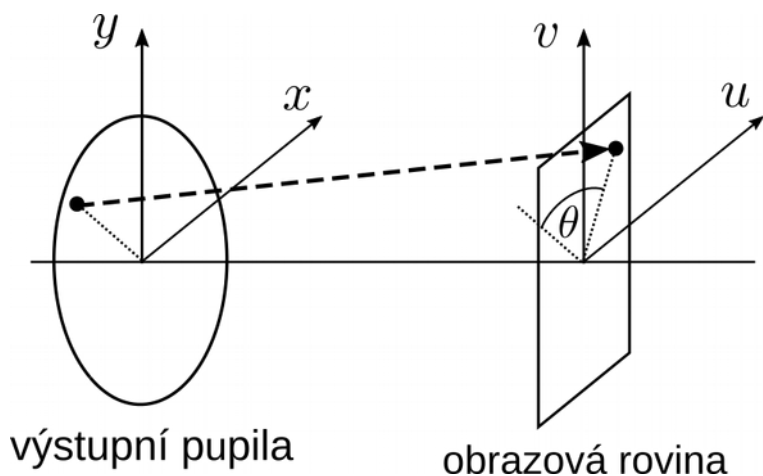


OPT/SFA

L05

# Optické aberace

*vlnové a geometrické aberace*



vlnová aberace pro daný paprsek

$$W(x, y, u, v)$$

rotační invarianty:  $r^2 = x^2 + y^2$ ,  $u^2 + v^2$ ,  $ux + vy$

pro  $v = 0$  vlnová aberace  $W(r^2, u^2, ux)$

rozvoj vlnové aberace v řadu podle parametrů – vybrané členy

$$\underbrace{r^4}_{\text{sférická a.}}, \quad \underbrace{u^2 x^2}_{\text{astigmatismus}}, \quad \underbrace{u^2 r^2}_{\text{zklenutí}}, \quad \underbrace{ur^2 x}_{\text{koma}}, \quad \underbrace{u^3 x}_{\text{distorze}}$$

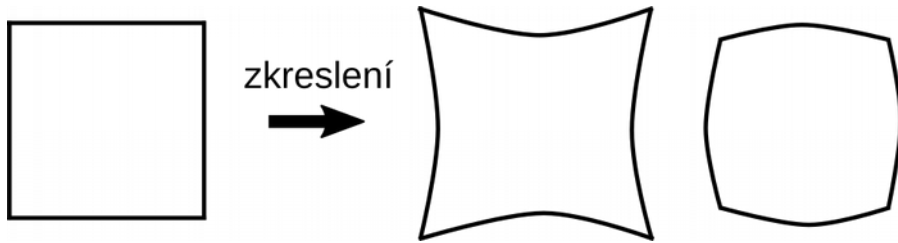
*souvislost vlnových a geometrických aberací*

geometrické aberace

$$\delta u \propto \frac{\partial W}{\partial x}, \quad \delta v \propto \frac{\partial W}{\partial y}$$

distorze

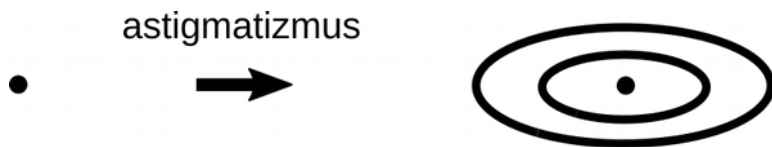
$$W \propto u^3 x \rightarrow \delta u \propto u^3$$



astigmatismus a zklenutí

$$W \propto c_1 x^2 + c_2 (x^2 + y^2) = (c_1 + c_2) x^2 + c_2 y^2$$

zóna pupily vytvoří elipsu, PSF je eliptická



speciální případ

$$c_2 = 0, W \propto x^2 \rightarrow \delta u \propto x$$

PSF má tvar úsečky



koma

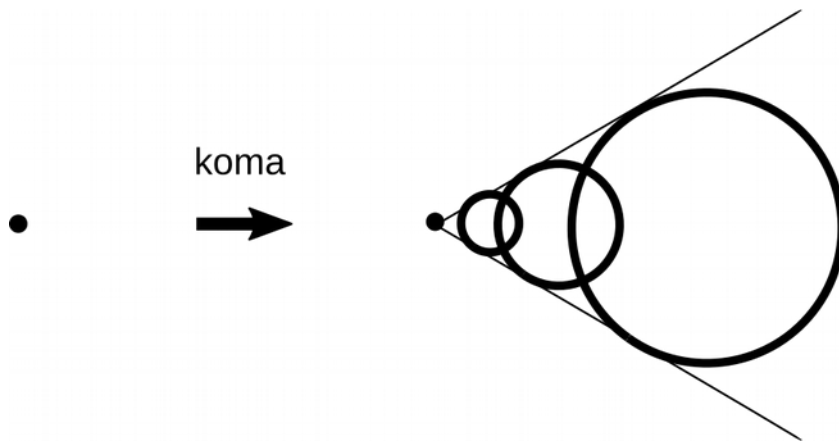
$$W \propto (x^2 + y^2) x$$

$$\delta u \propto 3x^2 + y^2 = 2x^2 + r^2 = r^2 \cos 2\theta + 2r^2$$

$$\delta v \propto 2xy = r^2 \sin 2\theta$$

$$(\delta u - 2r^2)^2 + \delta v^2 = r^4$$

zóna pupily vytvoří posunutou kružnici, PSF je nesymetrická

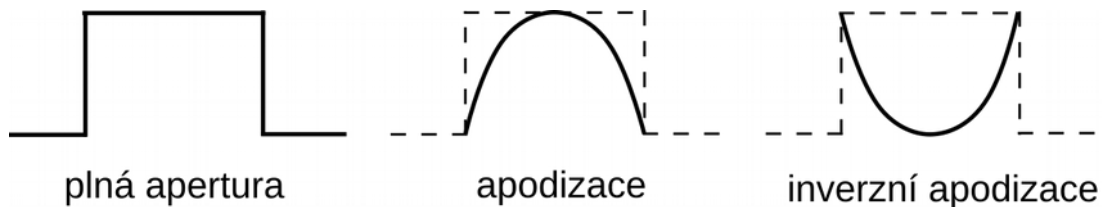


pozn.

- systém s aberacemi není prostorově invariantní – pouze lokálně
- vlnové aberace vždy zhoršují OTF

příklad: PSF a OTF aberovaného systému s kruhovou pupilou

*apodizace*



amplitudová odezva systému

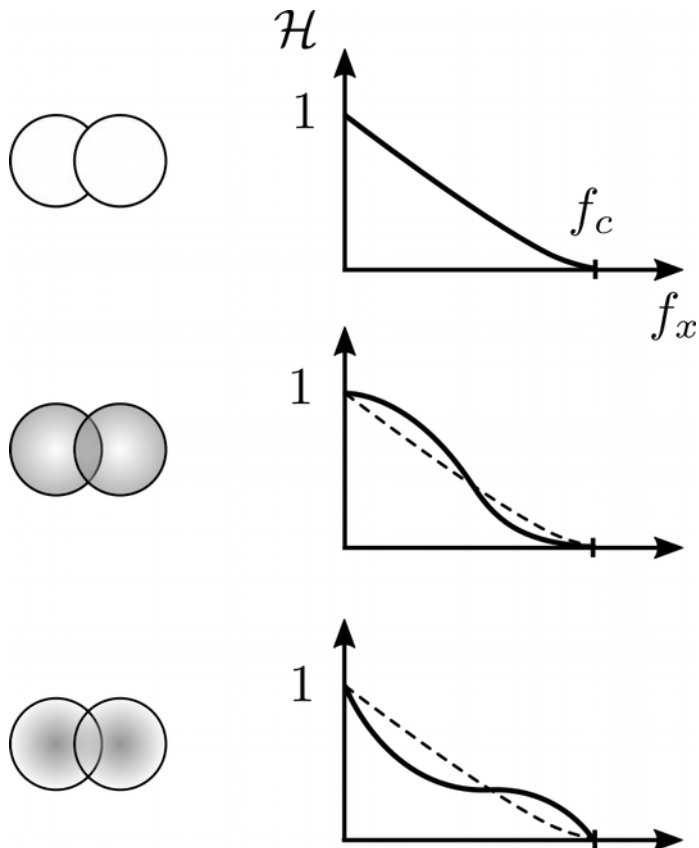
$$h(u, v) \propto \mathcal{F} \left\{ \tilde{P}(x, y) \right\}_{f_x=u, f_y=v} , \quad \tilde{P}(x, y) = P(\lambda z_p x, \lambda z_p y)$$

- $\tilde{P}$  - škálovaná pupila

OTF

$$\mathcal{H} \propto \mathcal{F} \{ |h|^2 \} = \mathcal{F} \{ h \} \star \mathcal{F} \{ h \} = \tilde{P} \star \tilde{P} \quad (\text{autokorelace škál. pupily})$$

typické projevy apodizace



vlnové aberace ani apodizace nemění maximální přenášenou frekvenci

příklad: vliv apodizace na zobrazení čárového testu