

Photographische Sensitometrie

Bestimmung der optischen Dichte

Geometrische Bedingungen für Messungen bei Transmission

DIN
4512
Teil 8

Photographic sensitometry; determination of the optical density; geometric conditions for transmission density

Sensitométrie photographique; détermination de la densité optique; conditions géométriques pour la densité instrumentale par transmission

Mit DIN 4512 T7/01.93
und DIN 4512 T9/01.93
Ersatz für
DIN 4512 T3/01.73

Zusammenhang mit der von der International Organization for Standardization (ISO) herausgegebenen Internationalen Norm ISO 5/2 : 1991, siehe Erläuterungen.

1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Norm legt die geometrischen Bedingungen für das Messen der optischen Dichte im diffusen Licht und der $f/4,5$ - und $f/1,6$ -Projektionsdichte fest.

Die Messung der optischen Dichte im diffusen Licht ist hauptsächlich geeignet zur Bestimmung der Dichte photographischer Bilder, die wirksam ist, wenn die Bilder auf einem Leuchtkasten betrachtet oder mit einem System, das diffuse Beleuchtung benutzt, vergrößert oder kopiert werden.

Die Projektionsdichte ist die wirksame optische Dichte photographischer Bilder, bei der Projektion in Systemen, die optische Kondensoren benutzen.

Obwohl sie vorrangig für die Messung photographischer Bilder bestimmt sind, werden die in dieser Norm festgelegten densitometrischen Methoden auch bei optischen Filtern und anderen plattenförmigen Materialien angewandt.

2 Begriffe

Das Koordinatensystem, Begriffe, Definitionen und Symbole, die in DIN 4512 Teil 7 festgelegt sind, werden in dieser Norm als Grundlage für die Festlegungen der geometrischen Bedingungen für Messungen der optischen Dichte bei Transmission benutzt.

2.1 Transmissionsfaktor T

Der Transmissionsfaktor T ist das Verhältnis zwischen dem gemessenen Strahlungsfluß, der von einer Probe durchgelassen wird, und dem Fluß, der gemessen wird, wenn die Probe von der Probenöffnung der Meßapparatur entfernt worden ist:

$$T = \frac{\Phi_{\tau}}{\Phi_j}$$

wobei Φ_{τ} der durchgelassene Fluß und
 Φ_j der Meßflächenfluß ist.

2.2 Meßflächenbezogene optische Dichte bei Transmission

Logarithmus zur Basis 10 des Kehrwertes des Transmissionsfaktors:

$$D_T = \lg \frac{1}{T} = \lg \frac{\Phi_j}{\Phi_{\tau}}$$

3 Optische Dichte im diffusen Licht

3.1 Geometrie

Transmissionsmessungen im diffusen Licht können mit einer diffus strahlenden Lichtquelle und einem Empfänger für gerichtetes Licht vorgenommen werden; diese Anordnung wird als Verfahren mit „diffusem Eingangsfluß“ (siehe Bild 1), die Messung mit gerichteter Strahlung und einem diffus bewertenden Empfänger als Verfahren mit „diffusem Ausgangsfluß“ bezeichnet (siehe Bild 1). Beide Verfahren sind gleichwertig und werden jeweils durch eine diffuse und eine gerichtete Verteilung gekennzeichnet, wobei die Verteilungen Strahlungs- oder Empfindlichkeitsverteilungen sind.

3.2 Meßfläche

Die Fläche, über welche die optische Dichte gemessen werden soll, wird Meßfläche genannt. Größe und Form der Meßfläche sind nicht kritisch, falls keines der Maße so groß ist, daß die geometrischen Bedingungen des Eingangs- und des Ausgangsflusses sich über die Meßfläche wesentlich verändern, oder so klein ist, daß sich Einflüsse der Körnigkeit des Films, der Probendicke oder von Beugungseffekten bemerkbar machen. Messungen von Flächen mit weniger als 0,5 mm Durchmesser werden der Mikrodensitometrie zugerechnet und unterliegen besonderen Bedingungen, die in dieser Norm nicht behandelt werden. Die relativen Maße der Meßfläche und der optischen Komponenten, die die gerichtete Verteilung begrenzen, müssen innerhalb der festgelegten Toleranzen der Winkel der gerichteten Verteilung aufeinander abgestimmt werden.

Die Ein- und die Ausgangsflußverteilung sollten möglichst auf der ganzen Meßfläche jeweils konstant sein. Wenn die Meßfläche mit einer geometrisch ähnlichen Blende, die ähnlich wie die Meßfläche ausgerichtet ist und deren Maße nicht größer als $\frac{1}{4}$ der entsprechenden Maße der Meßfläche sind, abgetastet wird, darf die Strahldichte an jeder Stelle der Meßfläche nicht mehr als 10 % vom Höchstwert abweichen. Abweichungen spielen keine Rolle, wenn Flächen einheitlicher optischer Dichte gemessen werden, können aber erhebliche Fehler bei Messungen an Bildern mit unterschiedlichen optischen Dichten verursachen.

Fortsetzung Seite 2 bis 5

Normenausschuß Bild und Film (photokinetonorm) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Der Diffusor muß im Verhältnis zur Meßfläche so groß sein, daß sein Rand oder seine Auflage die Dichtemessung nicht beeinflußt. Die zu untersuchende Probe muß Kontakt mit dem Diffusor haben. Im Falle von photographischen Bildern und Platten muß die Emulsionsoberfläche dem Diffusor zugewandt sein.

3.3 Diffuse Verteilung

Die Winkelverteilung der Strahldichte oder der Empfindlichkeit einer diffusen Verteilung, gemessen in der Mitte der Meßfläche, sollte im Idealfall über die Halbkugel, die von der Meßfläche begrenzt wird, gleichförmig sein. Für die Zwecke dieser Norm muß die Gleichförmigkeit so sein, daß der Diffusionsgrad¹⁾ zwischen 0,90 und 1,00 liegt.

Für die in ISO 5/3 : 1984 festgelegten spektralen Bedingungen muß der Reflexionsfaktor — definiert durch die CIE für diffuse/senkrechte Geometrie²⁾ — des diffus beleuchtenden oder detektierenden Systems $0,55 \pm 0,05$ betragen. Die Oberfläche des Systems muß poliert sein³⁾.

Eine solche Verteilung wird üblicherweise mit Hilfe einer Opalglasplatte hergestellt. Die Anwendung eines Opalglasses ist jedoch nicht erforderlich, wenn die festgelegten optischen Bedingungen auf andere Weise erfüllt werden.

3.4 Gerichtete Verteilung

Die gerichtete Winkelverteilung der Strahldichte oder der Empfindlichkeit muß ihr Maximum senkrecht zur Meßfläche und in deren Mitte besitzen. Sie muß für Winkel größer als 10° zur Normalen auf der Probenfläche in jedem Punkt der Meßfläche vernachlässigbar klein sein.

3.5 Kennzeichnung

Optische Dichten, die unter den hier genannten Bedingungen gemessen werden, heißen „ISO-Optische Transmissionsdichte im diffusen Licht“ oder einfach „ISO-Dichte im diffusen Licht“. In funktioneller Kennzeichnung sind sie als $D_T(90^\circ \text{ Opal}; S: < 10^\circ; s)$ oder $D_T(< 10^\circ; S: 90^\circ \text{ Opal}; s)$ anzugeben, wobei S und s das Eingangsflußspektrum bzw. die spektrale Empfindlichkeit des Empfängers sind. Da die durch DIN 4512 Teil 7, 8 und 9 ersetzte Norm DIN 4512 Teil 3/01.73 die Messung der optischen Dichte im diffusen Licht mit Hilfe der Ulbricht-Kugel festlegte, mag es wünschenswert sein, die Methode der Dichtemessung anzugeben. Dazu können die Wörter „Kugel“ oder „Opal“ dem Dichtewert oder der Dichtekennzeichnung hinzugefügt werden. Andere Diffusoren als Opalglasser können benutzt werden, wenn sie den Forderungen dieser Norm entsprechen.

4 Optische Projektionsdichte

4.1 Meßfläche

Die Meßfläche muß im Verhältnis zu den Maßen des gesamten optischen Systems klein sein, um Änderungen der geometrischen Bedingungen innerhalb der Fläche gering zu halten. Ihr Durchmesser darf $\frac{1}{6}$ der Öffnung der Eintrittspupille der Projektionslinse nicht überschreiten. Der Durchmesser der Meßfläche darf nicht kleiner als 0,5 mm sein.

Im Idealfall sollte der Eingangsfluß gleichförmig über der Meßfläche verteilt sein. Zur Prüfung der Gleichförmigkeit wird die Meßfläche mit einem Strahlungsempfänger abgetastet, der eine gleichförmige Winkelempfindlichkeit über einen Auffangwinkel von wenigstens 20° und eine gleichförmige Empfindlichkeit über eine kreisförmige Fläche mit einem Durchmesser von $\frac{1}{4}$ der Meßfläche besitzt. Der mit diesem Empfänger gemessene Strahlungsfluß darf an keiner Stelle der Meßfläche mehr als 10 % vom Höchstwert abweichen.

4.2 $f/4,5$ -Projektionsdichte

Die Eingangsstrahldichte und die Empfängerempfindlichkeit (einschließlich der Einflüsse irgendwelcher Filter, Linsen oder anderer optischer Komponenten) müssen konstant innerhalb $\pm 10\%$ bei allen Winkeln zur optischen Achse zwischen 0° und $6,4^\circ \pm 0,2^\circ$ ⁴⁾ sein. Diese Winkelverteilung entspricht einem $f/4,5$ -Projektionssystem.

4.3 $f/1,6$ -Projektionsdichte

Die Eingangsstrahldichte und die Empfängerempfindlichkeit (einschließlich der Einflüsse irgendwelcher Filter, Linsen oder anderer optischer Komponenten) müssen konstant innerhalb $\pm 10\%$ bei allen Winkeln zur optischen Achse zwischen 0° und $18,2^\circ \pm 1,0^\circ$ sein. Diese Winkelverteilung entspricht einem $f/1,6$ -Projektionssystem.

4.4 Gleichförmigkeit der Eingangsgeometrie

Wenn die Winkelverteilung der Eingangsstrahldichte mit einem Strahlungsempfänger, der innerhalb $\pm 10\%$ eine konstante Empfindlichkeit über eine konische Verteilung mit dem Halbwinkel von 2° besitzt, abgetastet wird, darf die gemessene Strahldichte für jede Richtung innerhalb des festgelegten Eingangskegels nicht mehr als 10 % vom Höchstwert abweichen. Außerhalb des festgelegten Eingangskegels muß die Strahldichte kleiner als 2 % des Höchstwertes sein.

4.5 Gleichförmigkeit der Ausgangsgeometrie

Wenn die Winkelverteilung der Empfindlichkeit des Empfängers mit einem engen Strahlungsbündel, das eine konische Verteilung mit einem Halbwinkel von 2° aufweist, abgetastet wird, darf die gemessene Empfindlichkeit für jede Richtung innerhalb des festgelegten Kegels nicht mehr als 10 % vom Höchstwert abweichen. Außerhalb des festgelegten Ausgangskegels muß die Empfindlichkeit kleiner als 2 % des genannten Höchstwertes sein.

¹⁾ Zur Ermittlung des Diffusionsgrades werden die relativen, auf die Normale bezogenen Strahldichten bzw. Empfindlichkeiten in Polarkoordination aufgetragen. Für einen idealen Lambert-Strahler bzw. -Empfänger ergibt sich ein Kreis. Das Verhältnis der Fläche für das reale System zur Kreisfläche des idealen Systems wird als Diffusionsgrad bezeichnet. Bei der Bestimmung des Diffusionsgrades darf das Meßfeld den Winkel von 10° nicht überschreiten.

²⁾ CIE-Publikation 38 legt in Abschnitt 12.2.3 fest: „Die Probe wird diffus mittels einer Ulbricht-Kugel beleuchtet. Der Winkel zwischen der Normalen auf der Probe und der Richtung, in der die Reflexion gemessen wird, darf nicht größer als 10° sein. Die Gesamtfläche der Öffnungen der Kugel, deren Durchmesser beliebig ist, darf nicht größer als 10 % der Innenwand der Kugel betragen. Der halbe Öffnungswinkel des Meßbündels muß $\leq 5^\circ$ sein“. Das Verhältnis des von der Probe reflektierten Strahlungsflusses zu dem, den ein vollkommen mattweißes reflektierendes Normal reflektiert, wird als „Reflexionsfaktor“ bezeichnet.

³⁾ Niedrige Dichtewerte sind sehr empfindlich gegenüber Veränderungen des Reflexionsfaktors des Diffusors wegen der wechselseitigen Reflexionen zwischen Diffusor und Probe.

⁴⁾ Die Beziehung zwischen der Blendenzahl und dem Halbwinkel (κ) des Strahlenkegels, der einen Bildpunkt auf der Achse erzeugt, wird beschrieben durch:

$$\text{Blendenzahl} = \frac{1}{2 n \sin \kappa}, \text{ wobei } n \text{ die Brechzahl im Bildraum ist.}$$