

Prüfung von Optikeinzelteilen Streuscheiben

DIN
58161
Blatt 4

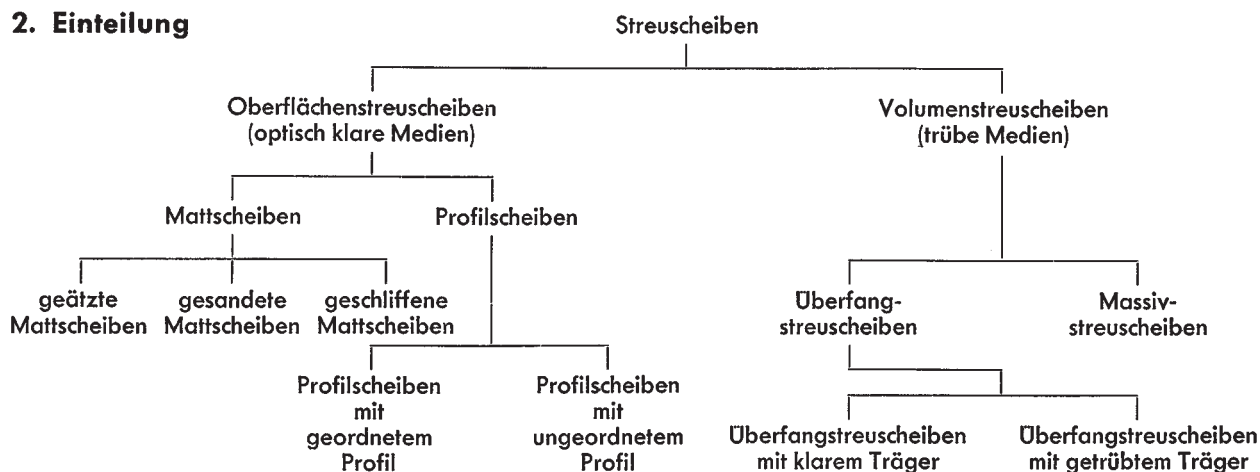
Testing of optical components, focussing screens

1. Geltungsbereich

Diese Norm gilt für Planplatten, deren Dicke gegenüber dem wirksamen Durchmesser klein ist und die als Streuscheiben vorzugsweise in optischen Instrumenten verwendet werden. Sie gilt nicht für trübe Medien großer Schichtdicken, z. B. nephelometrische Normalien.

Die Norm behandelt alle Arten von Streuscheiben, unabhängig von ihrem Verwendungszweck und ihrem optischen oder lichttechnischen Verhalten.

2. Einteilung



3. Begriffe

3.1. Streuscheiben

Streuscheiben sind lichtdurchlässige Optikeinzelteile, die das Licht angenähert unselektiv und vorwiegend gestreut durchlassen. Für den gestreuten Anteil gilt das photometrische Entfernungsgesetz von der Streuscheibe aus.

Anmerkung: Licht wird als gestreut angesehen, wenn es beim Passieren der Streuscheibe in einen mehr oder weniger großen Raumwinkelbereich abgelenkt wird. Dieser Streubereich kann sehr klein sein (Kleinwinkelstreuung).

Im Streubereich kann ein merklicher Anteil gerichteten Lichtes enthalten sein. Die mittlere Richtung des an der Probe gestreuten und gerichtet durchgelassenen Lichtes muß nicht notwendig mit der Einfallrichtung zusammenfallen (asymmetrische Lichtstreuung).

Beim photometrischen Entfernungsgesetz ist zu beachten, daß es erst von einer bestimmten Entfernung, der photometrischen Grenzentfernung, gilt. Die photometrische Grenzentfernung kann bei schwach streuenden Proben (spitze Indikatrix) sehr groß sein.

3.1.1. Oberflächenstreuscheiben

Oberflächenstreuscheiben sind Streuscheiben aus optisch klaren Werkstoffen, bei denen die Streuung vorwiegend durch Brechung an verschiedenen gelagerten Oberflächenelementen zustande kommt.

3.1.1.1. Mattscheiben

Mattscheiben sind Oberflächenstreuscheiben, die durch Ätzen, Sandstrahlen oder Schleifen hergestellt werden und bei denen die einzelnen Oberflächenelemente statistisch verteilt sind.

3.1.1.2. Profilscheiben

Profilscheiben sind Oberflächenstreuscheiben, deren Oberflächen durch Fräsen, Abdrücken oder Walzen hergestellt werden und bei denen die einzelnen Streuelemente (z. B. Rillen oder Prismen) geordnet oder ungeordnet sind.

3.1.2. Volumenstreuscheiben

Volumenstreuscheiben sind Streuscheiben aus trüben optischen Werkstoffen, bei denen die Streuung vorwiegend durch Beugung an kolloidalen Teilchen zustande kommt.

3.1.2.1. Überfangstreuscheiben

Überfangstreuscheiben sind Volumenstreuscheiben, bei denen ein optisch klarer oder schwach getrübbter Träger mit einer dünnen trüben Schicht mit Volumenstreuung verbunden ist.

3.1.2.2. Massivstreuscheiben

Massivstreuscheiben sind einteilige Volumenstreuscheiben, die in der gesamten Schichtdicke trüb sind.

Fortsetzung Seite 2 bis 5
Erläuterungen Seite 5 bis 8

Fachnormenausschuß Feinmechanik und Optik im Deutschen Normenausschuß (DNA)

3.2. Stoffkennzahlen

(siehe auch DIN 5031 und DIN 5036) 1)

3.2.1. Allgemeines

Die Stoffkennzahlen sind im allgemeinen abhängig von:

- der spektralen Zusammensetzung der Strahlung. Die Stoffkennzahlen gelten im allgemeinen für die Normlichtart A. Wird hiervon abgewichen, so muß die verwendete spektrale Zusammensetzung besonders angegeben werden.
- dem Lichteinfall auf die Streuscheibe. Das einfallende Licht soll quasi-parallel sein und die Streuscheibe senkrecht treffen (Einfallswinkel 0° gegen die Flächennormale). Auf hiervon abweichende Meßbedingungen (z. B. diffus oder schräg einfallendes Licht) muß besonders hingewiesen werden.
- der Lage der streuenden Fläche im Strahlengang. Oberflächenstreuende haben meistens eine lichtstreuende und eine polierte Seite. Letztere ist bei Messungen der Stoffkennzahlen grundsätzlich dem einfallenden Licht zuzukehren. Bei zweiseitig streuenden Scheiben unterschiedlicher Streuung (z. B. Überangstreuende mit getrübbtem Träger) ist die Lichteinfallseite anzugeben.
- der Abstrahlungsrichtung (Beobachtungsrichtung, Strahlungsausfallsrichtung). Im allgemeinen muß die Abstrahlungsrichtung durch zwei Winkel (ε und Ψ) angegeben (siehe Bild 1) und das Bezugskoordinatensystem ($\varepsilon = 0, \Psi = 0$) festgelegt werden.

In der Regel wird der Winkel ε gegen die optische Achse (in Lichteinfallrichtung) gezählt. Der in der Oberfläche der Streuscheibe gelegene Azimutwinkel Ψ wird auf besonders orientierte Strukturmerkmale (z. B. gerade Rillen bei den sogenannten Rillenstreuende) bezogen. Nur bei rotationssymmetrischer Streuung genügt ein Winkel (ε) zur Charakterisierung der räumlichen Verteilung des gestreuten Lichtes.

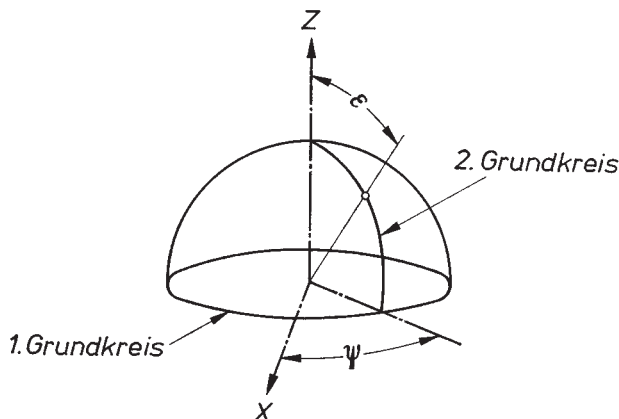


Bild 1. Koordinatensystem

Das Kugelkoordinatensystem wird durch die Grundkreise festgelegt:

1. Grundkreis: In der lichtstreuenden Fläche der Probe S. Der Azimutwinkel Ψ wird auf eine ausgezeichnete Richtung (x-Achse) der Oberflächenstruktur bezogen, deren Festlegung in jedem einzelnen Fall angegeben werden muß.

2. Grundkreis: In der Meßebe $\Psi = \text{const.}$ Das ist die Zeichenebene von Bild 3. In ihr liegt die Strahlungsausfallsrichtung (ε, Ψ).

Die Lage der y-Achse ist in diesem Zusammenhang uninteressant.

Die z-Achse fällt mit der optischen Achse des Beleuchtungssystems zusammen. Die positive Richtung entspricht der Lichteinfallrichtung.

- der Bewertungsfunktion (relative spektrale Empfindlichkeit $s(\lambda)_{\text{rel}}$ des bewertenden Empfängers). Die Streueigenschaften sind vorzugsweise durch lichttechnische Stoffkennzahlen ($V(\lambda)$ -Bewertung) zu charakterisieren. Bei Abweichungen von dieser Regel ist das durch besondere Angaben (Index) zu kennzeichnen.
- besonderer Einflußgrößen, z. B. Temperatur, Schichtdicke, einhüllendes Medium.

3.2.2. Leuchtdichtefaktor $\beta_{\varepsilon, \Psi}$

Der Leuchtdichtefaktor $\beta_{\varepsilon, \Psi}$ ist das Verhältnis der Leuchtdichte $L_{\varepsilon, \Psi}$ der Streuscheibe für eine gegebene Beobachtungsrichtung zur Leuchtdichte L_w einer vollkommen streuenden und vollkommen durchlassenden Probe ($L_w = \text{const.}$; $\tau_w = 1$) bei gleicher Beleuchtung.

$$\beta_{\varepsilon, \Psi} = \frac{L_{\varepsilon, \Psi}}{L_w} \quad (1)$$

Zwischen dem Leuchtdichtefaktor $\beta_{\varepsilon, \Psi}$, der Lichtstärke $I_{\varepsilon, \Psi}$ und dem gestreut durchgelassenen Lichtstrom $\Phi_{\tau d}$ besteht folgende Beziehung

$$\beta_{\varepsilon, \Psi} = \frac{\pi \Omega_0 \tau_d I_{\varepsilon, \Psi}}{\cos \varepsilon \Phi_{\tau d}} \quad (2)$$

$$\Omega_0 = 1 \text{ sr, Einheitsraumwinkel}$$

3.2.3. Halbwertswinkel γ_{Ψ}

Der Halbwertswinkel γ_{Ψ} ist derjenige Lichtausfallswinkel, bei dem die Leuchtdichte $L_{\gamma \Psi}$ den halben Wert der Leuchtdichte L_{d0} des gestreut abgestrahlten Lichtes beim Lichtausfallswinkel 0° (gemessen gegen die Flächennormale) bei senkrechtem Lichteinfall hat.

$$L_{\gamma \Psi} = \frac{1}{2} \cdot L_{d0} \quad (3)$$

Bei Streuscheiben mit gerichteter Transmission wird als Bezugseleuchtdichte häufig an Stelle der Leuchtdichte L_{d0} des gestreuten Lichtes die Gesamtleuchtdichte L_0 (Summe der Leuchtdichte durch gerichtetes (L_{r0}) und gestreutes (L_{d0}) Licht) angewendet. Darauf ist dann hinzuweisen.

3.2.4. Transmission

Der von der Streuscheibe durchgelassene Lichtstrom kann gerichtet, gestreut oder gemischt sein. Dementsprechend bezieht sich die Transmission auf

$$\text{a) gerichtetes } \tau_r = \frac{\Phi_{\tau r}}{\Phi} = \frac{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \tau_r(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} V(\lambda) d\lambda} \quad (4a)$$

$$\text{b) gestreutes } \tau_d = \frac{\Phi_{\tau d}}{\Phi} = \frac{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \tau_d(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} V(\lambda) d\lambda} \quad (4b)$$

$$\text{c) gemischtes } \tau = \frac{\Phi_\tau}{\Phi} = \frac{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \tau(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} V(\lambda) d\lambda} \quad (4c)$$

Licht.

1) Die Stoffkennzahlen entsprechen auch den CIE-Empfehlungen.

2) H. J. J. Braddick: Die Physik des experimentellen Arbeitens, Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1959, Seite 71 ff.

3.2.4.1. Grad der gerichteten Transmission τ_r

Der Grad der gerichteten Transmission τ_r ist das Verhältnis desjenigen Lichtstromes Φ_{τ_r} , für den nach Durchgang durch die Streuscheibe unter Beachtung der photometrischen Grenzentfernung das photometrische Entfernungsgesetz vom virtuellen Bild der Lichtquelle aus gilt, zum auffallenden Lichtstrom Φ .

3.2.4.2. Grad der gestreuten Transmission τ_d

Der Grad der gestreuten Transmission τ_d ist das Verhältnis desjenigen Lichtstromes Φ_{τ_d} , für den nach Durchgang durch die Streuscheibe unter Beachtung der photometrischen Grenzentfernung das photometrische Entfernungsgesetz von der Streuscheibe aus gilt, zum auffallenden Lichtstrom Φ .

3.2.4.3. Transmissionsgrad τ

Der Transmissionsgrad τ ist das Verhältnis des von der Streuscheibe durchgelassenen Lichtstroms Φ_{τ} zum auffallenden Lichtstrom Φ .

3.2.5. Streuverteilungskörper

Streuverteilungskörper nennt man die räumliche Verteilung des Leuchtdichtefaktors $\beta_{\epsilon\psi}$ oder der Leuchtdichte $L_{\epsilon\psi}$ oder der auf die Leuchtdichte in Richtung der Flächennormalen bezogenen Leuchtdichte $\frac{L_{\epsilon\psi}}{L_o}$ oder der Lichtstärke $I_{\epsilon\psi}$ oder der auf die Lichtstärke in Richtung der Flächennormalen bezogenen Lichtstärke $\frac{I_{\epsilon\psi}}{I_o}$.

3.2.6. Streuindikatrix

Die Streuindikatrix ist die Schnittkurve der Ebene $\psi = \text{const.}$ mit dem Streuverteilungskörper (siehe Bild 1).

Anmerkung: An Stelle der lichttechnischen Größen können auch die spektralen, allgemeinen oder strahlungsphysikalischen Größen gebildet werden (siehe DIN 5036 Beiblatt, Ausgabe März 1970, Abschnitt 1.2).

4. Meßverfahren

4.1. Allgemeines

Die Wahl geeigneter Meßverfahren richtet sich nach Art und Stärke der Lichtstreuung. Die hier beschriebenen Methoden sind – im Gegensatz zu DIN 5036 – vornehmlich für die Messungen an Streuscheiben ausgesucht und haben sich in der Praxis besonders bewährt.

Obwohl in erster Linie lichttechnische Stoffkennzahlen interessieren, können diese Verfahren in gewissen Grenzen auch zum Messen spektraler, allgemeiner oder strahlungsphysikalischer Größen angewandt werden, nur müssen dann die ermittelten Stoffkennzahlen besonders gekennzeichnet werden (siehe Abschnitt 3.2.1).

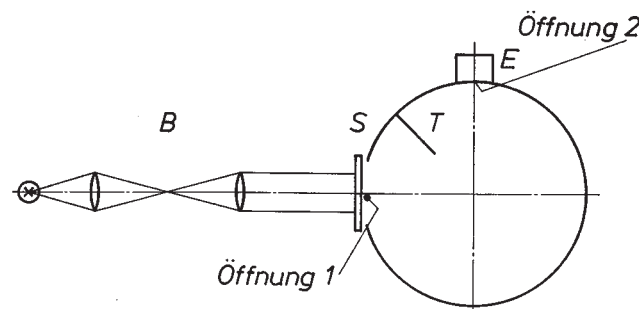
Die Messung des Transmissionsgrades läßt sich am einfachsten mit einer Ulbrichtschen Kugel durchführen, während zum Messen der räumlichen Verteilung des gestreuten Lichtes ein Goniophotometer erforderlich ist.

Es müssen hier jedoch die besonderen Verhältnisse der Lichtstreuung an Streuscheiben – die unter Umständen nur in einen sehr kleinen Raumwinkel erfolgt – beim Messen berücksichtigt werden. Zum Vermeiden systematischer Fehler müssen – besonders bei der Kleinwinkelstreuung ($\gamma_{\psi} < 1^\circ$) – bestimmte Anforderungen an die Meßvorrichtungen gestellt werden. So sind eine mechanisch stabile Kon-

struktion des Goniophotometers (kinematisches oder halbkinematisches Bauprinzip²⁾), eine einwandfreie Justierung der optischen und mechanischen Bauelemente und eine ausreichend stabilisierte Stromversorgung sowie eine einwandfreie Meßwertübertragung der photoelektrischen Geräte unbedingt erforderlich.

4.2. Ulbrichtsche Kugel

Über den Aufbau und die Wirkungsweise der Ulbrichtschen Kugel siehe DIN 5036 Blatt 3. Für die Messung des Transmissionsgrades genügt die Substitutionsmethode.



B Beleuchtungsoptik (analog wie in Bild 3)

S Streuscheibe

T Schatter

E $V(\lambda)$ -angepaßter Empfänger

Bild 2. Messen des Transmissionsgrades mit der Ulbrichtschen Kugel

Es wird die Beleuchtungsstärke im Meßfenster (Öffnung 2) mit (E_x) und ohne (E_o) Streuscheibe (vor Öffnung 1) gemessen (siehe Bild 2).

Das Verhältnis

$$\tau = \frac{E_x}{E_o} \quad (5)$$

ergibt dann den für die Praxis hinreichend genauen Wert für den Transmissionsgrad. Als Beleuchtungsoptik kann die gleiche Einrichtung wie beim Goniophotometer dienen (siehe Bild 3). Eine $V(\lambda)$ -gerechte Bewertung erhält man am einfachsten durch eine Anpassung mit Farbfilter oder durch Eichen des Empfängers. Hierbei muß unter Umständen die selektive Wirkung des Kugelanstrichs mitberücksichtigt werden. Die Kugelöffnungen sollen möglichst klein im Vergleich zum Kugeldurchmesser sein (höchstens $1/10$ Kugeldurchmesser). Von der Streuscheibe darf kein direktes Licht auf den Empfänger fallen (Gegenmaßnahme: Schatten T). Der Kugelanstrich ist nach DIN 5032 Blatt 1 auszuführen. Für die Messung spektraler Größen reicht die Selektion durch Farbfilter, Interferenzfilter oder Interferenzverlauffilter in den meisten Fällen aus.

4.3. Goniophotometer

Der Aufbau und die Wirkungsweise des Goniophotometers lassen sich aus Bild 3 erkennen.

Die zu messende Streuscheibe S befindet sich in der Mitte des Goniometertisches, dessen kreisförmiger Rand einen genügend feinen Teilkreis enthält. Die Streuscheibe S wird durch eine Beleuchtungseinrichtung mit quasiparallelem Licht senkrecht zur streuenden Fläche bestrahlt. Ein Empfänger kann mittels eines Schwenkarmes um die Streuscheibe S herumgeführt werden (Drehachse liegt in der lichtstreuenden Fläche der Streuscheibe S). Ein starr mit dem Schwenkarm verbundener Index oder Nonius erlaubt, den eingestellten Winkel auf dem Teilkreis abzulesen.

²⁾ Siehe Seite 2