiert aufgeführt. Ersetzt wurden auch die früheren Literaturhinweise [5] und [6] durch die neueste Ausgabe von SEMI F1048.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05

Einleitung

Streuung in optischen Komponenten wirkt sich in den meisten Anwendungen negativ auf den Wirkungsgrad und die Abbildungsqualität optischer Systeme aus. Streuung entsteht hauptsächlich aufgrund von Fehlstellen der Beschichtungen und der optischen Oberflächen der Komponenten. Fehlstellen des Substrates, dünne Schichten und Grenzschichten, Oberflächen- und Grenzschichtrauigkeiten oder Verunreinigungen und Kratzer sind Oberflächenbeschaffenheiten, die häufig zur optischen Streuung beitragen. Diese Fehlstellen lenken einen Teil der einfallenden Strahlung aus dem gerichteten Strahlengang heraus. Die räumliche Verteilung dieser gestreuten Strahlung hängt von der Wellenlänge des Einfallsstrahls und den jeweiligen optischen Eigenschaften der Komponente ab. Der Gesamtverlust durch Streuung ist bei den meisten lasertechnischen und optischen Anwendungen ein nützliches Qualitätskriterium für optische Komponenten.

Dieses Dokument beschreibt ein Prüfverfahren zur Bestimmung der entsprechenden Messgröße, der Gesamtstreuung (σ_{TS}), die über die gemessenen Werte der Vor- und Rückwärtsstreuung definiert ist. Das in diesem Dokument beschriebene Prüfverfahren basiert auf einer Ulbrichtkugel als integrierendem Element für die Streustrahlung. Eine alternativ anwendbare Vorrichtung mit einer Coblentzhalbkugel, die auch häufig für das Sammeln von Streustrahlung verwendet wird, ist in Anhang A beschrieben.

Die Anhang A bis Anhang E dieses Dokuments dienen nur der Information.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt ein Prüfverfahren für die Bestimmung der Gesamtstreuung von beschichteten und unbeschichteten optischen Oberflächen fest. Verfahren zur Messung der Beiträge der Vorwärts- und Rückwärtsstreuung zur Gesamtstreuung von optischen Komponenten werden angegeben.

Dieses Dokument bezieht sich auf beschichtete und unbeschichtete optische Komponenten mit optischen Oberflächen, die einen Krümmungsradius von mehr als 10 m besitzen. Die von diesem Dokument abgedeckten Messwellenlängenbereiche reichen vom Ultraviolettbereich oberhalb von 250 nm bis in den infraroten Spektralbereich unterhalb von 15 µm. Für Messungen im tiefen Ultraviolettbereich zwischen 190 nm und 250 nm müssen spezifische Verfahren in Betracht gezogen werden, die in diesem Dokument beschrieben sind. In der Regel kann die optische Streuung für Wellenlängen oberhalb 15 µm als vernachlässigbar betrachtet werden.

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).

ISO 11145, *Optics and photonics — Lasers and laser-related equipment — Vocabulary and symbols*

ISO 14644-1:2015, *Cleanrooms and associated controlled environments — Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration*

3 Begriffe, Definitionen und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 11145 und die folgenden Begriffe.

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

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter https://www.iso.org/obp

— IEC Electropedia: verfügbar unter https://www.electropedia.org/

3.1.1
Streustrahlung
Anteil der einfallenden Strahlung, die aus dem gerichteten Strahlengang abgelenkt wird

3.1.2
Vorderfläche
optische Oberfläche, die zuerst mit der einfallenden Strahlung in Wechselwirkung tritt

3.1.3
Rückfläche
Oberfläche, die zuletzt mit der transmittierten Strahlung in Wechselwirkung tritt

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05

3.1.4
Rückwärtsstreuung
Strahlungsanteil, der von der optischen Komponente in den rückwärtigen Halbraum gestreut wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der rückwärtige Halbraum beinhaltet den auf die Komponente auftreffenden Einfallsstrahl und ist durch die Vorderfläche der optischen Komponente begrenzt.

3.1.5
Vorwärtsstreuung
Strahlungsanteil, der von der optischen Komponente in den vorderen Halbraum gestreut wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der vordere Halbraum beinhaltet den von der Komponente transmittierten Strahl und ist durch die Rückfläche der optischen Komponente begrenzt.

3.1.6
Gesamtstreuung
Verhältnis der gesamten Streustrahlungsleistung in den vorderen oder hinteren Halbraum zur einfallenden Strahlungsleistung

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Halbraum, in dem die Streuung gemessen wird, sollte deutlich benannt werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Summe der gemessenen Vorwärts- und Rückwärtsstreuung enthält nicht den Beitrag des losen Materials in der optischen Komponente. Für den Fall, dass die Volumenstreuung der Komponente nicht vernachlässigbar ist, können die Gesamtstreuverluste die Summe der Vorwärts- und Rückwärtsstreuung übersteigen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Gesamtstreuung entspricht der Vorwärts- oder der Rückwärtsstreuung und nicht der Summe beider Streuungen oder der Summe aller Streubeiträge.

3.1.7
Normal für den diffusen Reflexionsgrad
diffuser Reflektor mit bekanntem Gesamtreflexionsgrad

Anmerkung 1 zum Begriff: Normale für den diffusen Reflexionsgrad sind üblicherweise aus Bariumsulfat oder Polytetrafluorethylenpulvern gefertigt (siehe Tabelle 2). Der Gesamtreflexionsgrad von frisch mit diesen Materialien erzeugten Normalen ist in dem in Tabelle 2 angegebenen Spektralbereich meistens größer als 0,98. Dieser Wert kann als ein Reflexionsstandard von 100 % angesehen werden. Um eine größere Genauigkeit zu erreichen, können diese Normale mit niedrigeren Reflexionsgradwerten gefertigt werden, indem Polytetrafluorethylenpulver mit Pulvern aus absorbierenden Materialien gemischt wird. (Siehe Literaturhinweise [6]). Zu weiteren Konzepten für Normale für den diffusen Reflexionsgrad gehören optische Oberflächen mit speziell aufbereiteten Mikrostrukturen, metallbeschichtete Diffusoren oder diffuse transparente Referenzproben. Ein vielseitiges Verfahren auf der Grundlage einer Calciumfluorid-Streuscheibe für den Wellenlängenbereich von 250 nm abwärts in den tiefen Ultraviolettbereich wird in Anhang E beschrieben.

3.1.8
Bereich des Akzeptanzwinkels
Bereich zwischen Minimal- und Maximalwinkel, der in Bezug auf den reflektierten oder transmittierten Strahl von dem integrierenden Element aufgefangen werden kann

3.1.9
Polarisationswinkel
Winkel zwischen der Hauptachse der momentanen Polarisationsellipse der einfallenden Strahlung und der Einfallsebene

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei nicht-senkrechtem Einfall ist die Einfallsebene über die Ebene definiert, die die Ausbreitungsrichtung der Einfallsstrahlung und das Einfallslot enthält.

Anmerkung 2 zum Begriff: Wenn die Referenzachse in der Einfallsebene liegt, ist der Polarisationswinkel γ mit dem Azimut Φ (nach ISO 12005) identisch.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05

3.2 Symbole und Maßeinheiten

Tabelle 1 — Symbole und Maßeinheiten

Symbol	Begriff	Maßeinheit
λ	Wellenlänge	nm
α	Einfallswinkel	Grad
γ	Polarisationswinkel	Grad
d_σ	Strahldurchmesser auf der Oberfläche der Probe	mm
P_{inc}	Strahlungsleistung der einfallenden Strahlung	W
P_{bac}	Gesamtstrahlungsleistung der Rückwärtsstreuung	W
P_{for}	Gesamtstrahlungsleistung der Vorwärtsstreuung	W
σ_{TS}	Gesamtstreuung	
ρ_{TS}	Rückwärtsstreuung	
τ_{TS}	Vorwärtsstreuung	
$V_{\text{s,bac}}$	Detektorsignal für die Probe, Rückwärtsstreuung	V
$V_{\text{s,for}}$	Detektorsignal für die Probe, Vorwärtsstreuung	V
V_{c}	Detektorsignal, Normal für den diffusen Reflexionsgrad	V
V_{u}	Detektorsignal, Prüföffnungen offen	V
τ_{s}	Transmissionsgrad der Probe bei Wellenlänge λ	
ρ_{s}	Reflexionsgrad der Probe bei Wellenlänge λ	
r_i	Position der Probe	mm
N	Anzahl der Prüforte je Oberfläche	

4 Prüfverfahren

4.1 Kurzbeschreibung

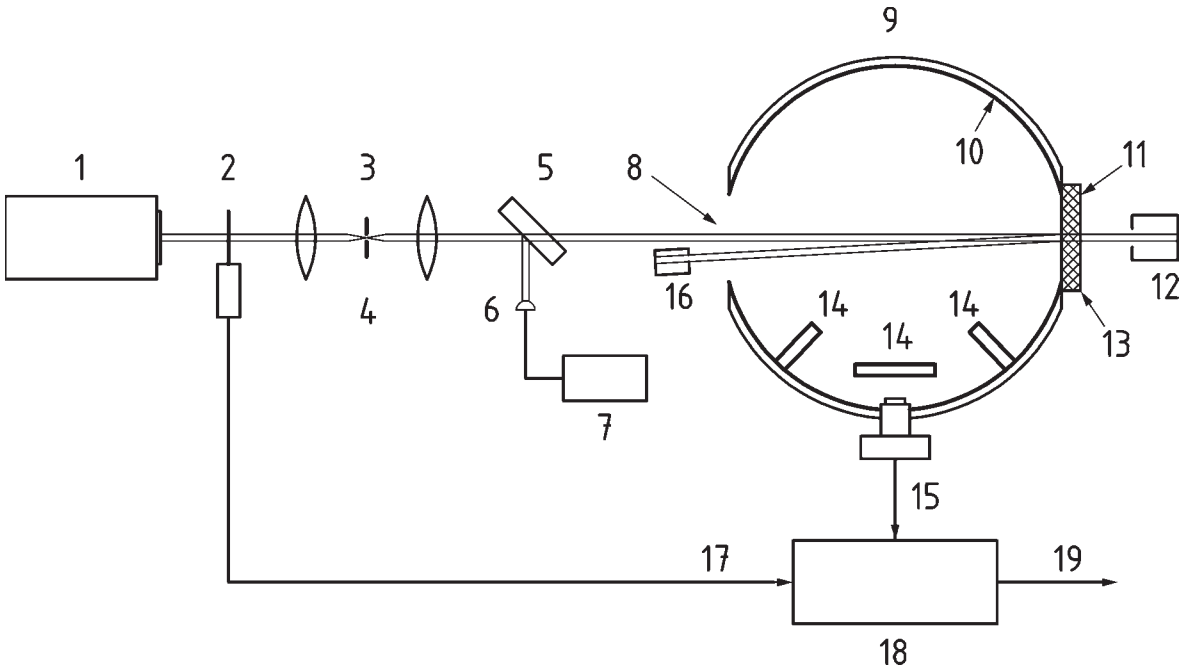
Das grundlegende Prinzip der Messvorrichtung basiert auf der Sammlung und Integration von Streustrahlung und ist in Bild 1 dargestellt. Zu diesem Zweck wird eine Hohlkugel mit einer diffus reflektierenden Beschichtung auf der Innenfläche (Ulbrichtkugel) verwendet. Strahlöffnungen sind notwendig, damit der Prüfstrahl und der reflektierte Strahl durch die Kugelwand transmittiert werden können. Die Probe wird an eine dieser Strahlöffnungen angebracht und stellt damit einen Teil der inneren Kugeloberfläche dar. Bei der Messung der Rückwärtsstreuung befindet sich die Probe an der Austrittsöffnung. Die Vorwärtsstreuung wird bestimmt durch Anbringen der Probe an die Eintrittsöffnung. Die Streustrahlung wird in der Kugel integriert und mit einem geeigneten Detektor gemessen, der an einer weiteren Öffnung an angemessener Stelle angebracht ist. Für die Kalibrierung des Detektorsignals wird ein Normal für den diffusen Reflexionsgrad verwendet.

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05

4.2 Messaufbau und Prüfgerät

4.2.1 Allgemeines

Die verwendete Messvorrichtung zur Bestimmung der Gesamtstreuung ist in vier Funktionsbereiche aufgeteilt, die nachfolgend im Einzelnen beschrieben werden. Ein Funktionsbereich besteht aus der Strahlquelle und dem Strahlaufbereitungssystem. Zwei Komponenten sind durch die Integration und Detektion der Streustrahlung definiert. Einen weiteren Bereich stellt der Probenhalter mit seinen Zubehörteilen dar.



Legende

1 Strahlquelle
2 Chopper
3 Raumfilter
4 Teleskop
5 Strahlteiler
6 Leistungs-Detektor
7 Leistungs-Messgerät
8 Eintrittsöffnung
9 Ulbrichtkugel
10 Beschichtung
11 Austrittsöffnung
12 Strahlfalle
13 Probe
14 Strahlungsschirme
15 Detektor, Streuscheibe
16 Strahlfalle
17 Chopper-Signal
18 Lock-in-Verstärker (optional)
19 Detektorsignal, V_s

Bild 1 — Schematische Darstellung einer Messvorrichtung für die Bestimmung der Gesamtstreuung (Konfiguration für die Messung der Rückwärtsstreuung mit phasenempfindlichem Nachweissystem)

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05

4.2.2 Strahlquelle

Als Strahlquelle werden vorzugsweise Laser aufgrund ihrer hervorragenden Strahlqualität und der hohen Leistungsdichten, die auf der Oberfläche der Probe realisiert werden können, eingesetzt. Für spezielle Anwendungen, wie zum Beispiel die Bestimmung der Abhängigkeit der Streuung von der Wellenlänge, dürfen unterschiedliche konventionelle Strahlquellen zusammen mit Spektralfiltern oder Monochromatoren verwendet werden. Es können verschiedene Arten von Entladungs-, Bogen- oder Metallfadenlampen für die wellenlängenaufgelöste Messung der Gesamtstreuung eingesetzt werden.

Die zeitlichen Leistungsschwankungen der Strahlquelle müssen gemessen und dokumentiert werden. Für diesen Zweck werden ein Strahlteiler und ein Referenzdetektor installiert. Die Leistung auf der Probenoberfläche muss für beide Prüfstellen an der Eintritts- und Austrittsöffnung des integrierenden Elements mit einem kalibrierten Referenzdetektor gemessen werden.

4.2.3 Strahlaufbereitungssystem

Das Strahlaufbereitungssystem besteht aus Raumfiltern und weiteren eventuell notwendigen Vorrichtungen für die Reinigung des Strahls. Bei Messungen mit konventionellen Strahlquellen sind zusätzlich optische Elemente für die Strahlformung und -kollimation notwendig. Der Strahldurchmesser d_σ auf der Probenoberfläche muss größer als 0,4 mm sein. Im kollimierten Strahlprofil darf an Radialpositionen jenseits des 5-fachen Strahlradius keine Strahlleistung mehr vorhanden sein.

ANMERKUNG 1 Die Werte der Gesamtstreuung können vom Strahldurchmesser und -profil abhängig sein (siehe Anhang D).

Das Strahlprofil auf der Probenoberfläche muss gleichmäßig sein, mit lokalen Leistungsdichten, die das Dreifache der mittleren Leistungsdichte innerhalb des Strahldurchmessers d_σ nicht überschreiten. Bei Messvorrichtungen mit einem Laser als Strahlquelle wird der Betrieb im TEM_{00}-Mode mit einem beugungsbegrenzten Gauß'schen Strahlprofil empfohlen. Ein definierter Polarisationszustand und -winkel müssen eingestellt werden. Bei der Verwendung von konventionellen Strahlquellen als Messvorrichtung muss ein unpolarisierter Strahl mit kreisförmigem Profil realisiert werden. Das Strahlprofil auf der Probenoberfläche darf keine Beugungsmuster und parasitäre Spots im äußeren Bereich aufweisen. Das räumliche Strahlprofil auf der Probenoberfläche muss aufgenommen und dokumentiert werden.

Optische Elemente wie Strahlumlenkspiegel und Strahlteiler können eine Reflexion aufweisen, die von dem Polarisationszustand des einfallenden Strahls abhängig ist, was die Empfindlichkeit der Messung beeinträchtigen kann. Das letzte direkt vor der Integrationskugel positionierte optische Element ist so auszurichten, dass es die Messung nicht beeinträchtigt.

Für die von der Probe reflektierten und transmittierten Anteile des Strahls sind wirkungsvolle Strahlfallen zu verwenden, um Rückstreuungseffekte in die Integrationskugel zu unterdrücken.

ANMERKUNG 2 Eine wirkungsvolle Strahlfalle kann mit einem Stapel absorbierender Neutralfilter erzeugt werden. Diese Filter werden so in ein Gehäuse mit absorbierenden Innenwänden installiert, dass der Strahl nicht senkrecht einfällt.

4.2.4 Integrationskugel

Für das Sammeln und die Integration der von der Probe gestreuten Strahlung wird eine Integrationskugel eingesetzt. Diese Kugel muss mit Strahlöffnungen für den Ein- und Austritt des Prüfstrahls und für den durch die Probe reflektierten Teilstrahl ausgestattet sein. Die Innenfläche muss mit einem diffus hochreflektierenden Material mit Lambert'scher Reflexionscharakteristik und einer diffusen Reflexion größer als 97 % der Wellenlänge der Messung beschichtet sein. Eine Auswahl der für diese Beschichtung geeigneten Materialien mit den entsprechenden Spektralbereichen ist in Tabelle 2 zusammengestellt.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05

ANMERKUNG 1 Das diffus reflektierende Material an den Innenwänden der Kugel kann der Alterung unterliegen. Entsprechende Auswirkungen können während der Langzeitnutzung durch Überwachung des Signals der Kugel mit angebrachtem Normal für den diffusen Reflexionsgrad ermittelt werden.

Tabelle 2 — Ausgewählte Materialien für die Beschichtung der Innenfläche der Integrationskugel und für Normale für den diffusen Reflexionsgrad

Material	Spektralbereich µm
Bariumsulfat	0,35 bis 1,4
Magnesiumoxid	0,25 bis 8,0
Polytetrafluorethylen	0,20 bis 2,5
Goldbeschichtung, matt	0,70 bis 20

Die Durchmesser der Strahlöffnungen müssen gleich sein und mindestens das Fünffache des Strahldurchmessers d_σ des Prüfstrahls an der Strahlöffnung betragen. Die Öffnung für den Detektor ist an die empfindliche Fläche der Detektoreinheit anzupassen. Die Form der Öffnungen ist so zu optimieren, dass die Strahlungsintegration minimal beeinträchtigt wird und dass eine kontaktfreie Installation der Probe sichergestellt ist. Zwischen der Ein- und Austritts- sowie der Detektoröffnung sind Strahlungsschirme zu installieren, die mit demselben Material beschichtet sind wie die Innenfläche der Kugel. Auch werden Strahlungsschirme vor der Detektoröffnung empfohlen, damit die durch die Probe in Richtung Detektor abgegebene Streustrahlung abgeschirmt werden kann. Um räumliche Inhomogenitäten der Detektor-Empfindlichkeit auszugleichen, kann am Detektor eine Streuscheibe angebracht werden.

Der minimale Bereich des Akzeptanzwinkels für Streustrahlung umfasst mindestens das Intervall von 2,0° bis 85°. Die Mindestgröße der Integrationskugel ergibt sich aus der unteren Grenze für den Akzeptanzwinkel von 2,0°.

ANMERKUNG 2 Der Strahldurchmesser d_σ an den Strahlöffnungen der Ulbrichtkugel ist maßgebend für die Bestimmung der Mindestgröße der Integrationskugel. Der Mindestdurchmesser der Eintrittsöffnung steht in direktem Zusammenhang mit dem fünffachen Strahldurchmesser. Somit wird der Mindestkugeldurchmesser über den Mindestdurchmesser der Eintrittsöffnung und die untere Grenze für den Akzeptanzwinkel errechnet. (Der Mindestdurchmesser der Integrationskugel ist der ca. 72-fache Strahldurchmesser d_σ).

Bei Messsystemen für besondere Messbedingungen oder bei denen andere Strahlquellen als Laser zum Einsatz kommen, kann der erreichbare Strahldurchmesser d_σ zu unpraktikabel großen Kugeldurchmessern führen. In solchen Fällen müssen die Durchmesser der Ein- und Austrittsöffnungen an einen Wert angepasst werden, der eine Vignettierung der einfallenden, transmittierten und reflektierten Strahlen ausschließt. Die untere und obere Begrenzung des Akzeptanzwinkels muss dokumentiert werden.

Bei Anwendung von ISO 13696 für Wellenlängen unterhalb von 250 nm müssen spezifische Probleme berücksichtigt werden, die sich durch Einschränkungen beim integrierenden Element, dem Detektor und der Strahlquelle ergeben können. Die Stärke der Streustrahlung ist sowohl von der Größe der beteiligten Streuungskomponenten als auch von der Wellenlänge der Strahlung abhängig. Im Allgemeinen hat die Streuung bei längeren Wellenlängen weniger Bedeutung.

Alternativ kann eine Coblentzhalbkugel mit einer angemessen reflektierenden Oberfläche verwendet werden. Ein typischer Aufbau und das entsprechende Messverfahren werden in Anhang A beschrieben.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05

4.2.5 Detektoreinheit

Zur Erfassung der Streustrahlung ist ein für den Wellenlängenbereich der Strahlquelle geeigneter Detektor zu verwenden. Die Detektoreinheit muss eine für die Strahlquelle ausreichende Empfindlichkeit haben und über einen Dynamikbereich verfügen, der größer als 10^5 ist, mit Linearitätsfehlern von weniger als 2 %. Die Fläche des empfindlichen Detektorbereichs ist so zu optimieren, dass eine Beeinträchtigung des Integrationsprozesses in der Kugel oder Einflüsse von Speckles auf die Messung ausgeschlossen sind. Der Detektor wird an die Detektoröffnung der Kugel in einer Weise angebracht, dass die empfindliche Fläche ungefähr einen Teil der Innenfläche darstellt.

Um den Detektor gegen direkte Streustrahlung von der Probe auf die empfindliche Fläche abzuschirmen, müssen Strahlungsschirme in die Integrationskugel eingebaut werden. Die Oberfläche dieser Schirme muss mit der gleichen Beschichtung oder mit einer Beschichtung aus demselben Material wie die Innenfläche der Integrationskugel versehen werden. Zusätzlich kann eine Streuscheibe vor dem Detektor angebracht werden, um räumliche Schwankungen der Detektorempfindlichkeit auszugleichen.

Für eine verbesserte Empfindlichkeit wird ein phasenempfindliches Nachweisverfahren oder ein fortschrittliches Datenaufnahmeverfahren empfohlen.

ANMERKUNG Phasenempfindliche Nachweissysteme werden in der Regel zusammen mit einem Chopper oder einer anderen geeigneten Technik eingesetzt, die in den Strahlengang eingebracht wird, um den Ausgangsstrahl zu modulieren. Das Detektorsignal wird von einem Lock-in-Verstärker, der mit der Modulationsfrequenz der Strahlung synchronisiert ist, verarbeitet.

4.2.6 Probenhalter

Der Probenhalter muss einen zerstörungsfreien Einbau und eine präzise Positionierung der Proben in Bezug auf die Öffnungen der Integrationskugel ermöglichen. Für eine Oberflächenabtastung kann der Halter mit einem Positionierungssystem ausgestattet werden, das der gewünschten lateralen Bewegung der Probe angepasst ist.

4.3 Aufbau mit hoher Empfindlichkeit

Bei Messungen der Gesamtstreuung an Proben mit Gesamtstreuwerten unter 10^{-4} müssen Maßnahmen ergriffen werden, um die Empfindlichkeit des Aufbaus zu maximieren. In diesem Fall dürfen nur Laser, die im stabilen TEM_{00}-Mode arbeiten, als Strahlquelle eingesetzt werden. Die Integrationskugel muss in einem ausreichend großen Abstand zum letzten refraktiven optischen Element des Strahlaufbereitungssystems installiert sein, damit die vom Raumfilter ausgehende Streuung vernachlässigt werden kann. Um den Einsatz von Neutralfiltern zur Kalibration zu vermeiden, wird ein Dynamikbereich für die Detektoreinheit empfohlen, der größer als der doppelte Kehrwert der kleinsten erfassbaren Gesamtstreuung ist. Weiterhin wird empfohlen, die Vorrichtung mit reinem Helium zu spülen oder sie zu evakuieren, um den Beitrag durch Rayleigh-Streuung zum Hintergrundrauschen zu verringern. Darüber hinaus wird eine Vorrichtung zur Abschirmung von Fremd-Strahlquellen in der Umgebung empfohlen.

4.4 Vorbereitung der Proben

Die Probe muss definierte optische Abbildungseigenschaften, die durch ihr Brechungs-, Reflexions- und Beugungsverhalten bestimmt sind, aufweisen. Das Prüfverfahren ist zerstörungsfrei und muss an dem jeweiligen Prüfling durchgeführt werden.

Die für das Prüfverfahren verwendete Wellenlänge sowie der Einfalls- und Polarisationswinkel der Strahlung müssen mit den Spezifikationen des Herstellers für den normalen Gebrauch übereinstimmen. Sollte für diese Parameter ein Wertebereich vorgegeben sein, so kann innerhalb dieses Bereiches eine beliebige Kombination von Wellenlänge, Einfalls- und Polarisationswinkel ausgewählt werden.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05

Die Lagerung, Reinigung und Vorbereitung der Proben müssen entsprechend den Herstellerhinweisen für den normalen Gebrauch vorgenommen werden.

Liegen keine Herstellerhinweise vor, muss folgendermaßen vorgegangen werden:

Die Proben müssen in einer Umgebung mit einer relativen Luftfeuchte größer als 40 % und kleiner als 60 % gelagert, vorbereitet und geprüft werden. Vor dem Prüfvorgang müssen die Proben 24 h in der Herstellerverpackung in der Prüfumgebung gelagert werden. Die Proben dürfen der Prüfumgebung während der Handhabung nur so kurz wie möglich ausgesetzt sein.

Während des gesamten Auspack- und Vorbereitungsvorgangs müssen die Proben ständig unter Reinraumbedingungen gehalten werden, wie in Tabelle 3 angegeben. Sie dürfen nur an den nicht-optischen Oberflächen gehandhabt werden.

Tabelle 3 — Reinraumklassen für die Umgebung der Probenvorbereitung

Zu erwartender Wert von σ_{TS} %	**Reinraumklassen für die Probenvorbereitung**
$\sigma_{TS} > 0{,}1$	Reinraumbedingung besser als Klasse 7
$0{,}1 > \sigma_{TS} > 0{,}01$	Reinraumbedingung besser als Klasse 6
$\sigma_{TS} < 0{,}01$	Reinraumbedingung besser als Klasse 5
ANMERKUNG Reinraumklassifikation nach ISO 14644-1.	

Sollten Verunreinigungen an den Proben beobachtet werden oder sollte die Originalverpackung bei nicht definierten Umgebungsbedingungen geöffnet worden sein, muss die Oberfläche gereinigt werden. Der Reinigungsvorgang muss dokumentiert werden. Können die Verunreinigungen nicht entfernt werden, muss dies vor dem Prüfvorgang mithilfe von photographischen und/oder elektronischen Mitteln dokumentiert werden.

5 Verfahren

5.1 Allgemeines

Die in Tabelle 3 angegebenen Umgebungsbedingungen für die Probenvorbereitung gelten ebenfalls für das Messsystem. Bei wiederholten Messungen müssen die Proben während des gesamten Prüfvorgangs ohne Unterbrechungen unter diesen Bedingungen gehalten werden.

5.2 Justage

5.2.1 Allgemeines

Die Justage der Messvorrichtung ist von zentraler Bedeutung für die Genauigkeit der Messung.

5.2.2 Justage des Strahls

Der Strahl muss die Mitte der Ein- und Austrittsöffnungen der Integrationskugel passieren. Die Strahlparameter müssen mit einem Strahlprofilmesssystem bestimmt werden. Der Strahlfleck kann vor dem Einsetzen einer Probe an der Ein- und Austrittsöffnung grob begutachtet werden, indem ein weißes Normal für den diffusen Reflexionsgrad verwendet wird.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05

5.2.3 Justage der Proben

Zur Messung der Rückwärtsstreuung wird die Probe an der Austrittsöffnung der Integrationskugel mit der Vorderfläche zur Kugel zeigend angebracht. Der von der Probe reflektierte Teilstrahl muss die Eintrittsöffnung der Kugel verlassen, ohne die Messung zu beeinträchtigen.

Zur Messung der Vorwärtsstreuung wird die Probe an der Eintrittsöffnung der Integrationskugel mit der Rückfläche zur Kugel zeigend angebracht. Der reflektierte Strahl ist so zu justieren, dass eine Interferenz mit der Strahlquelle ausgeschlossen werden kann. Der transmittierte Strahl muss die Kugel in der Mitte der Austrittsöffnung verlassen.

Um die Probe auszurichten, muss der Einfallswinkel gegenüber der normalen Richtung leicht geneigt sein. Für die Messung darf eine Winkelabweichung von 1,5° aus der Normalenrichtung nicht überschritten werden.

ANMERKUNG Bei Integrationskugeln mit zwei kreisförmigen Strahlöffnungen hat dies zur Folge, dass der einfallende Strahl leicht von der Mitte der Strahlöffnungen abweicht. (Siehe Verweisung [6] in den Literaturhinweisen).

Bei anderen Einfallswinkeln ist die Messeinrichtung der jeweiligen Geometrie anzupassen und die Änderungen müssen dokumentiert werden. Für den Austritt der von der Probe gerichtet reflektierten Strahlung kann eine dritte Strahlöffnung vorgesehen werden. Im Falle einer ortsaufgelösten Messung mit Abtastvorrichtung müssen die Justagebedingungen für die Proben für den gesamten Abtastbereich erfüllt werden.

5.3 Messverfahren

Im ersten Schritt muss ein kalibriertes Leistungs-Messgerät an der Messposition angeordnet werden und die Strahlleistung sowie das Signal des Referenzdetektors müssen aufgezeichnet werden. Das Leistungs-Messgerät muss entfernt und ein Normal für den diffusen Reflexionsgrad muss so an die Austrittsöffnung angebracht werden, dass die Normalenoberfläche einen Teil der Innenfläche der Integrationskugel darstellt. Dann muss das Signal V_C der Detektoreinheit aufgenommen werden. Es dürfen Neutralfilter mit bekannter Abschwächung eingesetzt werden, um Fehler zu vermeiden, die durch Nichtlinearitäten der Detektoreinheit entstehen. Für die Bewertung des Hintergrund-Rauschsignals muss das Normal für den diffusen Reflexionsgrad entfernt und das Signal der leeren Kugel V_u muss erfasst werden.

Im nächsten Schritt muss die Probe an die Öffnung angebracht werden Nachdem die Probe justiert ist, müssen die Messsignale $V_{s,bac}$ oder $V_{s,for}$ der Detektoreinheit für die Position oder den Abtastbereich der Probe erfasst werden. Die Abtastrichtung und der geometrische Abtastbereich auf der Oberfläche der optischen Komponente müssen dokumentiert werden. Der Abtastbereich muss auf festgelegte Referenzpunkte auf der Probe bezogen sein. Dabei ist es zulässig, Referenzpunkte auf den nicht-optischen Oberflächen der Probe zu markieren.

Sollte keine Ortsabtastung der Probe vorgesehen sein, muss der Vorgang für mindestens fünf verschiedene Strahlpositionen r_i auf der Oberfläche der Probe durchgeführt werden. Bei ungleichmäßigen Oberflächen muss eine größere Anzahl verschiedener Strahlpositionen r_i vermessen werden.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05

6 Auswertung

6.1 Bestimmung des Gesamtstreuwertes

Bei einer Messung ohne Abtasten der Oberfläche leiten sich die Gesamtvor- und Gesamtrückwärtsstreuwerte von den gemessenen Signalen V_s und V_C ab und sind wie folgt definiert:

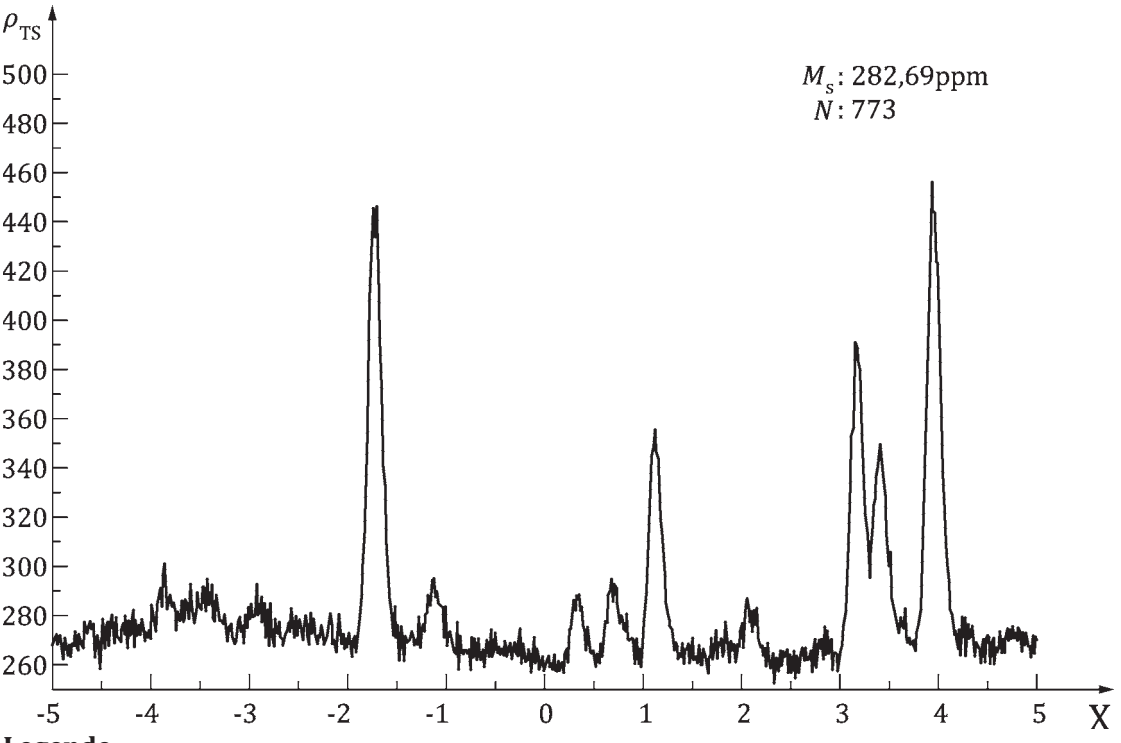
$$\tau_{TS,rs} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{V_{S,for}(r_i)}{V_c} \quad (1)$$

$$\rho_{TS,rs} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{V_{s,bac}(r_i)}{V_c} \quad (2)$$

ANMERKUNG 1 Der Index *rs* in $\tau_{TS,rs}$ und $\rho_{TS,rs}$ steht für eine Messung ohne Abtasten der Probe.

Wird eine Kalibrierungsprobe mit beliebigem diffusen Reflexionsgrad verwendet, muss das Signal V_c hinsichtlich des tatsächlichen Reflektionsgrades der Kalibrierungsprobe korrigiert werden.

Zur Präsentation der Gesamtstreuwerte, die mit einer Abtastvorrichtung gemessen wurden, muss eine 2D- oder 3D-Darstellung (siehe Bild 2) verwendet werden.



Legende

X Abtastposition in mm
ρ_{TS} Gesamtrückwärtsstreuung in ppm

Bild 2 — Diagramm zur Darstellung der Gesamtrückwärtsstreuwerte während des Abtastens einer Probe

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05

Die Berechnung der Streuwerte für eine Abtastposition r_i bezieht sich auf das Kalibrierungssignal V_C, das vor der Messung der Probe bestimmt wurde:

$$\tau_{TS,sc}(r_i) = \frac{V_{s,for}(r_i)}{V_c} \quad (3)$$

$$\rho_{TS,sc}(r_i) = \frac{V_{s,bac}(r_i)}{V_c} \quad (4)$$

ANMERKUNG 2 Die Gleichung (1), Gleichung (2), Gleichung (3) und Gleichung (4) gelten nur, wenn der Beitrag des Signals V_u der leeren Kugel im Vergleich zum Gesamtstreuwert vernachlässigbar ist. Es ist ratsam, die Kalibrierungsprobe abzutasten. In diesem Fall ergibt sich das Kalibrierungssignal V_C aus dem Mittelwert der gemessenen Kalibrierungssignale $V_C(r_i)$. Der Index sc in $\tau_{TS,sc}$ und $\rho_{TS,sc}$ kennzeichnet eine Messung mit Abtasten der Probe.

Für den Fall, dass ein Normal für den diffusen Reflexionsgrad mit beliebigem diffusen Reflexionsgrad verwendet wird, muss das Signal V_C hinsichtlich des tatsächlichen Reflektionsgrades der Kalibrierungsprobe korrigiert werden. Der Gesamtstreuwert wird durch die statistische Auswertung der Rohdaten $\tau_{TS,sc}(r_i)$ oder $\rho_{TS,sc}(r_i)$ bestimmt, indem die Anzahl der Positionen mit Streuwerten im Intervall $[S, S + dS)$ als Funktion von S graphisch dargestellt wird (siehe Bild 3). Der Wert dS ist so gewählt, dass sich eine repräsentative Anzahl an Positionen im Intervall $[S, S + dS)$ am Maximum der Verteilungskurve befindet (siehe Anhang C).

ANMERKUNG 3 $[S, S + dS)$ steht für ein halboffenes Intervall, das die untere Grenze S einschließt, jedoch bezüglich der oberen Grenze $S + dS$ offen ist.

Das Streuverhalten der Probe wird dann mit einem Satz von drei Streuwerten spezifiziert (siehe Bild 3):

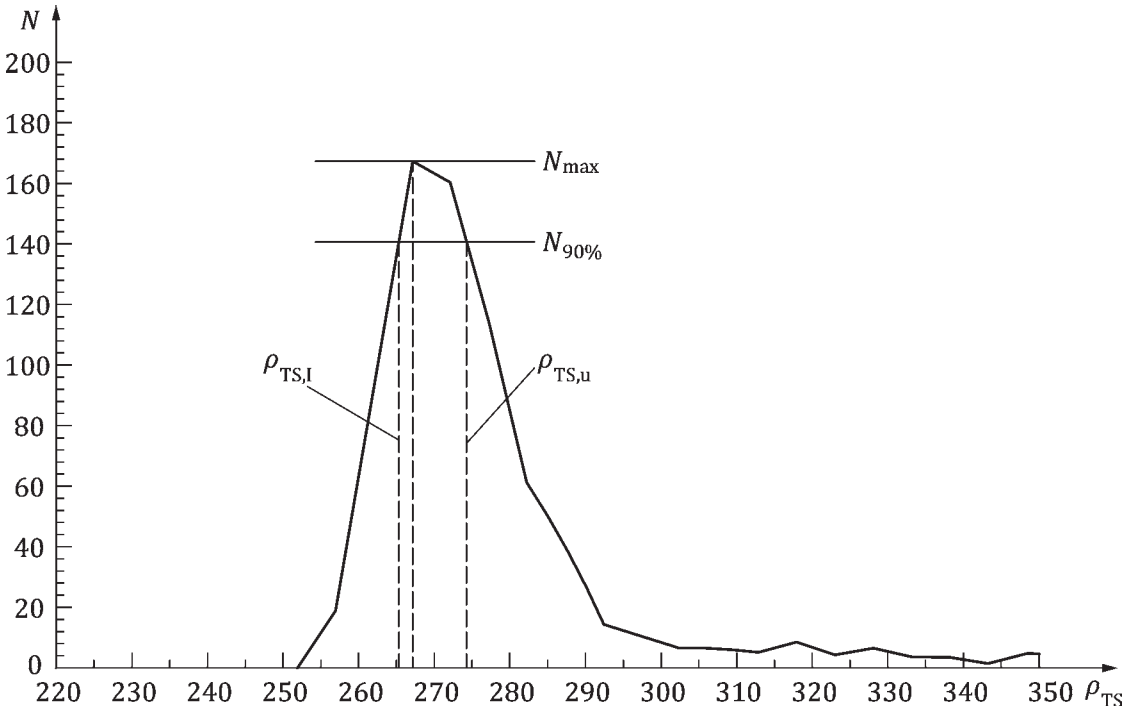
— (τ_{TS} oder ρ_{TS}): Streuwert am Maximum der Verteilung;

— ($\tau_{TS,l}$ oder $\rho_{TS,l}$): unterer Streuwert, entsprechend dem 90 %-Wert der Verteilung;

— ($\tau_{TS,u}$ or $\rho_{TS,u}$): oberer Streuwert, entsprechend dem 90 %-Wert der Verteilung.

Eine detailliertere statistische Auswertung ist optional und muss in verständlichen Schritten dargestellt sein. In Anhang C wird ein Beispiel für ein Datenreduktionsverfahren beschrieben, das einen einzigen relevanten Wert zum Ergebnis hat. Die Abtastlänge auf der Probenoberfläche und die Gesamtanzahl der Messpunkte für das Streuverteilungsdiagramm müssen dokumentiert werden.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05



Legende

ρ_{TS} Gesamtrückwärtsstreuung in ppm
N Anzahl der Prüforte

Bild 3 — Statistische Analyse der Gesamtrückwärtsstreuwerte für eine Oberflächenabtastung

Ist der Beitrag des Signals V_u der leeren Kugel zum Gesamtstreuwert nicht vernachlässigbar, muss eine Korrektur der Messwerte hinsichtlich V_u vorgenommen werden. Bei Aufbauten mit einem dominanten Beitrag von Rayleigh-Streuung in der Integrationskugel zum V_u-Signal stellt sich eine Korrektur erster Ordnung wie folgt dar:

$$\tau_{TS,rs} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \frac{V_{s,for}(r_i) - (\tau_s V_u)}{V_c - 2V_u} \quad (5)$$

$$\rho_{TS,rs} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \frac{V_{s,bac}(r_i) - (1+\rho_s)V_u}{V_c - 2V_u} \quad (6)$$

$$\tau_{TS,sc}(r_i) = \frac{V_{s,for}(r_i) - (\tau_s\, V_u)}{V_c - 2V_u} \quad (7)$$

$$\rho_{TS,sc}(r_i) = \frac{V_{s,bac}(r_i) - (1+\rho_s)\, V_u}{V_c - 2V_u} \quad (8)$$

Dabei ist

ρ_s der spektrale Reflexionsgrad;

τ_s der Transmissionsgrad der Probe.

Bei dieser Näherung ist der Beitrag des Streusignals der leeren Kugel durch die Teilstrahlung in der Kugel bestimmt, die von der Probe transmittiert (Vorwärtsstreuung) oder reflektiert (Rückwärtsstreuung) wird.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05

Diese Näherung darf nur verwendet werden, wenn die Signale $V_{s,bac}$ oder $V_{s,for}$ mindestens eine Größenordnung größer als V_u sind. Andere Verfahren zur Hintergrundkorrektur können angewendet werden und sind im Prüfbericht zu dokumentieren. Für den Fall, dass ein Normal für den diffusen Reflexionsgrad mit beliebigem diffusen Reflexionsgrad verwendet wird, müssen Gleichung (5) bis Gleichung (8) hinsichtlich des tatsächlichen Reflektionsgrades ρ_{CS} der Kalibrierungsprobe korrigiert werden:

ANMERKUNG 4

$$\tau_{TS,rs} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \frac{V_{s,for}(r_i) - (\tau_s V_u)}{V_c - (1+\rho_{CS})V_u}$$

$$\rho_{TS,rs} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \frac{V_{s,bac}(r_i) - (1+\rho_s)V_u}{V_c - (1+\rho_{CS})V_u}$$

$$\tau_{TS,sc}(r_i) = \frac{V_{s,for}(r_i) - (\tau_s\, V_u)}{V_c - (1+\rho_{CS})V_u}$$

$$\rho_{TS,sc}(r_i) = \frac{V_{s,bac}(r_i) - (1+\rho_s)\, V_u}{V_c - (1+\rho_{CS})V_u}$$

6.2 Fehlerbilanz

Die Fehlerbilanz der Messung muss unter Berücksichtigung der Fluktuationen der Strahlparameter und des Detektorsignals der leeren Integrationskugel erstellt werden. Ungenauigkeiten des Detektors und des Leistungsüberwachungssystems müssen in der Fehlerbilanz berücksichtigt werden. In Tabelle 4 ist ein Beispiel für eine Fehlerbilanz der Gesamtstreumessung mit einem HeNe-Laser dargestellt. Aufgrund der statistischen Natur von optischen Streuphänomenen ist die Genauigkeit einer Streumessung von den Eigenschaften der individuellen Probe abhängig. Deshalb kann die Fehlerbilanz nur die Genauigkeit der Messeinrichtung erfassen.

Tabelle 4 — Typische Fehlerbilanz für eine Gesamtstreumesseinrichtung mit einem HeNe-Laser

Unkorrelierte Schwankungen	
Schwankung der einfallenden Leistung P_{inc}	5 %
Schwankung des Strahldurchmessers d_σ	3 %
Schwankung des Signalverarbeitungssystems	2 %
Systematische Abweichungen	
Kalibrierung des Leistungsmesssystems	3 %
Nichtlinearität der Detektoreinheit	2 %
Kalibrationsvorgang, Normal für den diffusen Reflexionsgrad	5 %
Rauschen des Detektors und des Signalverarbeitungssystems	$0{,}5 \times 10^{-6}$
Signal der leeren Kugel V_u	$1{,}2 \times 10^{-6}$
ANMERKUNG 1 Die Werte für die Nachweisgrenze werden in Einheiten der Gesamtstreuung entsprechend den jeweiligen Signalen angegeben. ANMERKUNG 2 Der Beitrag der zeitlichen Schwankung bei der Laserleistung P_{inc} zum Fehler kann durch Aufzeichnen von P_{inc} und durch Korrelieren der gemessenen Gesamtleistung P_{bac} oder P_{for} auf den tatsächlichen Wert der einfallenden Leistung P_{inc} minimiert werden.	

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 13696:2021-05