

Strahlungsphysikalische und lichttechnische Eigenschaften von Materialien

Begriffe Kennzahlen

DIN
5036
 Teil 1

Radiometric and photometric properties of materials; definitions characteristics

Zugleich Ersatz
für DIN 5036 Teil 2

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

- Teil 1 Begriffe für Vorgänge und Medien
Kennzahlen
Teil 3 Meßverfahren (Folgeausgabe z. Z. noch Entwurf)
Teil 4 Klasseneinteilung
Beiblatt Inhaltsverzeichnis und Stichwortverzeichnis

Größen, Bezeichnungen und Einheiten der Strahlungsphysik und der Lichttechnik siehe DIN 5031 Teil 1 bis Teil 7 sowie DIN 1349 Teil 1 und Teil 2.

1 Allgemeines

Fällt optische Strahlung auf ein Material, so wird ein Teil reflektiert, ein Teil absorbiert und häufig ein Teil durchgelassen. Diese Eigenschaften der Materialien sollen durch „Kennzahlen“ (spektrale, allgemeine, strahlungsphysikalische und lichttechnische) gekennzeichnet werden.

Die Eigenschaften von lumineszierenden Materialien werden im allgemeinen wie bei nicht lumineszierenden Materialien beschrieben, obwohl diese Stoffe für den von der Lumineszenz herrührenden Teil ihrer Strahlung Selbststrahler (Selbstleuchter) sind.

In dieser Norm sind im allgemeinen die strahlungsphysikalischen Kennzahlen definiert, die für die lichttechnischen Kennzahlen maßgebenden Größen sind in Klammern eingefügt. Wo nur die spektralen Kennzahlen von Bedeutung sind, sind nur diese aufgeführt.

2 Einflußgrößen

Die Kennzahlen sind keine rein material-spezifischen Größen, sondern hängen von einer Anzahl von Parametern ab, z. B. von

- a) der Schichtdicke:
Die Schichtdicken sind nötigenfalls anzugeben; bei Materialien mit Überzügen zusätzlich Art und Dicke des Überzuges.
- b) dem Oberflächenzustand:
Die Kennzahlen gelten für saubere, trockene Proben, wenn es nicht anders angegeben wird.
- c) der Temperatur:
Die Kennzahlen gelten für die Temperatur 25 °C, wenn es nicht anders angegeben wird.
- d) der spektralen Zusammensetzung der Strahlung:
Bei Angabe der Kennzahl ist die spektrale Strahlungsverteilung zu kennzeichnen, z. B. durch Angabe der Lichtart (Normlichtarten siehe DIN 5033 Teil 7) oder durch Angabe der Verteilungstemperatur¹⁾.

Bei lumineszierenden Materialien ist auch bei der Messung spektraler Kennzahlen die Probe mit der Lichtart zu bestrahlen, auf die die spektralen Kennzahlen bezogen werden sollen.

- e) dem Polarisationszustand der Strahlung:
Wenn die Kennzahl nicht für unpolarisiert auf das Material fallende Strahlung gilt, ist der Polarisationszustand und die Lage der Polarisationssebene anzugeben.

Anmerkung: Reflektierte und transmittierte Strahlung sind im allgemeinen teilpolarisiert, auch wenn die einfallende Strahlung unpolarisiert ist.

- f) dem Strahlungseinfall:
Wird die Kennzahl für einen anderen als senkrechten oder nahezu senkrechten quasiparallelen Strahlungseinfall angegeben, ist die räumliche Verteilung der einfallenden Strahlung anzugeben, z. B. bei quasiparallelem, nicht senkrechtem Einfall durch den im Index hinzugefügten Strahlungseinfallswinkel ε_1 , gemessen gegen die Flächennormale (Bild 1) oder bei halbräumlichem diffusen Strahlungseinfall mit konstanter Strahldichte durch den Index d.

Anmerkung: Der Grad der gestreuten Reflexion wird ebenfalls mit dem Index d gekennzeichnet (siehe Abschnitt 6.1.2).

- 1) Die spektrale Verteilung der Strahlung muß im gesamten interessierenden Bereich durch die Verteilungstemperatur gekennzeichnet sein, gegebenenfalls ist der durch Grenzwellenlängen λ_1 und λ_2 eingeschlossene Wellenlängenbereich anzugeben, in dem die Strahlungsfunktion durch eine Verteilungstemperatur beschrieben werden kann.

Fortsetzung Seite 2 bis 8

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

Frühere Ausgaben:

DIN 5036: 11.35

DIN 5036 Teil 1: 08.63, 03.70

DIN 5036 Teil 2: 08.63, 03.70

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

Änderung Juli 1978:

DIN 5036 Teil 1 und Teil 2 zusammengefaßt, Titel geändert, Inhalt vollständig überarbeitet.

g) der Abstrahlungsrichtung:

Bei Kennzahlen, die für eine bestimmte Abstrahlungsrichtung gelten, ist diese mit anzugeben durch (Bild 1) den Abstrahlungswinkel ε_2 (oder ϑ , siehe Abschnitt 9.2), gemessen gegen die empfängerseitige Flächennormale und den Azimut φ , gemessen zwischen Strahlungseinfalls- und Abstrahlungsebene.

Für $\varphi = 180^\circ$ kann man ε_1 und ε_2 im Index angeben, z. B. für den Strahldichtefaktor β bei $\varepsilon_1 = 45^\circ$ und $\varepsilon_2 = 0^\circ$: $\beta_{45/0}$.

Hat die Struktur des Materials eine Vorzugsrichtung, so ist diese in bezug auf die Strahlungseinfalls- oder Abstrahlungsebene anzugeben.

h) den Öffnungswinkeln des einfallenden und des bewerteten Strahlenbündels:

Die Kennzahl strebt beim Verkleinern der Öffnungswinkel in der Praxis einem konstanten Wert zu. Die Öffnungswinkel sind daher mit anzugeben, wenn dieser konstante Wert noch nicht erreicht ist.

i) der Bewertungsfunktion:

Näheres siehe Abschnitt 3.

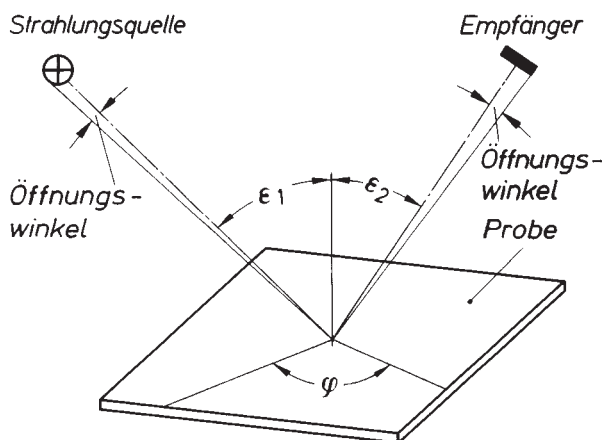


Bild 1. Winkelbezeichnung für Kennzahlen

Wenn andere Größen die Kennzahl beeinflussen, z. B. Beleuchtungs- oder Bestrahlungsstärke, UV-Strahlung oder IR-Strahlung, so sind sie mit anzugeben.

3 Bewertungsfunktionen für Kennzahlen

Die hier behandelten Vorgänge und Kennzahlen gelten für optische Strahlung, insbesondere für Licht.

Maßgebend für die Unterscheidung der verschiedenen Gruppen von Kennzahlen ist die Bewertungsfunktion, d. h. die relative spektrale Empfindlichkeit $s(\lambda)_{\text{rel}}$ des bewertenden Empfängers.

3.1 Spektrale Kennzahlen

Die Kennzahlen bei monochromatischer Strahlung sind Funktionen der Wellenlänge λ . Man bezeichnet sie durch denselben Ausdruck, wie die entsprechende integrale Größe, dem das Adjektiv „spektral“ vorgesetzt wird und durch dasselbe Formelzeichen, an das das Formelzeichen λ in Klammern angehängt wird, z. B. spektraler Transmissionsgrad $\tau(\lambda)$.

Bei der spektralen Dichte einer Größe X setzt man vor den Namen der Größe ebenfalls das Adjektiv „spektral“, versteht dagegen das Formelzeichen der Größe mit dem Index λ , z. B. spektrale Strahlungsleistung Φ_λ . Dabei ist zu beachten, daß X und X_λ von verschiedener Dimension sind, denn:

$$X_\lambda = \frac{dX}{d\lambda} \quad (1)$$

3.2 Allgemeine Kennzahlen

Ist eine spektrale Kennzahl als Funktion der Wellenlänge bekannt, so kann die entsprechende lichttechnische, strahlungsphysikalische oder eine entsprechende allgemeine Kennzahl für jede Strahlungsfunktion der beleuchtenden Strahlung berechnet werden.

Bei „allgemeinen Kennzahlen“ ist die Bewertungsfunktion jeweils mit anzugeben. Als Bewertungsfunktion können z. B. gelten:

die Normspektralwertfunktionen (siehe DIN 5033 Teil 2) die photobiologischen Wirkungsfunktionen ein konstanter Wert.

Ist S_λ die Strahlungsfunktion (siehe DIN 5033 Teil 1) der auf das Material fallenden Strahlung, $s(\lambda)_{\text{rel}}$ die Bewertungsfunktion und $a(\lambda)$ die jeweilige spektrale Kennzahl, so ergibt sich die allgemeine Kennzahl a zu:

$$a = \frac{\int_0^\infty S_\lambda \cdot a(\lambda) \cdot s(\lambda)_{\text{rel}} \cdot d\lambda}{\int_0^\infty S_\lambda \cdot s(\lambda)_{\text{rel}} \cdot d\lambda} \quad (2)$$

3.3 Lichttechnische Kennzahlen

Die lichttechnischen Kennzahlen sind ein Sonderfall der allgemeinen Kennzahlen. Es werden photometrische Größen betrachtet, so daß als Bewertungsfunktion der spektrale Hellempfindlichkeitsgrad für Tagessehen $V(\lambda)$ (siehe DIN 5031 Teil 2) gilt. Somit ergibt sich die lichttechnische Kennzahl a zu:

$$a = \frac{\int_0^\infty S_\lambda \cdot a(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^\infty S_\lambda \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (3)$$

3.4 Strahlungsphysikalische Kennzahlen

Die strahlungsphysikalischen Kennzahlen sind ein Sonderfall der allgemeinen Kennzahlen für eine Bewertungsfunktion $s(\lambda)_{\text{rel}} = 1$. Hiermit ergibt sich die strahlungsphysikalische Kennzahl a zu:

$$a = \frac{\int_0^\infty S_\lambda \cdot a(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^\infty S_\lambda \cdot d\lambda} \quad (4)$$

3.5 Kennzeichnung

Besteht eine Verwechslungsmöglichkeit mit Kennzahlen, die nach verschiedenen Bewertungsfunktionen bewertet sind, so sollen für die lichttechnischen Kennzahlen die Benennungen mit der Vorsilbe „Licht“ gebildet werden und die entsprechenden Formelzeichen den Index v erhalten, z. B. „Lichtreflexionsgrad ρ_v “ und für die strahlungsphysikalischen Kennzahlen die Benennungen mit der Vorsilbe „Strahlungs“ gebildet werden und die entsprechenden Formelzeichen den Index e erhalten, z. B. „Strahlungsreflexionsgrad ρ_e “.

Gelten die strahlungsphysikalischen Kennzahlen nur innerhalb eines bestimmten Wellenlängenbereiches, so soll der entsprechende Bereich durch eine Vorsilbe in der Benennung und beim Formelzeichen als Index mit angegeben werden; z. B. der Strahlungsreflexionsgrad im Wellenlängenbereich des UV-A-Gebietes (siehe DIN 5031 Teil 7) als

UV-A-Strahlungsreflexionsgrad $\rho_{e\text{UV-A}}$.

Für jede spektrale Kennzahl gibt es eine entsprechende lichttechnische und eine strahlungsphysikalische Kennzahl

sowie allgemeine Kennzahlen. Jede für eine dieser Kennzahlen angegebene Begriffsbestimmung gilt sinngemäß auch für alle anderen gleichartigen Kennzahlen.

4 Brechung

Änderung der Fortpflanzungsrichtung einer Strahlung infolge der örtlichen Unterschiede der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in einem optisch inhomogenen Material oder beim Durchgang durch die Grenzfläche zweier optisch verschiedener Materialien.

4.1 Brechzahl (eines Materials für monochromatische Strahlung der Wellenlänge λ)

Verhältnis der Geschwindigkeit c_0 der elektromagnetischen Strahlung im Vakuum zu der Phasengeschwindigkeit v der monochromatischen Strahlung in dem Material.

Formelzeichen: n

$$(\text{spektrale}) \text{ Brechzahl } n(\lambda) = \frac{c_0}{v(\lambda)} \quad (5)$$

Anmerkung: Die Brechzahl ist gleich dem Verhältnis des Sinus des Einfallswinkels ε_1 und des Sinus des Brechungswinkels ε_2 beim Durchgang eines Strahlenbündels durch die Grenzfläche zwischen Vakuum und Material

$$n(\lambda) = \sin \varepsilon_1 / \sin \varepsilon_2(\lambda) \quad (6)$$

4.2 Komplexe Brechzahl

Bei absorbierenden, isotropen Materialien gilt das Brechungsgesetz nur in komplexer Form.

Formelzeichen: $n^*(\lambda)$

$$\begin{aligned} \text{Spektrale komplexe Brechzahl } n^*(\lambda) &= n(\lambda) - i\kappa(\lambda) \quad (7) \\ \kappa(\lambda) & \text{ spektrale Absorptionszahl} \\ & \text{(siehe Abschnitt 8.5)} \end{aligned}$$

5 Streuung

Streuung im Sinne der Strahlungsphysik und Lichttechnik ist die Ablenkung eines Strahlenbündels in viele Richtungen durch ein Material (Oberfläche und/oder Volumen), jedoch ohne Änderung der Wellenlänge.

Anmerkung: Die gestreute Strahlung hat eine kontinuierliche räumliche Verteilung.

Das vollkommen mattweiße Material ist ein gleichmäßig streuendes Material, das die Strahlung winkelunabhängig reflektiert (transmittiert) und dessen Reflexionsgrad (Transmissionsgrad) den Wert 1 hat.

5.1 Streuvermögen (einer streuend reflektierenden oder transmittierenden Fläche)

Verhältnis des Mittelwertes der Leuchtdichten bei 20° und 70° ($0,35 \text{ rad}$ und $1,22 \text{ rad}$) zur Leuchtdichte bei 5° ($0,09 \text{ rad}$) bei senkrechtem Lichteinfall.

Formelzeichen: σ

$$\sigma = \frac{L(20) + L(70)}{2L(5)} \quad (8)$$

Anmerkung 1: Das Streuvermögen soll eine Angabe über die räumliche Verteilung des gestreuten Lichtstromes machen. Es ist gleich 1 für alle gleichmäßig streuenden Materialien unabhängig vom Grad der gestreuten Reflexion (Transmission).

Anmerkung 2: Diese Art der Definition soll nur für Materialien Anwendung finden, deren Streuindikatrix nicht nennenswert von derjenigen gewöhnlicher Trübgeläser abweicht.

5.2 Halbwertswinkel (für eine streuend reflektierende oder transmittierende Fläche)

Abstrahlungswinkel, bei dem die Leuchtdichte L_γ der streuend abstrahlenden Fläche den halben Wert der Leuchtdichte L_0 beim Abstrahlungswinkel 0° hat, bei senkrechtem Lichteinfall.

Formelzeichen: γ

$$L_\gamma = \frac{1}{2} L_0 \quad (9)$$

Anmerkung: Es empfiehlt sich, zur Kennzeichnung der Streuindikatrix bei stark streuenden Materialien das Streuvermögen σ , bei schwach streuenden den Halbwertswinkel γ anzuwenden.

5.3 Spektraler Streukoeffizient (in einem streuenden Material für ein quasiparalleles Strahlenbündel)

Verhältnis aus der relativen Abnahme der spektralen Strahldichte L_γ eines quasiparallelen Strahlenbündels, das eine Schicht infinitesimaler Dicke infolge Streuung senkrecht durchdringt, und der Dicke dl dieser Schicht.

Formelzeichen: $s(\lambda)$

$$s(\lambda) = \frac{1}{L_\lambda} \cdot \frac{dL_\lambda}{dl} \quad (10)$$

Einheit: cm^{-1}

Anmerkung: Der spektrale Streukoeffizient ist derjenige Teil des spektralen Schwächungskoeffizienten (siehe Abschnitt 8.7), der durch Streuung verursacht wird.

6 Reflexion

6.1 Reflexionsgrad

Verhältnis der (des) reflektierten Strahlungsleistung (Lichtstroms) zu der (dem) einfallenden Strahlungsleistung (Lichtstrom).

Formelzeichen: ρ

$$\text{Spektraler Reflexionsgrad } \rho(\lambda) = \frac{\Phi_{e\lambda\rho}}{\Phi_{e\lambda}} \quad (11)$$

Hierin bedeuten:

$\Phi_{e\lambda\rho}$ reflektierte spektrale Strahlungsleistung
 $\Phi_{e\lambda}$ einfallende spektrale Strahlungsleistung

allgemeiner Reflexionsgrad

$$\rho_s = \frac{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \cdot \rho(\lambda) \cdot s(\lambda)_{\text{rel}} \cdot d\lambda}{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \cdot s(\lambda)_{\text{rel}} \cdot d\lambda} \quad (12)$$

Lichtreflexionsgrad

$$\rho = \frac{\Phi_\rho}{\Phi} = \frac{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \cdot \rho(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (13)$$

Anmerkung 1: Die auf ein Material fallende Strahlung kann gerichtet, gestreut oder gemischt reflektiert werden.

Anmerkung 2: Bei gemischter Reflexion setzt sich der Reflexionsgrad aus zwei Anteilen zusammen: dem Grad der gerichteten Reflexion und dem Grad der gestreuten Reflexion entsprechend den beiden Arten der Reflexion, die in den Abschnitten 6.1.1 und 6.1.2 definiert sind.

$$\rho = \rho_r + \rho_d \quad (14)$$

6.1.1 Grad der gerichteten Reflexion

Verhältnis derjenigen Strahlungsleistung (des Lichtstroms), für die nach Reflexion das photometrische Entfernungsgesetz vom virtuellen Bild der Strahlungsquelle (Lichtquelle) aus gilt, zur (zum) einfallenden Strahlungsleistung (Lichtstrom).

Formelzeichen: ρ_r