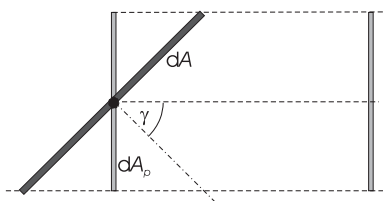


Formelsammlung Lichttechnik 1

1 Flächenprojektion

$$dA_p = dA \cos \gamma$$



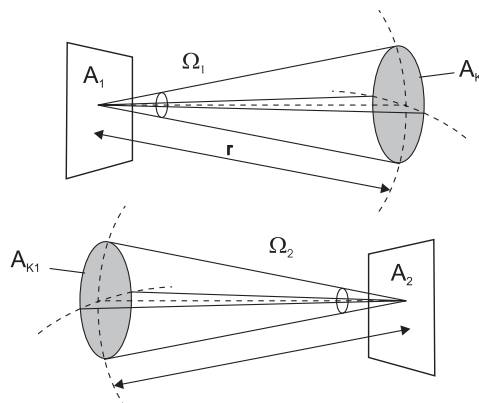
2 Raumwinkel

$$\Omega = \frac{A_K}{r^2} \Omega_0 \quad \text{Einheit: sr}$$

$$\Omega_1 = \frac{A_{K2}}{r^2} \Omega_0$$

$$\Omega_2 = \frac{A_{K1}}{r^2} \Omega_0$$

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

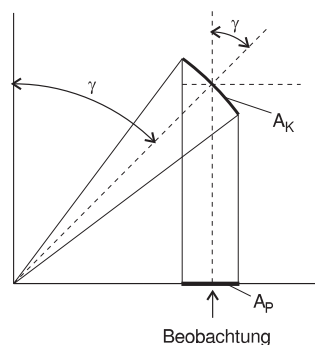


3 Raumwinkelprojektion

$$\Omega_p = \frac{A_{Kp}}{r^2} \Omega_0 \quad \text{Einheit: sr}$$

$$\Omega_{1p} = \frac{A_{Kp2}}{r^2} \Omega_0$$

$$\Omega_{p2} = \frac{A_{Kp1}}{r^2} \Omega_0$$



4 Wichtige Raumwinkel und Raumwinkelprojektionen

		Raumwinkel	Raumwinkelprojektion
Kugel		$\Omega = 4 \pi \Omega_0$	
Halbkugel (Halbraum)		$\Omega = 2 \pi \Omega_0$	$\Omega_p = \pi \Omega_0$
Kegel		$\Omega = 2 \pi (1 - \cos \alpha) \Omega_0$	$\Omega_p = \pi \sin^2 \alpha \Omega_0$

5 Grundgrößen

Lichtstrom

$$\Phi = K_{cd} \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} \Phi_{e\lambda} V(\lambda) d\lambda \quad \text{Einheit: lm}$$

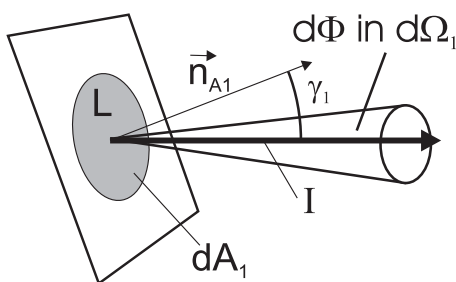
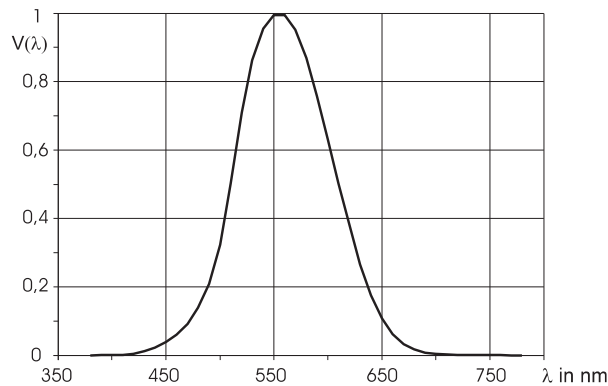
$$K_{cd} = 683 \frac{\text{lm}}{\text{W}} \quad \text{fotometrisches Strahlungsäquivalent (bis 2019: } K_m)$$

$$\Phi_{e\lambda} = \frac{d\Phi_e}{d\lambda} \quad \text{Einheit: } \frac{\text{W}}{\text{nm}} \quad \text{spektraler Strahlungsfluss (spektrale Strahlungsleistung)}$$

$$\Phi_e = \int \Phi_{e\lambda} d\lambda \quad \text{Einheit: W} \quad \text{Strahlungsfluss (Strahlungsleistung)}$$

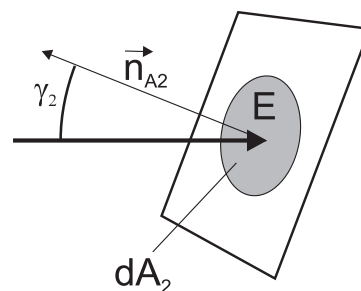
für monochromatische Strahlung gilt: $\Phi = K_{cd} \Phi_e V(\lambda)$

$V(\lambda)$ $V(555 \text{ nm}) = 1$ Hellempfindlichkeitskurve des menschlichen Auges



Lichtstärke

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega_1} \quad \text{Einheit: cd} = \frac{\text{lm}}{\text{sr}}$$



Beleuchtungsstärke

$$E = \frac{d\Phi}{dA_2} \quad \text{Einheit: lx} = \frac{\text{lm}}{\text{m}^2}$$

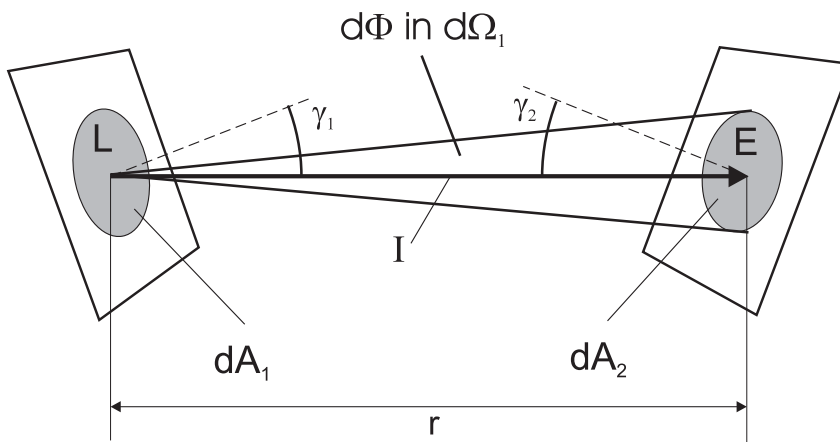
Leuchtdichte

$$L = \frac{dI}{dA_{1p}} = \frac{d^2\Phi}{d\Omega_1 dA_{1p}} = \frac{d^2\Phi}{d\Omega_{1p} dA_1} \quad \text{Einheit: } \frac{\text{cd}}{\text{m}^2} = \frac{\text{lm}}{\text{m}^2 \text{ sr}}$$

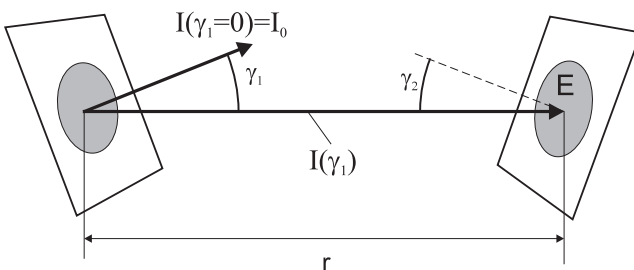
6 Lichtstromaustausch

Fotometrisches Grundgesetz

$$d^2\Phi = L dA_1 \cos \gamma_1 dA_2 \cos \gamma_2 \frac{1}{r^2} \Omega_0$$

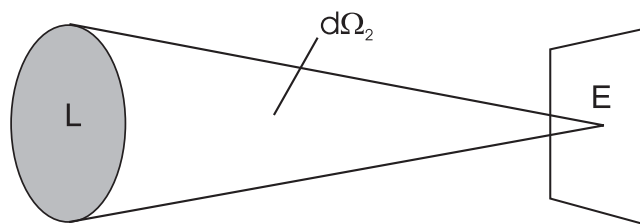


a) Quadratisches Entfernungsgesetz (nur für punktförmige Lichtquellen)



$$E = \frac{I(\gamma_1) \cos \gamma_2}{r^2} \Omega_0$$

b) Raumwinkelprojektionsgesetz



$$E = \int_{\Omega_{2p}} L d\Omega_{2p}$$

$$E = L \Omega_{2p} \text{ für } L = \text{konst.}$$

7 Wirkungsgrade

Lichtausbeute: $\eta = \frac{\Phi}{P}$ Einheit: $\frac{\text{lm}}{\text{W}}$

Leuchtenwirkungsgrad: $\eta_L = \frac{\Phi_{\text{Leuchte}}}{\Phi_{\text{Lampe}}}$ Raumwirkungsgrad: $\eta_R = \frac{\Phi_{\text{Nutz}}}{\Phi_{\text{Leuchte}}}$

Beleuchtungswirkungsgrad: $\eta_B = \eta_L \cdot \eta_R$

8 Stoffkennzahlen

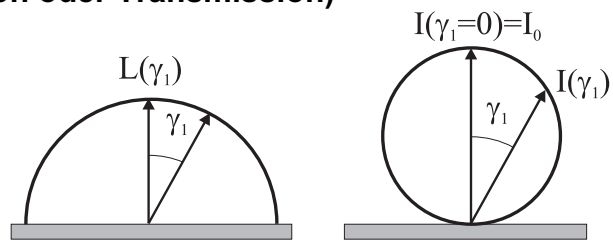
Reflexionsgrad	$\rho = \frac{\Phi_\rho}{\Phi_0}$	es gilt: $\rho + \tau + \alpha = 1$
Transmissionsgrad	$\tau = \frac{\Phi_\tau}{\Phi_0}$	
Absorptionsgrad	$\alpha = \frac{\Phi_\alpha}{\Phi_0}$	
Leuchtdichtekoeffizient	$q = \frac{L}{E}$ Einheit: $\frac{1}{\text{sr}}$	
Leuchtdichtefaktor	$\beta(\gamma_1) = \frac{L(\gamma_1)}{L_w}$	$L_w = \frac{E}{\pi \Omega_0}$ weiß, diffus reflektierend
Transmissionsgrad	$\tau = e^{-a_n d}$	a_n ... natürlicher Absorptionskoeffizient d ... Dicke des Materials
optische Dichte	$D_\rho = \lg \frac{1}{\rho}$	$D_\tau = \lg \frac{1}{\tau}$ lg ... dekadischer Logarithmus

9 Lambert-Strahler (= diffuse Reflexion oder Transmission)

Definition:

$$L = \text{konst.} \neq f(\gamma_1)$$

$$I = I(\gamma_1 = 0) \cos \gamma_1 \quad I(\gamma_1 = 0) = I_0$$

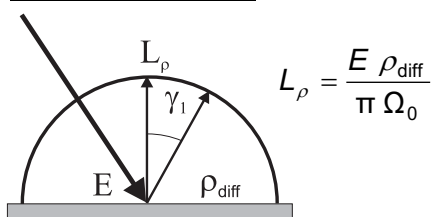


Zusammenhänge:

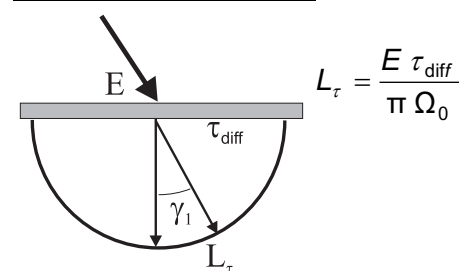
$$I_0 = L \cdot A_1$$

$$\Phi = L \cdot A_1 \cdot \pi \cdot \Omega_0$$

diffuse Reflexion:



diffuse Transmission:



10 Photonenenergie

Energie eines Lichtquantens $q = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda}$ Einheit: J oder eV

$h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Js, Plancksches Wirkungsquantum

$c = 3 \cdot 10^8$ m/s Lichtgeschwindigkeit

f ... Frequenz

λ ... Wellenlänge