

**Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik**  
Größen, Formelzeichen und Einheiten der Lichttechnik

**DIN**  
**5031**  
Blatt 3

Optical radiation physics and illuminating engineering; quantities, symbols and units of illuminating engineering  
Physique de radiation optique et technique d'éclairage; grandeurs, symbols et unités de la technique d'éclairage

**1. Allgemeines****1.1. Die photometrische Bewertung**

Zu jeder der in DIN 5031 Blatt 1 aufgeführten strahlungsphysikalischen Größen gibt es entsprechende lichttechnische Größen, und zwar eine für Tagessehen und eine für Nachtsehen. Diese ergeben sich, wenn der spektrale Hellempfindlichkeitsgrad für Tagessehen bzw. der für Nachtsehen zugrundegelegt ist, folgendermaßen:

$$\text{für Tagessehen: } X_v = K_m \cdot \int X_{e\lambda} V(\lambda) d\lambda$$

$$\text{für Nachtsehen: } X'_v = K'_m \cdot \int X_{e\lambda} V'(\lambda) d\lambda$$

Es bedeuten:

- $X_v$  die lichttechnische Größe für Tagessehen, z. B. die Leuchtdichte  $L$
- $X'_v$  die lichttechnische Größe für Nachtsehen, z. B. die skotopische Leuchtdichte  $L'$
- $X_{e\lambda}$  die der lichttechnischen Größe entsprechende spektrale strahlungsphysikalische Größe, z. B. die spektrale Strahldichte  $L_{e\lambda}$
- $K_m$  den Maximalwert des photometrischen Strahlungsäquivalentes für Tagessehen
- $K'_m$  den Maximalwert der photometrischen Strahlungsäquivalente für Nachtsehen
- $V(\lambda)$  den spektralen Hellempfindlichkeitsgrad für Tagessehen
- $V'(\lambda)$  den spektralen Hellempfindlichkeitsgrad für Nachtsehen

Diejenigen Größen und Einheiten, für die der spektrale Hellempfindlichkeitsgrad für Nachtsehen  $V'(\lambda)$  maßgebend ist, werden durch das Vorwort skotopisch oder durch einen Strich an dem entsprechenden Formelzeichen, z. B. skotopische Leuchtdichte  $L'$  in  $\frac{\text{cd}'}{\text{m}^2}$  gekennzeichnet.

**1.2. Lichteinheit**

**1.2.1.** Als Lichteinheit für das helladaptierte Auge (photopisches Sehen) gilt die candela (cd).

Die Lichtstärke 1 cd hat  $\frac{1}{600000} \text{ m}^2$  der Oberfläche eines Schwarzen Strahlers der Temperatur des beim Druck von 101 325  $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$  erstarrenden Platins in Richtung der Normalen.

**1.2.2.** Die auf das dunkeladaptierte Auge (skotopisches Sehen) gegründeten lichttechnischen Größen sind mit denen für photopisches Sehen folgendermaßen verknüpft:

Die skotopischen Größen und die photopischen haben definitionsgemäß gleiche Zahlenwerte, wenn die zu bewertende Strahlung als Verteilungstemperatur den Platin-Erstarrungspunkt hat.

**1.3. Maximalwert des photometrischen Strahlungsäquivalents für Tagessehen  $K_m$** 

Der Wert für  $K_m$  ergibt sich aus der Festlegung der Lichteinheit, dem spektralen Hellempfindlichkeitsgrad  $V(\lambda)$  für Tagessehen und dem Planckschen Strahlungsgesetz mit einem bestimmten Wertetripel für die Platin-Erstarrungstemperatur und die Konstanten  $c_1$  und  $c_2$ . Für praktische Zwecke ist der Wert

$$K_m = 673 \frac{\text{lm}}{\text{W}} \text{ genügend genau.}$$

**1.4. Maximalwert des photometrischen Strahlungsäquivalents für Nachtsehen  $K'_m$** 

Der Wert für  $K'_m$  ergibt sich aus der Festlegung der Lichteinheit, dem spektralen Hellempfindlichkeitsgrad  $V'(\lambda)$  für Nachtsehen und dem Planckschen Strahlungsgesetz mit einem bestimmten Wertetripel für die Platin-Erstarrungstemperatur und die Konstanten  $c_1$  und  $c_2$ . Für praktische Zwecke ist der Wert

$$K'_m = 1725 \frac{\text{lm}'}{\text{W}} \text{ genügend genau.}$$

Fortsetzung Seite 2 bis 9  
Erläuterungen Seite 9

### 1.5. Äquivalentleuchtdichte

Bei Adaptationsleuchtdichten zwischen  $L' = 10^{-3} \text{ cd/m}^2$  und  $L = 10 \text{ cd/m}^2$  bewertet das menschliche Auge die Strahlung weder nach  $V'(\lambda)$  noch nach  $V(\lambda)$ , sondern nach Übergangsbewertungsfunktionen. Für dieses Gebiet ist deshalb der Begriff „Äquivalentleuchtdichte“<sup>1)</sup> wichtig.

Die Äquivalentleuchtdichte eines Gesichtsfeldes mit spektral beliebig zusammengesetzter Strahlung ist gegeben durch die Leuchtdichte eines (anderen) Gesichtsfeldes, das mit dem ersten im photometrischen Abgleich ist und dessen Strahlung die Verteilungstemperatur des erstarrten Platins hat.

### 2. Zahlenwerte für den spektralen Hellempfindlichkeitsgrad

Die in Tabelle 1 (Seite 3 bis 6) angegebenen Werte sind die des CIE-Wörterbuches. In der Praxis genügt es im allgemeinen, die Werte von 5 nm zu 5 nm oder von 10 nm zu 10 nm zu verwenden.

### 3. Lichttechnische Größen

#### 3.1. Zusammenstellung

Tabelle 2. Lichttechnische Größen

| Lfd. Nr | Größe                         | Formelzeichen | Beziehung  | Vereinfachte   |   |
|---------|-------------------------------|---------------|--|--|---|
|         |                               |               |  | Beziehung  | Erklärung   |
| 1       | Lichtmenge                    | $Q$           | $Q = K_m \int Q_{e\lambda} V(\lambda) d\lambda$  | —  | Die Lichtmenge ist die $V(\lambda)$ -getreu bewertete Strahlungsmenge.  |
| 2       | Lichtstrom                    | $\Phi$        | $\Phi = \frac{dQ}{dt}$   | $\Phi = \frac{Q}{t}$   | Der Lichtstrom ist der Quotient aus Lichtmenge und Zeit.  |
| 3       | Spezifische Lichtausstrahlung | $M$           | $M = \frac{d\Phi}{dA_1}$   | $M = \frac{\Phi}{A_1}$   | Die spezifische Lichtausstrahlung ist der Quotient aus dem von einer Fläche abgegebenen Lichtstrom und der leuchtenden Fläche.  |
| 4       | Lichtstärke                   | $I$           | $I = \frac{d\Phi}{d\Omega_1}$  | $I = \frac{\Phi}{\Omega_1}$  | Die Lichtstärke ist der Quotient aus dem von einer Lichtquelle in einer bestimmten Richtung ausgesandten Lichtstrom und dem durchstrahlten Raumwinkel.  |
| 5       | Leuchtdichte                  | $L$           | $L = \frac{d^2\Phi}{dA_1 \cdot \cos \varepsilon_1 \cdot d\Omega_1}$<br>$L = \frac{d^2\Phi}{dA_2 \cdot \cos \varepsilon_2 \cdot d\Omega_2}$ | $L = \frac{\Phi}{A_1 \cdot \cos \varepsilon_1 \cdot \Omega_1}$<br>$L = \frac{\Phi}{A_2 \cdot \cos \varepsilon_2 \cdot \Omega_2}$ | Die Leuchtdichte ist der Quotient aus dem durch eine Fläche in einer bestimmten Richtung durchtretenden (auf-treffenden) Lichtstrom und dem Produkt aus dem durchstrahlten Raumwinkel und der Projektion der Fläche auf eine Ebene senkrecht zur betrachteten Richtung. |
| 6       | Beleuchtungsstärke            | $E$           | $E = \frac{d\Phi}{dA_2}$   | $E = \frac{\Phi}{A_2}$   | Die Beleuchtungsstärke ist der Quotient aus dem auf eine Fläche auftreffenden Lichtstrom und der beleuchteten Fläche.   |
| 7       | Raumbelichtungsstärke         | $E_0^*)$      | $E_0 = \int L \cdot d\Omega_2$   | —  | —   |
| 8       | Belichtung                    | $H$           | $H = \int E \cdot dt$  | $H = E \cdot t$  | Die Belichtung ist das Produkt aus der Beleuchtungsstärke und der Dauer des Beleuchtungsvorganges.  |
| 9       | Beleuchtungsvektor            | $\vec{E}$     | $\vec{E} = \int L \cdot \vec{d}\Omega_2$   | —  | —   |

\* ) Die mittlere räumliche Beleuchtungsstärke  $E_{4\pi}$  (scalar illumination) ist  $1/4 E_0$ .

<sup>1)</sup> Die Bedingungen für die Messung der Äquivalentleuchtdichte sind im COMPTE RENDU CIE Wien, 1963, Band B, Seite 212—213, angegeben.

Tabelle 1. Spektraler Hellempfindlichkeitsgrad für Tagessehen  $V(\lambda)$  und Nachtsehen  $V'(\lambda)$ <sup>2)</sup>

| Wellenlänge<br>in nm | Spektraler Hellempfindlichkeitsgrad |                       | Wellenlänge<br>in nm | Spektraler Hellempfindlichkeitsgrad |               |
|----------------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------------------|---------------|
|                      | $V(\lambda)$                        | $V'(\lambda)$         |                      | $V(\lambda)$                        | $V'(\lambda)$ |
| 380                  | $3,900\ 000 \cdot 10^{-5}$          | $5,89 \cdot 10^{-4}$  | 430                  | $1,160\ 000 \cdot 10^{-2}$          | 0,1998        |
| 381                  | $4,282\ 640 \cdot 10^{-5}$          | $6,65 \cdot 10^{-4}$  | 431                  | $1,257\ 317 \cdot 10^{-2}$          | 0,2119        |
| 382                  | $4,691\ 460 \cdot 10^{-5}$          | $7,52 \cdot 10^{-4}$  | 432                  | $1,358\ 272 \cdot 10^{-2}$          | 0,2243        |
| 383                  | $5,158\ 960 \cdot 10^{-5}$          | $8,54 \cdot 10^{-4}$  | 433                  | $1,462\ 968 \cdot 10^{-2}$          | 0,2369        |
| 384                  | $5,717\ 640 \cdot 10^{-5}$          | $9,72 \cdot 10^{-4}$  | 434                  | $1,571\ 509 \cdot 10^{-2}$          | 0,2496        |
| 385                  | $6,400\ 000 \cdot 10^{-5}$          | $1,108 \cdot 10^{-3}$ | 435                  | $1,684\ 000 \cdot 10^{-2}$          | 0,2625        |
| 386                  | $7,234\ 421 \cdot 10^{-5}$          | $1,263 \cdot 10^{-3}$ | 436                  | $1,800\ 736 \cdot 10^{-2}$          | 0,2755        |
| 387                  | $8,221\ 224 \cdot 10^{-5}$          | $1,453 \cdot 10^{-3}$ | 437                  | $1,921\ 448 \cdot 10^{-2}$          | 0,2886        |
| 388                  | $9,350\ 816 \cdot 10^{-5}$          | $1,668 \cdot 10^{-3}$ | 438                  | $2,045\ 392 \cdot 10^{-2}$          | 0,3017        |
| 389                  | $1,061\ 361 \cdot 10^{-4}$          | $1,918 \cdot 10^{-3}$ | 439                  | $2,171\ 824 \cdot 10^{-2}$          | 0,3149        |
| 390                  | $1,200\ 000 \cdot 10^{-4}$          | $2,209 \cdot 10^{-3}$ | 440                  | $2,300\ 000 \cdot 10^{-2}$          | 0,3281        |
| 391                  | $1,349\ 840 \cdot 10^{-4}$          | $2,547 \cdot 10^{-3}$ | 441                  | $2,429\ 461 \cdot 10^{-2}$          | 0,3412        |
| 392                  | $1,514\ 920 \cdot 10^{-4}$          | $2,939 \cdot 10^{-3}$ | 442                  | $2,561\ 024 \cdot 10^{-2}$          | 0,3543        |
| 393                  | $1,702\ 080 \cdot 10^{-4}$          | $3,394 \cdot 10^{-3}$ | 443                  | $2,695\ 857 \cdot 10^{-2}$          | 0,3673        |
| 394                  | $1,918\ 160 \cdot 10^{-4}$          | $3,921 \cdot 10^{-3}$ | 444                  | $2,835\ 125 \cdot 10^{-2}$          | 0,3803        |
| 395                  | $2,170\ 000 \cdot 10^{-4}$          | $4,53 \cdot 10^{-3}$  | 445                  | $2,980\ 000 \cdot 10^{-2}$          | 0,3931        |
| 396                  | $2,469\ 067 \cdot 10^{-4}$          | $5,24 \cdot 10^{-3}$  | 446                  | $3,131\ 083 \cdot 10^{-2}$          | 0,406         |
| 397                  | $2,812\ 400 \cdot 10^{-4}$          | $6,05 \cdot 10^{-3}$  | 447                  | $3,288\ 368 \cdot 10^{-2}$          | 0,418         |
| 398                  | $3,185\ 200 \cdot 10^{-4}$          | $6,98 \cdot 10^{-3}$  | 448                  | $3,452\ 112 \cdot 10^{-2}$          | 0,431         |
| 399                  | $3,572\ 667 \cdot 10^{-4}$          | $8,06 \cdot 10^{-3}$  | 449                  | $3,622\ 571 \cdot 10^{-2}$          | 0,443         |
| 400                  | $3,960\ 000 \cdot 10^{-4}$          | $9,29 \cdot 10^{-3}$  | 450                  | $3,800\ 000 \cdot 10^{-2}$          | 0,455         |
| 401                  | $4,337\ 147 \cdot 10^{-4}$          | $1,070 \cdot 10^{-2}$ | 451                  | $3,984\ 667 \cdot 10^{-2}$          | 0,467         |
| 402                  | $4,730\ 240 \cdot 10^{-4}$          | $1,231 \cdot 10^{-2}$ | 452                  | $4,176\ 800 \cdot 10^{-2}$          | 0,479         |
| 403                  | $5,178\ 760 \cdot 10^{-4}$          | $1,413 \cdot 10^{-2}$ | 453                  | $4,376\ 600 \cdot 10^{-2}$          | 0,490         |
| 404                  | $5,722\ 187 \cdot 10^{-4}$          | $1,619 \cdot 10^{-2}$ | 454                  | $4,584\ 267 \cdot 10^{-2}$          | 0,502         |
| 405                  | $6,400\ 000 \cdot 10^{-4}$          | $1,852 \cdot 10^{-2}$ | 455                  | $4,800\ 000 \cdot 10^{-2}$          | 0,513         |
| 406                  | $7,245\ 600 \cdot 10^{-4}$          | $2,113 \cdot 10^{-2}$ | 456                  | $5,024\ 368 \cdot 10^{-2}$          | 0,524         |
| 407                  | $8,255\ 000 \cdot 10^{-4}$          | $2,405 \cdot 10^{-2}$ | 457                  | $5,257\ 304 \cdot 10^{-2}$          | 0,535         |
| 408                  | $9,411\ 600 \cdot 10^{-4}$          | $2,730 \cdot 10^{-2}$ | 458                  | $5,498\ 056 \cdot 10^{-2}$          | 0,546         |
| 409                  | $1,069\ 880 \cdot 10^{-3}$          | $3,089 \cdot 10^{-2}$ | 459                  | $5,745\ 872 \cdot 10^{-2}$          | 0,557         |
| 410                  | $1,210\ 000 \cdot 10^{-3}$          | $3,484 \cdot 10^{-2}$ | 460                  | $6,000\ 000 \cdot 10^{-2}$          | 0,567         |
| 411                  | $1,362\ 091 \cdot 10^{-3}$          | $3,916 \cdot 10^{-2}$ | 461                  | $6,260\ 197 \cdot 10^{-2}$          | 0,578         |
| 412                  | $1,530\ 752 \cdot 10^{-3}$          | $4,39 \cdot 10^{-2}$  | 462                  | $6,527\ 752 \cdot 10^{-2}$          | 0,588         |
| 413                  | $1,720\ 368 \cdot 10^{-3}$          | $4,90 \cdot 10^{-2}$  | 463                  | $6,804\ 208 \cdot 10^{-2}$          | 0,599         |
| 414                  | $1,935\ 323 \cdot 10^{-3}$          | $5,45 \cdot 10^{-2}$  | 464                  | $7,091\ 109 \cdot 10^{-2}$          | 0,610         |
| 415                  | $2,180\ 000 \cdot 10^{-3}$          | $6,04 \cdot 10^{-2}$  | 465                  | $7,390\ 000 \cdot 10^{-2}$          | 0,620         |
| 416                  | $2,454\ 800 \cdot 10^{-3}$          | $6,68 \cdot 10^{-2}$  | 466                  | $7,701\ 600 \cdot 10^{-2}$          | 0,631         |
| 417                  | $2,764\ 000 \cdot 10^{-3}$          | $7,36 \cdot 10^{-2}$  | 467                  | $8,026\ 640 \cdot 10^{-2}$          | 0,642         |
| 418                  | $3,117\ 800 \cdot 10^{-3}$          | $8,08 \cdot 10^{-2}$  | 468                  | $8,366\ 680 \cdot 10^{-2}$          | 0,653         |
| 419                  | $3,526\ 400 \cdot 10^{-3}$          | $8,85 \cdot 10^{-2}$  | 469                  | $8,723\ 280 \cdot 10^{-2}$          | 0,664         |
| 420                  | $4,000\ 000 \cdot 10^{-3}$          | $9,66 \cdot 10^{-2}$  | 470                  | $9,098\ 000 \cdot 10^{-2}$          | 0,676         |
| 421                  | $4,546\ 240 \cdot 10^{-3}$          | $1,052 \cdot 10^{-1}$ | 471                  | $9,491\ 755 \cdot 10^{-2}$          | 0,687         |
| 422                  | $5,159\ 320 \cdot 10^{-3}$          | $1,141 \cdot 10^{-1}$ | 472                  | $9,904\ 584 \cdot 10^{-2}$          | 0,699         |
| 423                  | $5,829\ 280 \cdot 10^{-3}$          | $1,235 \cdot 10^{-1}$ | 473                  | 0,103 367 4                         | 0,710         |
| 424                  | $6,546\ 160 \cdot 10^{-3}$          | $1,334 \cdot 10^{-1}$ | 474                  | 0,107 884 6                         | 0,722         |
| 425                  | $7,300\ 000 \cdot 10^{-3}$          | $1,436 \cdot 10^{-1}$ | 475                  | 0,112 600 0                         | 0,734         |
| 426                  | $8,086\ 507 \cdot 10^{-3}$          | $1,541 \cdot 10^{-1}$ | 476                  | 0,117 532 0                         | 0,745         |
| 427                  | $8,908\ 720 \cdot 10^{-3}$          | $1,651 \cdot 10^{-1}$ | 477                  | 0,122 674 4                         | 0,757         |
| 428                  | $9,767\ 680 \cdot 10^{-3}$          | $1,764 \cdot 10^{-1}$ | 478                  | 0,127 992 8                         | 0,769         |
| 429                  | $1,066\ 443 \cdot 10^{-2}$          | $1,879 \cdot 10^{-1}$ | 479                  | 0,133 452 8                         | 0,781         |

<sup>2)</sup> für junge Augen