

Optik und optische Instrumente
Bestimmung von Streustrahlung, hervorgerufen durch optische
Komponenten
(ISO 13696:2002)
Deutsche Fassung EN ISO 13696:2002

DIN
EN ISO 13696

ICS 37.020

Optics and optical instruments —
Test methods for radiation scattered by optical components
(ISO 13696:2002);
German version EN ISO 13696:2002

Optique et instruments d'optique —
Méthodes d'essai du rayonnement diffusé par les composants optiques
(ISO 13696:2002);
Version allemande EN ISO 13696:2002

Die Europäische Norm EN ISO 13696:2002 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Norm wurde von ISO/TC 172/SC 9 in enger Zusammenarbeit mit CEN/TC 123 erstellt. Die Mitarbeiter des AK „Optische Komponenten und Werkstoffe“ des AA „Laser“ des NA Feinmechanik und Optik (NAFuO) haben bei der Erstellung mitgewirkt.

Deutschland hat der Veröffentlichung als Internationaler und Europäischer Norm zugestimmt.

Fortsetzung 28 Seiten EN

Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Optik und optische Instrumente
**Bestimmung von Streustrahlung, hervorgerufen durch optische
Komponenten**
(ISO 13696:2002)

Optics and optical instruments —
Test methods for radiation scattered by optical components
(ISO 13696:2002)

Optique et instruments d'optique —
Méthodes d'essai du rayonnement diffusé par les
composants optiques (ISO 13696:2002)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 8. Juni 2002 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe, Definitionen und Formelzeichen	4
3.1 Begriffe und Definitionen	4
3.2 Formelzeichen und Maßeinheiten	5
4 Prüfverfahren	6
4.1 Kurzbeschreibung des Verfahrens.....	6
4.2 Messaufbau und Prüfgerät.....	6
4.2.1 Allgemeines	6
4.2.2 Strahlquelle.....	7
4.2.3 Strahlaufbereitungssystem.....	7
4.2.4 Integrations-Kugel.....	7
4.2.5 Detektoreinheit	8
4.2.6 Probenhalter	8
4.3 Aufbau mit hoher Empfindlichkeit.....	9
4.4 Vorbereitung der Proben.....	9
5 Verfahren	10
5.1 Allgemeines	10
5.2 Justage.....	10
5.2.1 Allgemeines	10
5.2.2 Justage des Strahls	10
5.2.3 Justage der Proben.....	10
5.3 Messverfahren	10
6 Auswertung	11
6.1 Bestimmung des Gesamtstreuwertes.....	11
6.2 Fehlerbilanz	13
7 Prüfbericht	14
Anhang A (informativ) Aufbau mit einer Coblenzkugel	15
A.1 Prinzipieller Aufbau	15
A.2 Messaufbau.....	15
A.2.1 Coblenzkugel.....	15
A.2.2 Ausrichtung der Proben	16
A.2.3 Kalibration.....	16
Anhang B (informativ) Beispiel für einen Prüfbericht	17
Anhang C (informativ) Beispiel für die statistische Auswertung	20
C.1 Datenreduktionsverfahren	20
C.2 Beispiel für eine Datenreduktion	20
Anhang D (informativ) Beispiel für die Wahl der Datenpunktabstände	24
D.1 Abtasten der Proben	24
D.2 Einfluss des Strahldurchmessers	25
Literaturhinweise	27
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	28

Vorwort

Der Text der Internationalen Norm ISO 13696:2002 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 172 „Optik und optische Instrumente“ in Zusammenarbeit mit dem CEN /TC 123 „Laser und Geräte, die in Verbindung mit Lasern verwendet werden“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Europäische Dokument muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 2003, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 2003 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm ISO 13696:2002 wurde vom CEN als Europäische Norm ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

ANMERKUNG Die normativen Verweisungen auf Internationale Normen sind im Anhang ZA (normativ) aufgeführt.

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 Grenzschichttrauigkeiten 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.

Diese Norm beschreibt ein Prüfverfahren zur Bestimmung der entsprechenden Messgröße, der Gesamtstreuung (TS), die über die gemessenen Werte der Vor- und Rückwärtsstreuung definiert ist. Das in dieser Norm beschriebene Prüfverfahren basiert auf einer Ulbrichtkugel als integrierendem Element für die Streustrahlung. Eine alternativ anwendbare Vorrichtung mit einer Coblentzhalkugel, die auch häufig für das Sammeln von Streustrahlung verwendet wird, ist in Anhang A beschrieben. Zurzeit werden fortgeschrittene Studien zur Vergleichbarkeit und Abgrenzung beider Lichtsammelsysteme durchgeführt (z. B. Round-Robin-Tests, EUREKA-Projekt EUROLASER: CHOCLAB).

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm 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.

Diese Europäische Norm bezieht sich auf beschichtete und unbeschichtete optische Komponenten mit optischen Oberflächen, die einen Krümmungsradius von mehr als 10 m besitzen. Der Wellenlängenbereich erstreckt sich vom ultravioletten über den sichtbaren bis zum infraroten Spektralbereich.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil der vorliegenden Internationalen Norm sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Internationalen Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle normativen Dokumente unterliegen der Überarbeitung. Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf dieser Internationalen Norm basieren, werden gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, ob die jeweils neuesten Ausgaben der im Folgenden genannten Normen angewendet werden können. Die Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

ISO 11145, *Optics and optical instruments — Lasers and laser-related equipment — Vocabulary and symbols*.

ISO 12005:1999, *Lasers and laser-related equipment — Test methods for laser beam parameters — Polarization*.

ISO 14644-1:1999, *Cleanrooms and associated controlled environments — Part 1: Classification of air cleanliness*.

3 Begriffe, Definitionen und Formelzeichen

3.1 Begriffe und Definitionen

Für die Zwecke dieser Europäischen Norm gelten sowohl die in ISO 11145 festgelegten als auch die folgenden Definitionen:

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

3.1.4

Rückwärtsstreuung

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

ANMERKUNG 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 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, hinteren Halbraum oder beide zur einfallenden Strahlungsleistung

ANMERKUNG Der Halbraum, in dem die Streuung gemessen wird, sollte deutlich benannt werden.

3.1.7

Normal für den diffusen Reflexionsgrad

diffuser Reflektor mit bekanntem Gesamtreflexionsgrad

ANMERKUNG 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 Verweis [5] in den Literaturhinweisen).

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, γ

Winkel zwischen der Hauptachse der momentanen Ellipse der einfallenden Strahlung und der Einfallsebene

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

ANMERKUNG 2 Wenn die Referenzachse in der Einfallsebene liegt, ist der Polarisationswinkel γ mit dem Azimut ϕ (ISO 12005) identisch.

3.2 Formelzeichen und Maßeinheiten

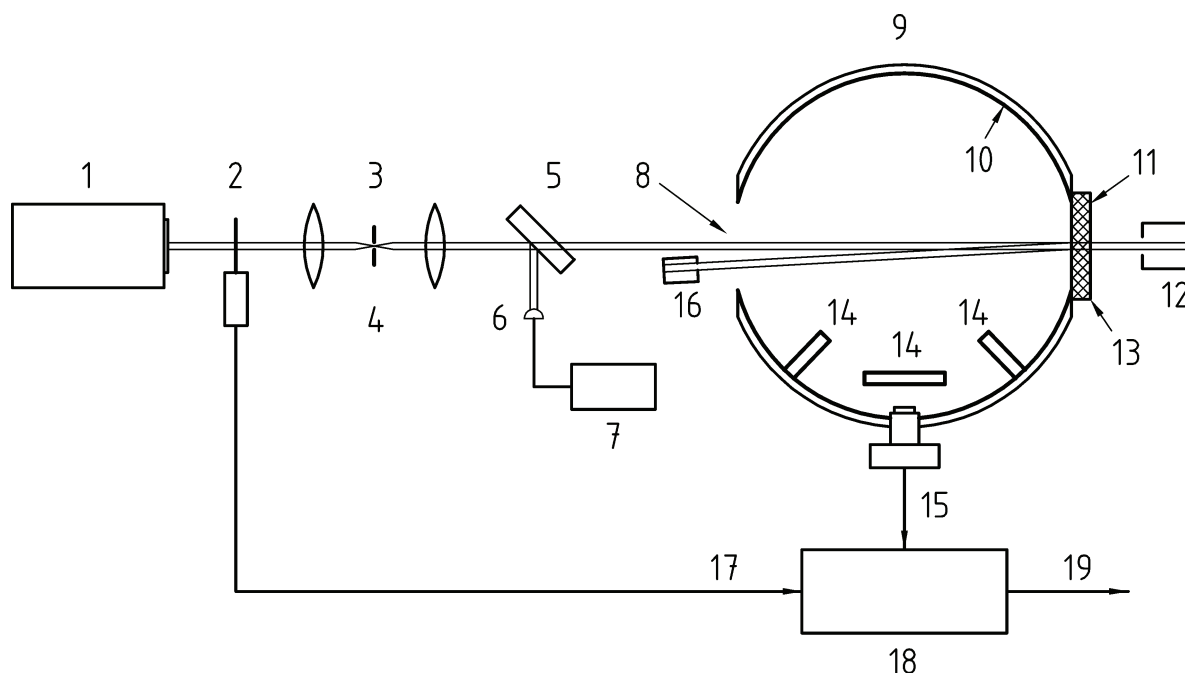
Tabelle 1 — Formelzeichen und Maßeinheiten

Formelzeichen	Begriff	Maßeinheit
λ	Wellenlänge	Nm
α	Einfallswinkel	°
γ	Polarisationswinkel	°
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
S_{bac}	Rückwärtsstreuung	
S_{for}	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, leere Kugel	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 pro Oberfläche	

4 Prüfverfahren

4.1 Kurzbeschreibung des Verfahrens

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.



Legende

1	Strahlquelle	9	Ulbrichtkugel
2	Chopper	10	Beschichtung
3	Teleskop mit Raumfilter	11	Strahlungsschirme
4	Strahlteiler	12	Probe
5	Leistungs-Detektor	13	Detektor, Streuscheibe
6	Leistungs-Messgerät	14	Chopper-Signal
7	Eingangsöffnung	15	Lock-in-Verstärker
8	Strahlfalle	16	Detektor-Signal, V_S

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

4.2 Messaufbau und Prüfgerät

4.2.1 Allgemeines

Die verwendete Messvorrichtung zur Bestimmung der Gesamtstreuung ist in vier Funktionsbereiche aufgeteilt. 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. Nachfolgend werden diese Bereiche im Einzelnen beschrieben.

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, können unterschiedliche konventionelle Strahlquellen zusammen mit Spektralfiltern oder Monochromatoren verwendet werden. Es können verschiedene Arten von Entladungs-, Bogen- oder Metallfadenlampen für die wellenlängen-aufgelöste 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. Der Referenzdetektor muss auf die Leistung auf der Probenoberfläche an beiden Prüfstellen (Ein- und Austrittsöffnung der Integrationseinheit) kalibriert sein.

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 2,5fachen Strahldurchmessers 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 TEM₀₀-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.

ANMERKUNG 2 Strahlumlenkspiegel und Strahlteiler können eine Reflexion aufweisen, die von dem Polarisationszustand des einfallenden Strahls abhängig ist, was die Empfindlichkeit der Messung beeinträchtigen kann. Die letzte, direkt vor der integrierenden Kugel positionierte Optikkomponente ist so auszurichten, dass sie die Messung nicht beeinträchtigt.

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

ANMERKUNG 3 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 Integrations-Kugel

Für das Sammeln und die Integration der von der Probe gestreuten Strahlung wird eine Integrations-Kugel eingesetzt. Diese Kugel soll 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 beschichtet sein. Eine Auswahl der für diese Beschichtung geeigneten Materialien mit den entsprechenden Spektralbereichen ist in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2 — Ausgewählte Materialien für die Beschichtung der Innenfläche der Integrations-Kugel

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