

Rozmycie obrazu układu optycznego $D =$ sumie arytmetycznej rozmyć składowych układu.

$$(1) \quad D = D_1 + D_2 + \dots + D_n \quad (\text{mm})$$

Rozdzielczość liniowa $R = 1/D$

Odwrotność rozdzielczości liniowej układu $1/R =$ sumie odwrotności rozdzielczości składowych:

$$(2) \quad 1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n \quad (1/\text{mm})$$

Rozmycie układu matryca + obiektyw = sumie arytmetycznej rozmyć każdej ze składowych:

$$(3) \quad D_{\text{ukł}} = D_o + D_m$$

D_m - rozmycie matrycy

D_o - rozmycie obiektywu:

$$D_o = D_b + D_{\text{dyfr}};$$

D_b - rozmycie spowodowane wszelkimi błędami optycznymi jest proporcjonalne do powierzchni, czyli odwrotnie proporcjonalne do pierwiastka przysłony (gdyż pomiar rozdzielczości liniowej)

D_{dyfr} - plamka dyfrakcyjna

$$D_b = \frac{A}{\sqrt{p}}$$

$$D_{\text{dyfr}} = B * p$$

$$D_o = \left(\frac{A}{\sqrt{p}} \right) + (B * p)$$

p – liczba przysłony

A, B - nieznanne parametry charakterystyczne dla danego obiektywu, fizycznie jest to wielkość plamek rozmycia dla przysłony $= 1,0$ błędów optycznych i dyfrakcyjnej

Rozdzielczość obiektywu:

$$(4) \quad R_o = \frac{1}{\frac{A}{\sqrt{p}} + B * p}$$

Uwaga : B nie musi odpowiadać czynnikowi 1,22 ze wzoru Abbe'ego , jako że kryterium rozdzielczości przy pomiarach metodą rozmycia dla kontrastu C=0,5 (MTF=0,5) jest inne niż kryterium Rayleigha odpowiadające niższemu kontrastowi dla kryterium ostrości.

Rozmycie matrycy:

$$D_m = \text{pix}$$

pix-srednica pojedynczego sensla

Rozmycie dla układu obiektyw matryca :

$$(5) \quad D_{ukl} = \left(\frac{A}{\sqrt{p}} \right) + (B \cdot p) + \text{pix}$$

Rozdzielczość dla układu obiektyw-matryca:

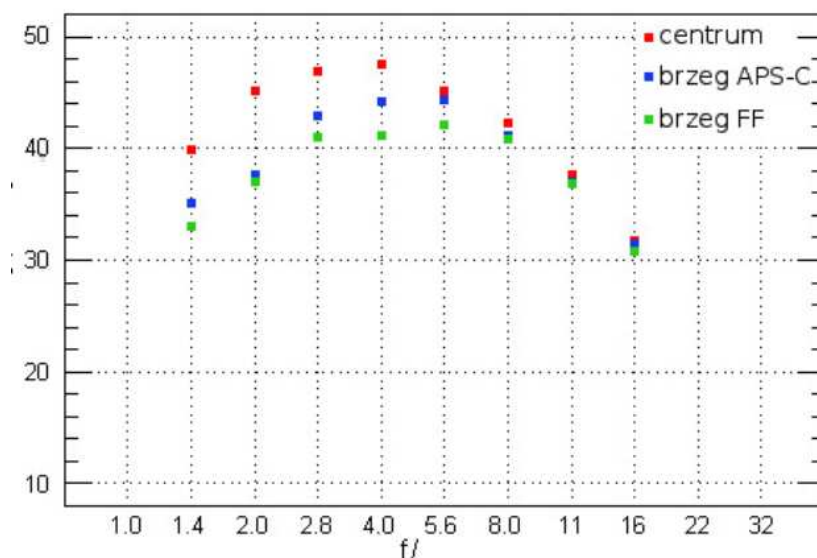
$$\frac{1}{R} = \frac{\sqrt{p}}{A} + \frac{1}{B \cdot p} + \frac{1}{\text{pix}}$$

$$(6) \quad R = \frac{\sqrt{p}}{A + B \cdot p^{1.5} + \text{pix} \cdot \sqrt{p}}$$

Wyznaczyć nieznane parametry A, B można rozwiązując układ 2 równań (6) dla pomiarów wykonanych dla 2 różnych przysłon i odpowiadającym im dwóm wartościami rozdzielczości.

Dla przysłon 4 , 16 odczytuje z wykresu wartości rozdzielczości układu matryca-obiektyw:

https://www.optyczne.pl/335.4-Test_obiektywu-Carl_Zeiss_Otus_85_mm_f_1.4_Rozdzielczość_obrazu.html

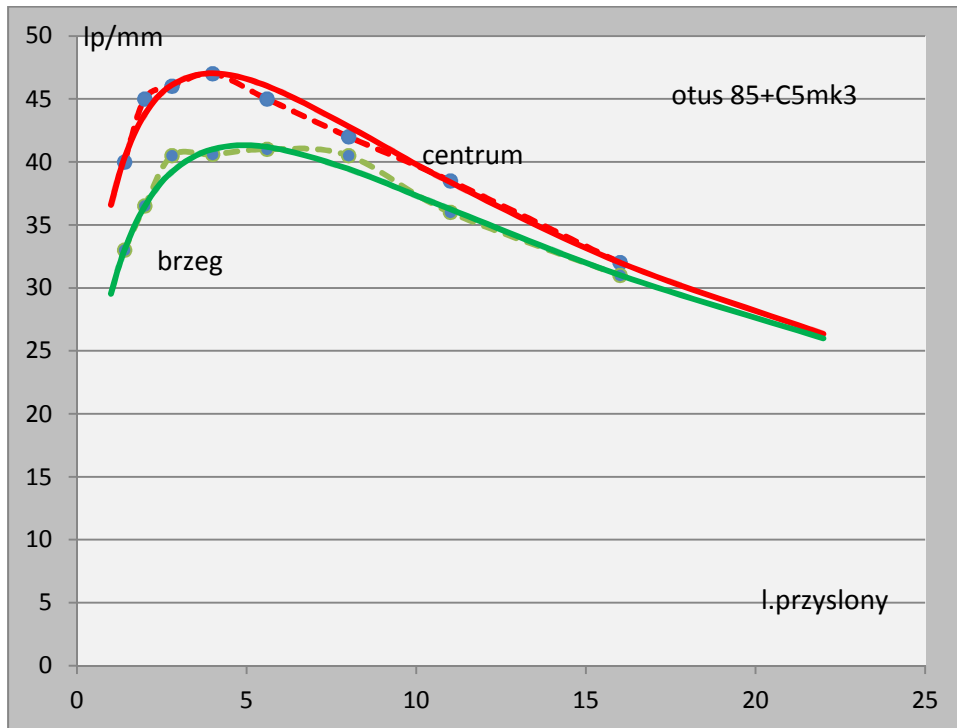


Rozwiązując układ dwóch równan (6) dla przysłony 4 i 16

$R(n) = \frac{\sqrt{p(n)}}{A+B*p(n)^{1,5}+pix*\sqrt{p(n)}}$ Wyznaczam parametry A,B co umożliwia także porównanie wyniku teoretycznego z praktycznymi wynikami pomiarów.

A=19,6 ; B=1,24 [mikrometrow]

Zgodność jest bardzo dobra, pokazuje ją poniższy wykres. Linia ciągła - krzywa teoretyczna, linia przerywana - krzywa pomiarowa.



Wyznaczam z równania (4) rozdzielczość obiektywu:

Rozdzielczość obiektywu R_o dla przysłony $p=4,0$ wynosi więc w centrum kadru:

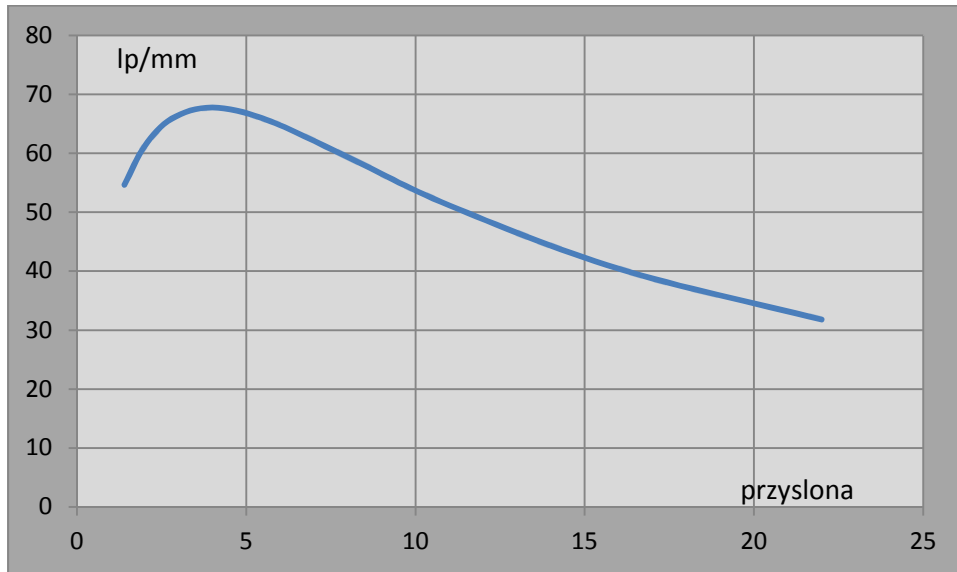
$$R_o = \frac{1000}{\frac{A}{\sqrt{p}} + B * p} = \frac{1000}{\frac{19,6}{\sqrt{4}} + 1,24 * 4} = \frac{1000}{\frac{19,6}{2} + 1,24 * 4}$$

$R_o=67,8$ lp/mm

Czynnik 1000 wynika z przeliczenia mikrometrow na mm.

Dla przysłony 4.0 pomierzona wartość rozdzielczości układu w centrum wynosi 46,5 lp/mm

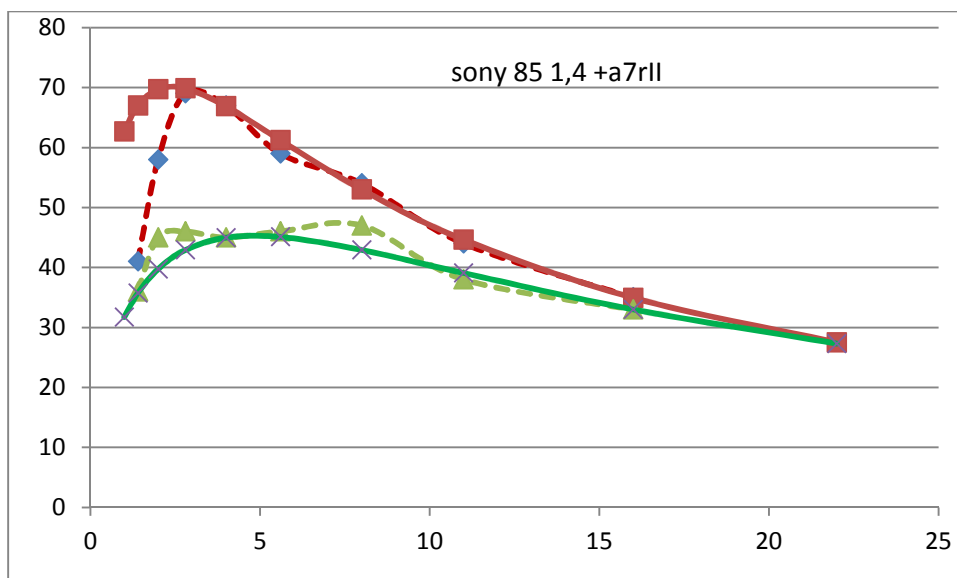
Wykres rozdzielczosci dla obiektywu Otus 85/1,4 w zakresie przyslony 1,4 – 22 w centrum kadru, dla kontrastu granicznego $c=0,5$:



Dygresja:

Ponizej taki sam rachunek dla układu Sony 85 1.4 +A7RII , wyniki na zalaczonym wykresie.

Widac duze odstepstwo spowodowane nieregularnosciami projektowo wykonawczymi w zakresie malych przyslony.



Dziekuje za uwage.