

Strahlungsphysikalische und lichttechnische Eigenschaften von Materialien

Meßverfahren für lichttechnische und spektrale strahlungsphysikalische Kennzahlen

DIN
5036
Teil 3

Radiometric and photometric properties of materials; methods of measurement for photometric and spectral radiometric characteristics

DIN 5036 Strahlungsphysikalische und lichttechnische Eigenschaften von Materialien umfaßt folgende Teile:

Teil 1 Begriffe, Kennzahlen

Teil 3 Meßverfahren für lichttechnische und spektrale strahlungsphysikalische Kennzahlen

Teil 4 Klasseneinteilung

Beiblatt Inhaltsverzeichnis und Stichwortverzeichnis

1 Allgemeines

Es gibt mehrere Meßverfahren für die verschiedenen lichttechnischen und spektralen Kennzahlen. Einige dieser Verfahren sind genauer als andere, einige sind meßtechnisch einfacher als andere. In dieser Norm ist für jede Kennzahl ein Beispiel für ein genaueres Meßverfahren beschrieben. Es muß beachtet werden, daß die beschriebenen Meßverfahren nicht notwendigerweise auch die genauesten oder einfachsten sein müssen. Andere Meßverfahren können durchaus genauer oder schneller durchführbar oder einfacher in bezug auf instrumentellen Aufbau oder Bedienung sein.

Alle Verfahren lassen sich für spektrale, allgemeine und lichttechnische Kennzahlen anwenden. Die Bevorzugung einer bestimmten Empfänger-Empfindlichkeit im folgenden Text dient lediglich der besseren Verständlichkeit.

2 Arten der Reflexionsmessungen

Es gibt im Prinzip neun verschiedene Meßgeometrien für die Reflexionsmessung (Tabelle 1). Sie bestehen aus allen möglichen Kombinationen, bei denen die einfallende und die reflektierte Strahlung gerichtet (quasiparallel), innerhalb eines mehr oder weniger großen Raumwinkels (konisch) oder halbräumlich ist. Die halbräumlichen Meßmethoden können mit der Ulbrichtschen Kugel durchgeführt werden.

3 Arten der Transmissionsmessung

Analog zu den Reflexionsmessungen (Tabelle 1) gibt es neun verschiedene Meßgeometrien für die Transmissionsmessung.

Tabelle 1. Werte von 9 Arten der Reflexions-Messung für das vollkommen mattweiße Material

Art der Meßgeometrie	Meßgröße	Formelzeichen	Wert für vollkommen mattweißes Material
halbräumlich/halbräumlich	Reflexionsgrad	ϱ_{dif}	1
halbräumlich/konisch	Reflexionsfaktor	R_{dif}	1
halbräumlich/gerichtet	Strahldichtefaktor	β_{dif}	1
konisch/halbräumlich	Reflexionsgrad	ϱ_{k}	1
konisch/konisch	Reflexionsfaktor	R_{k}	1
konisch/gerichtet	Strahldichtefaktor	β_{k}	1
gerichtet/halbräumlich	Reflexionsgrad	ϱ_{g}	1
gerichtet/konisch	Reflexionsfaktor	R_{g}	1
gerichtet/gerichtet	Strahldichtefaktor	β_{g}	1
dif	diffuser Strahlungseinfall (mit $2\sigma_1 = 180^\circ$)		
k (Index)	konischer Strahlungseinfall, zu kennzeichnen durch die Größe und Form des Raumwinkels des Bündels und seine Lage zur Probenormalen (Winkel ε_1) ($0 < 2\sigma_1 < 180^\circ$)		
g (Index)	gerichteter quasiparalleler Strahlungseinfall zu kennzeichnen wie bei k (mit $2\sigma_1 \rightarrow 0$)		

Fortsetzung Seite 2 bis 8

Normenausschuß Lichttechnik (FNL) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Normenausschuß Kinotechnik für Film und Fernsehen (FAKI) im DIN

Normenausschuß Phototechnik (photonorm) im DIN

Frühere Ausgaben:
DIN 5036: 11.35
DIN 5036 Teil 3: 08.63; 03.70

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

Änderung November 1979:
Titel geändert, Inhalt vollständig überarbeitet und erweitert

4 Meßanordnungen mit der Ulbrichtschen Kugel

4.1 Ulbrichtsche Kugel zur Messung von

ϱ , ϱ_d , τ , τ_d und τ_{dif}

Die im folgenden beschriebene Meßanordnung mit einer Ulbrichtschen Kugel eignet sich zur Messung von ϱ , ϱ_d , τ , τ_d , τ_{dif} (siehe DIN 5036 Teil 1). Wenn die Meßanordnung nur zur Messung einer einzigen Kennzahl verwendet werden soll, kann sie entsprechend vereinfacht werden.

Die Ulbrichtsche Kugel (siehe Bild 1) ist mit 5 Öffnungen zu versehen, von denen die Öffnungen 3, 4 und 5 verschlossen werden können. In einer weiteren Öffnung ist eine mit der Kugelinnenoberfläche abschließende Streuscheibe anzubringen, hinter der sich der lichtempfindliche Empfänger befindet (im allgemeinen ein gemeinsam mit der Streuscheibe an $V(\lambda)$ angepaßtes Si-Photoelement oder ein Spektralphotometer). Der Empfänger ist möglichst dicht neben Öffnung 1 anzubringen.

Ein lichtundurchlässiger kleiner Schatter mit möglichst hohem Reflexionsgrad ist so zwischen der Öffnung 1 und der Streuscheibe des lichtempfindlichen Empfängers vorzusehen, daß kein direktes Licht von einer Probe in Öffnung 1 auf die Streuscheibe fallen kann.

Die Öffnung 2 dient zur wahlweisen Aufnahme der zu messenden Probe oder eines Reflexionsnormales. Die Lage der Öffnung 2 kann wie in Bild 1 gewählt werden. Ihre genaue Positionierung in der Kugel kann jedoch von der eingezeichneten Lage abweichen.

Die Öffnung 3 dient als Lichteintrittsöffnung bei Reflexionsmessungen und wird bei Transmissionsmessungen verschlossen. Die Öffnungen 4 und 5 dienen zur Messung von τ_d und ϱ_d und sind sonst verschlossen.

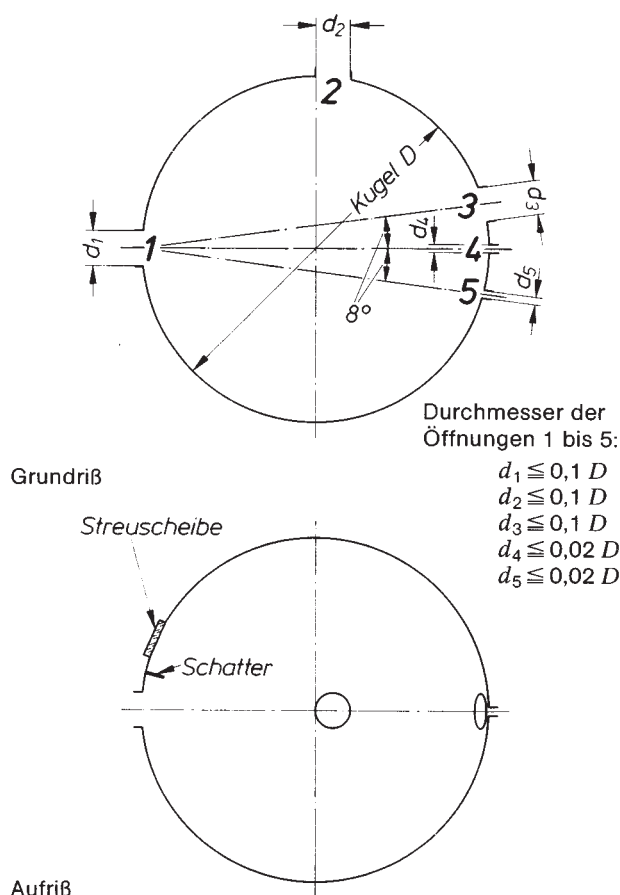


Bild 1. Ulbrichtsche Kugel zur Messung von ϱ , ϱ_d , τ , τ_d und τ_{dif}

Um die durch die Öffnungen hervorgerufenen Fehler klein zu halten, sollen die Durchmesser d der Öffnungen klein gegenüber dem Kugeldurchmesser D sein. Sie sollen höchstens betragen:

$D/10$ für Öffnungen 1, 2 oder 3

$D/50$ für Öffnung 4 und 5.

Die Öffnungsränder sollen möglichst scharfkantig und weiß ausgeführt werden.

Die die Probe aufnehmenden Öffnungen 1 bzw. 2 und damit der Kugeldurchmesser D sollen groß gegen die Oberflächenstruktur und die Dicke der Probe sein. Im übrigen kann der Kugeldurchmesser frei gewählt werden.

Anmerkung: Zur Messung von ϱ , ϱ_d und τ_d von Proben mit Volumenstreuung oder mit Oberflächenstreuung auf der der Kugel abgewendeten Seite genügt bis zu einer Probendicke von 1 cm ein Öffnungsdurchmesser von 15 cm, wenn die auf der Probe ausgeleuchtete Fläche einen Durchmesser von 2 cm nicht übersteigt. Ein solcher Durchmesser der Öffnung 1 scheint bei einer Kugel mit $D = 50$ cm für ausreichende Meßgenauigkeit noch vertretbar. Bei dickeren Proben muß eine größere Kugel mit entsprechend größerer Öffnung 1 verwendet werden.

Die Innenfläche der Kugel soll möglichst aselektiv mit einem Reflexionsgrad von $\varrho \approx 0,8$ sein und diffus reflektieren (siehe DIN 5032 Teil 1).

Die Deckel zur Verschließung der Öffnungen 3, 4 und 5 müssen die gleichen Reflexionseigenschaften wie die Kugelfwand aufweisen. Bei den Messungen ist darauf zu achten, daß kein Fremdlicht von außen durch offene Kugelöffnungen in die Kugel eintritt.

4.1.1 Beleuchtungseinrichtung für gerichteten Lichteinfall zur Messung von ϱ , ϱ_d , τ , τ_d

Zur Messung der Reflexionsgrade ϱ und ϱ_d sowie der Transmissionsgrade τ und τ_d für gerichteten Lichteinfall ist die Beleuchtungseinrichtung so aufzubauen, daß von einer Lampe (Normlichtart A) ein Strahlenbündel auf die Öffnung 1 fällt, das diese mit einem Durchmesser von höchstens 0,8 des Durchmessers d_1 der Kugelöffnung gleichmäßig ausleuchtet. Der Durchmesser des Strahlenbündels muß für Reflexionsmessungen bei Lichteinfall durch die Öffnung 3 kleiner als der Durchmesser der Öffnung 3 sein. Der doppelte Öffnungswinkel $2\sigma_1$ soll die im Abschnitt 7 „Messung von Leuchtdichtefaktor β und Leuchtdichtekoeffizient q “ angegebenen Werte jedoch nicht übersteigen.

Zur Messung von ϱ_d und τ_d soll bei gleichmäßiger Ausleuchtung der Probe in Öffnung 1 der Durchmesser der in Öffnung 4 oder 5 ausgeleuchteten Fläche das 0,8fache dieser Kugelöffnung nicht übersteigen. Vor Beginn der Messungen ist darauf zu achten, daß die optische Achse der Beleuchtungseinrichtung durch die Mitte der jeweils maßgebenden Kugelöffnungen geht.

Zur Messung des Transmissionsgrades τ von streuenden Proben ist die Probe großflächig gerichtet gleichmäßig zu beleuchten. Dazu befindet sich eine Lampe (Normlichtart A) in einem Abstand von der Probe an Öffnung 1, der größer als das 5fache der auszuleuchtenden Probenfläche ist. Die Größe der auszuleuchtenden Probenfläche hängt von der Probendicke ab. Bei einer Probendicke < 1 cm genügt die Ausleuchtung einer Probe mit einem Durchmesser von 20 cm. Bei dickeren Proben muß die ausgeleuchtete Probenfläche entsprechend größer sein.

4.1.2 Beleuchtungseinrichtung für diffusen Lichteinfall zur Messung von τ_{dif}

Zur Messung des Transmissionsgrades τ_{dif} bei diffusem Lichteinfall kann als Beleuchtungseinrichtung eine Kugel (oder Halbkugel) verwendet werden, die die zu messende Probe an der Öffnung 1 mit konstanter Leuchtdichte im

Halbraum auf genügend großer Fläche (Durchmesser wenigstens 20 cm) ausleuchtet. Eine gleichmäßige Leuchtdichte der beleuchtenden Kugel (bzw. Halbkugel) wird durch Lampen erreicht, die in der Kugel angeordnet und gegen die beleuchtete Probenfläche abgeschattet sind. Statt dessen kann auch bei Verwendung eines lichtdurchlässigen streuenden Kugelmateriale die Beleuchtung der beleuchtenden Kugel (bzw. Halbkugel) von außen erfolgen, wobei die Beleuchtungsstärke auf der Kugelaußenwand gleichmäßig sein muß.

Anmerkung: Es ist zu beachten, daß die Probe bzw. die äußere Wand der Meßkugel bei konstantem Lichtstrom der Lampen die Leuchtdichte der Beleuchtungseinrichtung wesentlich beeinflussen kann. Diese ist daher durch geeignete Mittel konstant zu halten.

4.2 Ulbrichtsche Kugel mit Beleuchtungseinrichtung für diffusen Lichteinfall zur Messung von ϱ_{dif}

Zur Messung des Reflexionsgrades ϱ_{dif} bei diffusem Lichteinfall [2] wird eine Kugel (siehe Bild 2) verwendet, die eine Öffnung 1 mit einem Durchmesser von $D/2$ (D = Kugeldurchmesser) für die Probe aufweist. An einer weiteren Öffnung 2 möglichst dicht neben der Öffnung 1 ist eine Streuscheibe bündig mit der Kugelinnenwand anzubringen, hinter der ein lichtempfindlicher Empfänger anzubringen ist (siehe Abschnitt 4.1). Der Durchmesser der vor dem Empfänger angeordneten Streuscheibe soll $D/10$ nicht übersteigen. Ein kleiner lichtundurchlässiger Schatter mit möglichst großem Reflexionsgrad soll direkten Lichteinfall von Öffnung 1 auf die Streuscheibe des Empfängers verhindern. Für die Eigenschaften der Kugelwand gilt die Anmerkung zu Abschnitt 4.1.

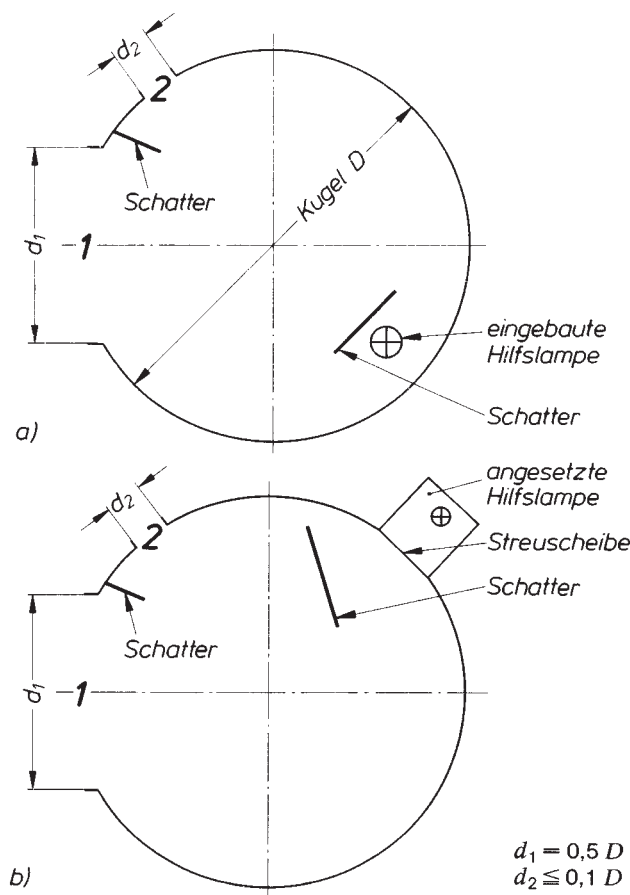


Bild 2. Ulbrichtsche Kugel zur Messung von ϱ_{dif}

Eine angenähert gleichmäßige Leuchtdichte der Kugelinnenwand kann entweder mit einer in der Kugel angebrachten Hilfslampe (siehe Bild 2a) oder durch Beleuchtung einer in der Kugelinnenwand angebrachten lichtdurchlässigen Streuscheibe (siehe Bild 2b) erzeugt werden. Dabei darf kein direktes Licht von Lampe oder Streuscheibe auf die Öffnungen 1 und 2 fallen. Die Lichtart der Beleuchtungseinrichtung ist anzugeben, wenn sie von Normlichtart A abweicht.

5 Messung von ϱ , ϱ_d , ϱ_{dif} , τ , τ_d , τ_{dif}

5.1 Messung des Reflexionsgrades ϱ

Bei der Messung des Reflexionsgrades ϱ bei gerichtetem oder konischem Lichteinfall befindet sich die Probe an Öffnung 1 oder 2 (siehe Bild 1), das zur Messung notwendige Reflexionsnormal (Reflexionsgrad ϱ_N) an Öffnung 2 oder 1 (siehe Tabelle 2). Gemessen werden die relativen Beleuchtungsstärken auf der Streuscheibe des lichtempfindlichen Empfängers:

- E_x bei Lichteinfall auf die Probe an Öffnung 1 (Reflexionsnormal an Öffnung 2)
- E_N bei Lichteinfall auf das Reflexionsnormal an Öffnung 1 (Probe an Öffnung 2)
- E_{streu} bei Lichteinfall auf die freie Öffnung 1 (Reflexionsnormal an Öffnung 2)

$$\varrho = \frac{E_x - E_{\text{streu}}}{E_N - E_{\text{streu}}} \varrho_N \quad (1)$$

5.2 Messung des Grades der gestreuten Reflexion ϱ_d

Zum Messen des Grades der gestreuten Reflexion ϱ_d bei gerichtetem oder konischem Lichteinfall befinden sich nacheinander die Probe an Öffnung 1 oder 2 (siehe Bild 1), das Reflexionsnormal (Reflexionsgrad ϱ_N) an Öffnung 2 oder 1, ein optisch einwandfreier Spiegel an Öffnung 1. Gemessen werden die relativen Beleuchtungsstärken auf der Streuscheibe des lichtempfindlichen Empfängers (siehe Tabelle 2):

- E_x bei Lichteinfall auf die Probe an Öffnung 1 (Reflexionsnormal an Öffnung 2)
- E_N bei Lichteinfall auf das Reflexionsnormal an Öffnung 1 (Probe an Öffnung 2)
- E_{streu} bei Lichteinfall auf die freie Öffnung 1 (Reflexionsnormal an Öffnung 2)
- E_{sp} bei Lichteinfall auf einen Spiegel, der an Stelle der Probe an Öffnung 1 gesetzt wird (Reflexionsnormal an Öffnung 2)

ϱ Reflexionsgrad der Probe

ϱ_N Reflexionsgrad des Reflexionsnormales

Dann ist:

$$\varrho_d = \frac{E_x - E_{\text{streu}} - \varrho (E_{\text{sp}} - E_{\text{streu}})}{E_N - E_{\text{streu}} - \varrho_N (E_{\text{sp}} - E_{\text{streu}})} \varrho_N \quad (2)$$

5.3 Messung des Reflexionsgrades ϱ_{dif}

Zur Messung des Reflexionsgrades ϱ_{dif} bei diffusem Lichteinfall wird eine Ulbrichtsche Kugel nach Abschnitt 4.2 (siehe Bild 2) verwendet. Gemessen werden die relativen Beleuchtungsstärken auf der Streuscheibe des lichtempfindlichen Empfängers:

E_0 ohne Probe an Öffnung 1 („schwarze“ Öffnung)

E_x mit Probe an Öffnung 1

E_N mit Reflexionsnormal an Öffnung 1 (Reflexionsgrad $\varrho_{\text{dif}, N}$)

Dann gilt:

$$\varrho_{\text{dif}} = \frac{E_x - E_0}{E_N - E_0} \cdot \frac{E_N}{E_x} \cdot \varrho_{\text{dif}, N} \quad (3)$$