

**PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI**

KATEDRA OPTIKY



**Porovnání vlastností objektivu s difrakčním členem s
objektivem klasickým**

Vypracoval:

Viktor Dostal

Vedoucí diplomové práce:

RNDr. Jan Ponec CSc.

Studijní bakalářský obor:

Přístrojová optika

Práce odevzdána dne:

.....

OBSAH

1	ÚVOD	3
2	OBJEKTIV	4
2.1	HISTORIE OBJEKTIVŮ	5
2.2	VADY OBJEKTIVŮ A MOŽNOSTI JEJICH KOREKCE	6
2.2.1	Otvorová vada (sferická aberace).....	6
2.2.2	Koma (vada asymetrická).....	8
2.2.3	Astigmatismus	8
2.2.4	Zklenutí zorného pole.....	8
2.2.5	Zkreslení.....	9
2.2.6	Chromatická aberace	9
2.3	DIFKRAKČNÍ ČLEN	10
2.4	PREZENTACE DVOU ZKOUMANÝCH OBJEKTIVŮ	11
2.5	MOŽNOSTI POROVNÁNÍ OBJEKTIVŮ	15
2.5.1	Test rozlišovacích schopností	16
2.5.2	Test Modulation Transfer Function.....	17
2.5.3	Shack Hartmannův test.....	17
3	PROVEDENÍ TESTU - PRAKTICKÁ ČÁST.....	18
3.1	PRAKTICKÝ TEST – POPIS POSTUPU	18
3.2	POŘÍZENÍ KLASICKÉ FOTOGRAFIE.....	19
3.3	SIEMENSOVA HVĚZDA	21
3.4	SNÍMÁNÍ TESTOVACÍHO OBRAZCE DCU3	23
3.5	SHACK HARTAMANN	25
4	ZÁVĚR.....	30
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A DALŠÍCH ZDROJŮ	31
	SEZNAM TABULEK.....	32
	SEZNAM OBRÁZKŮ	33

1 ÚVOD

Fotograf se na svět dívá skrz objektiv, snaží se zvětšit každý moment, který se mu zdá něčím zajímavý. Fotografický obraz „kreslíme“ objektivem, jeho role je tedy stěžejní. Budeme-li mít dokonalé fotografické vidění, nápady a tvůrčí fantazii, vynikající obrazový snímač i procesor, ale objektiv našeho fotoaparátu nebude „dobře kreslit“, nepodaří se nám získat technicky kvalitní fotografie. Dá se tedy říci, že objektiv je něco jako oko fotoaparátu.

Téma své bakalářské práce „Porovnání vlastností objektivů s difrakčním členem s objektivem klasickým“ jsem si zvolil, protože mne zajímala průlomová technologie firmy Canon, která měla znamenat revoluci v korekci optických vad.

Hlavním cílem práce je určit míru efektivity užitím difrakčního prvku v objektivěch.

V teoretické části práce popíši objektiv samotný a jeho vývoj. V další kapitole se zaměřím na nejčastější vady objektivů a nastíním možnosti jejich korekce. Dále v práci budu porovnávat dva objektivy značky Canon, které mají stejné základní parametry, rozdíl je však v difrakčním členu použitém u jednoho z objektivů. Konkrétně se jedná o Canon EF 70-300mm f/4.5-5.6 DO IS USM (s difrakčním prvkem) a Canon EF 70-300mm f/4.5-5.6 IS USM.

V praktické části práce budu posuzovat obraz o rozměrech 40 x 71 cm zhotovený výše uvedenými modely, který bude pořízen za stejných podmínek, tzn. stejná ohnisková vzdálenost a stejné clonové číslo. Při posouzení lze očekávat rozdíl mezi objektivy. V závěru práce vyhodnotím, který ze zkoumaných objektivů je lepší a jakou roli sehraává v objektivu difrakční člen.

2 OBJEKTIV

Základem dobrých snímků je dokonalý objektiv. V jazyce anglickém znamená „*objective*“ mimo jiné cíl, což nevtíravě naznačuje, že objektiv aparátu je pravidelně na nějaký cíl namířen.

Objektiv lze definovat následovně: „*Objektiv je čočka nebo soustava čoček, vytvářející opticky změněný obraz, který se obvykle ještě dále zpracovává (záznamem, okulárem apod.). Používá se například ve fotoaparátu k soustředění světla na senzor nebo na film. Mezi objektivy fotoaparátu, kamery, dalekohledu, mikrofonu a dalších optických zařízení není v principu rozdíl, liší se ale svou konstrukcí.*“ [1] Jako primitivní objektiv může posloužit jakákoli spojná čočka, či dokonce pouhý otvor v neprůsvitném materiálu (camera obscura). V praxi se používá soustav několika různých druhů čoček kvůli potlačení různých optických vad. Taková optická soustava pak může být schopna i měnit svoji ohniskovou vzdálenost – „zoomovat“. V objektivěch fotoaparátů je také zabudována clona, která dovoluje regulovat množství světla, které objektivem prochází. Součástí objektivu může být i závěrka, ve většině případů však bývá v těle fotoaparátu.

Podle své ohniskové vzdálenosti (úhlu záběru) se fotografické objektivy rozlišují na tři základní skupiny:

- 1) **Normální objektiv** – kde úhel záběru je asi 50° (zhruba stejně jako úhel vnímání lidského oka). Snímky pořízené takovým objektivem mají pro člověka nejpřirozenější perspektivu.
- 2) **Širokouhlý objektiv** - ohnisková vzdálenost je kratší než u normálního objektivu, snímek tak zabírá širší zorné pole; extrémním případem jsou objektivy tzv. typu „rybí oko“, které mají zorný úhel až 180° .
- 3) **Teleobjektiv** - jejich zorný úhel je užší, umožňuje vyplnit celý snímek i poměrně vzdáleným předmětem. [2]

Ideální objektiv má dokonale ostrý obraz (bod je přenesen na rovinu filmu jako bod nikoliv jako kroužek), dokonalý přenos barev i při velkých kontrastech, tvary objektů nejsou deformované (nedochází k distorzím) a v rozích nedochází k ztmavnutí a rozostření obrazu - k vignětaci.

Základní parametry objektivu tedy jsou: světelnost a ohnisková vzdálenost.

2.1 Historie objektivů

První fotografický objektiv byl navržen a sestaven J. Petzvaldem již v roce 1840. Tento jednoduchý objektiv měl clonové číslo 3,4. Následovník Petzvaldova objektivu Planar byl sestaven P. Rudolfem v roce 1882 a v porovnání s prvním objektivem byl značně světelnější, čímž započal éru nových světelných objektivů. O dva roky později H. D. Taylor zkonstruoval objektiv typu triplet. Dalším v řadě byl v roce 1902 objektiv Tessar. Jeho autorem byl opět P. Rudolf a tento objektiv se na dlouhou dobu stal nejužívanějším fotografickým objektivem. Ve třicátých letech byl sestaven Sonar typ, jehož konstrukce hojně využívala firma Leica, která ho vyráběla dlouhou dobu. Pro reportážní účely vznikla potřeba objektivů s krátkou ohniskovou vzdáleností a velkým zorným polem. Tento požadavek vedl k výrobě objektivů Biogonu a Distagonu. Redukování chromatických užitím nízkodisperzních členů umožnilo sestavení prvních objektivů s velkou ohniskovou vzdáleností.

Následující tabulka zachycuje vývoj fotografické techniky v datech.

Tabulka 1 Historie objektivů

1342	poprvé popsána CAMERA OBSCURA - přístroj, jímž lze na rovné ploše zachytit obraz skutečnosti. Moderní fotoaparát s ní má mnoho společného
1646	objevena LATERNA MAGICA (Athanasius Kircher)
1725	objevena citlivost na světlo u dusičnanu stříbrného
1777	C. W. Sheele zjistil, že zčernání chloridu stříbrného na světle je způsobeno vyredukováním kovového stříbra
1816	J. N. Niepce objevil citlivost na světlo u asfaltové vrstvy nanesené na kovovou desku
1819	objevena schopnost thiosíranu sodného rozpouštět chlorid stříbrný
1826	první foto pomocí citlivého asfaltu (Niepce)
1835 - 37	popsána daguerrotypie - exponování na postříbřenou destičku vystavenou účinkům jodových par, později vyvolání rtuťovými parami
1839	přímá fotografie na citlivý papír, název fotografie (J. Herschel)
1840	objeven účinek bromu na zcitlivění - nový světelný objektiv
1859	umělé osvětlení pomocí hořčíku
1861	objeveny principy pro aditivní barevnou fotografii (J. S. Maxwell)

1865	pozitivní papíry s jednou kolódiovou vrstvou
1871	použita želatina do citlivé vrstvy
1891	fotografický přístroj s výměnnými objektivy
1892	izolační vrstva pro snížení halace
1902	vypočítán objektiv Tessar
1907	Fa Lumiér prodává první barevné materiály
1908	patent pro barevnou fotografii (3 vrstvy na různé barvy)
1935	barevný inverzní film
1944	okamžitá fotografie - POLAROID
1948	objeven princip holografie
1963	barevná okamžitá fotografie

2.2 Vady objektivů a možnosti jejich korekce

Vady objektivů mají často stejnou příčinu, ale projevují se jinak. Existuje celá řada vad, které může objektiv vykazovat. Dále ve své práci popíšete nejběžnější vady zobrazení a uvedete možnosti jejich korekce.

2.2.1 Otvorová vada (sferická aberace)

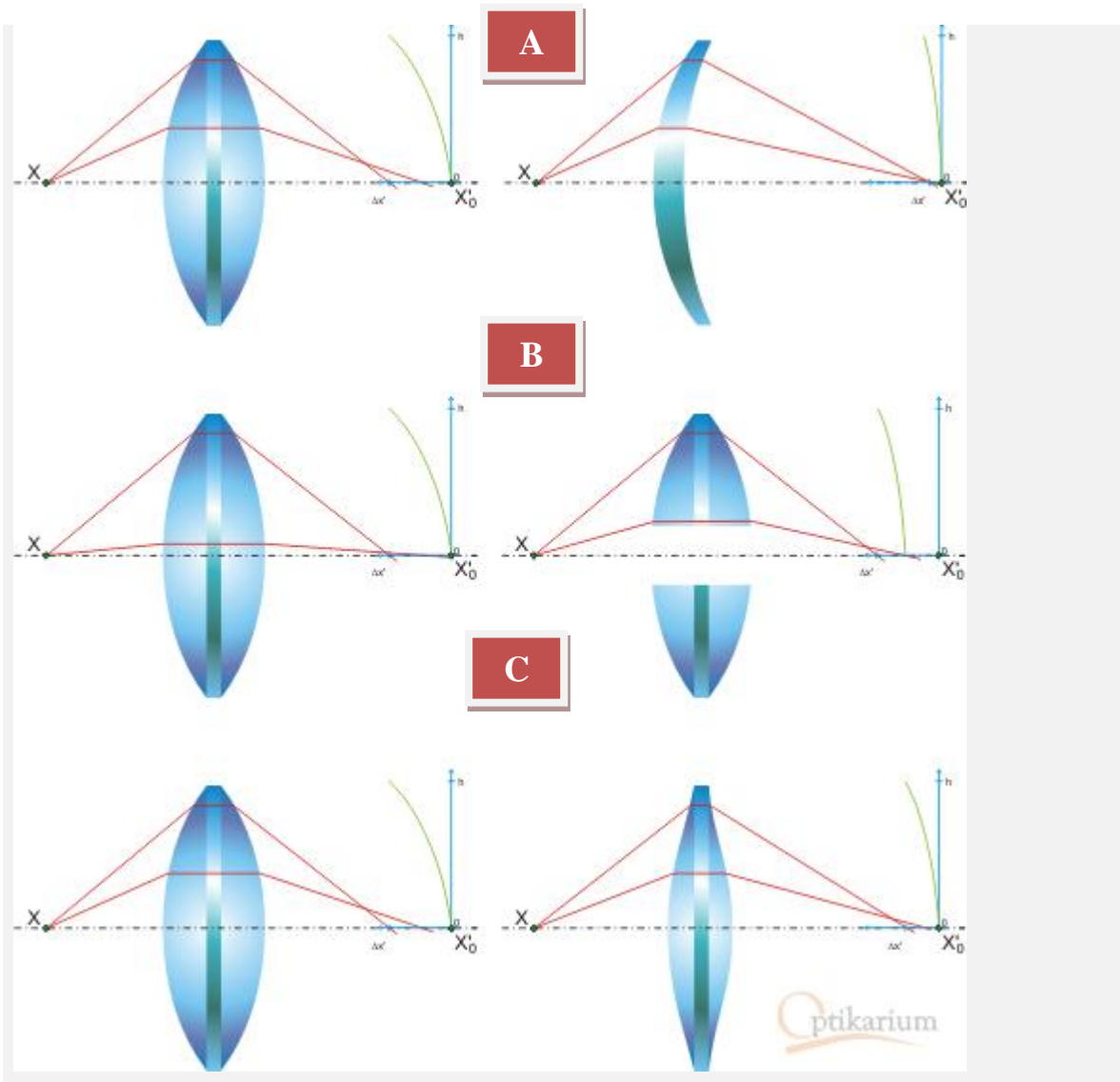
Otvorovou vadu pozorujeme při zobrazení osového bodu optickou soustavou širokým paprskovým svazkem. Paprsky na krajích čočky se lámou více než ty kolem středu. Ideálním případem je zobrazení paprsků svírajících s optickou osou malý úhel. Nazýváme je svazky paraxiálními. Vyjadřujeme příčnou a podélnou otvorovou vadu. Důsledkem je neostrost obrazu. Zobrazovaný bod se po průchodu optickou soustavou mění v plošku. Výraznou otvorovou vadu pozorujeme u soustav s velkou numerickou aperturou.

Řešení

- Najít rovinu, kde je obraz rovnoměrně neostrý (cca v 1/3 kaustické křivky – neostrost je stejná v celém jejím rozsahu).
- Umístění clony před čočku – způsobí odklon periferních paprsků. Velikost průměru čočky v závislosti na velikosti clony způsobuje prostupující světlo. Jeho korekce sice snižuje vadu, avšak na úkor světla, které je pro dobrou fotku nezbytností.

- „Nejúčinnější korekce nám nabízí vhodně zvolené poloměry křivosti (na obrázku níže označeno jako A), rozdělení lomu paprsku na několik ploch (B), užití asférických křivek (C), či kombinace čoček různých vlastností.

Obrázek 1 Korekce otvorové vady



Zdroj: [3]

2.2.2 Koma (vada asymetrická)

Tato vada je tvořena šikmými paprsky, které se lámou značně nepravidelně. Vytvořený obraz bodového předmětu je jinak veliký než ten, který vytváří paprsky ze středu objektivu. Název vychází z tvaru bodových objektů, jež pozorujeme u okraje snímku. Projevují se jako protažené a zkreslené kapky podobné kometě s chvostem ubíhajícím ke kraji. Bod se vlastně nezobrazí do bodu, ale do soustavy obrazců. Tuto vadu lze spatřit na snímcích pouze u okrajů, kde mohou být body protažené někdy až v krátké čárky a trochu rozmazané. Má to vliv na kresbu, rozlišení a ostrost u okrajů snímku.

Řešení

- Při stavbě objektivu se vada odstraňuje vhodným umístěním roviny clony, jinak pak zacloněním.

2.2.3 Astigmatismus

Optická vada je způsobena rozdílným průchodem paprsků v rovině nákresny a v rovině k ní kolmé (sagitální a tangenciální astigmatismus). Tyto paprsky se totiž lámou jinak, což se projeví rozmazáním, kde se body v navzájem kolmých rovinách zobrazí v různé vzdálenosti. To má za následek, že body mimo střed se zobrazují jako elipsy nebo úsečky a ke krajům se prodlužují. Celkově dochází k rozostření a zkreslení obrazu.

Řešení

- Odstranit se dá použitím vhodné kombinace čoček.
- Zmírnit se dá zacloněním.

2.2.4 Zklenutí zorného pole

Zklenutí rozlišujeme sagitální a tangenciální. Tato vada souvisí s tím, že body ležící v rovině rovnoběžné s ohniskovou rovinou nevytvoří ostrý obraz na rovinu snímače, ale na zakřivenou plochu, a to vypuklou nebo vydutou. Obraz roviny kolmé k optické ose se zobrazí na zakřivené ploše, tím dochází k neostrosti. Vada je obvykle odstraněna u anastigmatu, jelikož souvisí s astigmatismem.

Řešení

- Můžeme zaostřit buď na kraj, nebo na střed pole.
- Lze jí odstranit vhodnou vzájemnou polohou členů objektivu a roviny clony.

2.2.5 Zkreslení

Obraz předmětu procházející optickou soustavou je geometricky deformován. Běžným projevem této vady je zakřívování rovných hran. Zkreslením trpí nejvíce širokoúhlé objektivy a objektivy typu zoom s velkým rozsahem, které mívají u krátkých ohniskových vzdáleností soudkovité a u dlouhých ohniskových vzdáleností poduškovité zkreslení. Této vadě se věnuje zvláště velká pozornost ve filmovém průmyslu. Jedná se o vadu změny zvětšení v závislosti na úhlu pole.

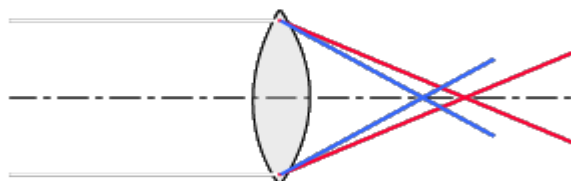
Řešení

- Vhodná clona.

2.2.6 Chromatická aberace

Jedná se o vadu způsobenou disperzí, tj. různým indexem lomu různých vlnových délek světla, tzn. paprsky různých vlnových délek (jiné barvy) se lámou pod jinými úhly. Výsledek tvoří nařítávané a zelené kontury na kontrastních přechodech (přechody mezi stínem a oblastí s vysokým jasnem). Tento jev se zvětšuje směrem od optické osy objektivu, tzn. u krajů snímků bývá nejsilnější.

Obrázek 2 Barevná aberace



Zdroj: [4]

Rozlišujeme chromatickou aberaci polohy a chromatickou aberaci velikosti. Tu pozorujeme při zobrazení mimosových bodů předmětu a to tak, že velikost obrazu závisí

na vlnové délce světla, kterým zobrazení provádíme. Ve fotografickém průmyslu se věnuje velká pozornost chromatickým aberacím.

Řešení

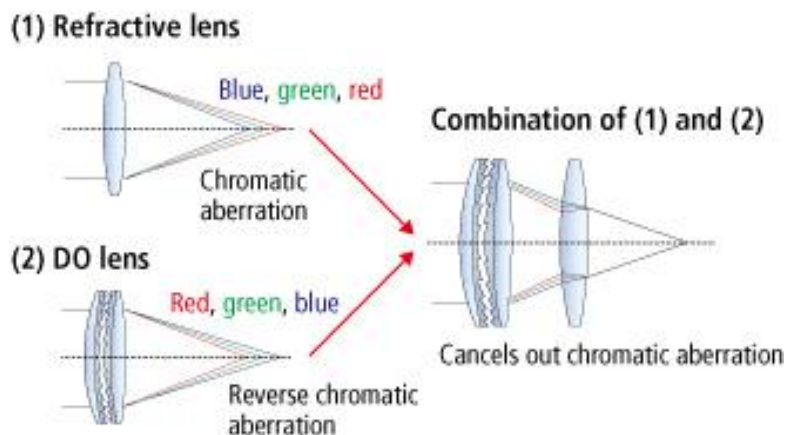
- Vadu pomáhají redukovat speciální čočky, nebo skupiny čoček v objektivu.
- Korekce vady v editoru, například Photoshopu, kdy lze nahradit konkrétní barvu plošně.
- Konstrukteři optických soustav se snaží vypořádat s touto vadou různými způsoby. Mezi základní metody patří vhodná kombinace optických materiálů. Dle počtu korigovaných vlnových délek rozlišujeme achromáty, apochromáty a superchromáty. Achromáty jsou korigované pouze pro jednu vlnovou délku. U apochromátů je korekce prováděna pro tři vlnové délky. Systémy se sníženou chromatickou aberací pro čtyři a více vlnových délek nazýváme superchromáty. Při výrobě superchromátů využívají optičtí konstruktéři skel s nízkou disperzí (vysokou hodnotou Abbeova čísla) nebo fluoritu CaF_2 jako je tomu u prvního z našich testovaných objektivů.
- Dalším řešením je zakomponování DOE (diffractive optical elements).

2.3 Difrakční člen

„Difrakční člen má přesně opačnou chromatickou aberaci než běžná čočka, proto se používá ke korekci této vady. Jde o optický prvek s přiléhající kruhovou difrakční mřížkou. Při jeho vhodném umístění do optické soustavy se dosáhne vysoké eliminace chromatické vady. Tuto technologii jako první použila firma Canon a pro označení objektivů obsahujících difrakční člen zavedla zkratku DO“. [5]

Jedinečný systém dvouvrstvých či trojvrstevných DO čoček využívá tohoto fenoménu umístěním dvou precizních difrakčních mřížek několik mikrometrů na povrchu skla čočky, aby vytvořily vícevrstvou strukturu.

Obrázek 3 Znárodnění difrakčního členu



Zdroj: [6]

Firma Canon implementovala tyto DO prvky především do objektivů s velkou ohniskovou vzdáleností především z důvodů snížení jejich váhy a zkrácení celého objektivu. Dalším podstatným důvodem je dobrá korekce barevných vad. Poprvé byl tento dvouvrstvý systém použit u objektivu EF400mm f/4 DO IS USM. Po delším vývoji zavedla firma do výroby další tentokrátetřívrstvený a trojčlenný DO zoomový objektiv EF70-300mm f/4.5-5.6 DO IS USM.

2.4 Presentace dvou zkoumaných objektivů

V této kapitole budou porovnány dva typy kvalitních objektivů značky Canon. Je zde uvedena zejména jejich technická specifikace.

- 1) Canon EF 70-300mm f4-5.6 IS USM
- 2) Canon EF 70-300mm f/4.5-5.6 DO IS USM

Oba výše uvedené objektivy mají stejné základní parametry; u objektivu č. 2 je použitý difrakční člen.

Obrázek 4 Canon EF 70-300mm f4-5.6 IS USM



Zdroj: [7]

Obrázek 5 Canon EF 70-300mm f/4.5-5.6 DO IS USM



Zdroj: [7]

Canon EF 70-300mm f4-5.6 IS USM a Canon EF 70-300mm f/4.5-5.6 DO IS USM jsou zoomové teleobjektivy, disponující velkým rozsahem ohniskových vzdáleností pohybujících se v rozmezí 70-300mm. Oba objektivy disponují systémem USM. Pod zkratkou USM se skrývá The Ultrasonic motor. Jedná se o převratnou technologii v autofokusaci (AF) od firmy Canon. Základem jsou rotor a tvarově flexibilní stator. U konvenčních fotoaparátů je rotor poháněn motorem. U fotoaparátů Canon vybavených touto technologií jsou poháněny vibracemi piezoelektrickým keramickým prvkem.

Vibrační energie zajišťuje plynulou rotaci rotoru díky kontaktu mezi statorem a rotorem. Výsledkem je rychlejší, přesnější a především tišší chod při fokusaci.

Oba uvedené modely jsou vybaveny stejným stabilizačním systémem IS a především systémy korigujícími chromatické aberace. V prvním případě využívá objektiv technologie UD a v případě druhém DO.

Přehled je uveden v následujících tabulkách.

Tabulka 2 Specifikace objektivu EF 70-300mm f/4-5.6 IS

Velikost snímku	-
Ekvivalentní ohnisková vzdálenost 35mm filmu	-
Zorný úhel (horizontální, vertikální, diagonální)	29° - 6° 50', 19° 30' - 4° 35', 34° - 8° 15'
Konstrukce objektivu (členů/skupin)	15/10
Počet lamel clony	8
Maximální clonové číslo	32 – 45
Minimální zaostřovací vzdálenost (m)	1,5
Maximální zvětšení (x)	0,26 (při 300 mm)
Informace o vzdálenosti	Ano
Stabilizátor obrazu	0,26 (při 300 mm)
Pohon AF	Mikro USM
Průměr filtru (mm)	58
Max. průměr x délka (mm)	76,5 × 142,8
Hmotnost (g)	630
Zvětšení – mezikroužek EF12 II	0,32 - 0,04
Zvětšení – mezikroužek EF25 II	0,39 - 0,09
Sluneční clona objektivu	ET-65B
Měkké pouzdro	LP1222
Držák žel. filtru III (sluneční clona III*)	(2)
Držák žel. filtru IV (sluneční clona IV*)	(3)
Telekonvertory EF1.4x II a EF2x II	Nekompatibilní

Zdroj: [8]

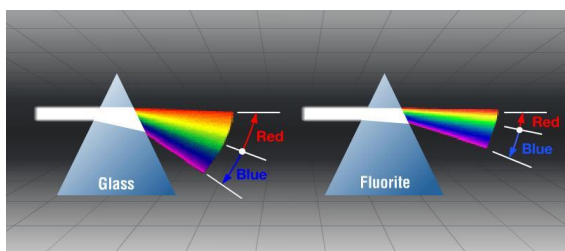
Tabulka 3 Specifikace objektivu EF 70-300mm f/4.5-5.6 DO IS USM

Zorný úhel (horizontální, vertikální, diagonální)	29° - 6° 50', 19° 30' - 4° 35', 34° - 8° 15'
Konstrukce objektivu (členů/skupin)	18 / 12
Počet lamel clony	6 (kruhový typ)
Maximální clonové číslo	f/32-38 (f/32-40 pro fotoaparáty s krokem po 1/3)
Minimální zaostřovací vzdálenost (m)	1,4 m až nekonečno (při všech ohniskových vzdálenostech zoomu)
Maximální zvětšení (x)	0,06 (širokoúhlý); 0,19 (teleobjektiv)
Pohon AF	Kroužkový USM
Průměr filtru (mm)	58
Max. průměr x délka (mm)	82,4 x 99,9
Hmotnost (g)	720
Zvětšení – mezikroužek EF12 II	Kompatibilní
Zvětšení – mezikroužek EF25 II	Kompatibilní
Sluneční clona objektivu	ET-65B
Měkké pouzdro	LP1116
Držák žel. filtru III (sluneční clona III*)	4
Držák žel. filtru IV (sluneční clona IV*)	4

Zdroj: [9]

Fotoaparáty Canon EF 70-300mm f4-5.6 IS USM jsou vybaveny prvky UD (Ultra-low Dispersion - ultranízký rozptyl), respektive super UD. Jedná se o užití fluoritového skla, které snižuje množství chromatických aberací. Crystal fluorite lens elements, jak je Canon nazývá, jsou prvky s velice nízkým indexem optické disperze, která tak snižuje sekundární chromatickou aberaci.

Obrázek 6 Použití fluoritového skla

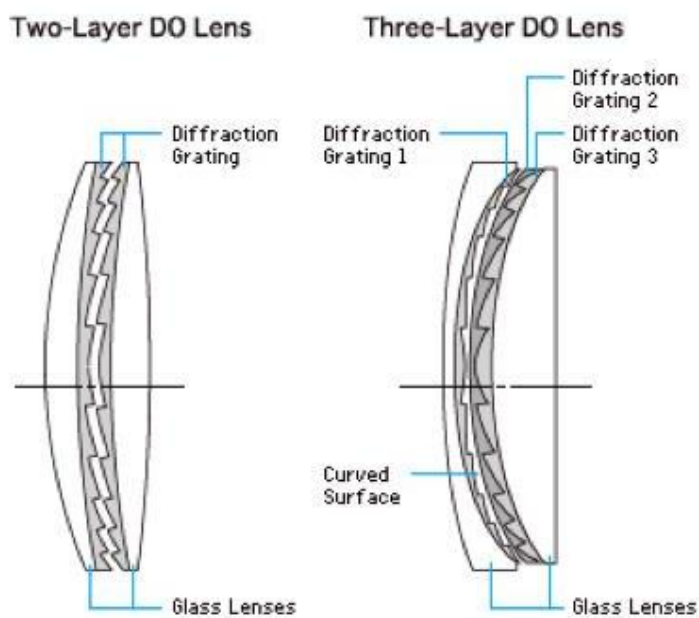


Zdroj: [10]

Třívrstvený prvek DO činí objektiv rychlejší a značně kompaktnější. Prvek DO v kombinaci s běžnými refrakčními prvky zajišťuje kompenzaci aberace barev. Dosahuje úrovně korekce aberace barev, kterých bylo dříve možné dosáhnout pouze pomocí fluoritových prvků nebo objektivů UD.

Na dalších obrázcích jsou zobrazeny možnosti začlenění difrakčních vrstev do konstrukce objektivů.

Obrázek 7 Dvojvrstvý a trojvrstvený DO prvek



Zdroj: [7]

2.5 Možnosti porovnání objektivů

Pro testování objektivů se využívá komparační metoda, protože vliv jednotlivých vad a jevů nelze samostatně určit. Provádí se experimentální hodnocení.

2.5.1 Test rozlišovacích schopností

Rozlišovací schopnost objektivu se měří v počtu čar na jeden milimetr, které je objektiv schopen v dostatečné kvalitě ještě zobrazit. Teoretická rozlišovací mez fotografického objektivu se zakládá na ohybové teorii a je dána vztahem

$$\psi_m = 1,22 \cdot \lambda \cdot D^{-1}$$

kde λ je vlnová délka a D je průměr vstupní pupily.

Při hodnocení čárového testu hledáme nejmenší periodu testu, která je právě rozlišena.

$$\psi_m = r' \cdot f'^{-1} [rad]$$

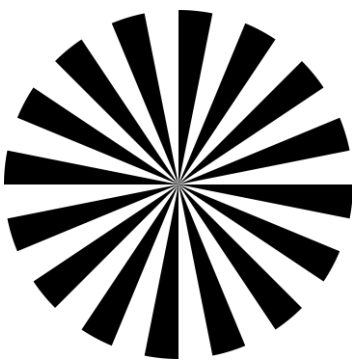
Periodu testu dosadíme na r' a ohniskovou vzdálenost objektivu za f' . Vztah pro výpočet rozlišovací schopnosti snímacího objektivu by vypadal následovně:

$$\mu_R = \frac{1}{r'} = \frac{1}{\psi f'} [mm^{-1}]$$

Zdroj: [11]

Siemensova hvězda slouží k testování rozlišovací schopnosti optických přístrojů. Hvězdu tvoří světlé paprsky na černém pozadí, které vychází ze středu a rovnoměrně se rozšiřují. Při tisku nebo zobrazení na zařízení s omezeným rozlišením se paprsky objeví na dotek v určité vzdálenosti od centra místa. Pokud tento snímek vyfotíme ve velmi vysokém rozlišení, můžeme porovnat výsledný obrazec fotek pořízených různými objektivy.

Obrázek 8 Siemensova hvězda



Zdroj: [12]

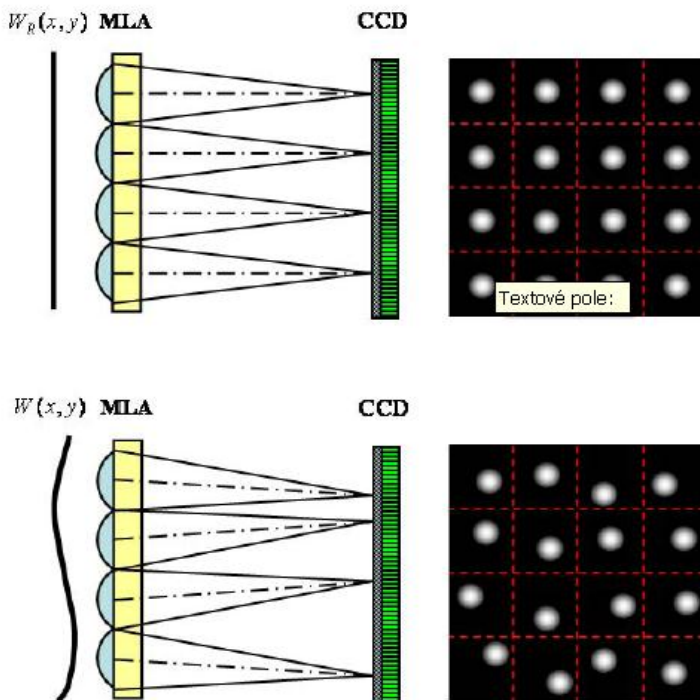
2.5.2 Test Modulation Transfer Function

Všeobecně uznávaný je v současnosti test MTF (Modulation Transfer Function), založený na posuzování závislosti modulace (kontrastu) na počtu čar na milimetr (prostorové frekvenci). Testy ovšem zahrnují mnoho složitých nuancí při měření pro posouzení jednotlivých vlastností. Testy MTF vycházejí různě pro jednotlivé clony a pro různé vlnové délky, z čehož lze usuzovat na kvalitu objektivu. Tento test jsem nemohl provést, protože nemám příslušné vybavení.

2.5.3 Shack Hartmannův test

Shack Hartmannova metoda (1971) navazuje na metodu Hartmanna z roku 1900. Zabývá se metrologickou kontrolou optické části, na základě provedených měření a výpočtů. V současné době se tato metoda používá v oblasti adaptivní optiky pro měření v reálném čase. [13]

Obrázek 9 Schéma



Zdroj: [14]

3 PROVEDENÍ TESTU - PRAKTICKÁ ČÁST

V této kapitole bude popsán praktický test pořízení fotografie s užitím dvou výše popsaných objektivů. Otázka, na kterou chci odpovědět, zní: „Jak velký je rozdíl mezi pořízenými fotografiemi při použití objektivu s difrakčním členem a klasického objektivu“? Samozřejmě takové srovnání vynikne pouze, pokud dám vedle sebe stejné snímky, které budou pořízeny za stejných podmínek. Předpokladem je patrný rozdíl.

3.1 Praktický test – popis postupu

Oba objektivy budou použity s tělem fotoaparátu Canon 400D a stativem Vanguard. Specifikace použitého fotoaparátu je uvedena v následující tabulce.

Tabulka 4 Specifikace fotoaparátu použitého k testu

Velikost senzoru	22.2 x 14.8mm CMOS
Počet efektivních pixelů	10.1 M
Absolutní počet pixelů	10.5 M
Rozlišení RAW snímků	3888x2592

Zdroj: vlastní zpracování

Veškeré snímky byly pořízeny při ISO 100, aby bylo sníženo množství digitálního šumu. Předěšel jsem zkreslení výsledů softwarovým zásahem vlastního fotoaparátu odebráním surových dat přímo ze snímacího prvku. Tato data byly uložena na paměťovou kartu ve formátu RAW. Surová data se musela v digitální fotokomoře vyvolat pomocí počítačového softwaru. Vyvolávání probíhalo pod jednotným profilem, který sice nevyhovoval všem pořízeným fotografiím, ale zajišťoval podstatně vyšší objektivitu. Pro potřeby fotokomory bylo nutno RAW formát konvertovat do některého z komerčních fotografických formátů. Pro tyto účely jsem zvolil nekomprimovaný TIFF s vysokou barevnou hloubkou.

3.2 Pořízení klasické fotografie

V tomto testu jsem pořizoval snímky exteriérů, u kterých jsem očekával uplatnění difrakčního členu. Byly to dráty vysokého napětí, hromosvody, pavučiny a další. Všechny snímky byly pořízeny za stejných světelných podmínek. Oba objektivy zabíraly stejný předmět s nastavením shodné clony, času, ohniskové vzdálenosti. Každá série byla zhotovena s nastavením několika clonových čísel. Variace množství použitých nastavení se odvíjela zejména od světelných podmínek, které exteriér poskytoval.

Obrázek 10 Fotografie exteriéru určená k porovnání



Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 11 Detail pavučiny - objektiv Canon EF 70-300mm f/4.5-5.6 DO IS USM



Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 12 Detail pavučiny – objektiv Canon EF 70-300mm f4-5.6 IS USM



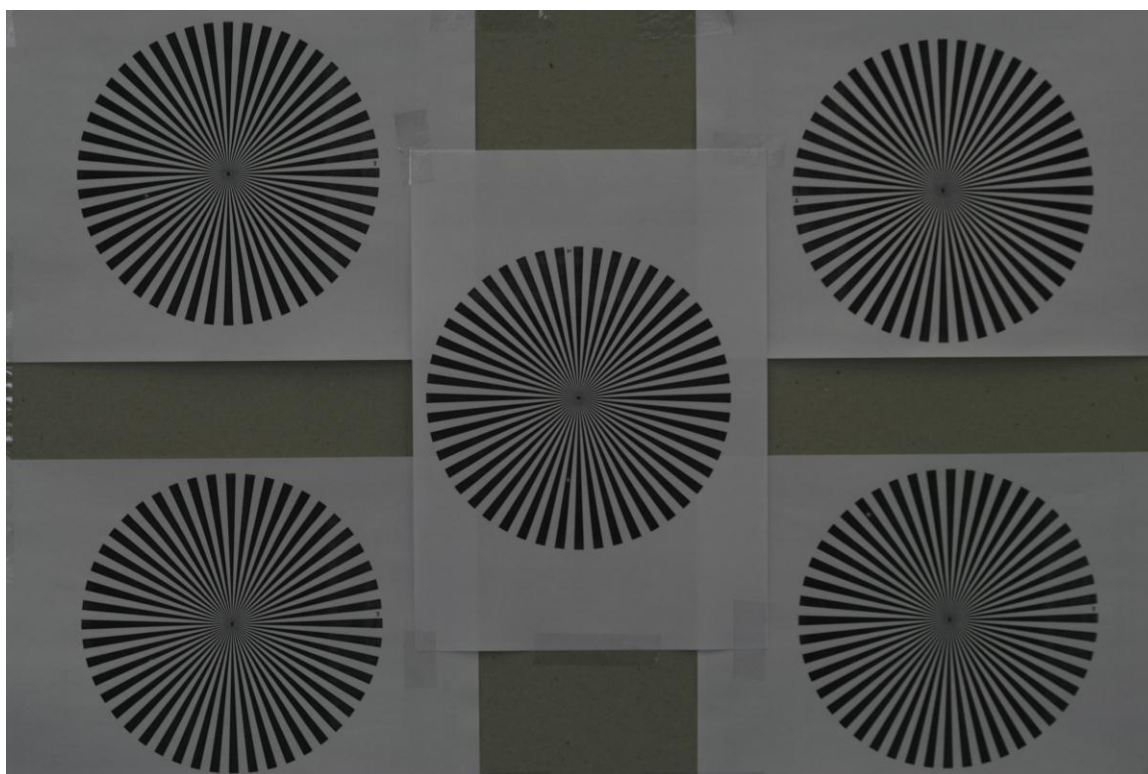
Zdroj: vlastní zpracování

Obrázky 11 a 12 jsou detaily ze série, jejíž příklad je znázorněn obrázkem 10. Oba výsledné obrázky zachycují detail pavučiny a na těchto fotografiích jsem **nenašel patrnější rozdíl**, který by prokázal efekt difrakčního členu.

3.3 Siemensova hvězda

V laboratoři při umělém homogenním osvětlení jsem snímal pět siemensových hvězd tvořící testovací obrazec při clonových číslech 4,5 5 5,6 11 32.

Obrázek 13 Testovací obrazec Siemensova hvězda

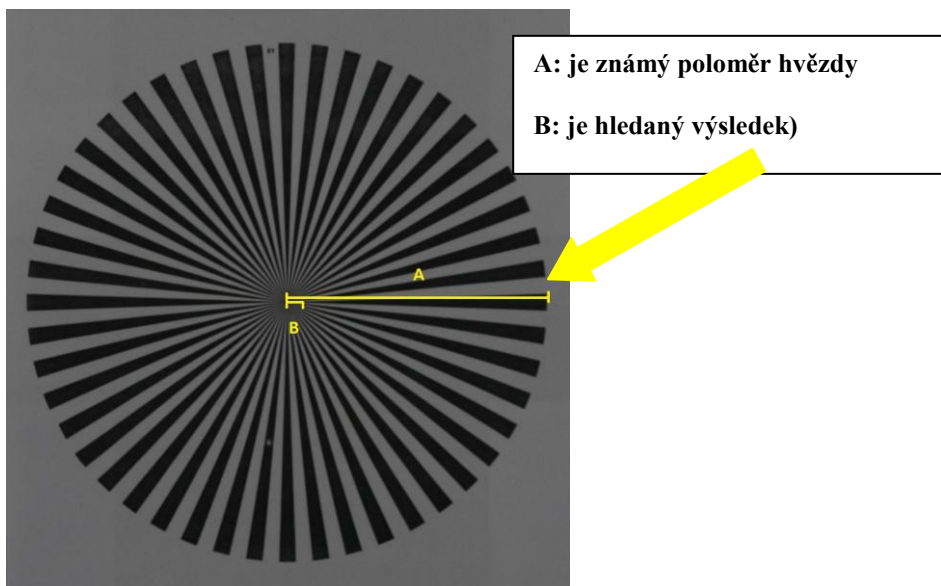


Zdroj: vlastní zpracování

Hodnocení probíhalo změřením vzdálenosti od středu k místu, ve kterém se právě dal rozlišit bílý klín od černého. Způsob měření je znázorněn na obrázku 14. Výsledky měření vyšších clonových čísel byly díky relativně dlouhým časům zatíženy natolik velkou chybou (vlivem rozptýlení), že nepřesnost při měření převýšila rozdíl mezi těmito objektivy. To byl důvod, pro který byla clonová čísla pro tento test vyřazena. Výsledek byl 1,4mm ve prospěch Canon EF 70-300mm f/4.5-5.6 DO IS USM při clonovém čísle 5,6.

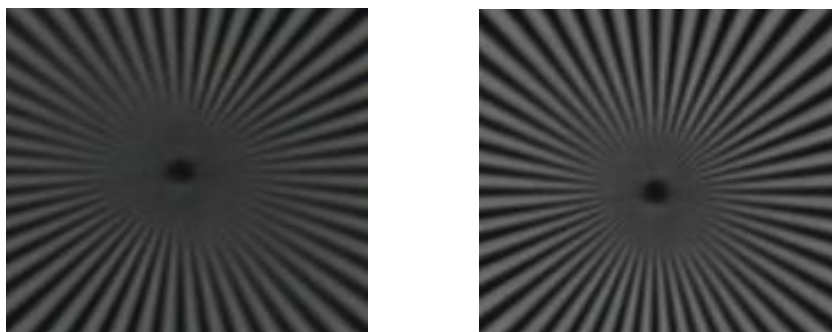
Praktický význam výsledku je zanedbatelný, vezmeme-li v úvahu, že podmínky pro objektivy se dají považovat za ideální.

Obrázek 14 Ukázka měření



Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 15 Detail hvězdy (vlevo: objektiv DO, vpravo: objektiv IS)



Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 15 znázorňuje detail hvězdy pořízený objektivem Canon EF 70-300mm f/4,5-5,6 DO IS USM při ohniskové vzdálenosti 135mm času 1/40s a clonovém čísle 5,6. Stejné hodnoty byly nastaveny u obrázku 17 pořízeného objektivem Canon EF 70-300mm f4-5,6 IS USM.

Výsledek nelze díky nedokonalým technickým podmínkám vyhodnotit.

3.4 Snímání testovacího obrazce DCU3

Jako další způsob porovnání jsem si zvolil komerčně vyráběný test firmy Danes Picta DCU3, který nabízí hned několik způsobů porovnání. U tohoto testu jsem se soustředil na posouzení rozlišovací schopnosti objektivů, která byla posuzována zvlášť v horizontálním a vertikálním směru. Jednalo se konvergentní pruhy černé a bílé barvy. Přes hledáček fotoaparátu jsem našel příslušné značky označující poměr velikostí stran senzoru. Vzdálenost objektivu od testu se měnila s velikostí ohniskové vzdálenosti tak, aby byla stále zabrána celá plocha obrazu.

Obrázek 16 DCU3 Testový obraz

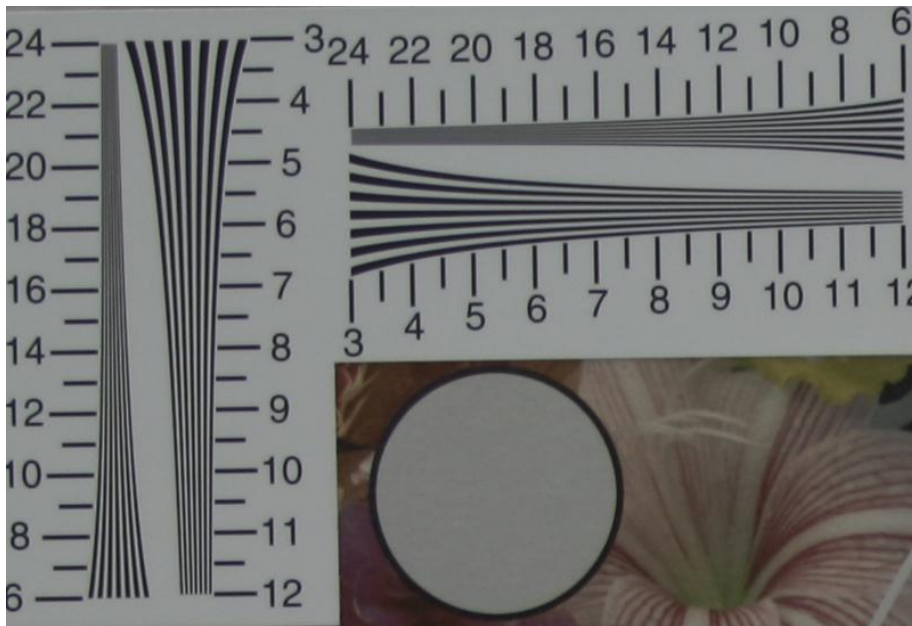


Zdroj: vlastní zpracování

Focení probíhalo při ohniskových vzdálenostech 70mm, 135mm, 300mm a clonových číslech 5,6 11 22 32. V digitální komoře jsem zpracoval fotografie pod jednotným profilem, dal je uložit do nekomprimovaného formátu a hodnotil při velkém zvětšení na monitoru. Na jedné fotografii se nacházelo deset testů. Pět vertikálních a pět horizontálních umístěných v rozích a středu fotografie. Podobně jako u předchozího testu

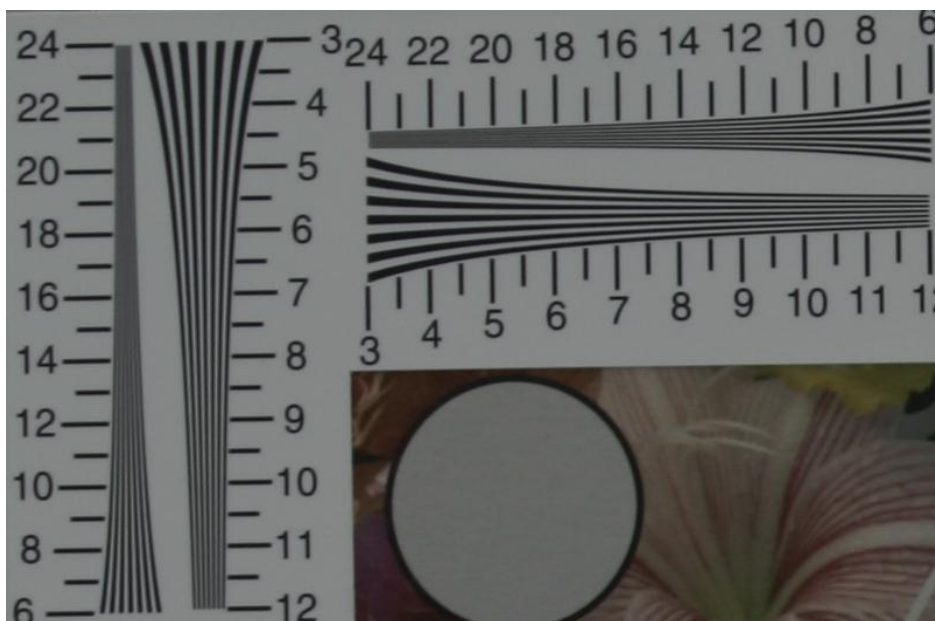
i zde jsem určil místo, kde jsem schopen ještě rozlišit průběh bílého a černého pruhu. V tomto bodě jsem odečetl hodnotu na stupnici.

Obrázek 17 Detail levého horního testu Canon EF 70-300mm f/4.5-5.6 DO IS USM při clonovém čísle 5,6 a ohniskové vzdálenosti 70mm



Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 18 Detail levého horního testu Canon EF 70-300mm f4-5.6 IS USM při clonovém čísle 5,6 a ohniskové vzdálenosti 70mm



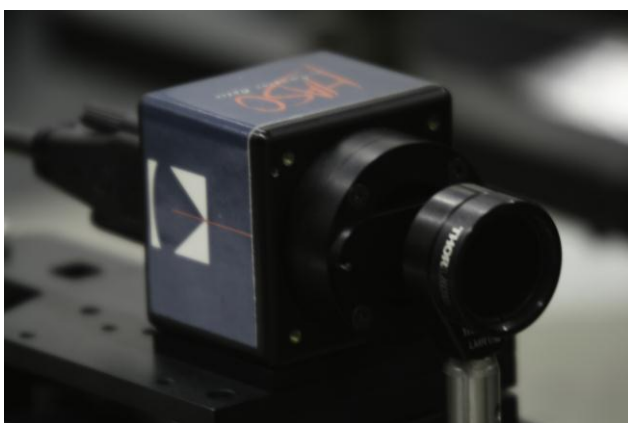
Zdroj: vlastní zpracování

Porovnání objektivů s nastavením clonového čísla 11 a 22 při ohniskových vzdálenostech 70mm a 300mm vycházely **výsledky shodně pro oba objektivy**. U clonového čísla 5,6 při ohniskové vzdálenosti 70mm a 300mm jsem vyhodnotil objektiv **Canon EF 70-300mm f4-5.6 IS USM nepatrně lepší**.

3.5 Shack Hartamann

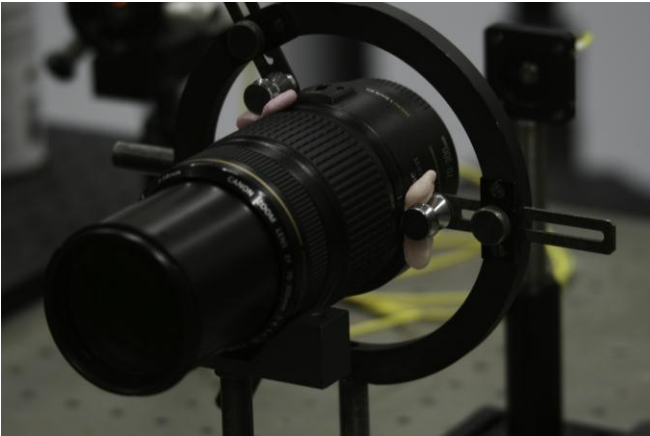
V tomto testu jsem sledoval změnu tvaru vlnoplochy po průchodu světla přes objektiv. Jako zdroj světla byl použit laser o vlnové délce 550 nm. Na optickou lavici jsem se pokoušel umístit do stejné osy zdroj světla, objektiv a SH senzor. Jelikož nebyl k dispozici originální bajonetový upínač firmy Canon, musel jsem vycházet z dostupných pomůcek a improvizovat při uchycení objektivů. Podmínky mi umožnily měřit pouze svazky probíhající paraxiálně, kde projevy optických vad budou menší, než při krajích optických ploch. Vlastní měření probíhalo při ohniskových vzdálenostech 70mm a 300mm pro oba objektivy. Senzor byl velice citlivý na každou odchylku od optické osy. Data ze senzoru byla nabírána a následně zpracovávána pomocí počítačového softwaru. Software nejdříve určil průběh ideální vlnoplochy a poté vypočítal odchylku naměřené vlnoplochy od ideální.

Obrázek 19 Shack Hartamannův senzor



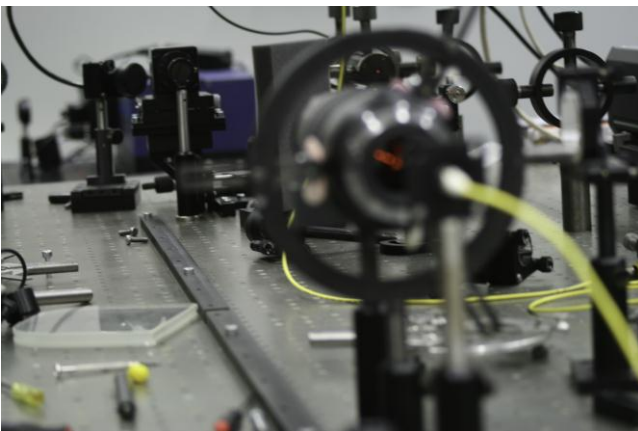
Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 20 Upevněný objektiv



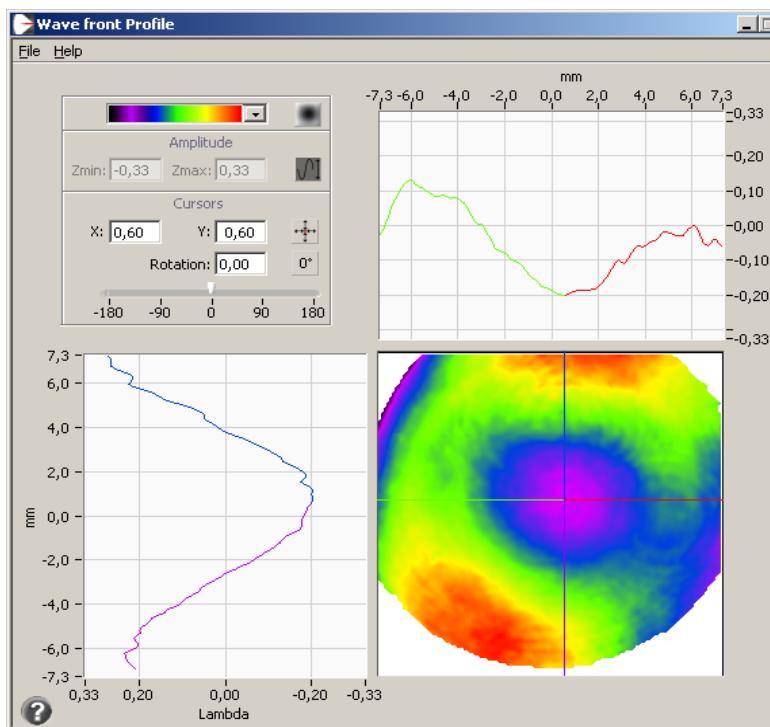
Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 21 Zdroj světla, objektiv, senzor



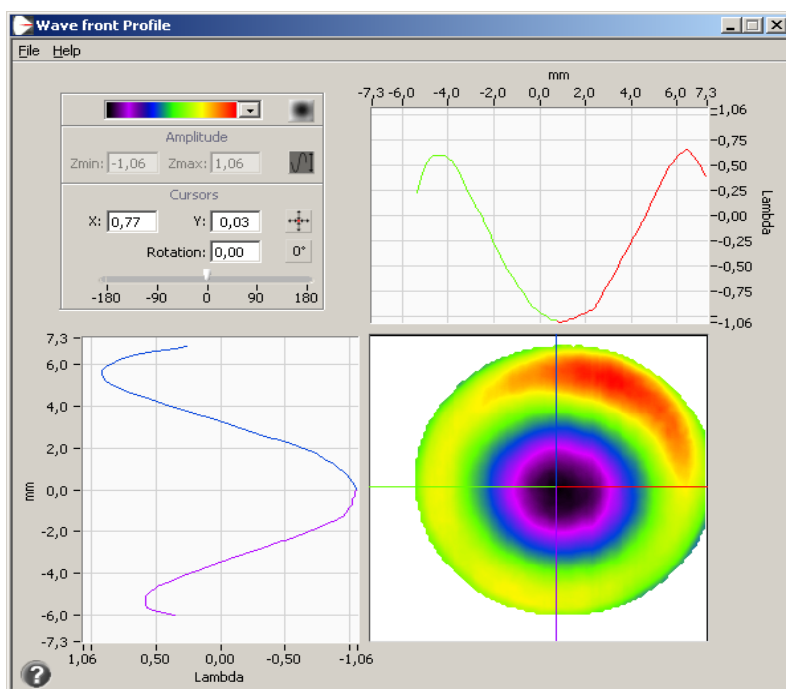
Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 22 Test – Objektiv Canon EF 70-300mm f/4.5-5.6 DO IS USM, f=70mm



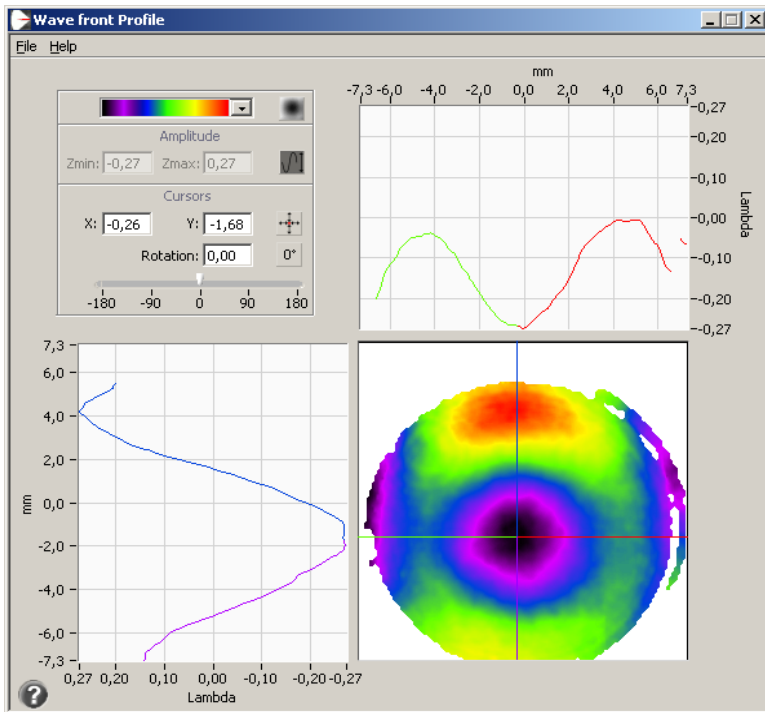
Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 23 Test objektiv: Canon EF 70-300mm f/4.5-5.6 DO IS USM, f=300



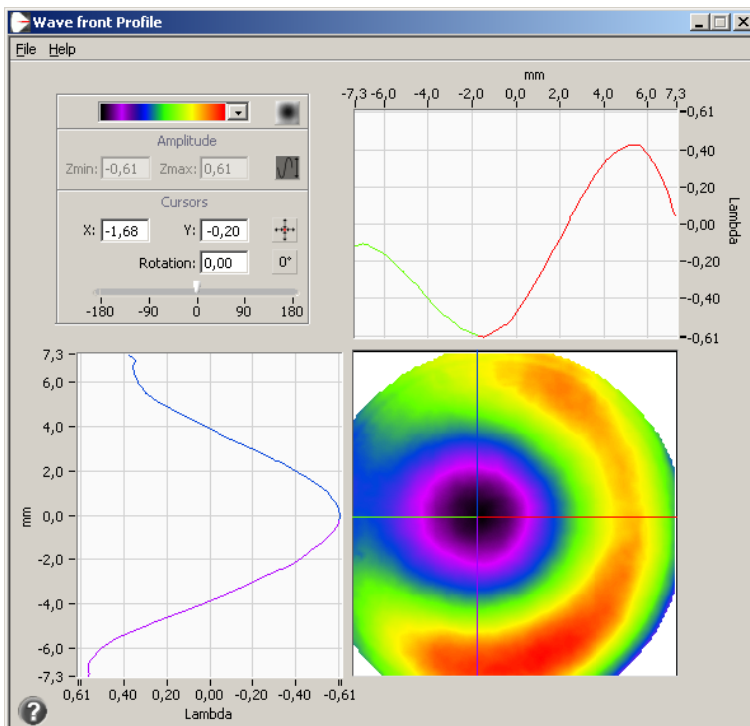
Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 24 Canon EF 70-300mm f/4.5-5.6 IS USM, f=70



Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 25 Test objektiv: Canon EF 70-300mm f/4.5-5.6 IS USM, f= 300



Zdroj: vlastní zpracování

Na základě naměřených výsledů nebylo možné určit, který z objektivů je lepší.

Při měření s 70mm ohniskovou vzdáleností se podařilo naměřit pro oba objektivy výsledky pohybující se do hodnoty $0,3 \lambda$, které odpovídají prakticky ideálním objektivům. Pro ohniskovou vzdálenost 300mm bylo odchýlení od ideální vlnoplochy do $0,9 \lambda$. Test s využitím Shack Hartmannova senzoru v daných podmínkách neumožnil určit, který z objektivů je lepší, ale spolehlivě prokázal, že oba testované objektivy jsou kvalitní a dobře korigované.

4 ZÁVĚR

S oběma objektivy jsem nasnímal stovky fotografií a podrobil je již zmíněným testům. Při subjektivním posuzování snímků nafocených v exteriéru jsem nenašel rozdíl v kresbě ani při clonových číslech 22 s ohniskovou vzdáleností 300mm. Zásadnější uplatnění difrakčního členu jsem nenašel ani u zbývajících testů. Oba objektivy velice dobře korigují optické vady. Na dobré korekci chromatických aberací objektivu Canon EF 70-300mm f4-5.6 IS USM se podepsalo začlenění členu s malou disperzí z fluoritového skla, se kterým firma Canon pracuje řadu let. V případě objektivu Canon EF 70-300mm f/4.5-5.6 DO IS USM byla korekce chromatické vady rovněž výborná. Firma Canon si slibovala od začlenění DO prvku do objektivu zkrácení konstrukční délky a snížení váhy. V případě délky se podařilo objektiv zkrátit o 42mm. Bohužel váha stoupla o 90 g. Na tomto faktu se mohl podepsat materiál použitý při konstrukci. Již po první sérii fotografií jsem si všiml kvalitnějšího zpracování objektivu, který se projevoval jemnějším a mnohem přesnějším chodem při transfokaci a ostření v manuálním režimu. Díky vysoké kvalitě obou objektivů jsem se při hodnocení mnohých testů pohyboval na hranici rozlišovací schopnosti senzoru fotoaparátu někdy možná i za ní. Troufám si tvrdit, že v mnohých případech byl limitujícím faktorem při hodnocení fotoaparát Canon EOS 400D se svým 10MP senzorem.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A DALŠÍCH ZDROJŮ

- [1] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Objektiv>
- [2] <http://www.rady-testy.cz/tajemny-valec-zvany-objektiv>
- [3] <http://www.optikarium.cz/brylove-cocky-a-bryle/opticke-vady-otvorova-vada-2-cast>
- [4] <http://www.grafika.cz/art/vse/vady-objektivu.html>
- [5] http://www.foto-wiki.cz/Chromatick%C3%A1_aberace
- [6] <http://www.amazon.com/Nikon-7561-42mm-8x42-Binocular/dp/B00158I1HU>
- [7] <http://www.canon.com/camera-museum/tech/report/200405/report.html>
- [8] http://www.canon.cz/For_Home/Product_Finder/Cameras/EF_Lenses/Telephoto_Zoom/EF_70-300mm_f4-5.6_IS_USM/index.aspx?specs=1
- [9] http://www.canon.cz/For_Home/Product_Finder/Cameras/EF_Lenses/Telephoto_Zoom/EF_70-300mm_f4.5-5.6_DO_IS_USM/index.aspx?specs=1
- [10] <http://www.bestspotting Scopereviews.com/kowa-spotting-scopes.php>
- [11] Ponec, J. Úvod do vlnové a paprskové optiky. Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, 1989.
- [12] http://en.wikipedia.org/wiki/Siemens_star
- [13] <http://en.wikipedia.org/wiki/Shack-Hartmann>
- [14] Novák, J. Gradietní fáze vyhodnocování vlnového pole v optice (disertační práce). ČVUT Praha 2007.

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Historie objektivů.....	5
Tabulka 2 Specifikace objektivu EF 70-300mm f/4-5.6 IS	13
Tabulka 3 Specifikace objektivu EF 70-300mm f/4.5-5.6 DO IS USM.....	14
Tabulka 4 Specifikace fotoaparátu použitého k testu	18

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Korekce otvorové vady.....	7
Obrázek 2 Barevná aberace.....	9
Obrázek 3 Znázornění difrakčního členu.....	11
Obrázek 4 Canon EF 70-300mm f4-5.6 IS USM.....	12
Obrázek 5 Canon EF 70-300mm f/4.5-5.6 DO IS USM.....	12
Obrázek 6 Použití fluoritového skla	14
Obrázek 7 Dvojvrstvý a trojvrstevný DO prvek	15
Obrázek 8 Siemensova hvězda	16
Obrázek 9 Schéma	17
Obrázek 10 Fotografie exteriéru určená k porovnání.....	19
Obrázek 11 Detail pavučiny - objektiv Canon EF 70-300mm f/4.5-5.6 DO IS USM	20
Obrázek 12Detail pavučiny – objektiv Canon EF 70-300mm f4-5.6 IS USM	20
Obrázek 13 Testovací obrazec Siemensova hvězda.....	21
Obrázek 14 Ukázka měření.....	22
Obrázek 15 Deail hvězdy (vlevo: obejktiv DO, vpravo:objektiv IS).....	22
Obrázek 16 DCU3 Testový obraz	23
Obrázek 17 Detail levého horního testu Canon EF 70-300mm f/4.5-5.6 DO IS USM při clonovém čísle 5,6 a ohniskové vzdálenosti 70mm.....	24
Obrázek 18 Detail levého horního testu Canon EF 70-300mm f4-5.6 IS USM při clonovém čísle 5,6 a ohniskové vzdálenosti 70mm.....	24
Obrázek 19 Shack Hartamnnův senzor	25
Obrázek 20 Upevněný objektiv.....	26
Obrázek 21 Zdroj světla, objektiv, senzor	26
Obrázek 22 Test – Objektiv Canon EF 70-300mm f/4.5-5.6 DO IS USM, f=70mm	27
Obrázek 23Test objektiv: Canon EF 70-300mm f/4.5-5.6 DO IS USM, f=300	27

Obrázek 24 Test objektiv: Canon EF 70-300mm f/4.5-5.6 IS USM, f= 300.....	28
Obrázek 25 Canon EF 70-300mm f/4.5-5.6 IS USM, f=70.....	27