

Výpočet vlnových vad

Vlnová vada:

diference optické dráhy mezi skutečnou vlnoplochou a referenční sférickou plochou

Způsob určení vlnové vady:

- výpočtem z příčných složek paprskových vad
- srovnáním optických drah podél sledovaných paprsků

$$\frac{\partial W}{\partial X_p} = n' u \Delta x',$$

$$\frac{\partial W}{\partial Y_p} = n' u \Delta y'$$

$\Delta x', \Delta y'$ – příčné složky paprskových vad

n' – index lomu obrazového prostoru

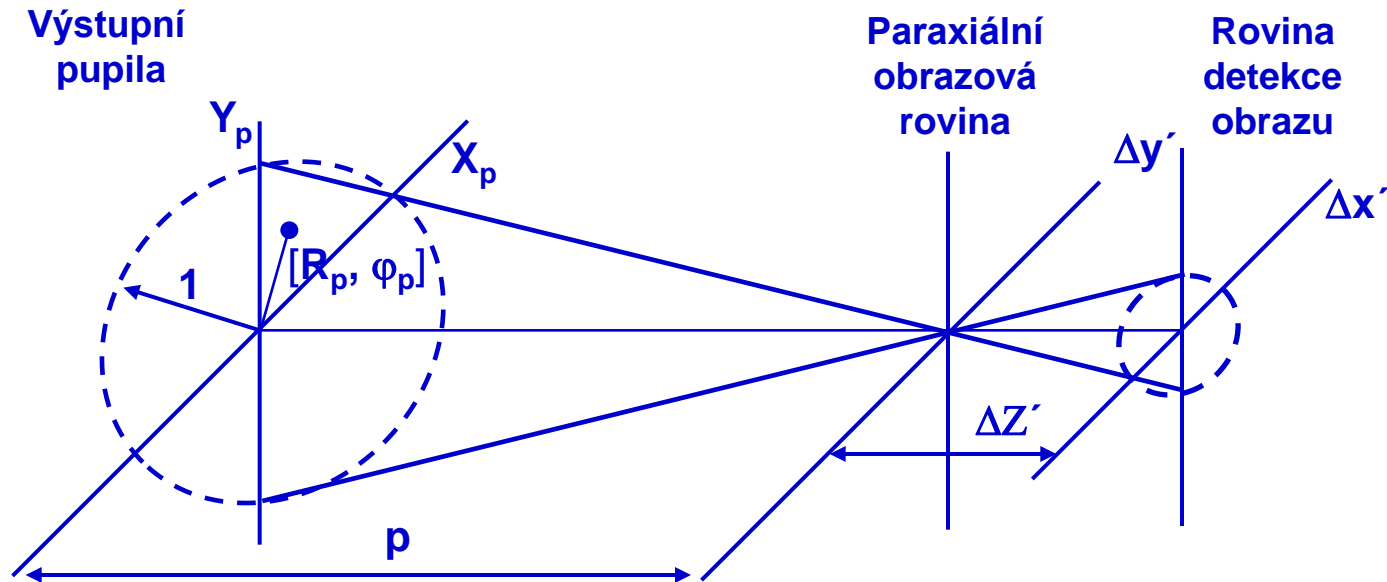
u – obrazový aperturní úhel

W – vlnová vada

X_p, Y_p – normované pupilové souřadnice

$$W = n' u \int_0^{R_p} (\Delta x' \cos \varphi_p + \Delta y' \sin \varphi_p) dR'_p$$

Vlnová vada při rozostření



$$\Delta x' \approx -u R_p \Delta Z' \cos \varphi_p, \quad \Delta y' \approx -u R_p \Delta Z' \sin \varphi_p$$

$$W = -n' u^2 \int_0^{R_p} R_p' \Delta Z' dR_p' = -\frac{1}{2} n' u^2 \Delta Z' R_p^2$$

Vyjádření vlnových vad polynomem

Funkci vlnových vad lze vyjádřit pomocí mocninné řady normovaných pupilových souřadnic X_p, Y_p a souřadnic paraxiálního obrazového bodu x'_0, y'_0 (pro rotačně symetrický OS lze volit $y'_0 = 0$). S použitím válcových souřadnic $X_p = R_p \cos \varphi_p, Y_p = R_p \sin \varphi_p$ je možné polynom zapsat ve tvaru:

Polynom vlnových vad

$$W = \sum A_{klm} x_0'^k R_p^l \cos^m \varphi_p \equiv \sum W_{klm}$$

$$W = A_{200} x_0'^2 + A_{111} x_0' R_p \cos \varphi_p + A_{020} R_p^2 +$$
$$A_{040} R_p^4 + A_{131} x_0' R_p^3 \cos \varphi_p + A_{222} x_0'^2 R_p^2 \cos^2 \varphi_p +$$
$$A_{220} x_0'^2 R_p^2 + A_{311} x_0'^3 R_p \cos \varphi_p$$

A_{klm} – koeficienty vlnových vad

Význam členů polynomu vlnových vad

W_{200} – konstantní fázový posun

W_{111} – náklon vlnoplochy

W_{020} – rozostření

W_{040} – sférická vada třetího řádu

W_{131} – koma

W_{220} – zklenutí obrazové plochy

W_{222} – astigmatismus

W_{311} – zkreslení

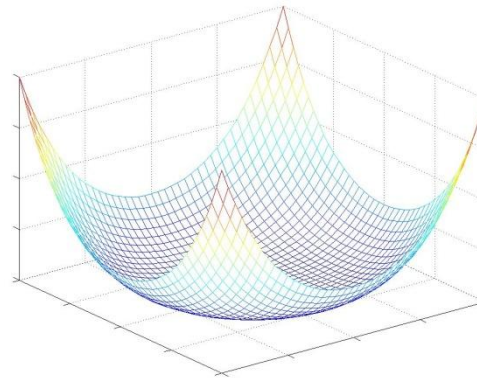
Primární aberace

Aberace 3. řádu

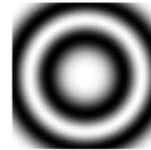
Znázornění vlnových vad v prostředí MATLAB

Sférická vada: $W_{040} = A_{040} R_p^4$

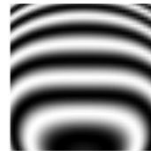
Deformace vlnoplochy



Interferenční obraz

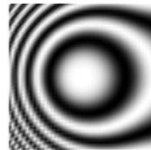
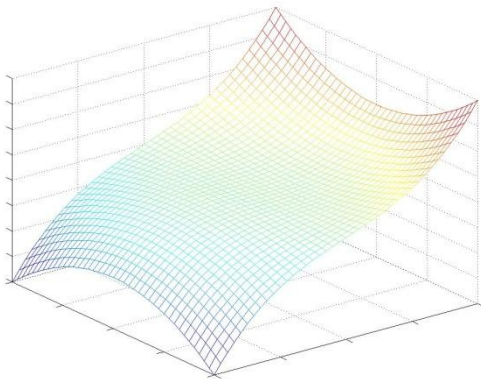


Referenční
sférická
vlna

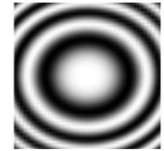
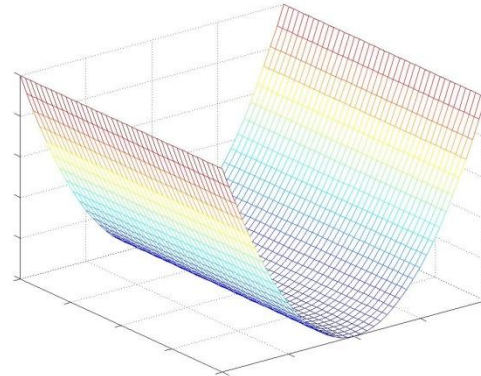


Referenční
rovinná
vlna

Koma: $W_{131} = A_{131} x'_0 R_p^3 \cos \varphi_p$

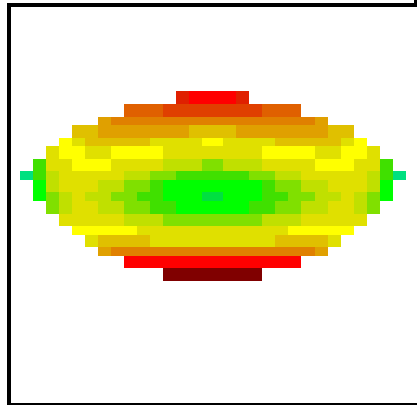


Astigmatismus: $W_{222} = A_{222} x'_0 R_p^2 \cos \varphi_p$



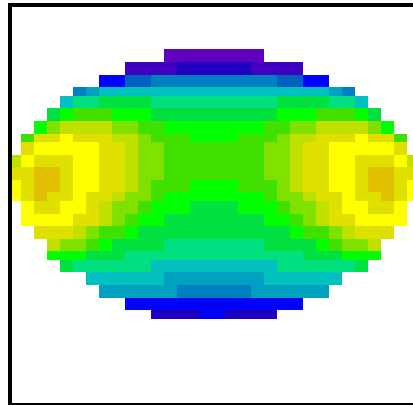
Vyhodnocení vlnových vad v programu OSLO

FULL FIELD=20deg



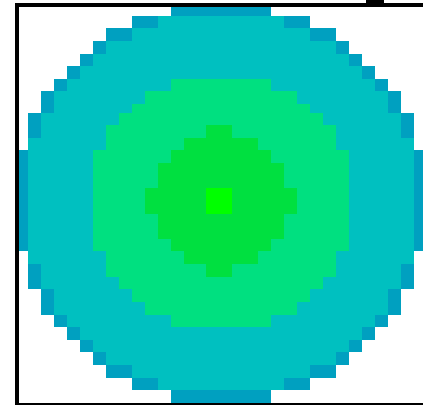
P-V 2.341 RMS 0.481

0.7 FIELD=14.3deg

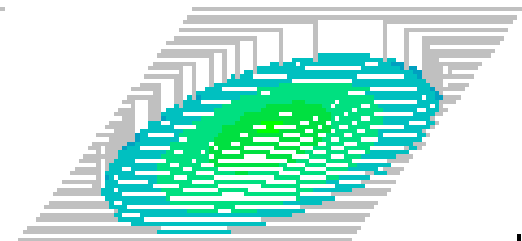
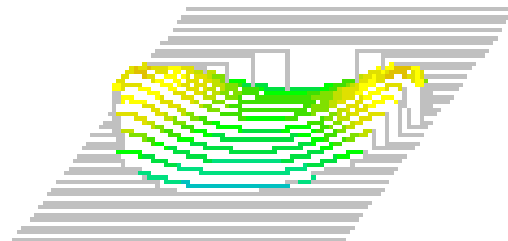
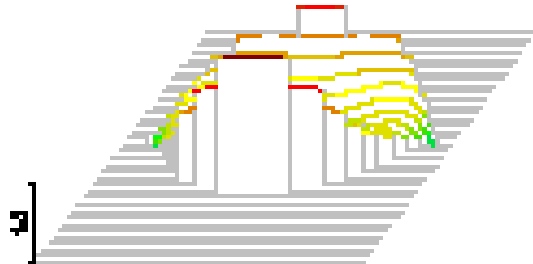


P-V 2.435 RMS 0.4895

ON-AXIS=0deg



P-V 0.5873 RMS 0.1188



Peak
2.000



Val Lay
-1.000

WAVELENGTH 1 = 0.5878 μm
P-V OPD 3.75 waves Min RMS
3 Field Pts / 32 Aperture Div.

DEMO TRIPLET
WAVEFRONT ANALYSIS

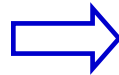
OSLO
10 X DB
07:08 PM

Určení složek paprskových vad z deformace vlnoplochy

Příklad: Paprsková představa Komy

$$\frac{\partial W_{131}}{\partial X_p} = n'u \Delta x',$$

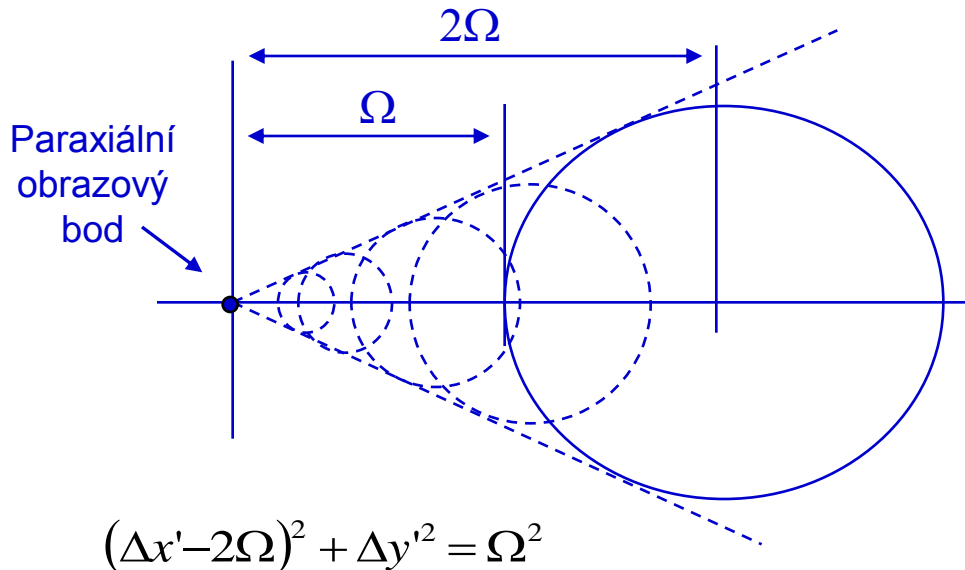
$$\frac{\partial W_{131}}{\partial Y_p} = n'u \Delta y'$$



$$\Delta x' = \Omega (2 + \cos 2\varphi_p),$$

$$\Delta y' = \Omega \sin 2\varphi_p,$$

$$\Omega = \frac{1}{n'u} A_{131} x'_0 R_p^2.$$



Svazek paprsků, který vychází z předmětového bodu a výstupní pupilu protíná v kruhové zóně o poloměru R_p vytvoří v obrazové rovině rozptylový kroužek, který má poloměr Ω a jeho střed je od paraxiálního bodu vzdálen o 2Ω . Jestliže pupilu zaplníme svazky paprsků, které vytvářejí zóny s rostoucím poloměrem R_p , dostáváme v obrazové rovině rozptylové kroužky, jejichž poloměr postupně narůstá a jejich středy se současně vzdalují od paraxiálního obrazového bodu. Vzájemným překrytím vytvářejí typický komatický útvar.