

11 Lichtmikroskopie

11.1 Strahlungs- und Informations-übertragung

Erinnerung:

Fresnelsches Beugungsintegral:

$$\vec{E}_p = \text{const.} \int_{\text{Öffnung}} \vec{E}_s(x_s, y_s, 0) \cdot \frac{e^{-ik_0 r}}{r} dx_s dy_s = \vec{A}_p \cdot e^{-ik_0 z}$$

Gauß-Strahl:

$$\vec{A}_p = \frac{\vec{a}_0}{1 - i \frac{z}{z_r}} \cdot e^{-\frac{x^2 + y^2}{w^2} \left(1 + \frac{iz}{2r}\right)}$$

$w = w_s \sqrt{1 + \frac{z^2}{2r^2}}$...	Strahlenradius
$R = 2r \left(\frac{z}{2r} + \frac{2r}{z}\right)$...	Krümmungsradius der flächenkonstanten Phase
w_s	...	Tailenradius
$2r = \frac{\pi w_s^2}{\lambda}$...	Rayleigh-Länge

Für den Spezialfall $x \gg x_s$ und $y \gg y_s$ geht das Fresnel-Integral in das Fraunhofersche Beugungsintegral über:

$$\vec{A}_p(\alpha k_0, \beta k_0, z) = \frac{i}{\lambda z} \cdot e^{\frac{iz}{2k_0}(\alpha^2 k_0^2 + \beta^2 k_0^2)} \cdot \int_{\text{Öffnung}} \vec{A}_s(x_s, y_s) e^{-ik_0(\alpha x_s + \beta y_s)} dx_s dy_s$$

$$\text{mit } \alpha = \frac{x}{z} \quad \beta = \frac{y}{z}$$

Feldverteilung im Fernfeld $\vec{A}_p = \text{Phasenfaktor} \times 2\text{-dim. Fourier-Trafo der Feldverteilung } \vec{A}_s \text{ im Ortsraum !!}$

Definitionen zur Intensitätsübertragung:

Strahlungsleistung ϕ :

Flächenelement des abzubildenen Objekts sendet Strahlungsleistung ϕ in den gesamten Raumwinkel 4π aus.

Strahlstärke, Intensität I :

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$$

Ω ... Raumwinkel

Strahldichte L :

$$L = \frac{d^2\phi}{d\Omega dA} \quad \phi = \int \int L d\Omega dA$$

A ... Senderfläche

Wir beschränken uns auf **Lambert-Strahler**: Dabei ist nach Def. L undabhängig von Ω und A

$$\implies \phi = L\Lambda \quad \longleftarrow \text{Invariante der Abb.}$$

Λ ... Lichtleitwert

für Gauß-Optik:

$$\Lambda = \frac{n^2 \pi l^2 \pi r_{Ep}^2}{(s-z)^2}$$

Ohne Verluste durch Streuung und Absorption:

Bestrahlungsstärke

$$E_B = \frac{d\phi}{dA'} = \pi L n'^2 u'^2$$

A' ... Empfängerbildfläche
 u' ... bildseitige numerische Apertur
 \implies große Apertur erwünscht

Gaußoptik \Leftrightarrow Lambert-Strahler wird in Lambert-Strahler abgebildet
 \Leftrightarrow aplanares optisches System ohne Asymmetrie- und Öffnungsfehler
 \implies Sinus-Bedingung

Abbildungsmaßstab:

$$\beta_0 = \frac{n_1 \sin u_1}{n'_k \sin u'_k}$$

Brennweite:

$$f_0 = \frac{n_1}{n'_k \sin u'_k}$$