

AKADEMIE MÚZICKÝCH UMĚNÍ V PRAZE

FILMOVÁ A TELEVIZNÍ FAKULTA

(B8204) Filmové, televizní a fotografické umění a nová média

(8204R019) Kamera

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Porovnání starých a současných snímacích objektivů
v kombinaci s digitální kamerou**

František Jakubec

Vedoucí práce: MgA. Petr Hojda

Oponent práce: Prof. Antonín Mikš

Datum obhajoby: 19. 9. 2016

Přidělovaný akademický titul: BcA.

Praha, 2016

FILM AND TV SCHOOL
OF ACADEMY OF PERFORMING ARTS IN PRAGUE

Film, TV and photographic arts and new media – (B8204)

Cinematography department (8204R019)

BACHELOR THESIS

**Comparison of old and current cine lenses in combination
with modern digital camera**

František Jakubec

Thesis supervisor: MgA. Petr Hojda

Reader: Prof. Antonín Mikš

Defense date: 19. 9. 2015

Title assigned: BcA.

Prague, 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma

**Porovnání starých a současných snímacích objektivů v kombinaci
s digitální kamerou**

vypracoval samostatně pod odborným vedením vedoucího práce a s použitím uvedené literatury a pramenů.

Praha, dne

.....

podpis diplomanta

Upozornění

Využití a společenské uplatnění výsledků diplomové práce, nebo jakékoliv nakládání s nimi je možné pouze na základě licenční smlouvy, tj. souhlasu autora a AMU v Praze.

Poděkování autora

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří se jakýmkoli způsobem podíleli na vzniku této práce.

Velký dík patří mému vedoucímu práce, panu Hojdovi, za jeho vedení a pomoc při řešení technických záležitostí práce. Dále děkuji panu prof. Mikšovi za jeho odborné rady a pomoc při zařizování testů pro tuto práci.

Děkuji firmě Vantage, jmenovitě panu Čiperovi, za zapůjčení techniky, bez které by tato práce nemohla vzniknout. Děkuji také celému týmu pracovníků Meopty Přerov, zejména panu Zapletalovi a panu Sklenářovi za jejich pomoc a ochotu při měření objektivů.

Děkuji také mému tatínkovi za korekturu textu, naší drahé sekretářce, paní Kalné, za pomoc a trpělivé odpovědi na všechny dotazy a všem, kteří mi jakkoli v průběhu přípravy této práce pomohli.

Anotace

Mezi výrazové prostředky kameramana patří mimo jiné práce s objektivy a jejich vlastnostmi. Dnes se mnoho podobných optických efektů řeší postprodukčně. Nicméně právě tento výrazový prvek je zajímavý při kombinaci moderní záznamové technologie a objektivů, které mají různé „necnosti“. Tato práce prozkoumává malou oblast této problematiky. V teoretické části jsou rozebrány základní obecné vlastnosti optických soustav, jejich aberace a měření kvality obrazu. Dále je zde popsána kamera a objektivy, se kterými se prováděly praktické testy. V analytické části je pak provedena analýza nasnímaných testů.

Klíčová slova: objektivy, aberace, testy

Abstract

A Director of Photography has many artistic possibilities when working with cine lenses. Today, we can produce many optical effects in digital post-productions; however, working with lenses and with their defects (aberrations) is very interesting when you use them with modern recording technology. This thesis examines a small part of these issues. The theoretical part is about general qualities of optical systems, their aberrations, and measurement of picture quality. Furthermore, there is also a description of the movie camera and lenses, which were used for testing. The analytical part is about analyzing real footage from tests.

Key words: lenses, aberration, tests

Obsah

Použité symboly a zkratky	11
Úvod	12
Teoretická část	13
1 Kamera	13
1.1 Alexa XT Plus.....	13
1.1.1 Senzor	13
1.2 Filtry před čipem	15
1.2.1 IR filtr	15
1.2.2 UV filtr	16
1.2.3 Optical Low Pass Filter.....	16
1.2.4 ND Filtr	16
1.3 Nastavení kamery pro testy	17
2 Teoretické základy optického zobrazení	17
2.1 Optická soustava.....	17
2.2 Ideální optická soustava.....	18
2.3 Čočka	18
2.4 Základní typy optických soustav	19
2.4.1 Petzvalův objektiv.....	19
2.4.2 Planar	20
2.4.3 Triplet.....	20
2.4.4 Tessar.....	21
2.4.5 Sonar.....	22
2.4.6 Distagon.....	22
2.5 Objektivy s malou disperzí.....	22
2.6 Aberace optických soustav	23
2.6.1 Vlnová aberace.....	24

2.6.2	Sférická aberace.....	24
2.6.3	Koma.....	25
2.6.4	Zklenutí a astigmatismus.....	26
2.6.5	Distorze	27
2.6.6	Chromatická aberace.....	27
2.7	Fotometrické vlastnosti optických soustav	28
2.7.1	Aperturní clona.....	28
2.7.2	Vstupní a výstupní pupila.....	28
2.7.3	Numerická apertura	29
2.7.4	Clonové číslo.....	29
2.7.5	Relativní otvor.....	29
2.7.6	Zorné pole	29
2.7.7	Clona zorného pole	30
2.7.8	Hlavní paprsek	30
2.8	Omezení paprskových svazků v optické rovině	30
2.9	Hloubka ostrosti optické soustavy.....	31
2.10	Difrakční teorie optického zobrazení.....	31
2.11	Modulation Transfer Function	33
3	Objektivy.....	35
3.1	Bausch & Lomb.....	35
3.1.1	Super Baltar	35
3.2	Canon K35	36
3.3	Cooke.....	36
3.3.1	Cooke Speed Panchro.....	37
3.3.2	Cooke S4 Prime.....	37
3.4	Carl Zeiss.....	38
3.4.1	Carl Zeiss Standard Primes	38
3.4.2	Carl Zeiss High Speed	39
3.4.3	Zeiss Ultra Prime	39

3.4.4	Zeiss Master Prime.....	41
3.4.5	Vantage Leitz Macro.....	42
3.4.6	Schneider Kreuznach.....	42
	Analytická část.....	43
4	Obecný úvod.....	43
4.1	Podmínky testování.....	43
4.2	Sledované části v testu.....	44
4.3	Světelné schéma.....	45
4.4	Poznatky z testů – aneb příště jak lépe.....	45
5	Objektivní hodnocení.....	45
6	Interpretace naměřených výsledků.....	46
6.1	Funkce přenosu kontrastu.....	46
6.2	Relativní osvětlení.....	46
6.3	Zkreslení.....	47
6.4	Barevná vada polohy.....	47
6.5	Kvalita zobrazení.....	48
6.6	Astigmatismus.....	49
6.7	Ohnisková vzdálenost.....	49
6.8	Clonové číslo.....	50
6.9	Rozměry a hmotnost.....	50
6.10	Telecentricita.....	50
7	Subjektivní analýza.....	50
7.1	Analýza čárového testu.....	51
7.2	Analýza studiových záběrů.....	51
7.3	Zajímavosti z testů.....	51
7.4	Zajímavosti, doporučení.....	52
	Závěr.....	54

Přílohy	58
8 Protokol o zkoušce z Meopty	1
8.1 Relativní osvětlení	66
8.2 Interferogramy	77
9 Testované objektivy	83
10 Seznam testů a nastavení kamery	84
11 Testy – ukázka vybraných framů.....	87

Použité symboly a zkratky

IR – Infra-red (Infračervené)

UV – Ultra-violet (Ultrafialové)

OLPF – Optical Low Pass Filter (optický nízko-pásmový filtr)

ND – Neutral Density (neutrální hustota)

A/D – Analog/Digital (analogově-digitální)

MTF – Modulation Transfer Function (funkce přenosu modulace)

BNCR – Blimped Newsreel Camera Reflex (lehká zpravodajská zrcadlová kamera)

PSF – Point Spread Function (rozptylová funkce bodu)

OTF – Optical Transfer Function (optická funkce přenosu)

Poznámka: v seznamu nejsou uvedeny symboly a zkratky všeobecně známé nebo používané jen ojediněle s vysvětlením v textu

Úvod

Objektiv je kameramanovi velkým společníkem. V průběhu času se poměrně často (obzvláště v dnešní době) mění typy kamer, jejich vlastnosti a možnosti. Objektivy naopak zůstávají stálicemi, které provázejí kameramany častokrát po celý život. Vlastnosti objektivů jsou v rukou kameramana jako typ štětce u malíře. I on volí různé vlastnosti a velikosti štětců pro své dílo. A častokrát je štětec (respektive jeho vlastnosti, které přenesou na plátno) signifikantní prvek toho či onoho malíře.

V poslední době se stává moderní natáčet s digitálními kamerami na staré objektivy. Jako kdyby se kameramani jistým způsobem vraceli do minulosti, kde hledají určitou kvalitu, konkrétní výraz. Možná je dnešní doba předigitalizovaná, obrazy jsou neuvěřitelně ostré, až oči přecházejí. A přesto se stává, že kameraman sáhne po starém, nekvalitním objektivu, aby navodil divákovi tu „správnou“ atmosféru.

Toto bakalářskou prací jsem se rozhodl proniknout do tajemství toho, proč jsou někdy staré objektivy lákavější, než ty moderní. Dovolují vůbec jejich vlastnosti použití na moderních technologiích?

V teoretické části práce se zabývám popisem kamery, se kterou jsme testování provedli a dále se věnuji objektivům a jejich vlastnostem, což je nedílná znalost kameramanů.

V praktické části analyzuji výsledky testů, které jsme provedli. Pro mne osobně byl velmi důležitý i samotný proces vzniku této práce – komunikace s jinými kameramany, s rentaly. Samotná příprava a natáčení testů a jejich analýza. Je to velmi dobrá zkušenost, kdy jsem častokrát ani netušil nebo si neuvědomil, co vše se dá na objektivěch testovat, jak to provést nebo na co konkrétního se zaměřit.

Cílem práce není najít jednoznačnou odpověď, jaký objektiv je nejlepší. Spíše je to proces hledání a přemýšlení nad možnostmi využití daných skel pro práci kameramana v dnešní době.

Teoretická část

1 Kamera

1.1 Alexa XT Plus

Vzhledem k tomu, že digitální technologie poměrně rychle stárnou, pro potřeby této práce uvádím parametry a vlastnosti kamery, se kterou jsme provedli testování všech objektivů.

V této době (rok 2016) se jedná o jednu z nejmodernějších kamer, která se využívá pro natáčení (nejen) celovečerních filmů. Pro tuto práci jsme volili Alexu XT Plus, abychom mohli na nejmodernější filmařské technologii testovat a demonstrovat využití různých, zejména starých, sad objektivů.

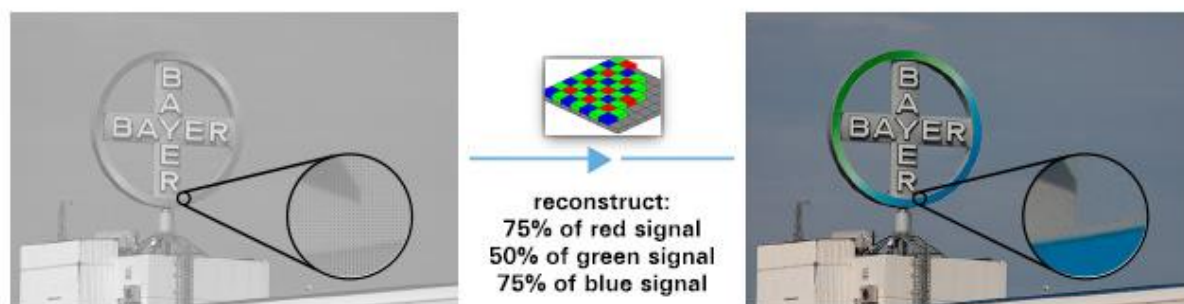
Výsledný obraz samozřejmě ovlivňuje veškerý procesing kamery, nicméně cílem této práce není zkoumání, jakým způsobem tento proces obraz ovlivňuje, ale pracuje s ním jako s danou záležitostí, kterou není možné víceméně nijak eliminovat. Nutno podotknout, že výsledný obraz sice ovlivní, ale ovlivní tak všechny testované objektivy, takže je možné tento proces „nezahrnovat“ do porovnání objektivů. Co může mít vliv na kvalitu obrazu při použití různě starých objektivů je zejména senzor a interní optické prvky před ním.

1.1.1 Senzor

Senzor (podle výrobce) nabízí vysoký dynamický rozsah, až 14 clon. Signál, když přichází na senzor, má pouze jeden kanál. Obrázek by byl tedy jen šedivý. Barevný rekonstrukční algoritmus (algoritmus – jedná se o „*předpis konečného počtu kroků, kterými je možné řešit stejnorodé úkoly, např. výpočty, programy pro počítač*“ *apod.*¹⁾) „vypočítá“ chybějící části každého pixelu, což je založeno na typu a rozložení barevných filtrů na senzoru kamery. Tomuto jevu se říká debayerizace. Alexa využívá k tomuto účelu Bayerovu masku. V dostupných materiálech není možné dohledat, jak maska vypadá a jaké je rozložení jednotlivých barevných filtrů. Nicméně rozložení barevných filtrů je takové, že 50 % senzoru odpovídá barvě zelené, 25 % barvě modré a 25 % červené.

¹(Slovník cizích slov, 2016)

Na přiloženém obrázku vidíme názorně výše popsany postup. Na levém obrázku se nachází jednokanálový signál ze senzoru, na obrázku uprostřed se nachází



Obrázek 1 – rekonstrukce RAW signálu (zdroj: www.arri.com)

Bayerova maska s údaji, kdy 50 % zeleného signálu v obrázku je interpolováno (přibližně vypočítáno z okolních signálů) z dostupného signálu, 75 % červeného signálu a 75 % modrého je také določítáno.

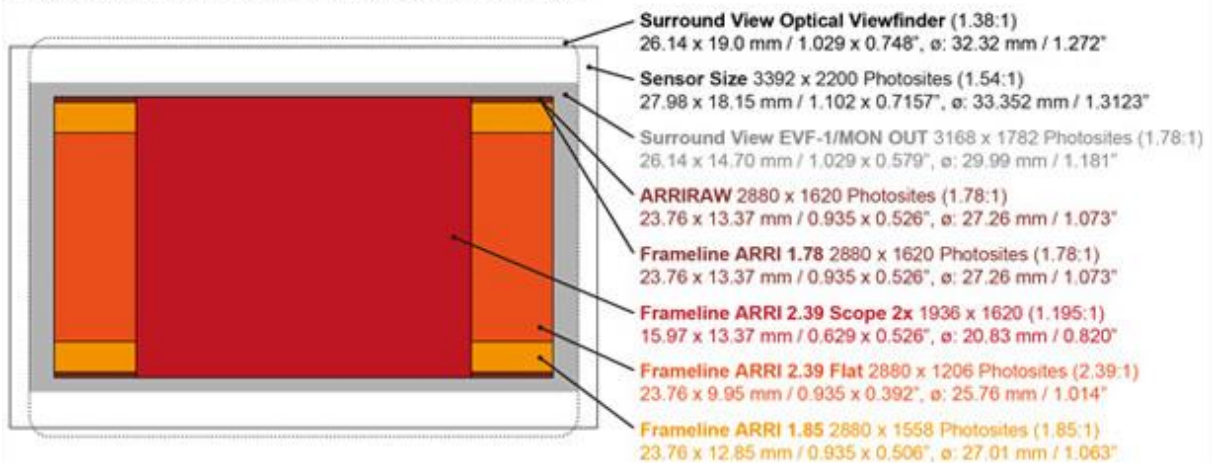
Výsledná kvalita obrázku souvisí s algoritmem debayerizace. Obecně lze říci, že jednodušší algoritmy pracují rychleji, ale s vyšší pravděpodobností barevnostních chyb.

Alexa používá vlastní senzor (ale není možné ověřit, zda ho vyvíjí a vyrábí sama nebo ve spolupráci s jinou firmou) ALEV III CMOS. Rozměry senzoru shrnuje obrázek níže. Rozteč jednotlivých pixelů (tzv. pixel pitch) lze přibližně vypočítat jako šířku senzoru v mm děleno počtem pixelů na řádek. Bohužel opět není dohledatelné, jak reálně je světlocitlivý bod veliký a jaké jsou mezi nimi mezery, proto musíme uvažovat pro další případné zpracování obrazů tuto vypočítanou „teoretickou“ hodnotu. V tomto případě se jedná o vzdálenost 8,25 μm .

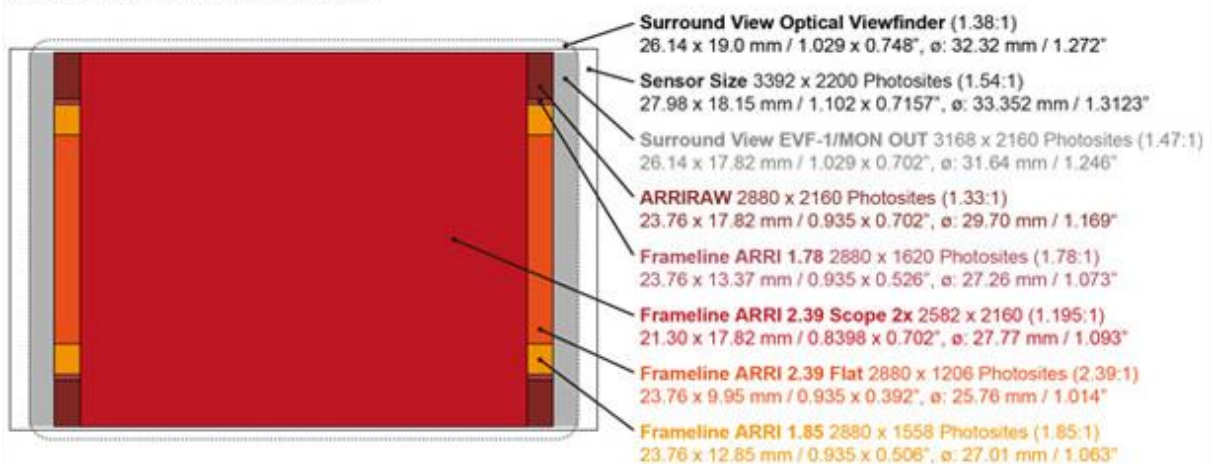
Zajímavou vlastností čipu, respektive kamery, je tzv. Dual Gain Architecture, který zajišťuje dvě samostatné cesty vyčítání informace z každého pixelu. Každé toto vyčtení je učiněno s jiným zesílením. První je „standardní“, s vysoce zesíleným signálem. Druhé vyčtení pak obsahuje signál s nižším zesílením. Oba signály obsahují 14 bitový obrázek a v A/D převodníku se zkombinují a vznikne jeden 16 bitový obrázek s vysokým dynamickým rozsahem. Tento systém má napomáhat snímání nižších hladin osvětlení a určitým způsobem eliminovat „přepaly“ v obraze.

Ve formátu ARRIRAW je pak záznam (v maximální kvalitě) 12 bit log.

ALEXA, ALEXA Plus, ALEXA M and ALEXA Studio in 16:9 Mode



ALEXA Studio and ALEXA M in 4:3 Mode



Obrázek 2 – Frameline ARRI (zdroj: <http://www.lightcrafttech.com>)

1.2 Filtry před čipem

Samotný senzor je chráněn blokem filtrů, které se starají o správnou korekci prošlého světla a (a i jeho frekvenci), aby nedošlo ke snížení kvality obrazu nebo k určitým artefaktům (i když všem se vyhnout nelze). Každý takový filtr se však stává dalším optickým elementem při cestě světla k samotnému čipu a určitým způsobem tyto filtry výsledné vlastnosti dopadajícího světla ovlivňují (většinou tedy pozitivně – proto se tam umísťují). Jedná se zejména o:

1.2.1 IR filtr

Viditelné světlo i všechny teplotní zářiče vyzařují velkou část své energie ve formě infračerveného záření. To se ihned mění na teplotní energii.

V obraze IR záření může způsobovat určitou neostrost nebo měkkost, což ve většině případů není žádoucí efekt. U filmového materiálu, který k IR záření není citlivý (relativně) tuto problematiku nebylo nutné řešit tak, jako u digitálních kamer. Proto dnes výrobci přistupují k interně zabudovanému IR filtru, který eliminuje nežádoucí frekvence světla a zabraňuje tak znehodnocení výsledného obrazu.

1.2.2 UV filtr

Přirozeným emitentem ultrafialového záření je Slunce. My světlo o této frekvenci viditelným okem nejsme schopni zachytit, ale senzory a kamery jsou k této části světelného spektra citlivé. UV záření může způsobovat snížení kontrastu případně určité namodrání, které roste se vzdáleností snímaného předmětu. Aby se tomuto efektu, který je z většiny případů nežádoucí, zamezilo, vkládá se před kamerový čip UV filtr, který paprsky o dané frekvenci odfiltruje.

Každý objektiv (zvláště ty starší) má různou spektrální propustnost v UV oblasti, což se projevuje zejména určitou barevnou nevyrovnaností. Výsledný obrázek se může zdát např. „teplejší“. Při využití UV filtru se tyto nerovnoměrnosti určitým způsobem eliminují a srovnávají.

1.2.3 Optical Low Pass Filter

Aby nedocházelo k tzv. aliasingu (falšování), který vzniká při převodu spojitého signálu na diskrétní (nespojité), umísťuje se před čip kamery antialiasingový (OLPF) filtr. Jeho úkolem je odříznout veškeré obrazové frekvence, které přesahují možnosti snímacího zařízení, aby byl dodržen Shannonův teorém a nevznikalo tak v obraze moiré.

1.2.4 ND Filtr

V dnešní době se začínají více uplatňovat interní ND filtry, které zrychlují práci, protože jejich výměna se řeší buď manuální změnou (pomocí kolečka na kameře, kdy se interně filtry před senzorem mění) nebo elektronicky (většinou variabilní ND filtry).

Například výrobce RED jako novinku uvádí možnost výměny těchto interních filtrů, kdy si zákazník může zvolit a sám vyměnit filtry určitých vlastností, které k dané práci či záběru potřebuje.

Alexa nabízí manuální vložení ND filtrů (případně filtru Clear) po instalaci tzv. In-camera Filter Module, který umožňuje právě upevnění těchto filtrů před čipem v držáku objektivů (lens mount).

Na tomto místě je třeba poznamenat, že čím více filtrů vložíme do prostoru mezi objektiv kamery a senzor, tím méně ostrý obraz bude. Každý vložený filtr do obrazového prostoru objektivu zavede do zobrazovacího procesu aberace a tedy dojde ke zhoršení kvality obrazu. Je proto lépe vkládat tyto filtry před objektiv, kde nedojde k výraznému zhoršení kvality zobrazení neboť filtry zde „pracují“ v prakticky rovnoběžném paprskovém svazku.

1.3 Nastavení kamery pro testy

Pro testy jsme se rozhodli pro formát Arri RAW, který je spojený s rozlišením 2880 x 1620 pixelů. Není to maximální rozlišení kamery, ale protože jsme chtěli sledovat zejména výtvarnou stránku kresby objektivů případně ovlivnění výsledků v postprodukcii, rozhodli jsme se pro formát raw. Citlivost jsme nastavili na 800 ISO.

2 Teoretické základy optického zobrazení

2.1 Optická soustava

Určitému uspořádání optických elementů (např. čoček, hranolů, zrcadel – v našem případě zejména čoček) se nazývá optická soustava. Jejich uspořádání je závislé na tom, jaké vlastnosti od optické soustavy požadujeme respektive jakého výsledku chceme dosáhnout. Obecně lze tuto informaci shrnout do věty, kdy je „úkolem optické soustavy (podle představ geometrické optiky) transformovat svazek paprsků do optické soustavy vstupující ve svazek paprsků požadovaných vlastností z optické soustavy vystupující.“ (Mikš, 2009)

Z optických soustav nás zajímají zejména centrované optické soustavy. To jsou takové, jejichž optické elementy jsou rotačně symetrické vzhledem ke společné normále (osa rotace). Tu nazýváme optickou osou soustavy.

Všechny objektivy a podobné optické soustavy jsou rotačně symetrické a jejich hlavním úkolem je změnit homocentrický svazek paprsků (svazek paprsků, které se protínají v jednom společném bodě) v jiný homocentrický svazek.

Základními charakteristikami optické soustavy jsou: ohnisková vzdálenost (f), clonové číslo (c) a úhel zorného pole (2ω).

Objektivy jako optické soustavy můžeme globálně rozdělit na dva hlavní segmenty – soustavy (objektivy) s konstantními optickými charakteristikami (tzv. pevná skla) a soustavy s proměnnými optickými charakteristikami (tzv. pankratické objektivy, zoomy nebo transfokátory).

2.2 Ideální optická soustava

Aby se optická soustava mohla považovat za ideální, musí splňovat tato kritéria:

1. Každému bodu předmětového prostoru odpovídá právě jeden bod obrazového prostoru
2. Každé přímce (úsečce) v předmětovém prostoru odpovídá právě jedna přímka (úsečka) v obrazovém prostoru.
3. Každé rovině předmětového prostoru odpovídá právě jedna rovina v obrazovém prostoru. (Mikš, 2009)

Taková soustava se nazývá ideální právem, protože v praxi neexistuje. Veškeré optické soustavy se jí snaží maximálně přiblížit, nicméně jsou v tomto přibližování stále patrné markantní odchylky (alespoň pokud uvažujeme standardní optické soustavy, se kterými jako kameramani přicházíme do styku).

2.3 Čočka

Nejjednodušší optickou soustavou je právě čočka. Jedná se o homogenní (stejnorodé) těleso, které je ohraničeno dvěma lámavými plochami, z nichž alespoň jedna není rovinná. Čočky se nejčastěji vyrábí z optického skla a je to vlastně základní prvek složené optické soustavy – objektivu.

Čočky můžeme základně rozdělit na spojky (mají kladnou hodnotu obrazové ohniskové vzdálenosti) a rozptylky (mají zápornou hodnotu obrazové ohniskové vzdálenosti). Základní zástupci těchto čoček jsou:

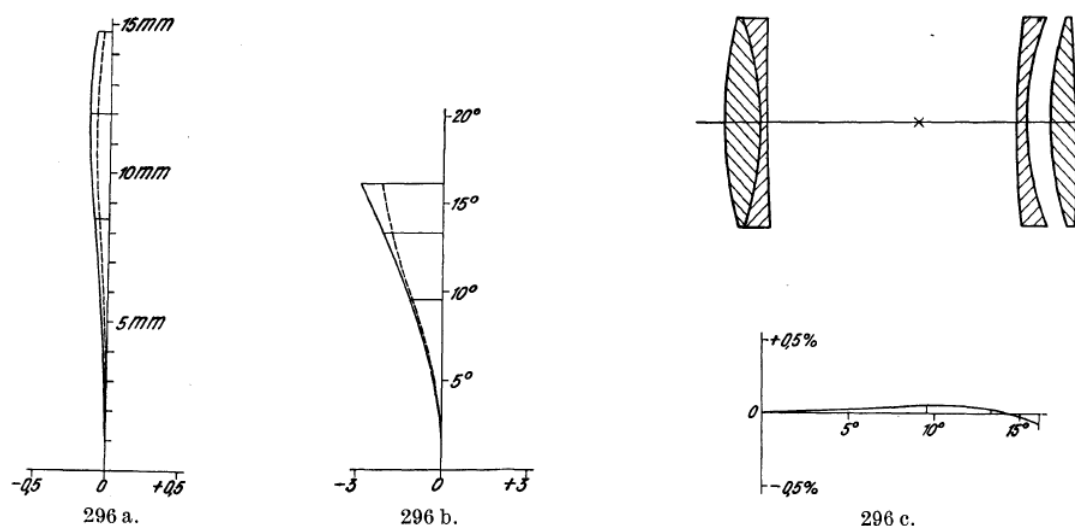
- spojka: plankonvexní, bikonvexní, menisek
- rozptylka: plankonkávní, bikonkávní, menisek

2.4 Základní typy optických soustav

Fotografický objektiv je jako zástupce optické soustavy asi nejznámější a nejvíce rozšířený.

2.4.1 Petzvalův objektiv

Nejznámějším „prvním“ kvalitním objektivem je tzv. Petzvalův objektiv (s clonovým číslem $f/3.7$), který zkonstruoval v roce 1840 nikdo jiný než J. Petzval. Schéma původního Petzvalova objektivu a jeho paprskové aberace jsou znázorněny na následujícím obrázku.



Obrázek 3 Petzvalův objektiv a jeho aberace a) sférická aberace, b) zklenutí, c) zkreslení

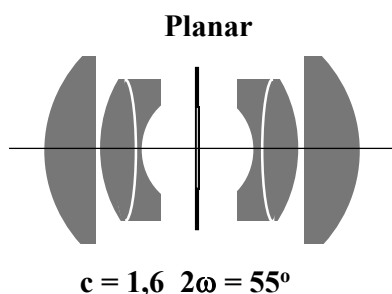
(zdroj: M. V. Rohr, Z. Instrumentenkde 1901, 49-52)

Sestává se ze dvou dvojic čoček a apertury. Objektiv sice potlačil některé aberace (např. astigmatismus), ale jiné neřešil nebo je naopak zvýraznil (např. koma).

V roce 2013 přišla společnost Lomography s ručně vyráběnými objektivy Petzval, které spojují starou tradici s moderními prvky. Takže je možné vrátit se určitou měrou do historie fotografie.

2.4.2 Planar

Dalším významným konstruktérem se stal P. Rudolph s objektivem Planar



Obrázek 4 Planar (zdroj: skripta, prof. A.Mikš)

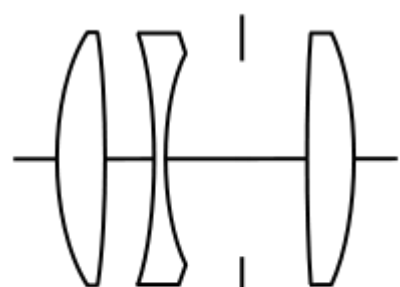
(1892), se kterým se (jako s vytvořenou optickou soustavou) můžeme setkávat i dnes (např. Zeiss Standard), protože již ve své době byl důležitým základem světelných a všech moderních objektivů.



Obrázek 5 Objektiv Planar z roku 1892 (zdroj: skripta, prof. A.Mikš)

2.4.3 Triplet

Triplet, který v roce 1894 zkonstruoval H. D. Taylor je dalším významným představitelem objektivů. Triplet například používají klenotníci ve svých lupách nebo se dávají do malých, digitálních foťáků.

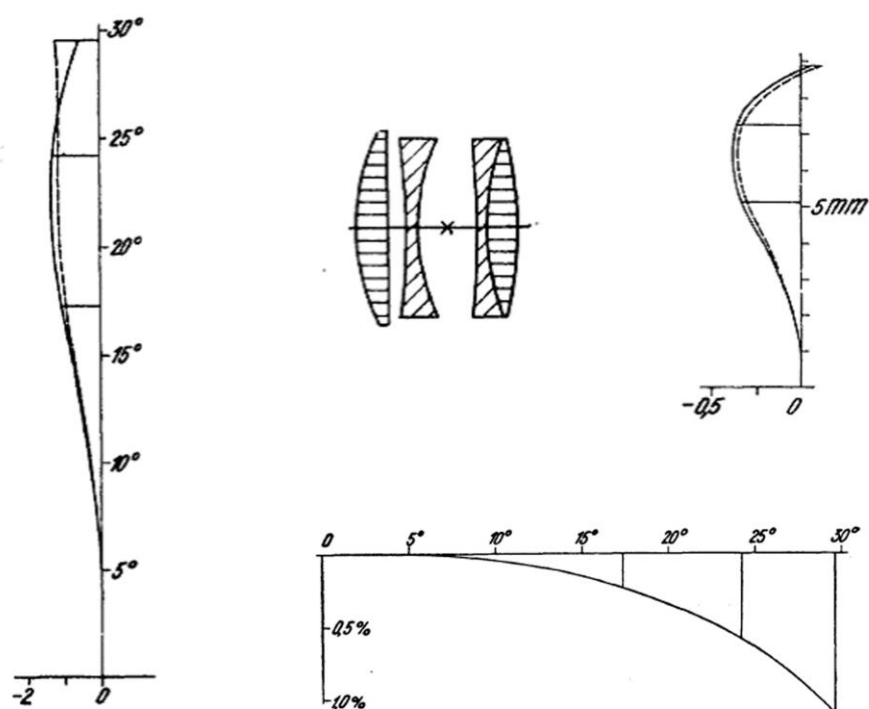


**Taylor, Taylor & Hobson
Cooke Triplet
1893**

Obrázek 6 Triplet (zdroj: www.wikimedia.org)

2.4.4 Tessar

Toho „následoval“ Tessar sestavený v roce 1902 opět Paulem Rudolphem (ten se stal jedním z nejrozšířenějších fotografických objektivů). Slovo tessar pochází z řečtiny a znamená čtyři.



Obrázek 7 Objektiv Tessar z roku 1902 a jeho aberace

2.4.5 Sonnar

Sonnar zkonstruoval v roce 1929 Dr. Ludwig Bertele a je patentovaný pod značkou Zeiss. Byl pozoruhodný svou poměrně nízkou vahou, jednoduchým designem a nízkou clonou. Pojmenování pochází z německého slova „Sonne“, které znamená slunce.

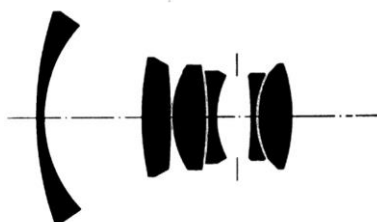


Zeiss Sonnar 50mm f/1.5, 1932

Obrázek 8 Zeiss Sonnar (zdroj: www.wikimedia.org)

2.4.6 Distagon

Distagon (jako obchodní značka Zeiss) se objevil po roce 1952 a dodnes se s ním setkáváme u objektivů. Původně byl určen pro Hasselblad 1000F. Distagon je širokoúhlý objektiv s velkým odstupem od obrázku (distagon je složenina slov distance a řeckého slova gon – úhel).



Obrázek 9 Distagon 5,6/60 (zdroj: Zeiss – Distagon)

2.5 Objektivy s malou disperzí

Dalším krokem ve vývoji fotografických objektivů bylo využití optických skel s malou disperzí („Disperzí prostředí nazýváme závislost parametrů prostředí na

vlnové délce λ světla jím procházejícího. Disperze prostředí je příčinou chromatických aberací." (Mikš, Technické základy fotografie, 2002)), díky čemuž se dosáhlo výrazného zlepšení fotografických objektivů a to zejména snížením jejich chromatických aberací (vad). To vedlo k vývoji superachromátů, které se nejvíce projevily u teleobjektivů, kde se právě chromatické aberace nejvíce projevovaly. Díky využití čoček s asférickými plochami se zjednodušila stavba optického systému a zlepšily se i jeho zobrazovací vlastnosti.

2.6 Aberace optických soustav

Aberacemi (vadami) optických soustav nazýváme odchylky zobrazení reálné optické soustavy od ideální optické soustavy (Mikš, Technické základy fotografie, 2002). Aberace mohou vznikat z několika důvodů:

- lom a odraz světla na plochách optické soustavy
- nedokonalou výrobou optických soustav
- vadami (nedokonalostmi) materiálu, ze kterého jsou vyráběny jednotlivé elementy optické soustavy

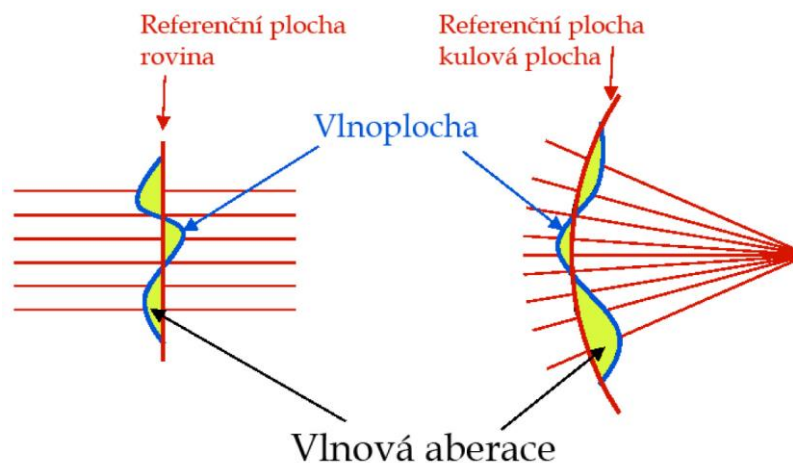
Právě sledovaná kvalita výsledného obrázku je závislá zejména na velikosti aberací jednotlivých objektivů. Obecně lze říci, že jednotlivé aberace se nejčastěji používají pro hodnocení kvality zobrazení objektivů (optických soustav). Jejich dělení se postupem času ustálilo na těchto (základních) skupinách:

- Aberace širokých svazků
 - sférická aberace
 - koma
 - sférochromatická aberace
- Aberace úzkých svazků
 - zklenutí pole – astigmatismus
 - zkreslení
 - chromatická aberace velikosti

Základní charakteristikou zobrazovacích vlastností optické soustavy je pak vlnová aberace.

2.6.1 Vlnová aberace

Ideální optická soustava zobrazí bod z předmětové roviny v obrazové rovině opět jako bod. To znamená, že bod, ze kterého vychází kulová vlnoplocha (a jejíž je středem) bude v obrazové rovině transformován opět na bod, který je středem kulové vlnoplochy v obrazovém prostoru.



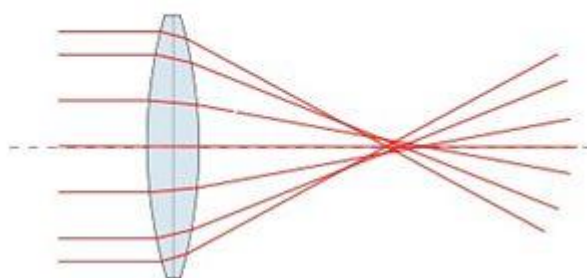
Obrázek 10 Vlnová aberace (zdroj: Diplomová práce Irena Váňová)

V naprostém množství případů je však realita odlišná právě v tom, že transformovaná kulová vlnoplocha v obrazovém prostoru je odlišná od kulové vlnoplochy v předmětové rovině. A právě odchylka reálné vlnoplochy od ideální sférické vlnoplochy se nazývá vlnová aberace. Díky tomu se paprsky vycházející z bodu v předmětové rovině neprotínají v jednom bodě obrazové roviny, ale budou se protínat v různých bodech, které pak tvoří tzv. rozptylový kroužek. Analogicky pak platí, že čím větší je vlnová aberace, tím větší je rozptylový kroužek (a kvalita objektivu je tím nižší). Snahou je tedy dosáhnout co nejmenší vlnové aberace v co nejširší spektrální oblasti.

2.6.2 Sférická aberace

Sférická aberace (otvorová vada) vzniká při zobrazení osového bodu optickou soustavou širokým paprskovým svazkem. (Mikš, Technické základy fotografie, 2002). V případě ideální optické soustavy se zobrazí osový bod z předmětové roviny do obrazové roviny opět jako bod. V případě reálné optické soustavy však dochází k tomu, že jednotlivé paprsky svazku vycházejícího z bodu v předmětové

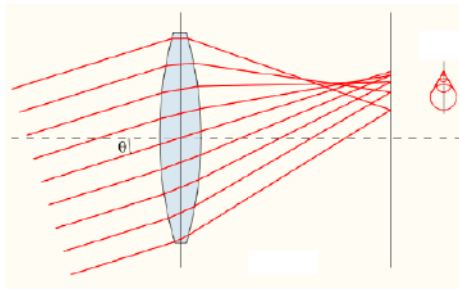
rovině neprotínají obrazovou rovinu v ideálním bodě, ale v jiné vzdálenosti od něj. Tím dochází právě ke sférické aberaci, která se projeví jako podélná sférická aberace (podélná otvorová vada – vzdálenost ideálního bodu v obrazovém prostoru od reálného protnutí paprsku a optické osy) a příčná sférická aberace (příčná otvorová vada – paprsek protíná ideální obrazovou rovinu (paraxiální obrazovou rovinu) v určité vzdálenosti od optické osy soustavy. Důsledkem sférické aberace je to, že bod se nezobrazí jako bod, ale jako kruhová ploška, což způsobuje neostrost obrazu. Proto je nutné u optických soustav (a zvláště u těch s velkou numerickou aperturou – malým clonovým číslem) korigovat tuto vadu.



Obrázek 11 Sférická aberace (zdroj: www.technet.idnes.cz)

2.6.3 Koma

Koma vzniká při zobrazení mimosového bodu optickou soustavou širokým paprskovým svazkem. (Mikš, Technické základy fotografie, 2002). V ideální optické soustavě by z mimosového bodu v předmětové rovině vycházeli 3 paprsky – hlavní (středový) prochází středem vstupní pupily, další dva svírají s tímto hlavním paprskem stejný úhel. V obrazové rovině by se pak protnuly v jednom bodě. Reálná soustava má však problémové právě protnutí všech tří paprsků v jednom bodě obrazové roviny. V tomto případě dochází k tomu, že se paprsky protínají v různých místech. Komou pak nazýváme vzdálenost mezi průsečíkem hlavního paprsku s obrazovou rovinou a středem průsečíků obou vedlejších paprsků s obrazovou rovinou.

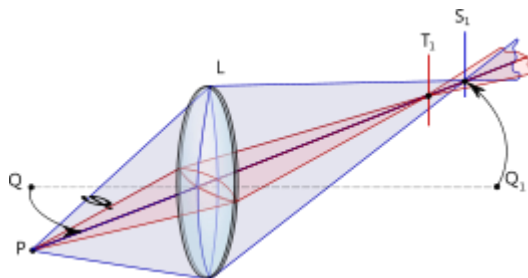


Obrázek 12 Koma (zdroj: www.jandur.cz)

Koma má na kvalitu obrazu mnohem větší vliv než sférická aberace a proto je při výrobě objektivů nutné zvláště pečlivě korigovat tuto vadu. Ta se projevuje tím, že bod se nezobrazí jako bod, ale jako obrazec podobný čárce (kometě – odtud pojmenování koma).

2.6.4 Zklenutí a astigmatismus

Zklenutí vzniká při zobrazení mimoosového bodu úzkým (elementárním)



Obrázek 13 Astigmatismus (zdroj: www.wikimedia.org)

paprskovým svazkem (jehož centrálním paprskem je např. hlavní paprsek) a projevuje se tím, že obrazem předmětového bodu B není bod, ale dvě fokály (úsečky). (Mikš, Technické základy fotografie, 2002). Zjednodušeně lze říci, že se paprsky v objektivu (optické soustavě) lámou jinak ve „vodorovném“ směru a jinak ve „svislém“ směru. Následek tohoto jevu lze ukázat na příkladu „cyklistického (např. předního) kola“, kdy v rovině paprsků, lámajících se ve vodorovné rovině má ostrý ráfek a neostrý výplet a naopak v paprscích lámajících se ve svislé rovině má neostrý ráfek ale ostrý výplet. Toto kolo bude mít vyrovnané ostrosti v místě, kde se oba tyto paprsky protínají, což ale není obrazová rovina.

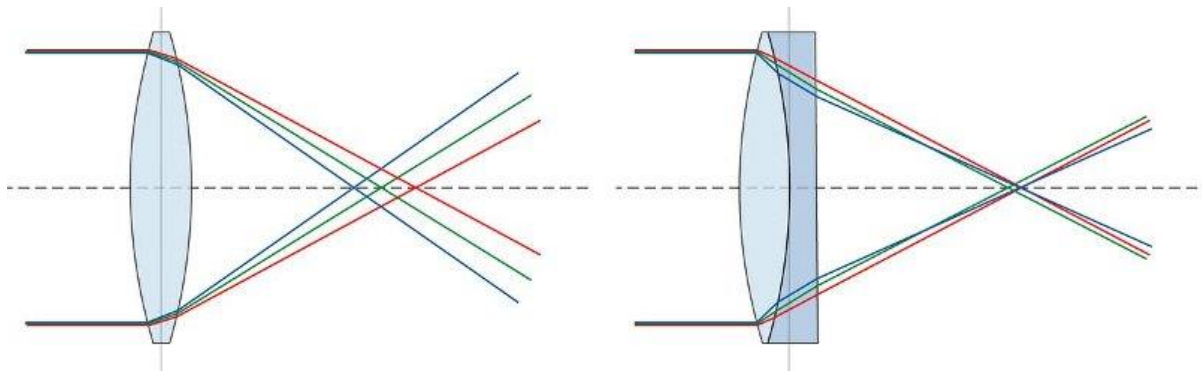
2.6.5 Distorze

Zkreslení (neboli distorze) se projevuje tím, že obraz předmětu vytvořený optickou soustavou není zcela geometricky podobný předmětu, tj. dochází k deformaci jeho geometrického tvaru. (Mikš, Technické základy fotografie, 2002) Tato aberace má za následek například situaci, kdy se přímka zobrazí jako křivka apod. Zkreslením se pak také nazývá veličina, která se vypočítá jako rozdíl vzdáleností reálně zobrazeného bodu v obrazové rovině od ideálně zobrazeného bodu.

Přímka se při této aberaci zobrazuje sice jako křivka (dochází tedy ke geometrické deformaci), ale nezhoršuje se při tom ostrost jednotlivě zobrazených bodů. Při zkreslení rozlišujeme dvě základní distorze – poduškovitou a soudkovitou.

2.6.6 Chromatická aberace

Jednou z vlastností optických materiálů je disperze, tedy závislost indexu lomu materiálu na vlnové délce záření (světla) jím procházejícího. (Mikš, Technické základy fotografie, 2002). Každému objektivu je tedy disperze „vlastní“ a má za následek to, že svazek bílého světla je po průchodu optickým systémem (díky disperzi jednotlivých optických elementů) rozložen na odpovídající spektrum paprsků příslušných jednotlivým vlnovým délkám. Tyto rozložené paprsky pak protínají optickou osu a obrazovou rovinu optické soustavy v různých bodech. Chromatické aberace můžeme mít dvojího druhu – Chromatická aberace velikosti (barevná vada velikosti) a chromatická aberace polohy (barevná vada polohy). Chromatická aberace polohy se odvíjí od toho, v jakém místě rozložený paprsek protíná hlavní optickou osu. Naopak chromatická aberace velikosti vytváří různě veliký obraz předmětu v závislosti na dané vlnové délce světla. Proto můžeme na obrázcích s chromatickou aberací velikosti vidět barevné lemování.



Obrázek 14 Chromatické aberace (zdroj: www.klub.stereofotograf.eu)

Objektivy s korekcí chromatické aberace pro dvě vlnové délky se nazývají achromáty, optické soustavy s korekcí pro tři vlnové délky se nazývají apochromáty a objektivy s korekcí čtyř a více vlnových délek se nazývají superachromáty.

2.7 Fotometrické vlastnosti optických soustav

Každá optická soustava (a objektivy nejsou výjimkou) je složena z *optických a mechanických prvků jako jsou čočky, hranoly, zrcadla, clony, objímky čoček apod., které mají vždy konečné rozměry. V důsledku toho budou paprskové svazky procházející optickou soustavou příčně omezovány (zacloněny, viňetovány), což bude mít vliv na zobrazovací vlastnosti optické soustavy a to zejména na osvětlení obrazu, zorné pole, hloubku ostrosti, rozlišovací schopnosti a kontrast obrazu* (Mikš, Technické základy fotografie, 2002).

2.7.1 Aperturní clona

Ve většině případů objektivů je aperturní clonou irisová clona (může jí být ale např. objímka jedné z čoček), která nejvíce omezuje svazek paprsků vycházející z osového bodu předmětu (to je bod ležící na optické ose soustavy).

2.7.2 Vstupní a výstupní pupila

Vstupní a výstupní pupila (pupila – *kruhový otvor, jímž do optické soustavy vstupuje nebo z ní vystupuje světelný paprsek; zornice, zřítelnice, panenka* (Slovník cizích slov, 2016)) jsou obrazy aperturní clony vytvořené částmi optické soustavy, které se nacházejí před a za aperturní clonou.

2.7.3 Numerická apertura

Numerickou aperturou optické soustavy v předmětovém respektive obrazovém prostoru nazýváme veličinu:

$$A = n \sin \sigma_K \text{ respektive } A' = n' \sin \sigma'_K$$

kde n značí index lomu předmětového prostředí, σ_K úhel předmětového aperturního paprsku (předmětový aperturní úhel), n' index lomu obrazového prostředí, σ'_K úhel obrazového aperturního paprsku (obrazový aperturní úhel). Mezi numerickou aperturou v předmětovém prostoru A a numerickou aperturou v obrazovém prostoru A' platí jednoduchá závislost a sice

$$m = A/A',$$

kde m je příčné zvětšení optické soustavy.²

2.7.4 Clonové číslo

Clonovým číslem optické soustavy nazýváme veličinu:²

$$c = \frac{1}{2A'} = \frac{1}{2n' \sin \sigma'_K} = \frac{m}{2A}$$

2.7.5 Relativní otvor

Relativním otvorem optické soustavy (objektivu) nazýváme veličinu $1:c$. Například objektiv s clonovým číslem 2,8 bude mít relativní otvor 1:2,8.²

2.7.6 Zorné pole

Zorným polem nazýváme tu část předmětového prostoru, kterou je schopna optická soustava zobrazit.²

²(Mikš, Technické základy fotografie, 2002)

2.7.7 Clona zorného pole

Clona zorného pole (polní clona) je clona (nebo objímka některé čočky), která nejvíce omezuje část předmětového prostoru zobrazovaného optickou soustavou.²

2.7.8 Hlavní paprsek

Hlavním paprskem se nazývá paprsek, který vychází z mimoosového bodu na předmětu a prochází středem vstupní pupily optické soustavy.²

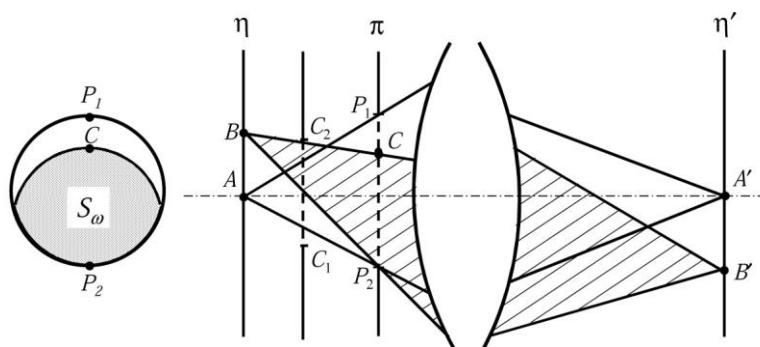
2.8 Omezení paprskových svazků v optické rovině

Oproti ideálním optickým soustavám mají v reálných optických soustavách jednotlivé elementy (clony, objímky, čočky apod.) konkrétní rozměry a tím dochází při průchodu paprsků optickou soustavou k jejich zaclonění (dochází k omezení průchodu) a to buď clonou, nebo i některou z objímek čoček. To má za následek efekt, že soustavou neprojdou všechny paprsky, které do ní vstupují. Tomuto jevu se říká vinětace (omezení, zaclonění) paprskového svazku. Vinětace má za následek efekt, kdy je jen část plochy vstupní pupily zaplněna paprsky svazku paprsků, který vychází z mimoosového bodu předmětu.

Důležitou veličinou je koeficient vinětace, který je dán vztahem:

$$K_{\omega} = \frac{S_{\omega}}{S_0},$$

kde S_{ω} je plocha, kterou vytíná předmětový paprskový svazek vycházející z mimoosového bodu předmětu v rovině vstupní pupily a S_0 je plocha vstupní pupily (zde se jedná o plochu, kterou vytíná osový předmětový svazek v rovině vstupní pupily).



Obrázek 15 Vinětace (zdroj: Technické základy fotografie)

Na koeficientu vinětace závisí například i zorné pole reálné optické soustavy. Ideální optická soustava má koeficient $K_{\omega} = 1$, kdežto reálné optické soustavy dosahují (díky aberacím) koeficientu $K_{\omega} > 1$.

2.9 Hloubka ostrosti optické soustavy

Fotografie, respektive natočené snímky, má oproti lidskému zraku nevýhodu v tom, že naši 3D realitu převádí (při standardním snímání) do 2D prostoru. S tím souvisí i schopnost optické soustavy zobrazit „ostře“ část reálného (předmětového) prostoru do obrazové roviny optické soustavy (snímku). Otázkou ovšem je, kde je hranice ostře zobrazeného respektive podle jakých kritérií ji určit.

Hlavním (klasickým) kritériem může být rozptylový kroužek. Na obrázku níže je možné vidět tři body A , A_1 , A_2 , které se promítají do obrazové roviny. Bod A se zobrazí opět jako bod. Ale například bod A_1 se na ose v obrazové části protne před obrazovou rovinou a proto se na obrazové rovině promítne jako ploška o průměru δ (průměr rozptylového kroužku). Analogicky se tak zachová bod A_2 .

Hloubka ostrosti pak vychází ze vztahu:

$$h \approx 2c \delta \left(\frac{a}{f'} \right)^2,$$

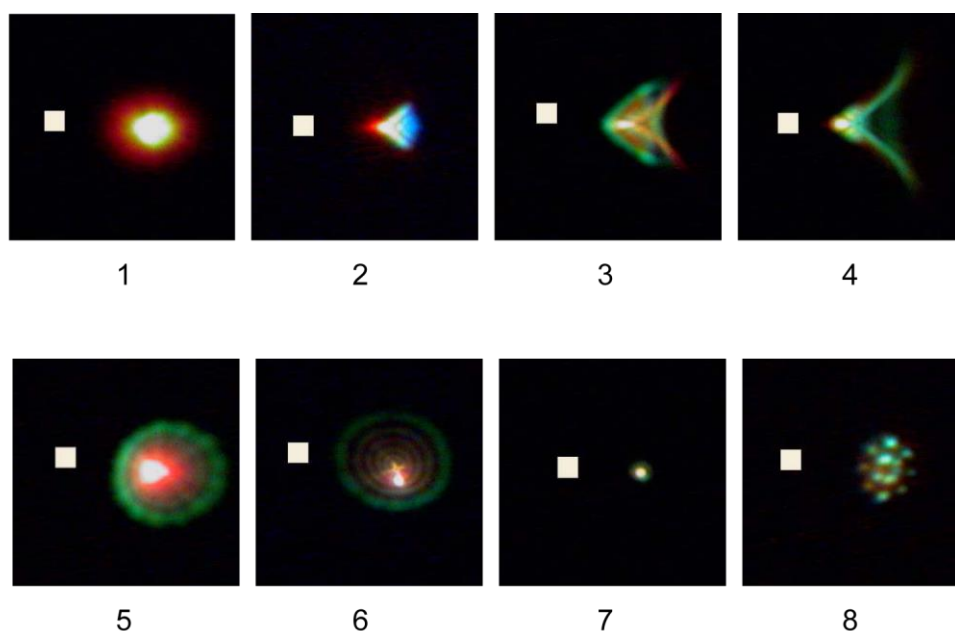
kde c je clonové číslo optické soustavy, f' je její ohnisková vzdálenost. Z toho vyplývá, že čím je zaostřený předmět dále nebo čím je vyšší clonové číslo, tím je větší hloubka ostrosti.

2.10 Difrakční teorie optického zobrazení

Ač se to zdá skoro nereálné, existuje určitá analogie mezi fotografií (respektive digitálním obrazem) a malířstvím. Tak jako malíři využívali různé štětce, které obrazu dodávaly určitý styl, i objektivy díky jejich „nedokonalosti“ – rozptylovému kroužku – dodávají výsledným obrazům odlišný styl respektive jejich vlastní „rukopis“.

Jak je možné vidět na obrázku níže, tvar PSF je někdy velmi komplikovaný a je velmi obtížné popsat ho jednoduše matematicky. Následujících šest obrázků je vytvořeno pod mikroskopem. Prvních šest obrázků jsou příkladem použitelných

(ale kvalitou středních) obrázků, které jsou typické pro high-speed objektivy s plně otevřenou clonou, širokoúhlé objektivy nebo drobné neostrosti. Jak je patrné, obrázek č. 7 je naopak příkladem vynikající obrazové kvality. Nicméně takto malý bod digitální senzory většinou stejně „nerozeznají“. Obrázek č. 8 nám ukazuje stejný případ jako na předešlém obrázku, ale před Low Pass filtrem, který je umístěný před senzorem. Jak je vidět, antialiasingový filtr radikálně



Obrázek 16 Možné průběhy PSF (zdroj: Zeiss)

mění „kvalitu“ obrazu.

Nicméně předešlá informace ukazuje extrémní situaci, kdy by se snímaly například hvězdy. V drtivé většině případů se nesetkáme s tím, že by jednotlivé „body“ byly takto osamocené. Je to spíše ukázka toho, jak může být energie v rámci PSF rozložena.

Ideální optická soustava (soustava bez aberací) zobrazuje bod jako bod. Nicméně v reálných optických soustavách se projevuje vlnová povaha světla díky konečným (reálným) rozměrům optických soustav. Při zobrazování takovou soustavou dochází k difrakci (ohybu) světla a v tu chvíli obrazem bodu není bod, ale difrakční obrazec, který se vyznačuje určitým rozdělením energie. *Rozdělení energie v difrakčním obrazci závisí na vlnové délce světla, tvaru pupily, clonovém čísle a aberacích optické soustavy.* (Mikš, Technické základy fotografie, 2002)

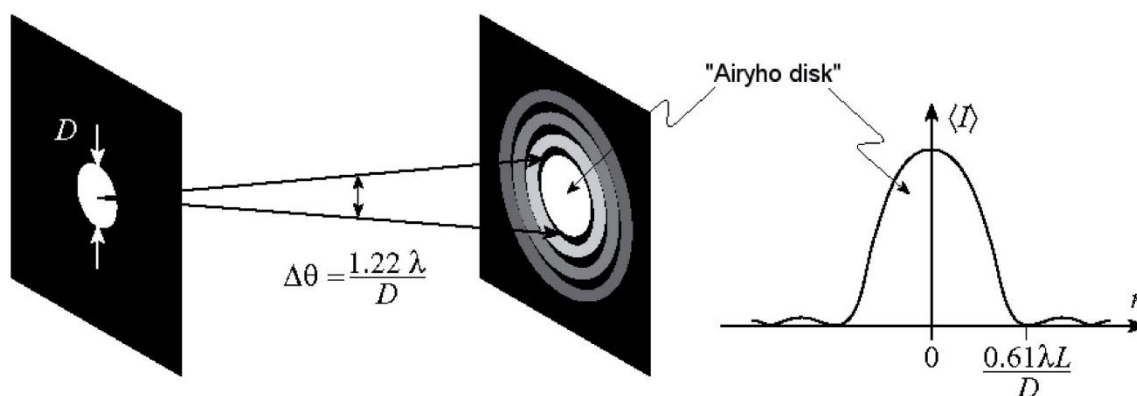
Jak ukazuje obrázek níže, optická soustava zobrazuje osový bod A a mimoosový bod B. Ideálním zobrazením by byly opět body A' a B' v předmětové rovině. Díky

vlnové povaze světla se však body A' a B' zobrazí jako difrakční obrazce, které se vyznačují určitým rozdělením intenzity světla (I_A a I_B) v obrazové rovině. Právě tomuto jevu (odezvě optické soustavy na bodový signál) říkáme PSF (rozptylová funkce bodu). Tvar PSF bude záviset na poloze zobrazovaného bodu v rovině předmětu.

Airyho disk (Sir George Biddell Airy byl astronom) se nazývá veličina, která lze vypočítat jako:

$$d_A = 2,44\lambda c$$

a jedná se o střední světlý kruh v PSF. Jeho úloha respektive jeho znalost je velmi důležitá v teorii optických soustav, tedy i objektivů. Konečný poloměr (průměr) centrálního ohybového maxima (tedy středního kroužku) určuje minimální rozměr obrazu bodového zdroje vytvořeného optickou soustavou s aperturou o průměru D . Čím větší apertura D tím větší rozlišení.



Obrázek 17 Fraunhoferův ohyb kruhového otvoru

2.11 Modulation Transfer Function

Pokud chceme zjistit, jak jsou snímané objekty zobrazeny optickou soustavou, potřebujeme k tomu určitý způsob, jak kvantitativně popsat kvalitu obrázku. Vzhledem k tomu, že se standardní obrázek skládá z nekonečného počtu bodů (pokud tedy nesnímáme např. hvězdy), používáme sinusové rozložení jasů. Tím dostaneme obrázek, který vypadá nejjednodušeji, jak je možné. Sinusoida se sestává ze světlych a tmavých proužků, které mezi sebou plynule přecházejí. Sinusoida se používá proto, že výsledný obrázek je opět sinusoida bez ohledu na to, jak komplikovaný je tvar rozptylového kroužku.

Z vlastností této sinusoidy nemají na kvalitu obrázku vliv směr proužků a frekvence (ta mění jen snímané rozmezí). Co se ale mění oproti původnímu obrázku je rozdíl v jasu mezi bílými a černými pruhy. To je z toho důvodu, že širší rozptylový kroužek zasahuje v bílé oblasti i do oblasti, která by již měla být černá, čímž se mění výsledný kontrast. Lze si to představit tak, že po měnících se černých a bílých čarách (kdy každá čára má pro představu šířku 1 mm) „jede“ rozptylový kroužek (přenáší informaci skrze optickou soustavu), který má průměr 1,5 mm. To znamená, že když je na bílém proužku, už částečně zasahuje do černého a přenáší i tuto informaci do výsledného obrázku, který se místo bílé zobrazí jako šedivý.

V optice se kontrastem označuje rozdíl mezi světlou a tmavou částí. Obecně je rozdíl mezi maximem a minimem, který se sinusově a periodicky opakuje, označován jako „modulace“ (modulation). A v případě, kdy porovnáváme modulaci originálního obrazce a zobrazeného obrázku (kdy jednoduše oba obrazce od sebe odečteme), získáváme přenosovou (transfer) vlastnost objektivu (optické soustavy), tedy modulation transfer (modulační přenos, přenos kontrastu). Ve výsledku je tento údaj vyjádřen jako hodnota 0 až 1 nebo 0 až 100%.

Kontrast obrazu (předmětu) je v optice definován takto:

$$\text{Kontrast} = \frac{\text{maximum} - \text{minimum}}{\text{maximum} + \text{minimum}}$$

Pokud se jedná například o předmět, kde jsou hodnoty v jasu (L), jedná se o rozdíl jasů dělený jejich celkovým součtem. Tzn. v jakém poměru je obrázek kontrastní (když by maximální hodnota jasu byla 2 a minimální 1, dostáváme poměr 1/3)

Základním objektivním měřítkem kvality optických systémů (objektivů) je tzv. OTF (Optical Transfer Function – Optická Funkce Přenosu), která je definována jako Fourierova transformace PSF (Fourierova transformace převádí spojitý signál – obrázek na nespojitý – frekvenční). A právě modul OTF se nazývá MTF.

Vzhledem k tomu, že snímané předměty mají většinou velmi složitou strukturu (její části mají různorodou jemnost a kontrast jednotlivých struktur), není optická soustava schopna obraz zobrazit se stejným kontrastem, jako měl snímaný předmět. Obraz tedy bude mít vždy horší kontrast než předmět. Velmi

jemné struktury soustava vůbec nemusí zobrazit nebo je zobrazí s velmi nízkým kontrastem, naopak čím větší struktura předmětu, tím roste i její kontrast v obraze.

3 Objektivy

3.1 Bausch & Lomb

Firma Bausch & Lomb byla založena roku 1853 v Rochestru v New Yorku optikem Johnem Jakobem Bauschem a finančníkem Henry Lombem (oba němečtí imigranti). Společnost se zabývala výrobou čoček do brýlí, dalekohledů a teleskopů a od roku 1883 také výrobou fotografické optiky. V roce 1892 začala spolupracovat s firmou Zeiss a na konci 19. století rozšířila výrobu o projektory, kamerové objektivy a kamerové závěrky. Založila také značku brýlí Ray-Ban v roce 1936. Bausch and Lomb vytvořil první objektivy pro CinemaScope (1952) a mj. jako první firma přinesla do obchodů v roce 1971 kontaktní čočky z Poly-HEMA (dnes je Bausch and Lomb velký výrobce právě kontaktních čoček a příslušenství k nim).

Zajímavostí je získání čestného Oskara v roce 1954 za: contributions to the advancement of the motion picture industry³ (za přínos pro rozvoj filmového průmyslu).

3.1.1 Super Baltar

Řada Super Baltar navazuje na serii Baltar a objevuje se na konci roku 1966. Je kompatibilní s nově nastupující kamerou Mitchell BNCR, která byla představena v roce 1967 a je zároveň přizpůsobena pro barevnou kinematografii.

Testované objektivy měly nové tělo objektivu s PL zámkem.

Příklady filmů, kde byly použity objektivy Super Baltar:

- 1972 – The Godfather – Gordon Willis (Francis Coppola) 35mm Mitchell BNCR
- 1974 – The Godfather II – Gordon Willis (Francis Coppola) 35mm Mitchell BNCR

³(1954 Academy Awards, 2016)

- 2007 – Margot at the Wedding – Harris Savides (Noah Baumbach) 35 mm Arricam LT
- 2013 – LaborDay – Eric Steelberg (Jason Reitman) Digital RedEpic
- 2013 – Rush – Anthony Dodd Mantle (Ron Howard) – kombinace kamer Arri Alexa, Canon EOS a dalších objektivů

3.2 Canon K35

Předchůdcem firmy Canon je Japonská firma založená roku 1933 jako Optical Instruments Laboratory. V roce 1934 přichází s prvním fotoaparátem – Kwanon – který zůstal pouze jako prototyp. V roce 1947 se společnost přejmenovala na Canon Camera Co., Inc (Kwanon odkazoval na buddhistické základy, ale „*Canon také odkazuje na Bibli, a standardy nebo zákony, kánony* (Canon, 2016)“.) S prvním objektivem (fotografický) přichází v roce 1946 (Serenar 50 mm f/3.5)

První filmový objektiv se objevil v roce 1976 a byl to výsledek spolupráce se Cinema Products Corporation. Všechny tyto filmové objektivy byly nabízeny pouze s BNCR uchycením. K-35 byla první řada objektivů, která využívala asférický povrch pro eliminaci sférické aberace.

V roce 1973 získává Canon Oskara za vývoj Canon Macro Zoom objektivu pro 35 mm film a v roce 1977 Oskara za K-35 super-speed objektivu.

Příklady filmů, kde byly použity objektivy Canon K-35:

- 1986 – Aliens – Adrian Biddle (James Cameron) Arriflex 35 III, Moviecam Super America
- 1975 – Barry Lindon – John Alcott (Stanley Kubrick) Mitchell BNC (používali i Cooke Speed Panchro a další kamery)

3.3 Cooke

U počátku dnešní firmy Cooke Optics stál jistý Dennis Taylor a firma T. Cooke & Sons z Yorku (založená 1937), což byli výrobci hvězdářských dalekohledů. Právě Dennis Taylor se snažil o eliminaci aberací a v roce 1893 sestrojil a patentoval revoluční objektiv triplet. Cooke Triplet pak byl velmi oblíbený koncept u konstruktérů fotografických skel.

Firma T. Cooke & Sons však neměla zájem vstupovat na trh s fotografickou optikou a tak práva na výrobu objektivů nabídla společnosti Taylor, Taylor & Hobson z Leicesteru. Tato firma měla velmi dobrou reputaci co se týče výroby optických produktů od roku 1886, kdy byla založena (filosofií zakladatele Wiliama Taylora bylo: „Nedělat co může udělat kdokoli; přijít s něčím novým“). Licenční ujednání mimo jiné říkalo, že objektivy budou vyráběny pod značkou Cooke.

První fotografický objektiv Cooke byl vyroben v roce 1894 a jezaložený právě na patentu Denise Taylora (mezi Dennisem a Williamem není žádný příbuzenský vztah). V roce 1895 získaly objektivy Cooke „medaily“ od Royal Photographic Society za „vylepšení objektivů v nedávné době“.

Firma Cooke se stala samostatnou v červenci 1998.

3.3.1 Cooke Speed Panchro

Cooke Speed Panchro II (S2) pro film byly distribuovány exkluzivně přes firmu Bell & Howell v Londýně a Chicagu. Tato série byla vyvinuta pro vyšší rozlišení při širokoúhlé projekci a pokrývala standardní formát 1,836 cm x 2,489 cm. Série přišla v roce 1945 s řadou 18, 25, 32, 40, 50 a 75 mm. Firma Bell &Howel dodávala některé své kamery osazené právě objektivy Cooke Speed Panchro.

Příklady filmů, kde byly použity objektivy Cooke Speed Panchro:

- 2005 – Mr. and Mrs. Smith – Bojan Bazelli (Doug Liman) Arriflex 435, Arricam LT, Arricam ST (vše v kombinaci s Cooke S4 – zde se objektivy Cooke Speed Panchro používaly pro „teplejší“ detaily a flashbacky)
- 2011 – Midnight in Paris – Darius Khondji (Woody Allen) Arricam LT, ST (v kombinaci s dalšími objektivy)
- 2014 – Mr. Turner – Dick Pope (Mike Leigh) Arri Alexa Plus, Canon EOS C500

3.3.2 Cooke S4 Prime

Objektivy Cooke S4 Prime byly dokončeny a začaly se prodávat v roce 1998. V ten samý rok získaly ocenění Cinec Award v Německu, v roce 1999 získali mechaničtí a optičtí designéři ocenění Technical Academy Award a v roce 2000 získávají objektivy ocenění Technical Emmy z Academy of Television Arts and Sciences.

Objektivy Cooke S4 využil v kombinaci s kamerou Sony F65 například Vittorio Storaro, který o nich řekl: „Využili jsme objektivy Cooke, protože pro mne jsou jedničkou díky tomu, že byly postaveny přímo pro filmové kamery. Ostatní společnosti většinou využívají fotografická skla, která upraví pro filmové využití. My jsme potřebovali opravdové objektivy pro natočení plastického pohybu světla v každém místě obrázku, od maximálního jasu po maximální tmou, zejména v polostínech, jak tomu říkal Leonardo da Vinci.“

Příklady filmů, kde byly použity objektivy Cooke S4 Prime:

- 2000 – U-571 – Oliver Wood (Jonathan Mostow) Arriflex 435, Arriflex 535 společně se Speed panchro a Nikon
- 2004 – Finding Neverland – Roberto Schaefer (Marc Forster) Arricam Studio
- 2004 – Harry Potter and the Prisoner of Azkaban – Michael Seresin (Alfonso Cuarón) Arricam LT, Arriflex 435

3.4 Carl Zeiss

Carl Zeiss se narodil v roce 1816 ve Výmaru a zemřel roku 1888 v Jeně. Po gymnáziu se stal mechanikem. V roce 1846 otevírá vlastní dílnu, kde se pouští do konstrukce mikroskopů. Chyběly mu ale teoretické základy, které doplnil spoluprací s mladým docentem Ernstem Karlem Abbe. Až ke konci 60. let 19. století se podařilo sestrojít podle výpočtů mikroskop, který byl velmi kvalitní, eliminoval z velké části aberace a stal se v profesionálním světě velmi vyhledávaným.

V roce 1890 byla založena foto-optická větev společnosti a hned v prvním roce přišla s objektivem Protar. Roku 1896 vynalézá Paul Rudolph prototyp objektivu Planar (f/3,6). Po intenzivní práci přichází v roce 1902 společnost s objektivem Tessar – „orlím okem“. Roku 1935 je vyvinuta anti-reflexní vrstva pro povrch skel (Carl Zeiss T-coating). V roce 1966 přichází na svět „nejrychlejší“ objektiv – Planar 0,7/50

V roce 1999 dostává Zeiss společně s Arri Oskara za objektivy Master Prime.

3.4.1 Carl Zeiss Standard Primes

Původní série byla vyvinuta pro Arri (Arriflex) a je předchůdkyní objektivů Zeiss High Speed (v U.S. Super Speed). Tato řada byla vydána na konci 60. let 20.

stol. Na počátku 80. let pak vyšla řada Mark I se značením T2.1. Tato série (stejně jako předešlá) již měla antireflexní vrstvy. V polovině 80. let pak přišlo další vylepšení v podobě robustnějšího těla se zámkem PL. Jediný rozdíl této Mark II série oproti první je v mechanické části, optická část zůstala nezměněna.

Příklady filmů, kde byly použity objektivy Standard Primes:

- 1996 – Fargo – Roger Deakins (Joel, Ethan Coen) Arriflex 35 BL4
- 2001 – A Beautiful Mind – Roger Deakins (Ron Howard) Arriflex 435 ES, Arriflex 535 B a další sady objektivů

3.4.2 Carl Zeiss High Speed

Objektivy High Speed (v Americe jako Super Speed) poprvé spatřily světlo světa v roce 1975 se sloganem: *„Nejvýkonnější objektivy dostupné pro natáčení dokonce i za svitu svíček“* (Diaz-Amador, The History of High Speed Cine Lenses, 2016). V roce 1983 přichází novější verze těchto objektivů kompatibilní se zámkem ARRI PL 54 s maximální clonou T-stop T1.3.

Objektivy High Speed byly vyráběny v omezené míře od roku 1984 do roku 2004, kdy evropská unie zakázala používání olova, které se využívalo k výrobě některých skel High Speed.

Verze Mark II (kterou vlastní v tuto chvíli i FAMU) měla nové tělo s integrovaným ostřícím ozubeným kroužkem a byla kompatibilní jen se zámkem PL. Tato řada přišla na trh na počátku roku 1984.

Příklady filmů, kde byly použity objektivy High Speed:

- 1997 – Jackie Brown – Guillermo Navarro (Quentin Tarantino) Movie Compact Camera
- 2013 – Nymphomaniac II – Manuel Alberto Claro (Lars von Trier) Arri Alexa Plus
- 2010 – Sherlock (serial) – Arri Alexa (objektivy Super Speed II a Cooke S4)

3.4.3 Zeiss Ultra Prime

Objektivy Ultra Prime byly uvedeny v květnu 1999. Oproti předešlým sériím (Standard Prime a High Speed) se tělo objektivu od zámků až po přední kroužek

sestává z jednoho kusu a celý optický systém je v něm ukrytý. Každá síla, které je objektiv vystavován (například tlak předního clip-on kompendia nebo kroutící tah na ostřicí kroužek) se přenáší přímo na zámek a neovlivňují optické elementy uvnitř.

Konstrukce objektivu zaručuje také u všech ohnisek v sadě nepohyblivost žádného vnějšího členu při ostření, ani pozice ostřicího a clonícího kroužku se při použití nemění.

Objektivy typu Distagon (všechny objektivy v sadě s ohniskovou vzdáleností menší než 50mm) používají pohyblivý systém při ostření, kdy přední skupina čoček zůstává fixovaná, zatímco zadní část je pohyblivá. Toto řešení snižuje aberace objektivu a zakřivenost pole při kratších zaostřených vzdálenostech. To je změna oproti předešlým objektivům, které byly korigovány zejména pro nekonečno.

Díky novým výrobním procesům mohly objektivy zůstat ve výrobě i po roce 2004 (kdy byly EU zavedeny seznamy látek, které se nesmějí ve výrobcích objevit, mimo jiné arsen a rtuť, kterou předešlé sety obsahovaly).

Díky novým antireflexním vrstvám a antireflexnímu nátěru je eliminován výskyt náhodných světelných paprsků, čímž se zvýšil kontrast a barevná čistota. Udává se, že všechny objektivy v této řadě si drží vysoké MTF (přes 90%) při rozlišení 10 čar/mm (viz také objektivní testy níže v této práci).

Objektivy z této řady mají 9 clonových listů (High Speed jich mají 7). Celá řada je provedena v T1,9 kromě ohnisek 8 mm a 10 mm.

Tato řada je dodávána ve spolupráci s ARRI, kdy Zeiss provedl vývoj a výrobu a ARRI řeší prodej a obchod.

V roce 2001 byla vydána verze ARRI Lens Data System (LDS) – systém dat objektivu. Tyto objektivy mají optiku, interní kryt a ostřicí mechanismus z původních Ultra Prime objektivů, ale vnější plášť (včetně ostřicí stupnice, clonové stupnice a PL zámku) a LDS systém jsou nové a dodány vídeňskou větví firmy ARRI.

Příklady filmů, kde byly použity objektivy Ultra Prime:

- 1999 – Stuart Little – Guillermo Navarro (Rob Minkoff) Moviemac Compact
- 2015 – Youth – Luca Bigazzi (Paolo Sorrentino) Red Epic Dragon

- 2001 – Black Hawk Down – Slawomir Idziak (Ridley Scott) Arriflex a Moviecam se skly Angenieux
- 2001 – Amélie – Bruno Delbonnel (Jean-Pierre Jeunet) Arriflex 435 ES, Arriflex 535
- Celá sága Lord of the Rings – Andrew Lesnie (Peter Jackson)

3.4.4 Zeiss Master Prime

Prototypy objektivů byly vyrobeny v roce 2004 a již o rok později byly ve spolupráci s firmou ARRI uvedeny na trh. Hned na počátku byla celá sada poměrně rozsáhlá a obsahovala objektivy o délce ohnisek 16, 18, 21, 25, 27, 32, 35, 50, 65, 75 a 100mm. V dalších letech pak do sady přibyly objektivy 12, 14, 135 a 150 mm. Všechny jsou ve verzi „high speed“, čili s minimální clonou 1,3.

U objektivů Master Prime se konstruktéři zaměřili na vyřešení problému „dýchání“ (mění se velikost obrázku při ostření), který je u velkého množství objektivů způsoben tím, že se při ostření pohybují všechny optické členy a tím se oddalují nebo přibližují od senzoru, čímž vzniká ono „dýchání“. Zeiss tento problém vyřešil dvěma způsoby: u objektivů do ohniskové vzdálenosti 40 mm (typ Distagon) je jen jedna skupina optických členů, která se pohybuje při ostření, tzn. přední i zadní členy zůstávají statické. U objektivů 50 mm a více (typy Planar a Sonnar) jsou 2 pohyblivé skupiny optických členů (přední zůstává statická), které se vůči sobě navzájem pohybují různou rychlostí.

Objektivy mají vylepšenou antireflexní vrstvu T*XP a byla vyvinuta „lepší“ černá barva pro nátěr hran objektivu, aby se co nejvíce eliminovaly nežádoucí odražené paprsky světla.

Master Primy jsou první objektivy, které od svého počátku obsahují systém LDS (všechny komponenty LDS jsou opět dodávány vídeňskou ARRI).

Příklady filmů, kde byly použity objektivy Master Prime:

- 2013 – seriál House of Card – Red Epic, Red Epic Dragon
- 2015 – Sicario – Roger Deakins (Denis Villeneuve) Alexa XT M, Alexa XT Plus, Alexa XT Studio
- 2015 – The Danish Girl – Danny Cohen (Tom Hooper) Red Epic Dragon

- 2006 – Babel – Rodrigo Prieto (Alejandro G. Iñárritu) Arrical LT a další kamery a objektivy

3.4.5 Vantage Leitz Macro

Leica je německá optická firma, zabývající se také výrobou fotoaparátů. Její předchůdce byla firma Ernst Leitz GmbH, proto je někdy možné spatřit objektivy Leitz nebo Leica.

Leica vzniklo složením prvních tří písmen příjmení Ernsta Leitze a další dvě pak ze slova „camera“. V roce 1913 vyrobily první prototyp fotoaparátu. Leica byl prakticky první výrobce, který vyrobil fotoaparáty pro standardní 35 mm film. První objektiv Leicy byl 50 mm f/3.5 založený na Cooke tripletu.

Bohužel se mi nepodařilo zjistit, jaké konkrétní objektivy Leica jsou použity pro Vantage Leitz, protože se jedná o fotografická skla s upraveným korpusem pro filmové kamery.

3.4.6 Schneider Kreuznach

Firma Schneider (celým jménem Jos. Schneider Optische Werke GmbH) byla založena v roce 1913 Josephem Schneidrem v Německu v Bad Kreuznach.

V roce 2001 získal Schneider Oskara za objektivy Super-Cinelux.

Testované objektivy se mi bohužel nepodařilo dohledat, ale s největší pravděpodobností se jedná o objektivy, které se dodávaly pro kamery Arriflex.

Analytická část

4 Obecný úvod

4.1 Podmínky testování

V úvodu je nutné poznamenat, že výchozí podmínky nebyly ideální. Uvádím to z toho důvodu, abych vysvětlil jednotlivé kroky testů. Ale musím podotknout, že i když mohla být výchozí situace lepší a testy provedeny kvalitněji, nic to nemění na tom, že pro mne osobně měl celý proces velký přínos a doufám, že i výsledky testování budou použitelné pro někoho dalšího.

Průběh testů, respektive jaké konkrétní testy natočit, jsem připravil ve spolupráci s vedoucím práce Petrem Hojdou a oponentem, panem prof. Mikšem. Jednalo se o sérii extrémních podmínek, které by ukázaly chování jednotlivých objektivů a různých obrazců, které nám měly pomoci odhalit případné jednotlivé aberace objektivů.

Celý proces pak probíhal bez jakékoli finanční podpory, takže testy bylo možné udělat jen díky ochotě firmy Vantage, která zapůjčila zdarma takřka veškerou techniku, studiu Barrandov, kde jsme mohli testy provést, a laboratorní projekci na Barrandově, kde jsme obraz následně mohli zanalyzovat.

Kameru jsme zvolili Alexu, abychom měli nejmodernější dostupnou záznamovou techniku. K ní jsme se snažili sehnat původně 4 sady objektivů s různorodým rozptylem vlastností a zejména jejich stáří. Nakonec se podařilo sehnat dohromady 10 sad objektivů, kdy 8 z nich bylo zapůjčeno z Vantage, jedna ze školy (Zeiss High Speed) a jedna od soukromníka (Schneider). Pro samotné testy se sešla více než zajímavá kombinace objektivů, ale bohužel kvůli časovým možnostem (z Vantage byla možnost zápůjčky pouze na jeden den) to bylo velmi náročné.

Z každé sady jsme zvolili 3 „základní“ objektivy o ohniskových vzdálenostech 25 mm, 50 mm a 85 mm, nebo ohniscích, které se těmto hodnotám blížily. Na každém objektivu jsme testovali 2 clony – $f/2,8$ (společná nejnižší clona pro všechny objektivy) a $f/5,6$ jako „standardní“ clonu.

Ve studiu v tu dobu probíhala likvidace staré a stavba nové dekorace (kvůli časové vytíženosti to byl jediný „volný“ prostor ve studiu), takže jsme pro testy mohli využít malý koutek se zbytkem dekorace z jiného projektu. Z časových a

prostorových důvodů jsme tedy nakonec přistoupili k testu procházející osoby z „neutrálního prostředí“ přes difúzní protisvětlo až do tmavého prostředí. Testovací obrazce jsme pak kvůli vzdálenosti kamery od testů museli nasnímat v chodbě Krátkého filmu.

V rámci celé práce jsem chtěl provést i hodnotící projekci, kdy by se za účasti studentů a profesorů kamery provedlo subjektivní hodnocení nasnímaných testů, ale bohužel kvůli časovým možnostem a přesunutí klauzurních projekcí (při kterých se testy měly pustit) z Barrandovské laboratorní projekce na FAMU nakonec k tomuto hodnocení nedošlo. Analýzu obrazu jsme proto provedli jako „subjektivní“ popis jednotlivých vlastností a aberací objektivů.

Díky panu prof. Mikšovi jsme následně mohli 2 testované sady objektivů (Super Baltar a Ultra Prime) zavézt do Meopty Přerov, která nám (ve velmi omezeném čase) provedla objektivní změření vlastností jednotlivých objektivů.

4.2 Sledované části v testu

V části, kdy jsme prováděli testy ve studiu s pohybující se postavou, jsme sledovali zejména tyto momenty v obraze:

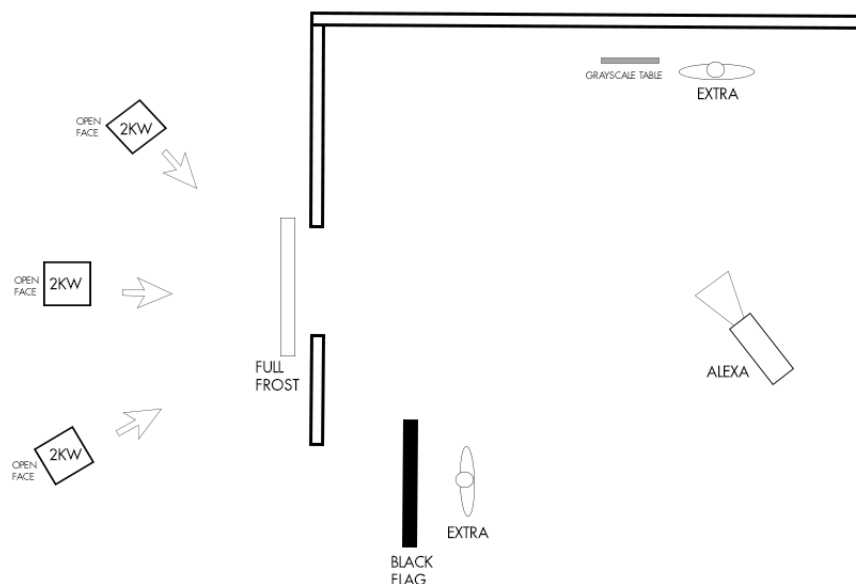
- šedá tabulka
- vlasy figuranta (jemná struktura)
- protisvětlo – fléry a „měkkost“ světla (jeho přeliv) kolem okna zejména přes černou hranu černého sametu
- postava v tmavé části
- přechod mezi bílou a černou (jednak mezi oknem a černým sametem a následně pak i v konci záběru mezi bílou a černou plochou)

V části, kdy jsme snímali testovací obrazce, jsme pak sledovali zejména:

- rozlišovací schopnost objektivu
- vinětaci
- chromatické aberace

4.3 Světelné schéma

Na obrázku níže je zobrazené světelné schéma, které zachycuje rozmístění světel při natáčení testů ve studiu, tzn. protisvětlo, šedá tabulka apod.



Obrázek 18 Světelné schéma testů

4.4 Poznatky z testů – aneb příště jak lépe

Díky časovému presu nebylo možné podrobit objektivy důslednějším testům, jak jejich optickým vlastnostem (reálné natáčení), tak například vyzkoušení jejich mechanik ostření a clonění, stavbě jejich těla apod. Pro dobré zvládnutí testů je třeba přesně stanovit, jaké cíle je nutné sledovat a k nim připravit konkrétní kroky, jak testy provést. Velmi důležitá je dostatečná časová dotace.

Dále je potřeba vše důkladně zaznamenat, nafotografovat všechny skutečnosti, aby bylo možné z těchto poznámek dále vycházet.

5 Objektivní hodnocení

Ze všech testovaných sad objektivů jsme měli možnost dvě sady otestovat v Meoptě Přerov a změřit tak objektivní vlastnosti těchto objektivů v laboratorním prostředí.

Na testy byly vyčleněny pouze tři dny, což na dovezené množství objektivů bylo velmi málo. Nicméně i tak vznikl protokol měření, který alespoň částečně (v rámci časových možností) popisuje objektivně optické vlastnosti daných soustav.

Protokol je přiložený v rámci příloh této práce. V příloze jsou také fotografie z laboratoří, kde probíhala měření objektivů.

6 Interpretace naměřených výsledků

Dovolil bych si provést alespoň jednoduchou, základní interpretaci naměřených hodnot pro lepší orientaci. Jedná se spíše o obecné závěry, pro konkrétnější a detailnější závěry je třeba vycházet z výsledného protokolu.

6.1 Funkce přenosu kontrastu

Jakým způsobem funguje přenos kontrastu (MTF) je popsáno výše v této práci. Obecně je graf složen ze dvou na sebe kolmých stupnic. Vertikální osa udává v procentuální míře MTF, čili s jakým kontrastem optická soustava přenesla zobrazovaný předmět. Horizontální osa pak udává obrazovou výšku y' , tj. v jaké vzdálenosti od optické osy je MTF měřena. Následně jsou v grafu vyneseny údaje pro tangenciální směr světla (vertikální) a radiální (horizontální).

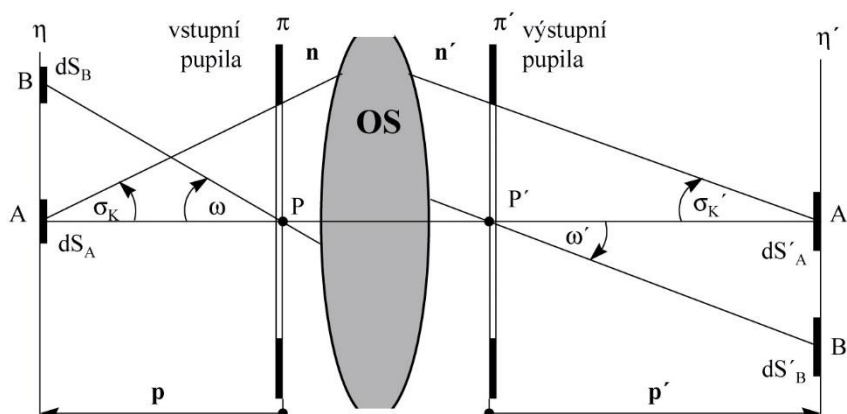
Dle výsledných grafů si z testovaných objektivů nejlépe vedl Arri Planar 85 mm. Všechny jeho naměřené hodnoty jsou víceméně konstantní po celé obrazové rovině. Jasně je zde také vidět, jakým způsobem se zlepšuje přenos kontrastu, kdy u clony 1,9 je MTF kolem 80 %, u clony 2,8 pak 85 % a u clony 5,6 je to již cca 93 %.

Poměrně zajímavá je charakteristika u objektivů Baltar 50 mm a 75 mm, kde nejnižší možná clona má poměrně nekvalitní podání (i když všechny údaje nad 50 % MTF jsou stále pro „normální“ využití v pořádku). Zajímavý je ale skok mezi clonami 2,3 a 2,8, který se na první pohled může zdát velmi malý, ale z grafů je patrné, že jde o poměrně zásadní změnu kvality.

Všechny objektivy při cloně 5,6 vykazují podobné vlastnosti přenosu MTF přes 90 %.

6.2 Relativní osvětlení

Relativní osvětlení pracuje s „úbytkem“ světla objektivu směrem od optické osy k okraji. Jedná se o poměr osvětlení v určité obrazové výšce k osvětlení na



Obrázek 19 Relativní prosvětlení (zdroj: skripta Optika 1 A. Mikš)

optické ose ($E = E_B/E_A$)

Osvětlení E_B lze vypočítat ze vztahu:

$$E_B = E_A K_\omega \cos^4 \omega$$

kde K_ω je koeficient vinětace. Obrazovou výšku (vzdálenost $A'B'$) lze vypočítat ze vztahu:

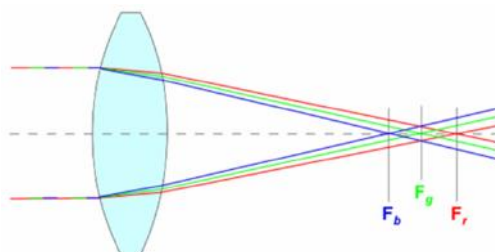
$$y' = -f' \operatorname{tg} \omega$$

6.3 Zkreslení

Zkreslení udává, jaké je v dané obrazové výšce zkreslení. U „širších skel“ čím vyšší obrazová výška, tím horší (až neměřitelná) kvalita. Naopak u „dlouhých skel“ (viz např. Arri 85 mm) je díky menšímu snímacímu úhlu zkreslení nižší.

6.4 Barevná vada polohy

Barevná vada polohy nám ukazuje, s jakým vychýlením se zobrazí jednotlivé vlnové délky na optické ose. V případě, kdy jsou odchyšky vyšší, dochází k rozostření a případně i barevnému překryvu hran.



Výsledky je potřeba vnímat komplexně pro všechny vlnové délky. Zajímavý je například opačný průběh u vlnové délky 481 nm, kdy objektivy Arri mají (velmi nízkou) kladnou odchylku, kdežto objektivy Baltar mají odchylku zápornou. Z objektivů Baltar vyniká především 50 mm. Nicméně ve většině případů objektivy Ultra Prime mají menší barevnou aberaci než objektivy Baltar.

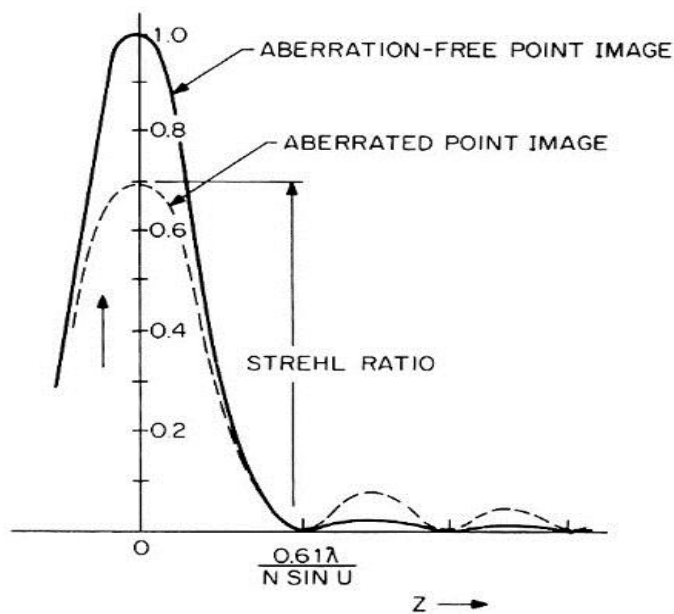
6.5 Kvalita zobrazení

Kvalita zobrazení je v současné době posuzována pomocí dvou hlavních kritérií a to pomocí Strehlovy definice a funkce přenosu kontrastu (MTF). Dalším kritériem je tzv. přechodová charakteristika optické soustavy, která nám charakterizuje „hranovou ostrost“ optické soustavy. V některých případech se jako pomocná kritéria používají i paprskové aberace pro svojí jednoduchost a názornost. Např. objektivy s velkým astigmatismem budou mít malou hranovou ostrost, i když přenos kontrastu může být poměrně dobrý.

Strehlova definice je používána pro optické soustavy nejvyšší kvality jako jsou např. mikroskopové nebo litografické objektivy, kde Strehlova definice dosahuje hodnot blízkých číslu 1 a to v celém zorném poli těchto optických soustav. Funkce přenosu kontrastu zde nemá praktický význam.

V případě optických soustav s velkými aberacemi jako jsou např. fotografické a snímací objektivy nemá Strehlova definice význam, neboť je velmi malá. Pro tyto typy objektivů má naopak velký význam funkce přenosu kontrastu.

Strehlova definice je pojmenována po Karlu Strehlovi, který toto měření navrhl. Velmi úzce souvisí s rozptylovou funkcí optické soustavy (PSF). Strehlova definice ideální optické soustavy (viz obrázek níže) dosahuje hodnoty 1, kdežto optická soustava zatížená aberacemi vždy dosahuje hodnoty nižší. Strehlova definice nám udává poměr maximální hodnoty PSF optické soustavy s aberacemi k maximální hodnotě PSF optické soustavy bez aberací. Čím je tedy toto číslo vyšší, tím se více blíží ideální hodnotě a tím je optická soustava „kvalitnější“.



Obrázek 21 Strehl (zdroj: <https://ned.ipac.caltech.edu>)

U změřených objektivů nejvíce vybočuje z řady Baltar 50 mm, který má velmi nízkou hodnotu. Například proti Baltaru 25 mm je to poměrně velký rozdíl.

6.6 Astigmatismus

Vliv astigmatismu je vysvětlen v jiné části této práce. Zde se jedná o astigmatismus měřený při určité vlnové délce světla a naměřená hodnota nám udává odchylku naměřené vlnoplochy od vlnoplochy ideální. Čili čím nižší číslo, tím lepší. Zde je naopak rozdíl mezi objektivy Ultra Prime 24 mm a dalšími dvěma měřenými Ultra Primy.

Přiložené Interferogramy (Interferometr je přístroj pro velmi přesné měření, jehož princip je založen na interferenci světla) pak ukazují kombinaci všech naměřených hodnot i kvality vlnoplochy.

6.7 Ohnisková vzdálenost

Zde je přehled efektivních ohniskových vzdáleností změřených za určitých podmínek. Nejpřesněji odpovídá Ultra Prime 24 mm a Baltar 75 mm, kde je odchylka pouze 0,04 (respektive 0,05).

6.8 Clonové číslo

Opět laboratorní měření, které ukazuje „reálná“ clonová čísla. Zde zaujme zejména nejnižší clonové číslo objektivů Ultra Prime, které výrobce uvádí jako 1,7, ale reálně to jsou hodnoty 1,8 (respektive 1,9). Naopak u objektivů Baltar je naměřené clonové číslo nižší než uvádí výrobce.

6.9 Rozměry a hmotnost

Zde bych poukázal zejména na „standardizovaný“ maximální průměr u Ultra Prime a naopak různé průměry u Baltaru a fixní délku u Ultra Primů a opět měnící se délku u Baltarů 50 mm a 75 mm, což je dáno jejich starší konstrukcí.

6.10 Telecentricita

Poslední z měřených údajů je telecentricita. Ta nám udává (zjednodušeně), zda na obrazovou rovinu dopadá hlavní paprsek svazku vodorovně s optickou osou (telecentrické objektivy) nebo pod jiným úhlem. V případě filmové suroviny tento údaj nehrál závažnou roli, problém však nastává u digitálních snímačů. Pokud na ně dopadá světlo pod jiným než kolmým úhlem, dochází k úbytku světla (nepronikne všechno do světlocitlivého elementu, ale „zarazí“ se o hrany) nebo způsobí jiné potíže. Proto by na všechny digitální kamery měly být použity telecentrické objektivy.

Ani jeden z měřených objektivů toto kritérium nesplnil (oba však byly vyráběny v letech, kdy se točilo na filmovou surovinu). Bohužel jsme neměli možnost vyzkoušet rozdíl při nasnímání testu telecentrickým a netelecentrickým objektivem, takže nemohu posoudit, zda je tento „problém“ zásadní či nikoli.

7 Subjektivní analýza

Subjektivní analýzu jsme provedli (díky společnosti Cinepost) v gradingové hale Evropa na Barrandově. Testy se promítaly z projektoru Barco 2K a obraz byl přizpůsoben velikosti pixelu kamery, čili se promítalo v rozlišení pixel to pixel. Na celkovou analýzu byly bohužel možné jen dvě hodiny.

7.1 Analýza čárového testu

Čárový test jsme kvůli prostorovým podmínkám museli vytvořit za improvizovaných podmínek na chodbě krátkého filmu zejména kvůli odstupu při natáčení „dlouhými skly“. Abychom dosáhly vyššího rozlišení, využili jsme poměrně rozsáhlou plochu, na kterou jsme umístili 5 testů.

Při projekci jsme sledovali zejména zobrazení horizontálních a vertikálních čar. Subjektivně jsme zhodnotily zajímavý efekt, kdy všechny objektivy zobrazily test do 4 čar, a další dvě hodnoty (6 a 9 čar) již nezobrazily. Při porovnání všech objektivů to byl poměrně překvapivý výsledek. Nicméně v tomto případě se domníváme, že zobrazení vyššího počtu čar zamezil Low Pass filtr, aby nedošlo ke vzniku moiré.

Hranová ostrost jednotlivých testů byla poměrně různorodá, ale vzhledem k polním podmínkám natáčení testů je možné, že tyto nepřesnosti vznikly např. nedokonalým zaostřením objektivu.

7.2 Analýza studiových záběrů

Testovací záběry ve studiu jsme koncipovali tak, abychom vytvořili pro objektivy extrémní podmínky. Nebylo tedy použito žádné kompendium ani filtry. Při testu jsme se snažili dodržet stejné podmínky pro všechny objektivy, ale kvůli stísněným a v některých ohledech improvizovaným podmínkám se to ne vždy podařilo na 100 %.

Nicméně obecně lze říci, že nejzajímavější jsou z testů barevná podání objektivů, fléry respektive lom světla v objektivu a například způsob, jakým si objektivy poradily se silným světlem v okně.

Tyto testy jsou poměrně subjektivní záležitostí, respektive nemá velký význam popisovat jednotlivě chování objektivů a jaké vlastnosti se projeví. V tomto ohledu je nejlepší se na testy (např. na přiloženém DVD) podívat.

7.3 Zajímavosti z testů

Z testů bych si dovolil vybrat několik zajímavostí:

Barevné podání se u některých objektivů lišilo velmi mírně, ale například u Cooke S2 75 mm se jednalo o velmi „teplé“ podání barev oproti zbytku sady i ostatním

objektivům. Na DVD tento rozdíl není tak markantní, protože je zde použita nízko-contrastní LUDka. Při použití kontrastnějšího podání je tento efekt více markantní. Nicméně toto je zrovna vlastnost objektivu, kterou jsme velmi lehce gradingem srovnali s jinými záběry.

V některých případech se velmi intenzivně projevil barevný flér (barva nebyla stejná u všech objektivů) ve tvaru apertury. Například u objektivu Zeiss High Speed 25 mm f/5.6 je toto patrné. Nicméně jakmile jsme provedli stejný test, ale při cloně 2.8, flér zcela zmizel nebo se stal méně konkrétním (díky většímu otvoru apertury).

Naopak někde se projevil fléry i se zpětným odrazem modelu (například Super Baltar 50 mm f/5.6). Fléry se objevují zejména u starších skel, která nemají antireflexní vrstvy na všech potřebných optických členech nebo tehdejší technologie nedovolovala vyšší kvalitu těchto vrstev. Nicméně toto je efekt, kterého se v postprodukcí docílí velmi komplikovaně a naopak se velmi komplikovaně (až nemožně) odstraňuje.

U objektivu Super Baltar 50 mm f/2.8 se také projevila poměrně rozsáhlá „vinětace“, respektive světlo zde v určitých chvílích vytvořilo na kraji objektivu část kruhové viněty. Zde šlo s největší pravděpodobností o „nežádoucí“ lom světla v objektivu.

Dalším poměrně zajímavým „efektem“ je rozprostření světla kolem okna. Některé objektivy (Například Cooke S2) kolem okna vytvořily velmi měkkou světelnou korónu (určité rozlité světla), jiné (např. Ultra Prime) se v tomto směru projeví velmi „čistě“. Zde se jedná opět o „efekt“, který je postprodukčně velmi obtížně (až nereálně) přidatelný/ubratelný.

7.4 Zajímavosti, doporučení

V případě, kdy použijeme objektivy s nekorekcí sférické aberace, dochází k novému optickému jevu. Je to způsobeno tím, že před samotným čipem kamery (světlocitlivými elementy) je většinou umístěna skleněná ochrana, infračervený (IR) filtr a Optický nízko pásmový filtr (OLPF), které mají určitou tloušťku. Tato sestava určitým způsobem odstraňuje sférické aberace. Můžeme tedy říci, že staré objektivy bez korekce sférické aberace mají na digitální kameře „lepší“ vlastnosti než na kameře filmové.

Moderní filmové kamery mají své negativní specifikum ve vytváření určité mřížky způsobené rozložením světlocitlivých elementů na čipu a také svou maximálně dokonalou MTF, což způsobuje velmi ostré podání obrazu. Tuto vlastnost díky své „nedokonalosti“ staré objektivy určitým způsobem eliminují.

U starých objektivů může při ostření docházet k určitému posunu ostroty, což je ještě umocněno filtry před senzorem. Proto se doporučuje u těchto skel nepracovat systémem: odclonit – zaostřit – zaclonit, ale ostřit na clonu, na kterou se bude natáčet.

Clonění způsobuje snížení rozlišovací schopnosti optické soustavy. Důvodem tohoto jevu je difrakce světla na pupile optické soustavy. Například pro vlnovou délku 546 nm je při cloně 1,4 (u fyzikálně dokonalé optické soustavy) maximální rozlišení 1308 čar/mm, u clony 2,8 je to již jen 654 čar/mm a u clony 11 jen 166 čar/mm.

Závěr

Cílem této práce bylo porovnat staré a nové objektivy na digitální kameře. V průběhu jsme se zaměřili i na vhodnosti využití starých objektivů na moderních kamerách. Nicméně z celého procesu lze vyvodit několik závěrů.

Samotný proces testování je potřeba důkladně připravit a mít na něj dostatek času. Nám se podařilo shodou okolností shromáždit pro testy 10 různých sad objektivů, ale bohužel tato kvantita se odrazila na kvalitě testování. Z časových důvodů jsme tak nestihli všechny typy testů, které jsme chtěli provést. Dále je dobré zaznamenávat všechny možné informace velmi detailně a systematicky, aby se z nich dalo vycházet, případně je zpracovávat po delší době. V neposlední řadě je důležité stanovit si přesné cíle měření a tomu podříditi další okolnosti. Například při testech mě napadlo, že i trochu jiný pohyb při švenku může mít důsledek na výsledný obrázek, respektive objektiv pak může jinak vykreslit vstupující světelné paprsky.

Na přiložených DVD lze nalézt všechny natočené materiály. Je také z každého záběru vytvořeno několik obrázků, které jsou u všech natočených záběrů vzaté ze stejného místa, a které lze alespoň orientačně využít pro porovnání. V přílohách této práce lze najít výběrovou ukázkou tohoto porovnání.

Bohužel (nebo bohudík?) není možné stanovit jednoznačné závěry testů a měření. Objektivní testy z Meopty sice ukázaly konkrétně, jak si na tom který objektiv stojí, ale obecně lze film natočit i na „horší“ Super Baltar i na „lepší“ Ultra Prime. Oba zvládnou přenést předmětovou rovinu do té obrazové, každý s jinými vlastnostmi.

Při subjektivní analýze testů nás zaujala skutečnost, že v rámci čárového testu se zobrazily pouze části do 4 čar, kdežto ty s „vyšším rozlišením“ čili 6 a 9 čar již žádný objektiv nezobrazil. U Master Primů se dalo při 6 čárách vytušit jakési přechody mezi černou a bílou, ale bylo to velmi nepřesné. Svoji roli na této skutečnosti hraje snímací vzdálenost od obrazců. Nicméně je dobré si uvědomit, že kamera (respektive její Low Pass filtr) je pravděpodobně určitou hranicí pro všechny optické soustavy, a i když se použije sebelepší objektiv, tyto „vlastnosti“ kamery vždy všechny „srovnají“ na podobnou úroveň. Je to samozřejmě možná otázka daného rozlišení a typu kamery, nicméně princip bude zachovaný u všech. Filtry před senzorem, nebo samotný senzor, budou limitující pro každou optickou soustavu.

Z testů, které jsme provedli ve studiu, je patrné, že každá sada objektivů si s daným „zadáním“ poradí jinak. A s velkou pravděpodobností by jiná sada stejného typu objektivů zobrazila danou skutečnost s určitou odlišností. U starších objektivů se projevovaly zejména jejich antireflexní vrstvy (respektive jejich absence), ale naopak v jiných situacích tato skutečnost vytvořila zajímavý efekt.

Staré objektivy mají pro digitální kameru určitě jeden kladný vliv. Snižují určitou „přeostrěnost“ čipu a eliminují svým způsobem strukturu (mřížku), kterou vytvářejí uspořádání světlocitlivých elementů na čipu. Ale posouzení, zda je pěkný flér u nějaké sady, nebo zda je jeho měkkost dostatečná, nebo zda je barevné podání v pořádku, už závisí na každém kameramanovi jednotlivě. Je sice možné popsat a velmi přesně změřit aberace každého objektivu, ale jeho vhodnost k natočení určité scény už posoudí jen oko konkrétního umělce. Dokonce je možné setkat se s přístupy, kdy se kombinují staré a nové objektivy, například nové pro široké záběry (kde starší skla vypadají neostře) a naopak staré objektivy pro detaily, protože mají krásnou kresbu a měkkost.

Dobré a přesné zvládnutí stanoveného cíle poměrně překračuje možnosti zvládnutí v rámci této práce. Nicméně i samotný proces byl pro mne velmi důležitý, takže v tomto směru rozhodně splnila práce svůj účel. Pokud budou natočené výsledky pro někoho užitečné, bude to jako další bonus k samotné bakalářské práci.

Bibliografie

1. A. Mikš, *Aplikovaná optika*, Vydavatelství ČVUT, Praha 2009. ISBN 978-80-01-04254-0
2. M. Jiráček, A. Mikš, V. Opočenský, J. Růžek, P. Scheufter, M. Spěvák, P. Stýblo, M. Urban: *Technické základy fotografie*. 1.vyd. Praha: Komora fotografických živností, 2002. ISBN 80-02-01492-8.
3. S. F. Ray: *Applied photographic optics*, Focal Press, New York, 2002. ISBN 0240515404, 9780240515403
4. G. Schröder: *Technická optika*, SNTL, Praha 1981
5. J. Fuka, B. Havelka: *Optika*, SPN, Praha 1961.
6. M. Pavlinec, *Svetlo, optika a osvetľovanie vo fotografii*, SVTL, Bratislava 1963.
7. <http://diglloyd.com/index-free.html>
8. *1954 Academy Awards*. (9. Srpen 2016). Načteno z Infoplease: <http://www.infoplease.com/ipa/A0148625.html>
9. Arri. (10. Srpen 2016). *Alexa XT Plus*. Načteno z Arri: https://www.arri.com/camera/alex/a/cameras/camera_details/alex-a-xt-plus/
10. *Bausch and Lomb*. (9. Srpen 2016). Načteno z Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Bausch_%26_Lomb
11. Canon. (14. srpen 2016). *Canon Camera Museum*. Načteno z Global.canon: <http://global.canon/en/c-museum/product/film2.html>
12. Canon. (14. srpen 2016). *Heritage*. Načteno z Canon: <http://glassfirst.usa.canon.com/heritage/>
13. Diaz-Amador, J. (9. Srpen 2016). *Super Baltar*. Načteno z Cinema Technic: http://cinematechnic.com/optics/super_baltar
14. Slovník cizích slov. (11. srpen 2016). *Pojem algoritmus*. Načteno z www.slovník-cizich-slov.abz.cz:
15. Diaz-Amador, Jorge. The History of High Speed Cine Lenses. *Cinematechnic.com*. [Online] 29. srpen 2016. http://cinematechnic.com/optics/high_speed_cine_lens_genesis.
16. Diaz-Amador, J. Lens Profiles – Carl Zeiss Super Speed Cine Prime Lenses Part 2. *Cinematechnic.com*. [Online] 29. Srpen 2016. http://cinematechnic.com/optics/zeiss_super_speed_f1-2_lenses_pt2.

17. shotonwhat? Shotonwhat? *Shotonwhat?* [Online] 29. srpen 2016.
<https://shotonwhat.com/lenses/zeiss-standard-speed-primers>.
18. Katedra Radioelektroniky. Mereni_MTF. *radio.feld.cvut.cz*. [Online] 29. srpen 2016.
<http://radio.feld.cvut.cz/courses/D37LBR/materialy.php?akce=dlf&zdroj=vpm&fkey=25&xtgt=2f686f6d652f53657276696365732f7777772f68746d6c2f6564755f6465706f742f2f5833374f4246..>
19. H.H.Nasse. *How to Read MTF Curves*. místo neznámé : Carl Zeiss, 2008.
20. Cooke. History. *Cooke Optics*. [Online] 28. srpen 2016.
<http://www.cookeoptics.com/t/history.html>.
21. Fyzikální ústav UK. Difrakce. *fu.mff.cuni.cz*. [Online] 29. srpen 2016.
<http://fu.mff.cuni.cz/biomolecules/media/files/courses/Difrakce.pdf>.

Přílohy

8 Protokol o zkoušce z Meopty

Meopta - optika, s.r.o. - Podniková zkušebna



PROTOKOL O ZKOUŠCE

označení: IX - M - 1624

dodatek č.: 0

Druh zkoušky:	informativní
Výrobek:	objektiv, zobrazovací
Typové označení:	Objektivy ARRI a Bausch&Lomb
Výrobce:	ARRI, Bausch&Lomb
Zadavatel:	ČVUT Praha
Počet kusů:	6
Čísla zkoušených výrobků:	8859255, 8859970, 8859607, 201225, 200920, 200919

Do zkušebny došlo dne: 7. 6. 2016

Zkouška ukončena dne: 9. 6. 2016

Manažer podnikové zkušebny: Ing. Jan Lankaš

"Obsah tohoto protokolu je majetkem zadavatele. Nesmí být bez jeho svolení ani rozmnožován, ani obkreslován, ani přechováván, ani třetí osobě vydán a nesmí se použít k jinému účelu, než k jakému byl svěřen. Mimo to je chráněn jako výrobní a obchodní tajemství předpisy o nekalé soutěži." Originál protokolu včetně kompletace všech příloh je uložen v Podnikové zkušebně Meopta - optika, s.r.o.

Objektiv fotografický

Objektivy ARRI a Bausch&Lomb

Dne 7. 6. 2016 bylo do Podnikové zkušebny předáno celkem 6 ks objektivů pro filmové kamery (3 ks od výrobce Zeiss-ARRI a 3 ks od výrobce Bausch&Lomb) s požadavkem na změření vybraných parametrů:

- 1) Funkce přenosu kontrastu (MTF) pro bílé světlo a pro předmětovou rovinu v nekonečnu
- 2) Relativní prosvětlení
- 3) Barevnou vadu polohy

Vzhledem k tomu, že objektivy bylo nutné vrátit dne 9. 6. 2016, bylo dohodnuto změření dalších optických parametrů dle časových možností. Bylo dohodnuto, že měření proběhne pro formát obrazového pole: 24x18 mm a pro clonová čísla, $c = 2.8$ a $c = 5.6$, popř. pro plně otevřenou clonu.

Pozn. U objektivů Arri bylo v názvu objektivu uvedeno clonové číslo 1,7, tato hodnota ale nebyla uvedena na točičku clony a maximální otevření clony (doraz) odpovídalo hodnotě clonového čísla cca 1,9.

Dodané objektivy:

Arri Ultraprime Distagon 1,7/24, v.č. 8859255; **Arri Ultraprime Planar 1,7/50**, v.č. 8859970; **Arri Ultraprime Planar 1,7/85**, v.č. 8859607; **Bausch&Lomb Super Baltar 2,3/25**, v.č. 201225; **Bausch&Lomb Super Baltar 2,3/50**, v.č. 200920; **Bausch&Lomb Super Baltar 2,3/75**, v.č. 200919

Foto měřených objektivů:

Arri 1,7/24



Arri 1,7/50



Arri 1,7/85



Bausch&Lomb 2,3/25



Bausch&Lomb 2,3/50



Bausch&Lomb 2,3/75

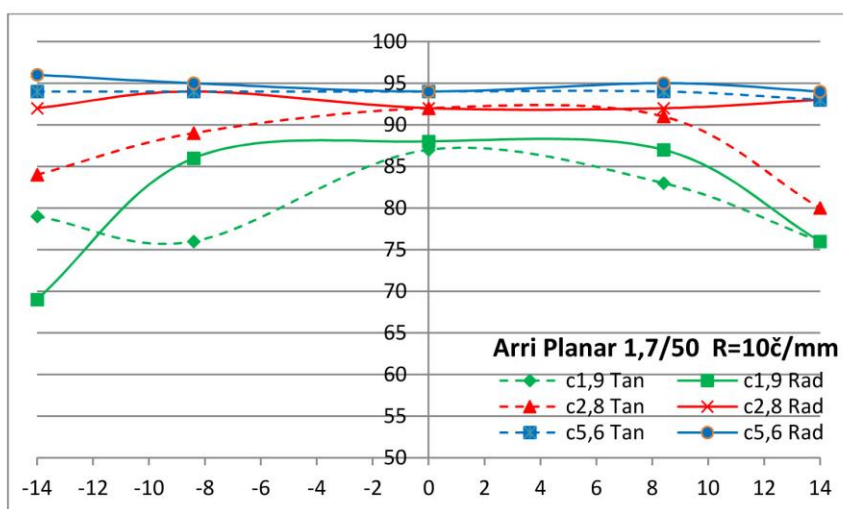
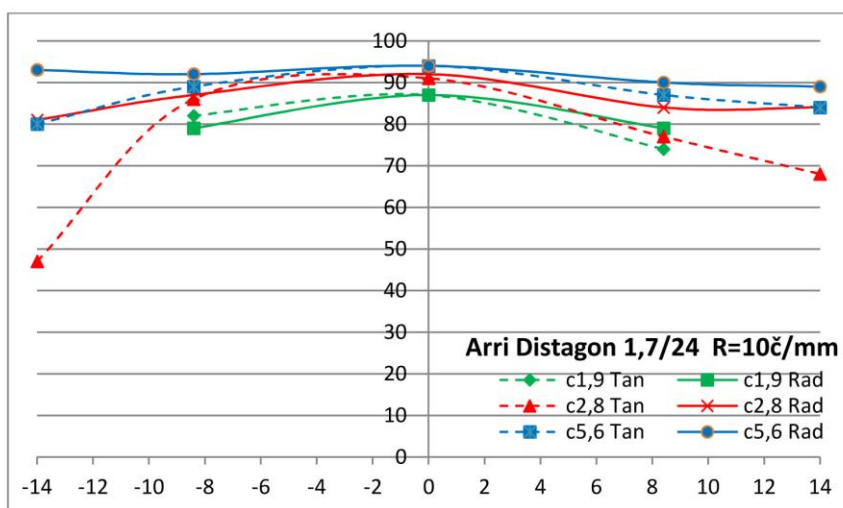


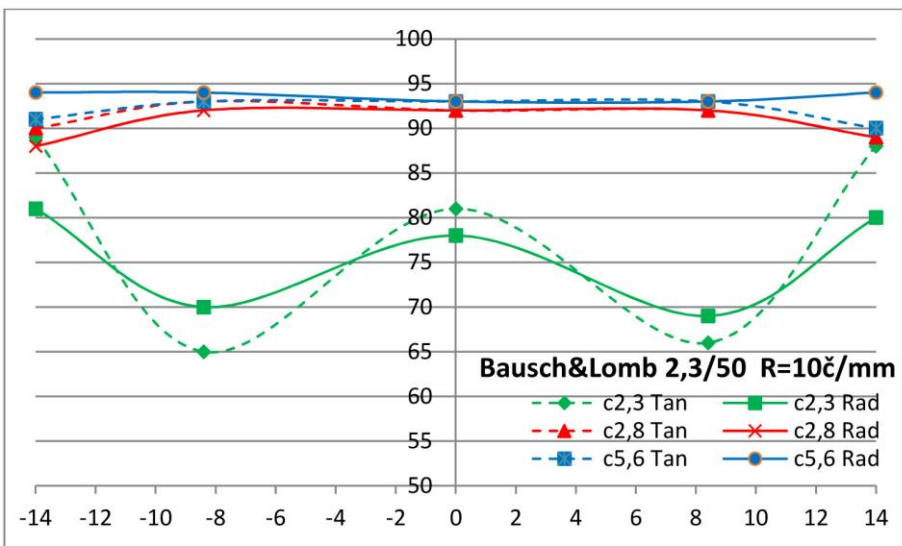
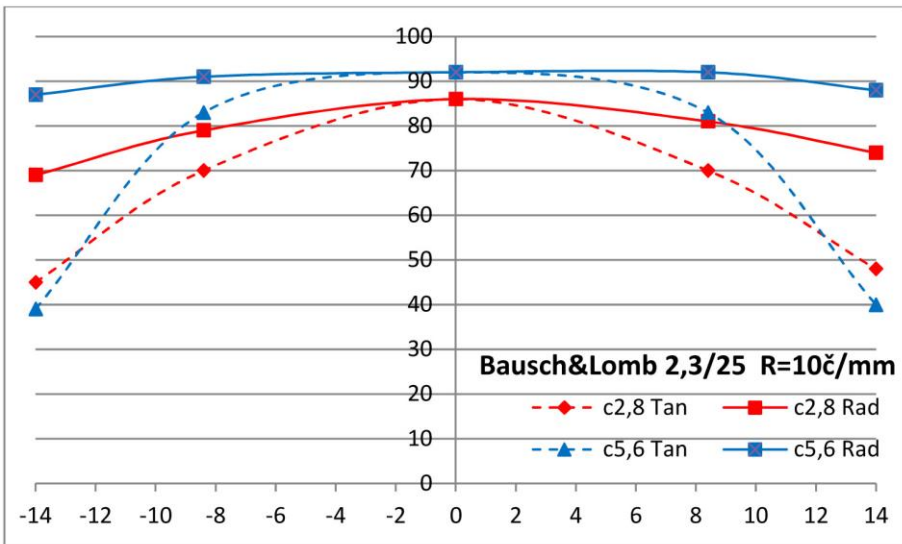
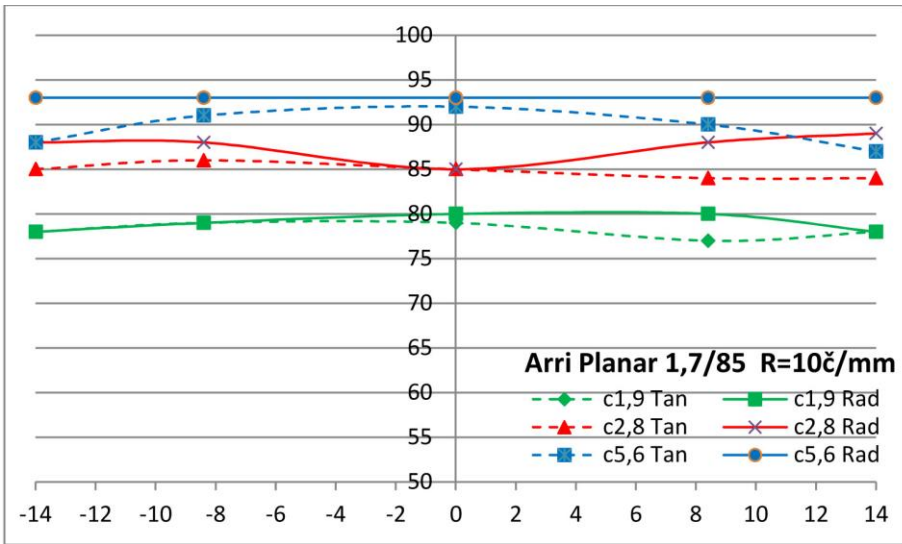
Výsledky měření:

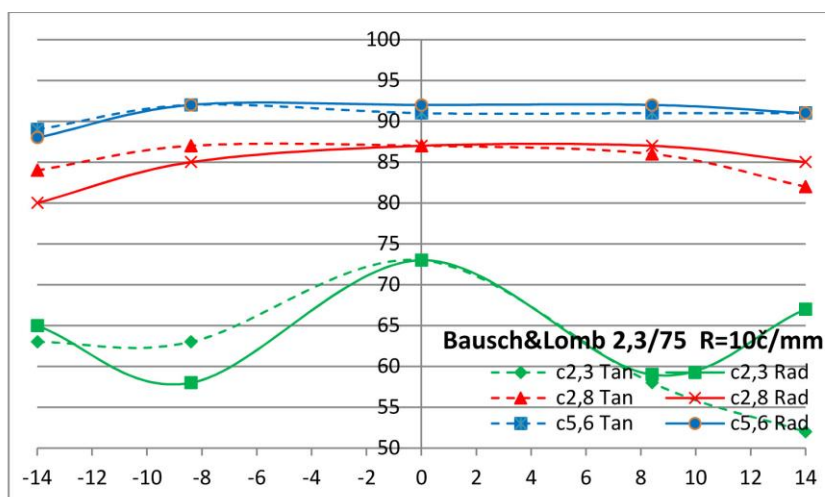
1. Funkce přenosu kontrastu

Funkce přenosu kontrastu byla měřena pro předmět v nekonečnu, osvětlovačem byla halogenová žárovka 2700K s IR cut filtrem f14 (z vybavení Podnikové zkušebny); detektor: kamera JAI CV-A10GE. Měření bylo provedeno na optické ose a pro obrazové výšky 8,4 a 14 mm. Měření bylo provedeno pro clonová čísla 2,8 a 5,6 (popř. pro plně otevřenou clonu).

Grafy kontrastu pro prostorovou frekvenci $R=10$ č/mm v závislosti na obrazové výšce a clonovém čísle jsou uvedeny níže. Tyto grafy jsou uvedeny pro zaostření do obrazové roviny s přibližně maximálním kontrastem na optické ose objektivu. U obrazových výšek se projevuje zklenutí v tangenciálním i radiálním směru, proto volba optimální obrazové roviny podléhá subjektivnímu posouzení.







U objektivů s krátkými ohniskovými vzdálenostmi s plně otevřenou clonou nejsou uvedeny výsledky měření pro obrazovou výšku ± 14 mm – při měření s minimálním clonovým číslem a velkým obrazovým úhlem již dochází k ořezání zobrazovacích paprsků aperturou použitého mikroskopového objektivu.

Grafy kontrastu v závislosti na zaostření pro jednotlivé obr. výšky, clonová čísla a prostorovou frekvenci 10 č/mm jsou dále uvedeny v přílohách 3-1 ÷ 3-17.

2. Relativní prosvětlení

Objektivy byly proměřeny pro obrazovou výšku min 18 mm, v případě nízké hodnoty signálu do výšky 15 mm, resp. 16 mm.

Typ ARRI byl měřen při dvou clonových číslech: 1,9 resp. 2,8; typ Bausch&Lomb při cloně 2,8. Grafy měření jsou v přílohách 4-1 ÷ 4-9.

3. Zkreslení

	Zkreslení pro obrazovou výšku:		
	$y' = 14$ mm	$y' = 15$ mm	$y' = 18$ mm
Arri 1,7/24	-2,5%	neměřeno	neměřeno
Arri 1,7/50	-2,3%	-2,6%	neměřeno
Arri 1,7/85	-0,59%	-0,62%	-0,90%

Poznámky:

- měřeno pro clonové číslo 2,8
- „neměřeno“ - vzhledem ke zhoršené kvalitě obrazu nehodnoceno

4. Barevná vada polohy

Barevná vada polohy (podélná) byla změřena jako rozdíl zaostření obrazu na optické ose pro vlnové délky 546 nm, 644 nm, 482 nm a 442 nm. Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce. Měření bylo provedeno pro plně otevřenou clonu objektivu. Kladná hodnota odpovídá vzdálenějšímu obrazu od objektivu.

Barevná vada [mm]	546 nm	644 nm	481 nm	436 nm
Arri 1,7/24	0	0,070	0,003	0,037
Arri 1,7/50	0	0,060	0,008	0,079
Arri 1,7/85	0	0,082	0,003	0,117
Bausch&Lomb 2,3/25	0	0,116	-0,067	-0,101
Bausch&Lomb 2,3/50	0	0,066	-0,015	0,012
Bausch&Lomb 2,3/75	0	0,102	-0,022	0,034

5. Kvalita vlnoplochy

Měřeno při maximálním clonovém čísle na interferometru ESDI ve středu obrazového pole pro vlnovou délku 633 nm. Výstupní pupila zamaskována na 95% maximálního průměru vstupní pupily.

Kvalita vlnoplochy	Strehl	Astigmatismus [λ]	Koma [λ]	SA3 [λ]
Arri 1,7/24	0,38	0,25	1,12	0,46
Arri 1,7/50	0,75	0,07	0,40	0,90
Arri 1,7/85	0,54	0,07	0,97	0,66
Bausch&Lomb 2,3/25	0,66	0,22	0,29	0,36
Bausch&Lomb 2,3/50	0,01	0,21	2,99	0,72
Bausch&Lomb 2,3/75	0,34	0,29	0,54	0,76

Interferogramy viz přílohy 5-1 ÷ 5-6.

6. Ohnisková vzdálenost

Efektivní ohnisková vzdálenost, změřená Porrovou metodou pro maximálně otevřenou clonu. Měřeno pro vlnovou délku 546 nm.

Typ	f' [mm]
Arri 1,7/24	24,04
Arri 1,7/50	51,77
Arri 1,7/85	82,95
Bausch&Lomb 2,3/25	26,16
Bausch&Lomb 2,3/50	52,54
Bausch&Lomb 2,3/75	75,05

7. Clonové číslo

Měřeno pro maximální a minimální otvor. Přepočet clonových čísel z naměřených efektivních ohnisek.

Typ	min. průměr [mm]	clonové číslo	max. průměr [mm]	clonové číslo
Arri 1,7/24	1,23	19,6	13,41	1,8
Arri 1,7/50	2,51	20,7	26,61	1,9
Arri 1,7/85	3,96	21,0	47,27	1,8
Bausch&Lomb 2,3/25	0,97	26,8	13,24	2,0
Bausch&Lomb 2,3/50	2,34	22,1	26,61	2,0
Bausch&Lomb 2,3/75	3,52	21,3	38,11	2,0

8. Rozměry a hmotnost

Typ	Max. průměr [mm]	Max. délka [mm]	Min. délka [mm]	Hmotnost bez krytek [g]
Arri 1,7/24	104	114	114	1003
Arri 1,7/50	104	113	113	914
Arri 1,7/85	104	106	106	1126
Bausch&Lomb 2,3/25	105	155	155	1822
Bausch&Lomb 2,3/50	92	172	127	932
Bausch&Lomb 2,3/75	92	202	130	1062

9. Telecentricita:

Dodatečně byla vznesena žádost na posouzení, zda jsou objektivы telecentrické v obrazové rovině. Posouzení bylo provedeno na objektivů Arri 1,7/24 a Arri 1,7/85.

U objektivu Arri 1,7/24 byl při předmětovém úhlu 31° naměřen úhel obrazového paprsku přibližně 11°. U objektivu Arri 1,7/85 byl při předmětovém úhlu 12° naměřen úhel obrazového paprsku přibližně 7°. Podobné chování vykazoval i objektiv Arri 1,7/50 a všechny objektivы Bausch&Lomb.

Vzhledem k úhlům obrazových paprsků je zřejmé, že objektivы nelze považovat za telecentrické.

V Přerově 16. 6. 2016

Mgr. Jan Sklenář
Podniková zkušebna
Meopta - optika, s.r.o.

Přílohy:

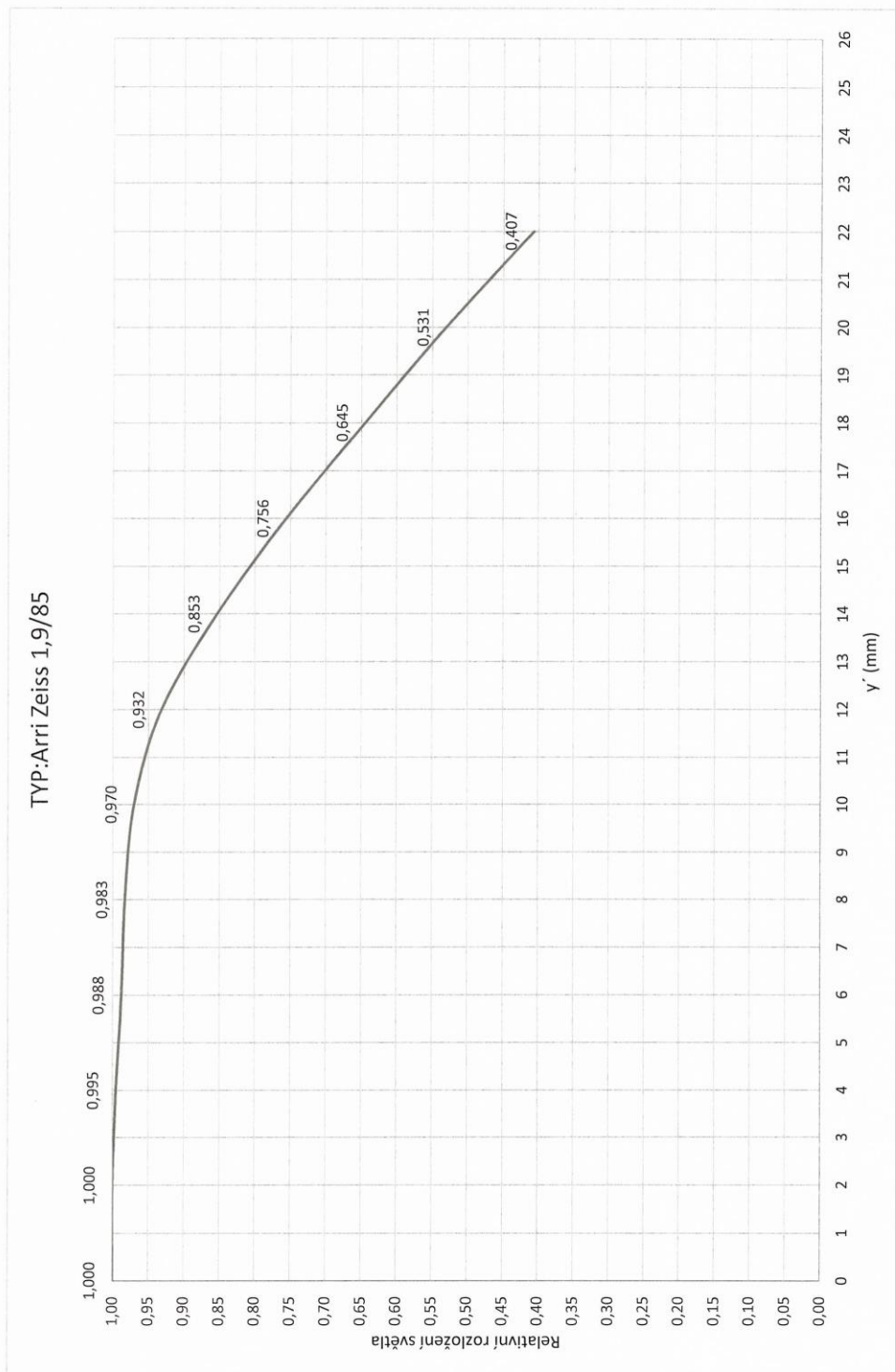
1. Zadávací e-mail
2. Předávací protokol
- 3-1 ÷ 3-17. Grafy MTF
- 4-1 ÷ 4-9. Grafy relativního prosvětlení
- 5-1 ÷ 5-6. Interferogramy
- 6-1 ÷ 6-6. Fotografie objektivů

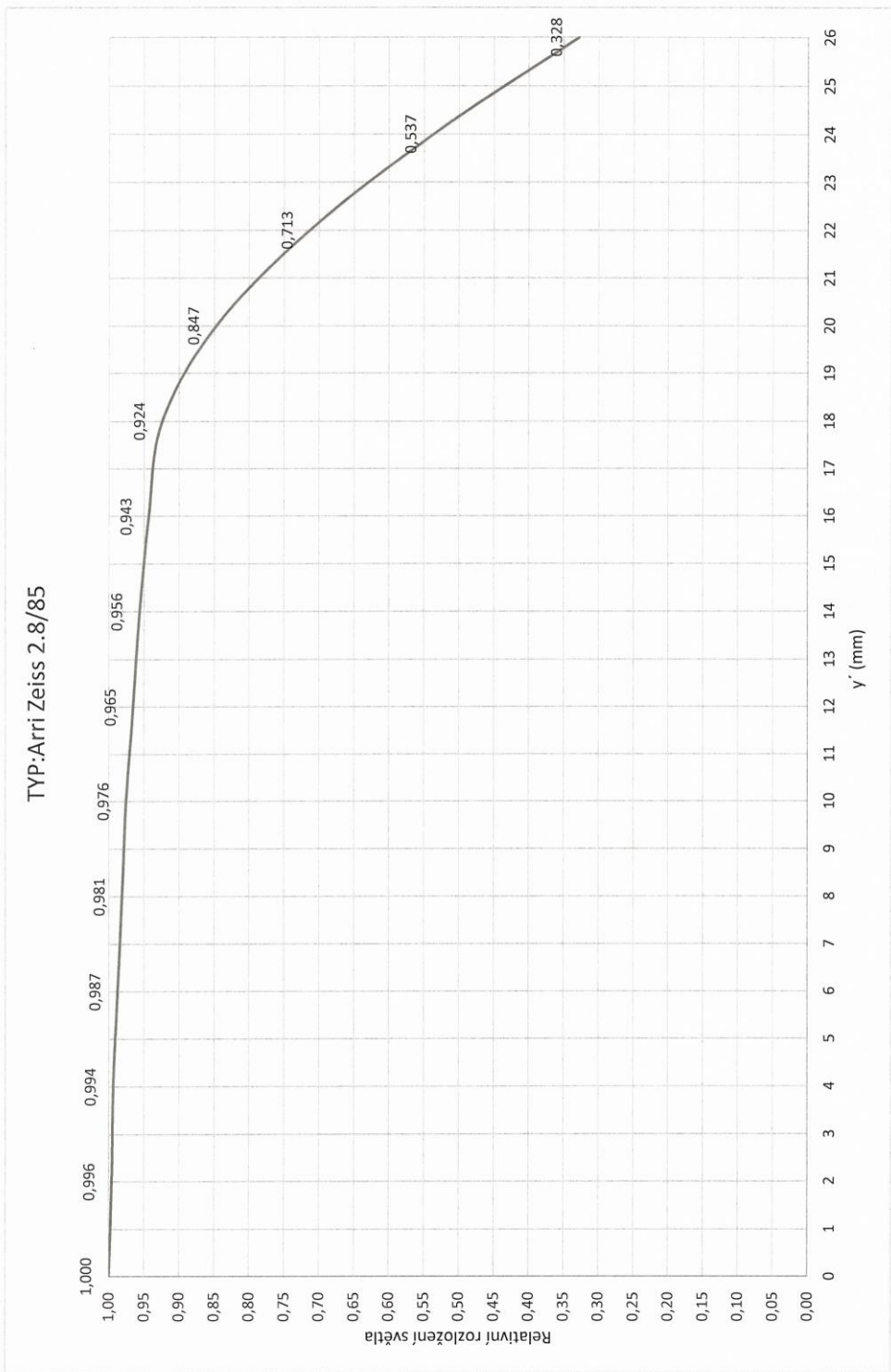
Měřili:

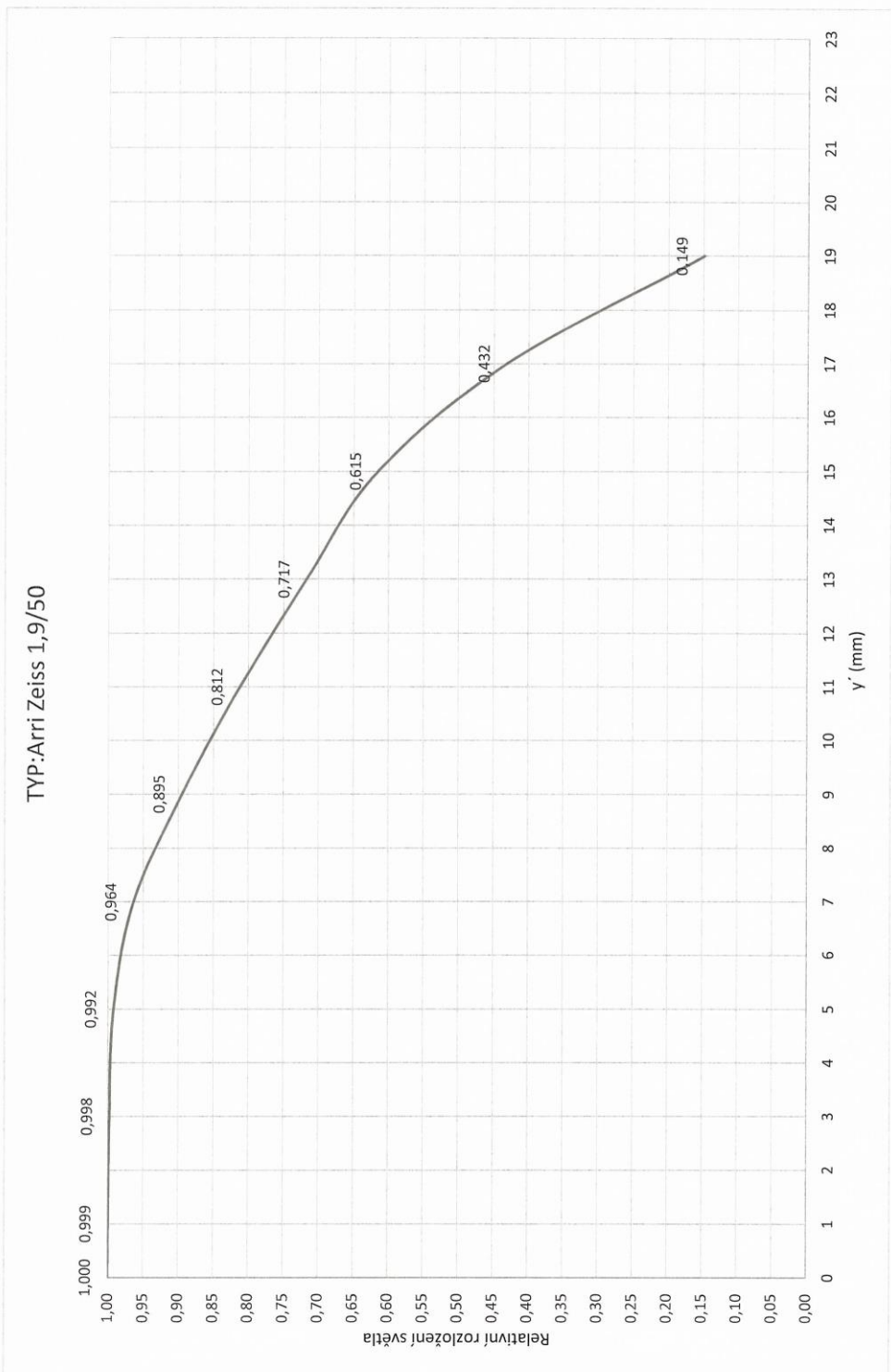
Bc. Radek Cikryt
RNDr. Ivana Grebeňová
Radovan Holík
Mgr. Jan Sklenář
Mgr. Tomáš Zapletal

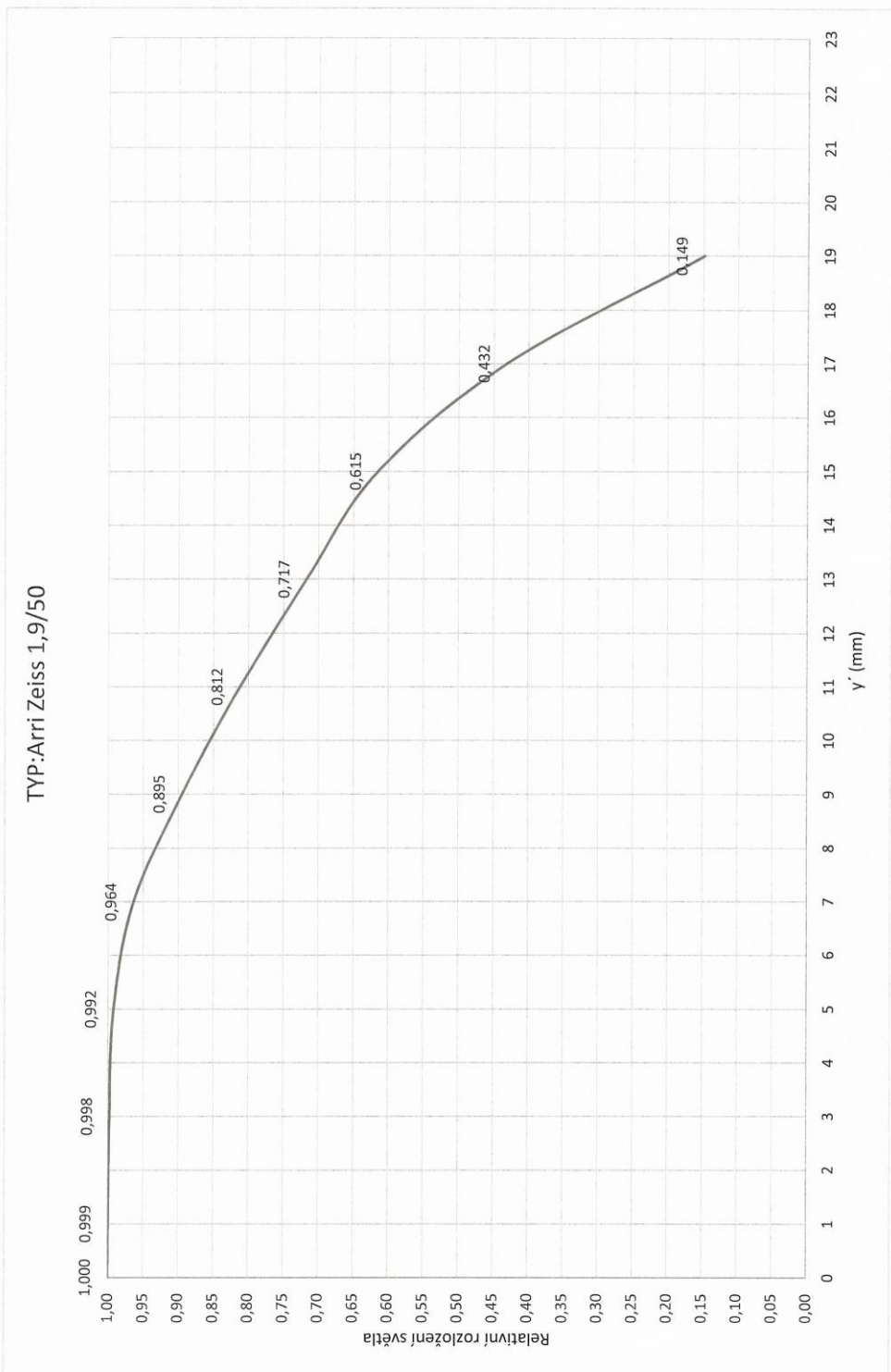
8.1 Relativní osvětlení

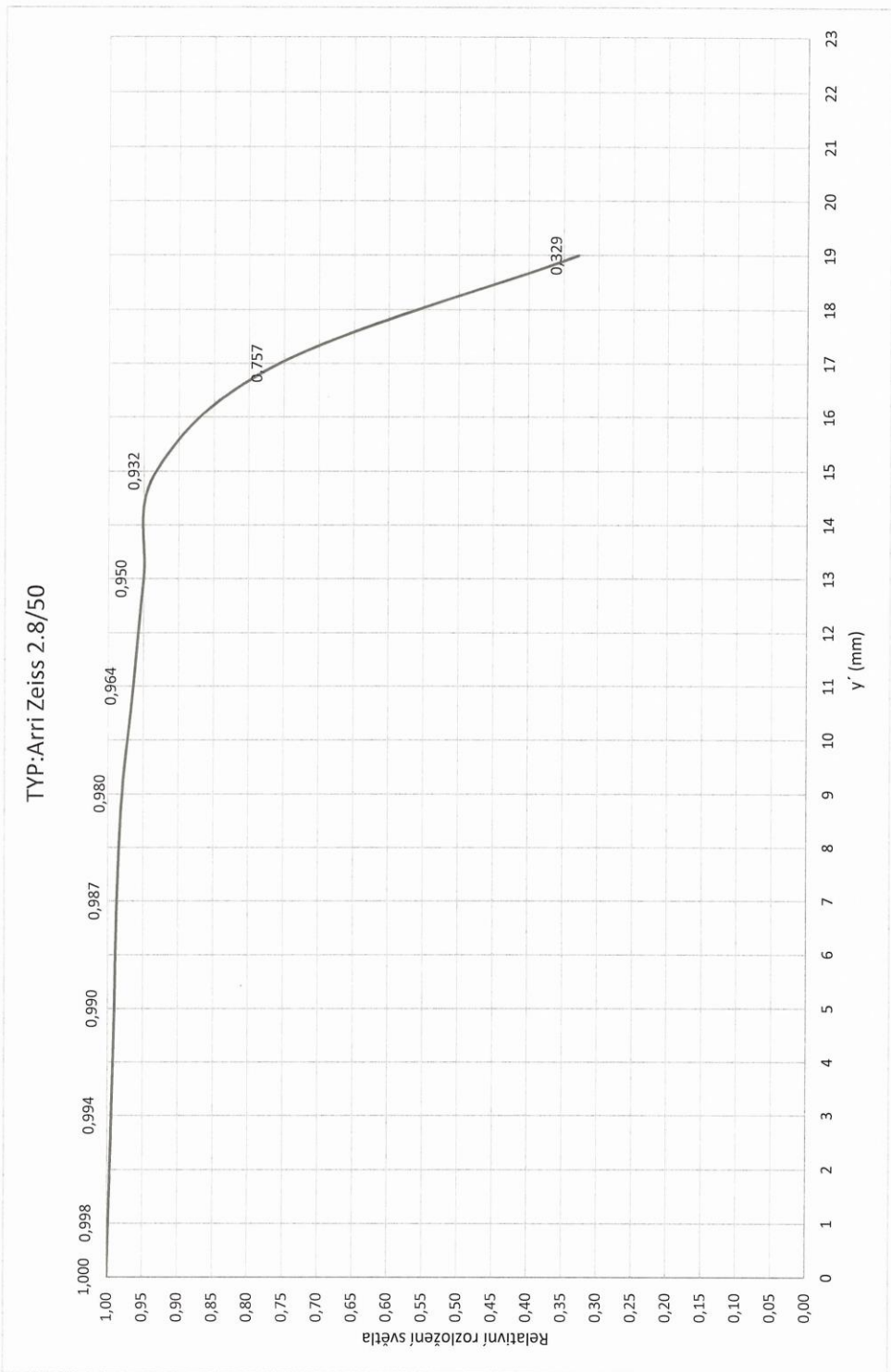
Příbaha 4 (galerie)
k IX-M-1624



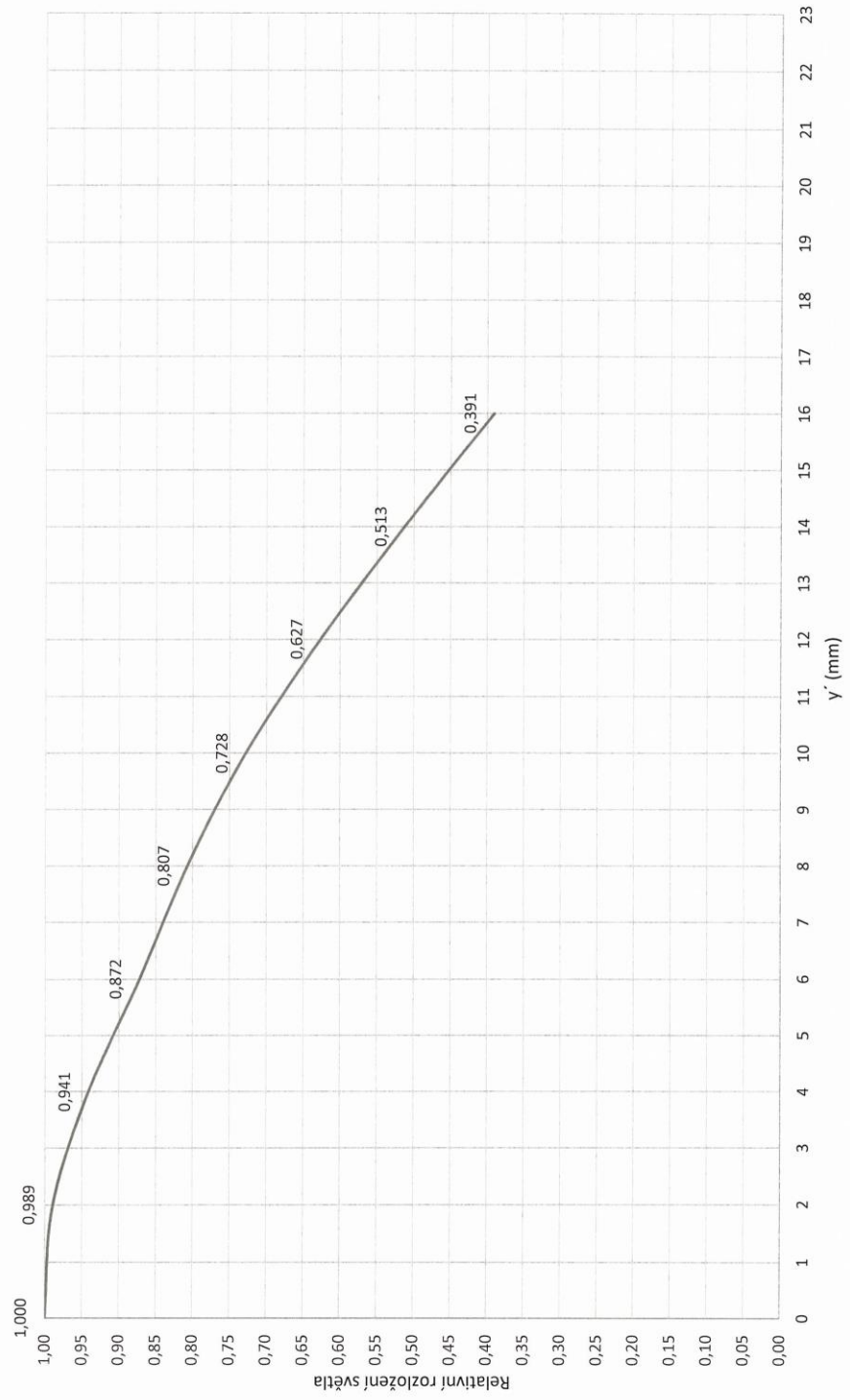




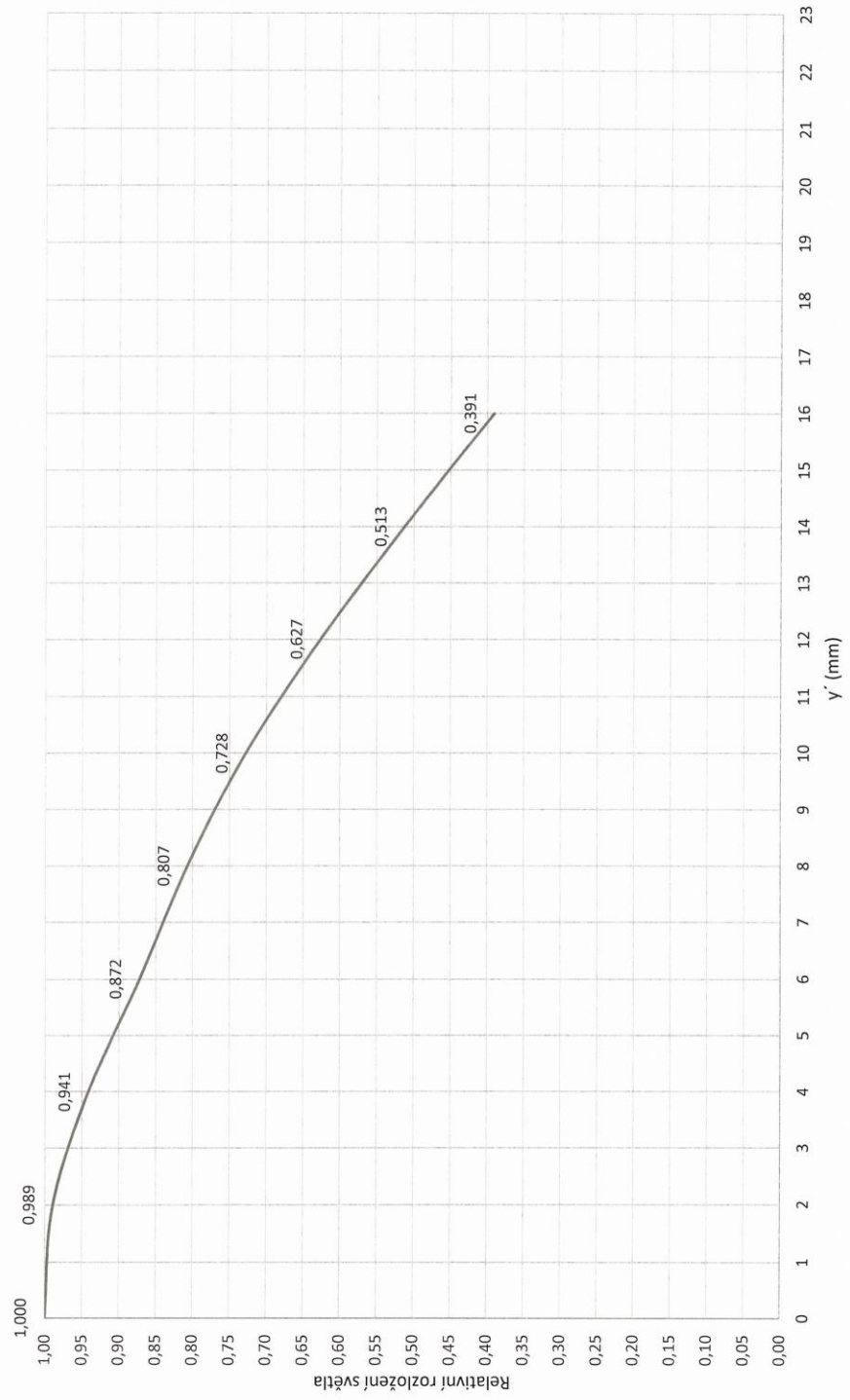




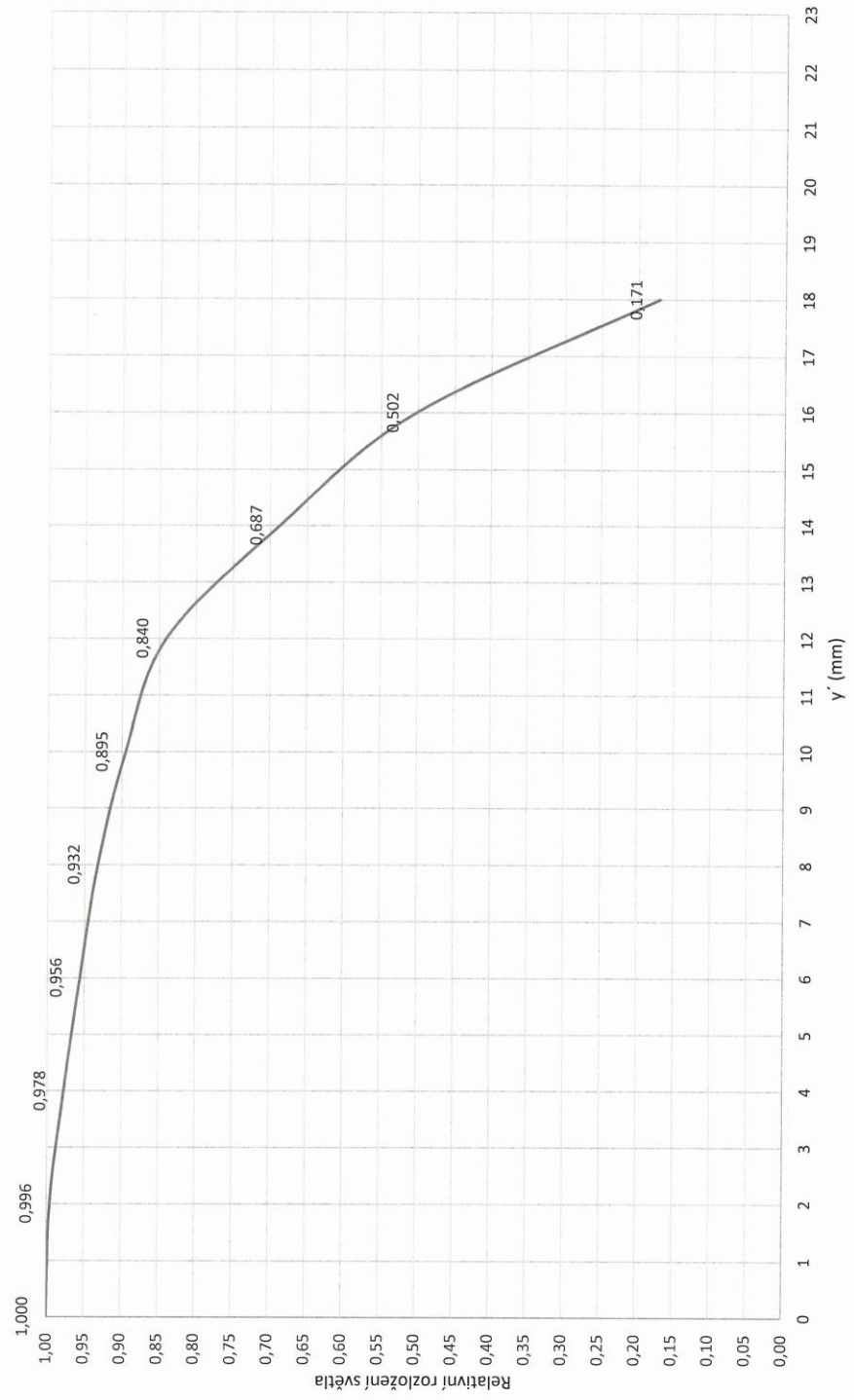
TYP: Arri Zeiss 1.9/24

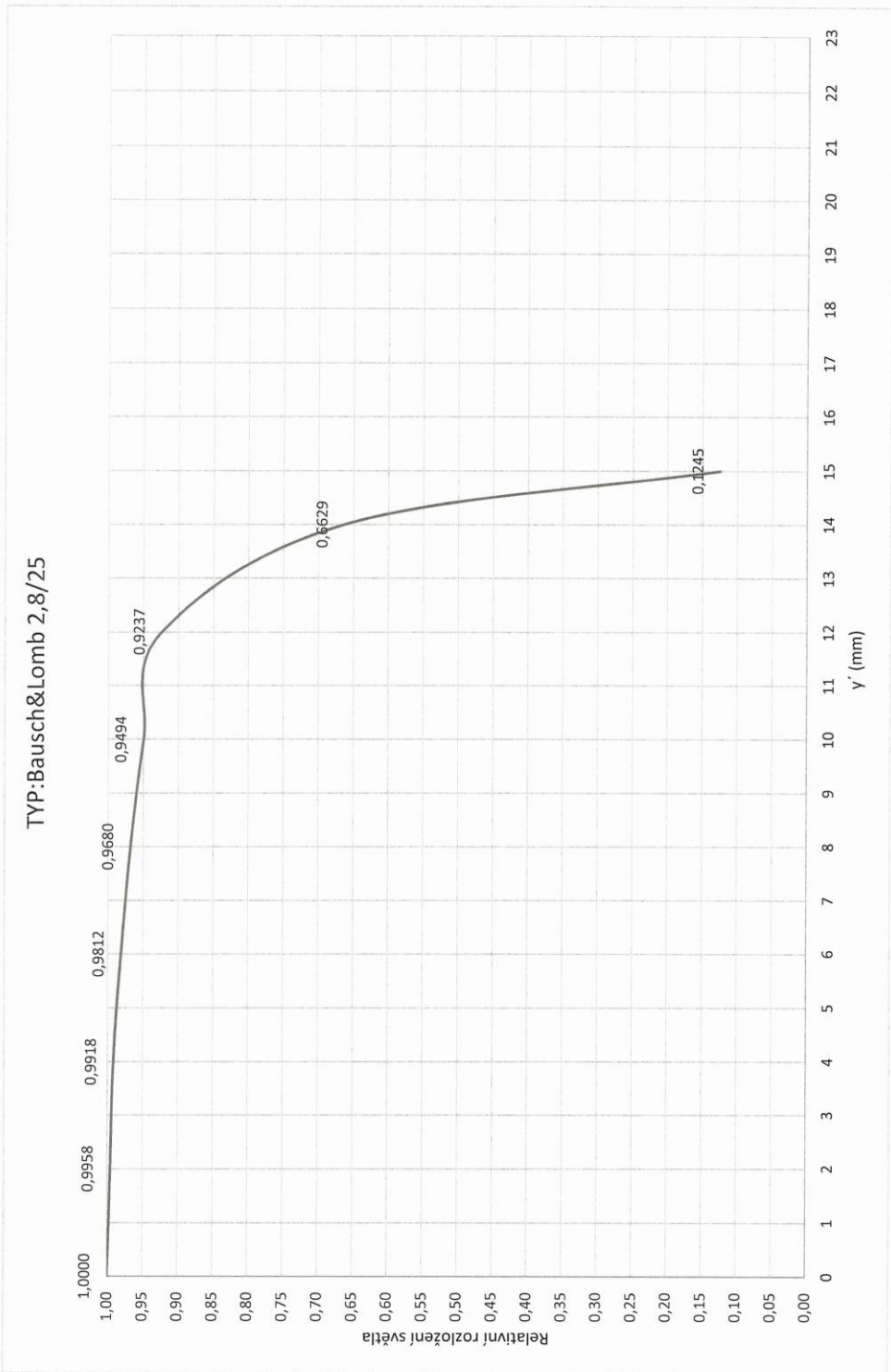


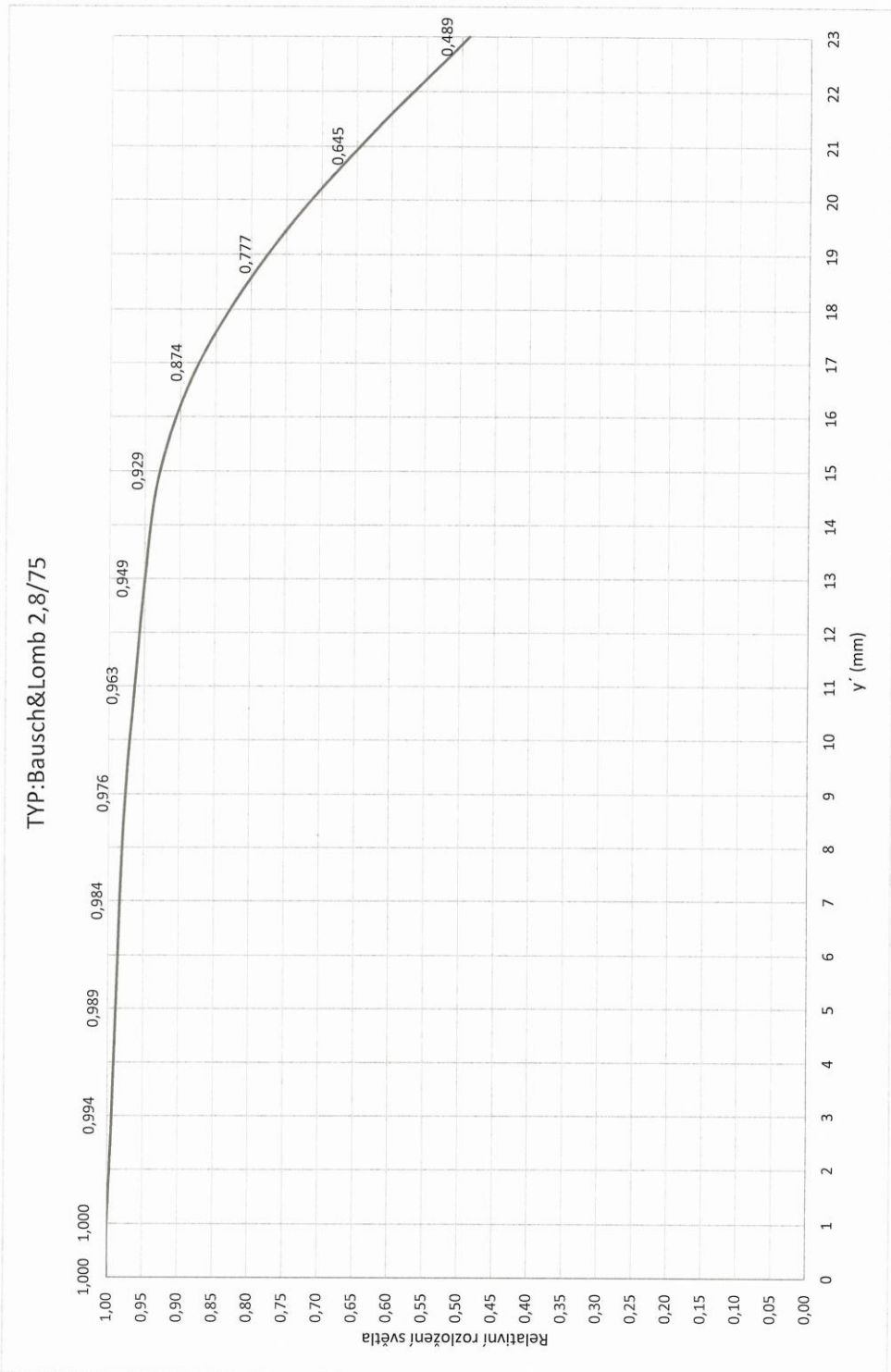
TYP: Arri Zeiss 1.9/24



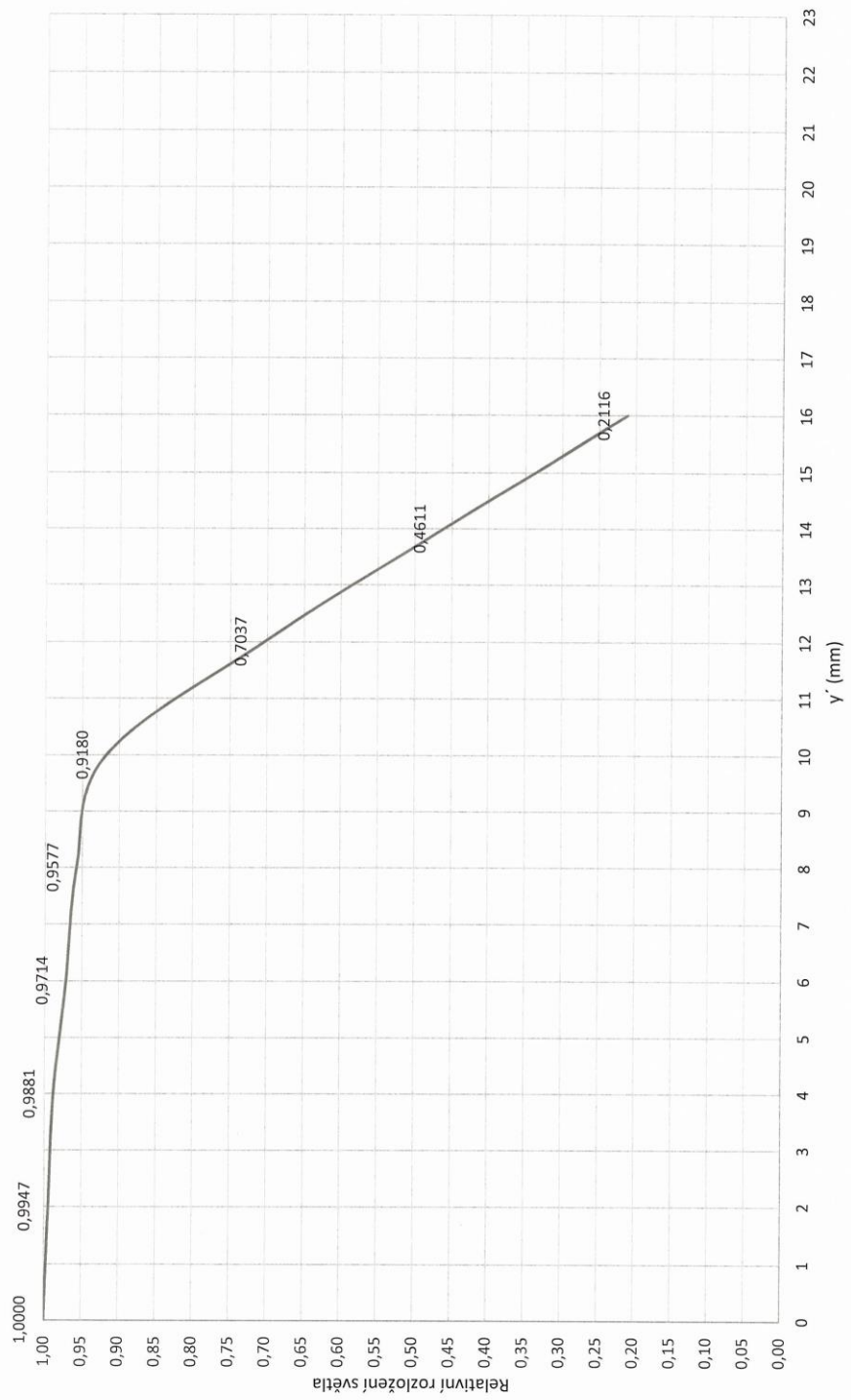
TYP:Arri Zeiss 2.8/24







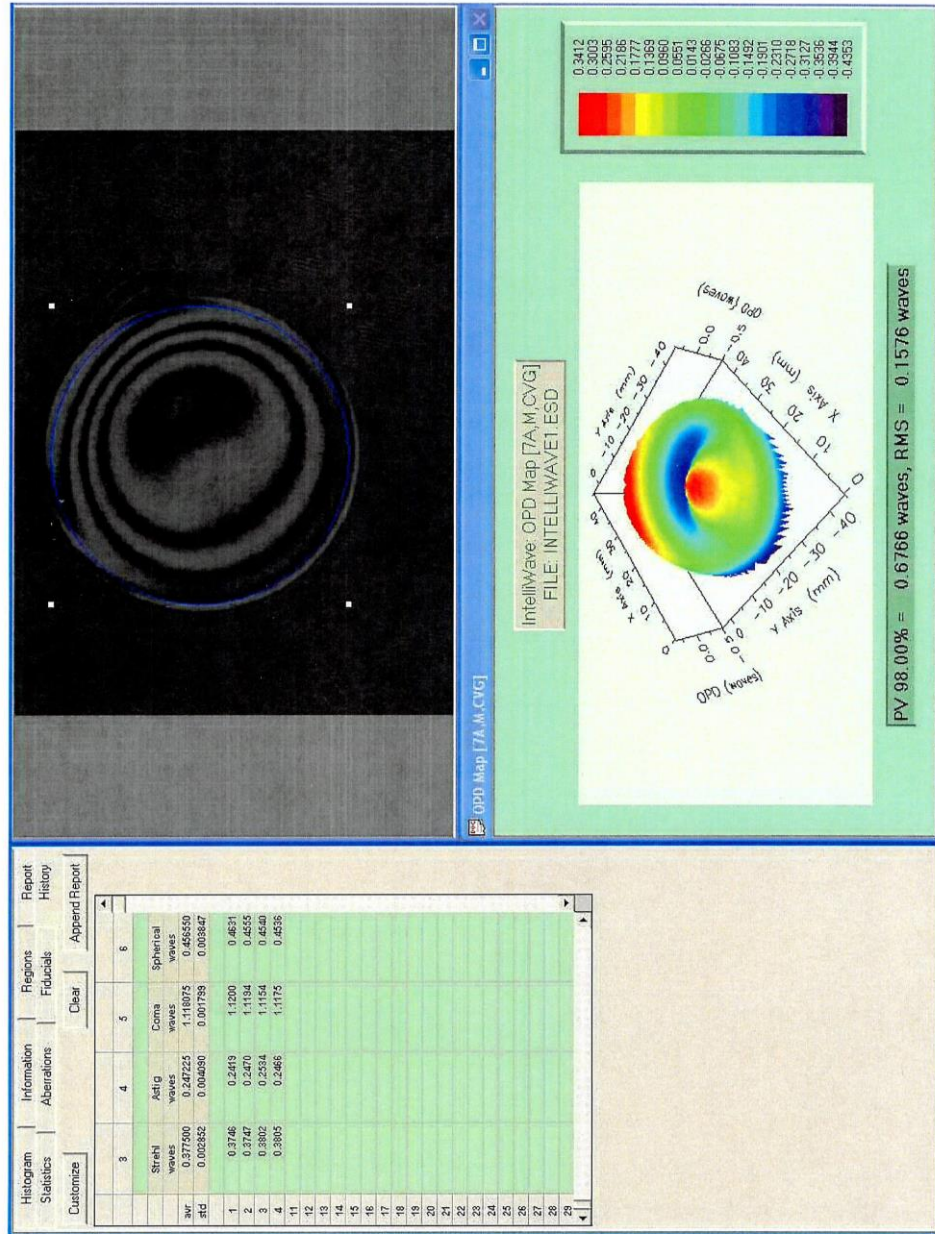
TYP: Bausch & Lomb 2,8/50



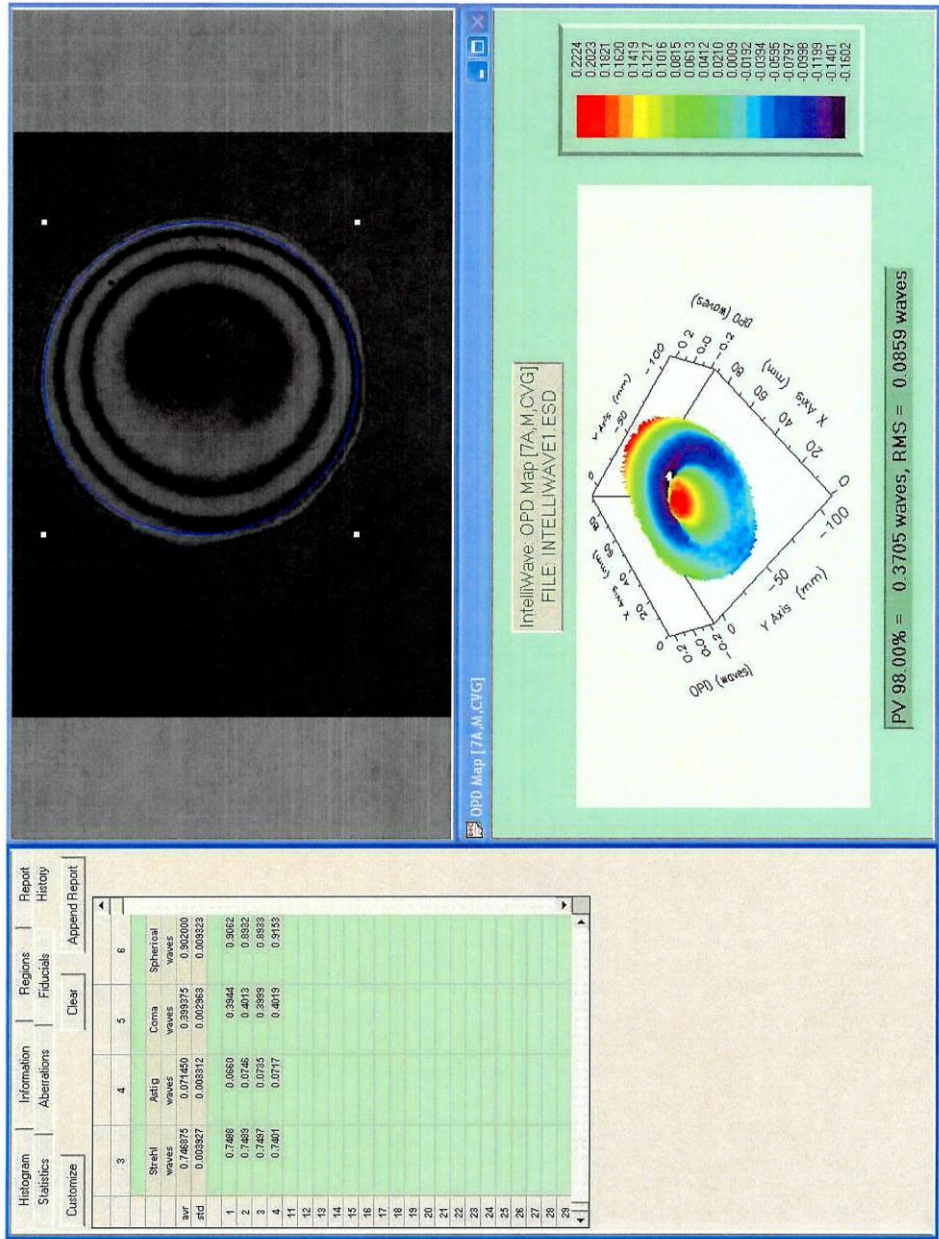
8.2 Interferogramy

Priloha 5 (6 listic)
k IX-M-1624

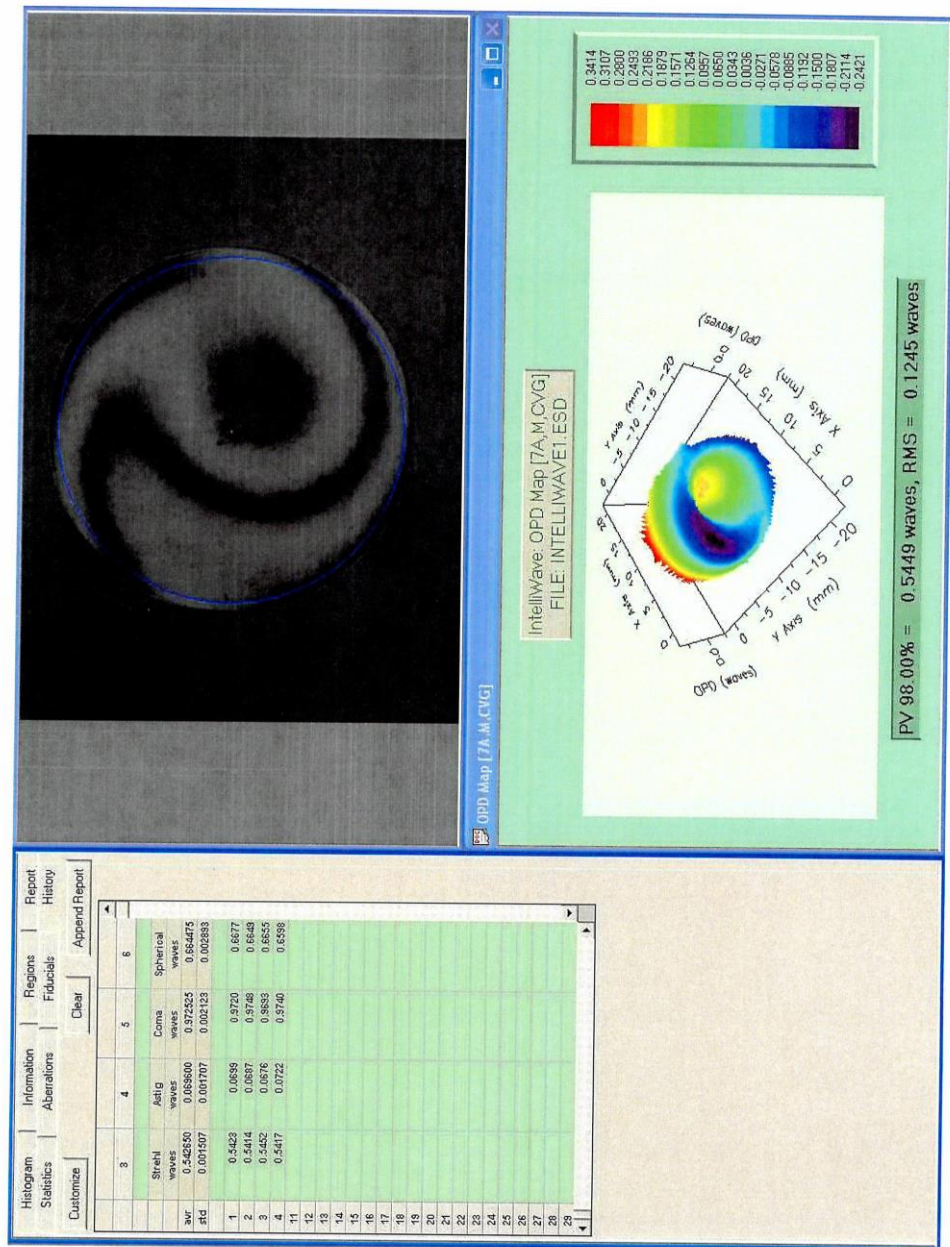
Arri 1.7/24



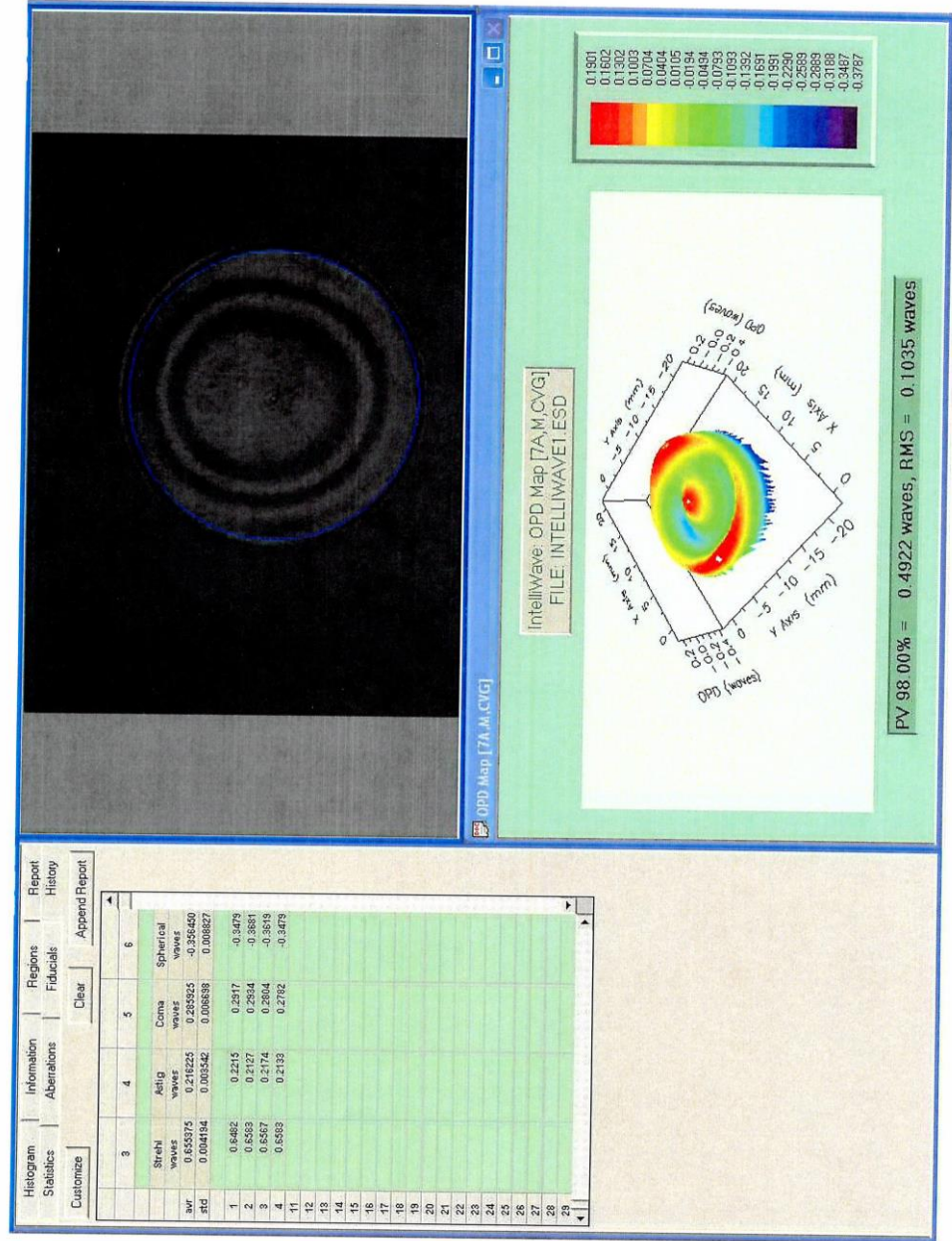
Arri 1,7/50



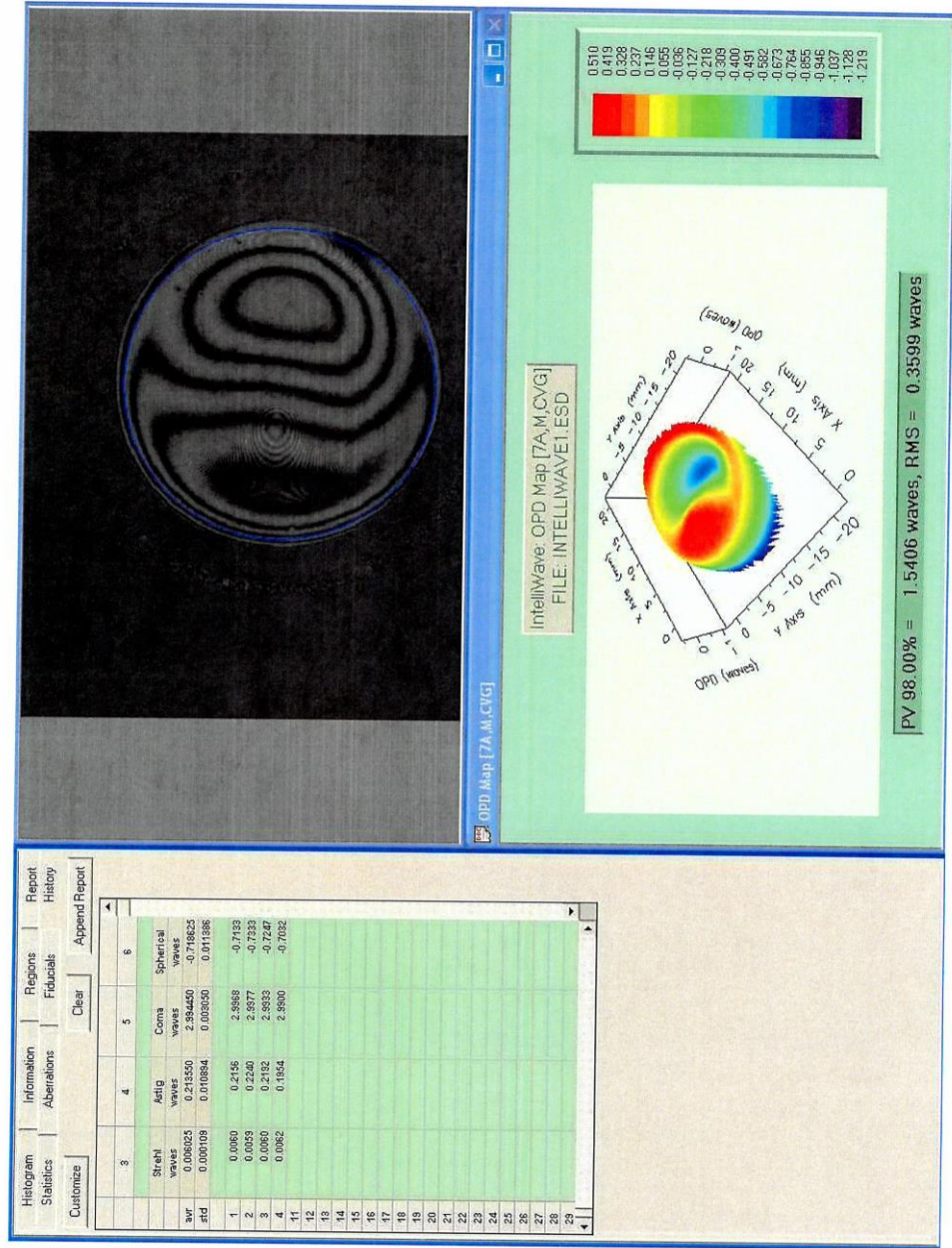
Arri 1.7/85



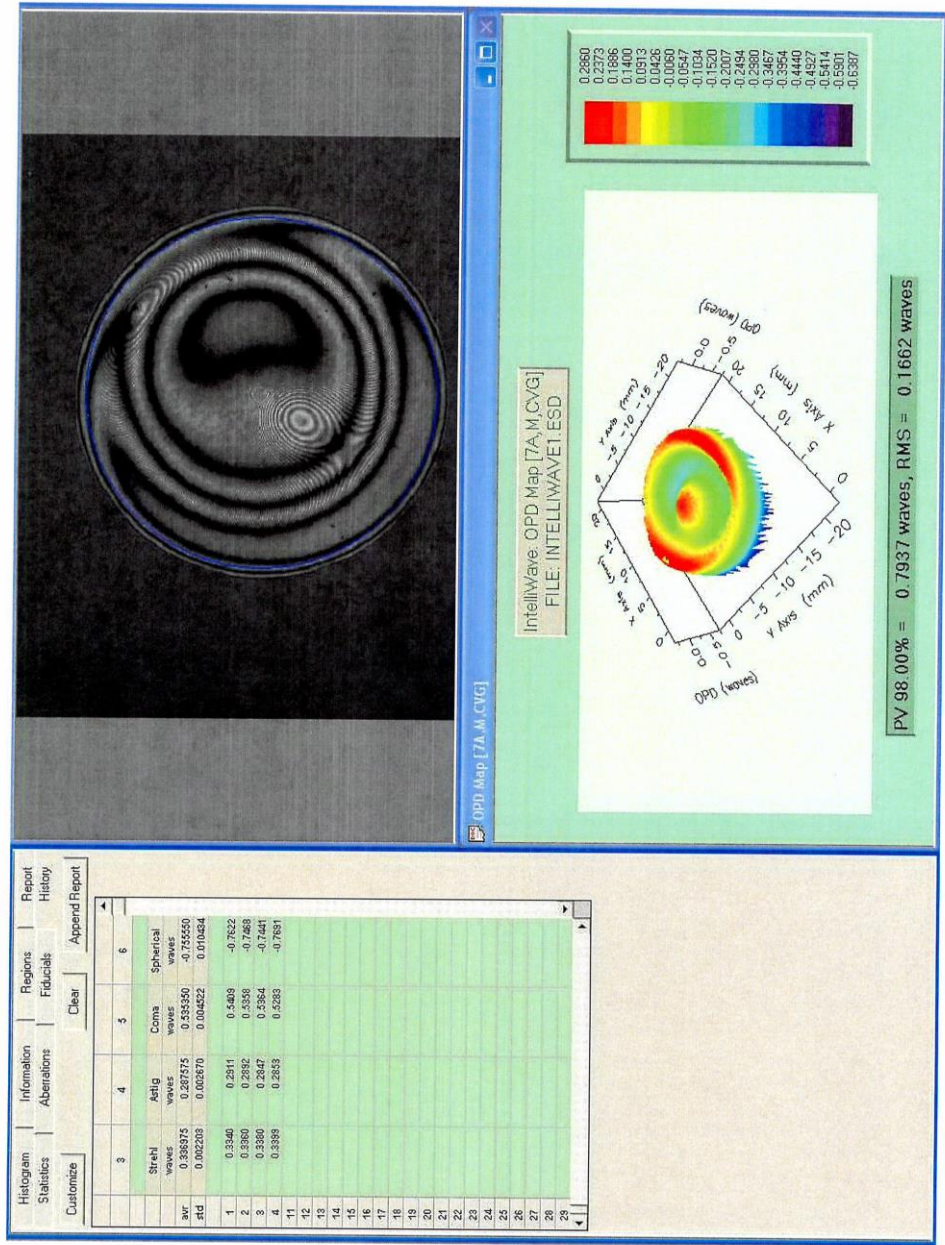
Bausch&Lomb 2,3/25



Bausch&Lomb 2,3/50



Bausch&Lomb 2.3/75



9 Testované objektivy

Sada	Sériové číslo	Ohnisková vzdálenost
BAUSCH LOMB Super Baltar	201225	25mm
	200920	50mm
	200919	75mm
COOK Speed Panchro (S2)	768898	25mm
	571652	40mm
	572839	75mm
ZEISS Standard	7259226	24mm
	8848223	50mm
	8146596	85mm
CANON K35	80003	24mm
	80002	55mm
	80001	85mm
ZEISS High Speed	6752718	25mm
	72055000	50mm
	6523428	85mm
VANTAGE LEITZ	24017	24mm
	50019	50mm
	3260953	90mm
COOKE S4	25-0213FT	25mm
	50-1104	50mm
	75-0213FT	75mm
ZEISS Ultra Prime	8859255	24mm
	8859970	50mm
	8941597	85mm
ZEISS Master Prime	8937992	25mm
	8927806	50mm
	8938147	75mm
Schneider	10936901	75mm
	10918837	50mm
	8689294	28mm

10 Seznam testů a nastavení kamery

test	objektiv	ohnisko	clona	sektor	Poznámka
1	Bausch	25	2,80	45°	
2	Bausch	25	5,6	180°	
3	Cooke S2	25	5,6	180°	
4	Cooke S2	25	2,8	45°	
5	Zeiss Standard	24	5,6	180°	
6	Zeiss Standard	24	2,8	45°	
7	Canon K35	24	5,6	180°	
8	Canon K35	24	2,8	45°	
9	Zeiss Highspeed	25	5,6	180	
10	Zeiss Highspeed	25	2,8	45°	
11	Leica	24	5,6	180°	
12	Leica	24	2,8	45°	
13	Cooke S4	25	5,6	180°	
14	Cooke S4	25	2,8	45°	
15	Zeiss Ultra Prime	24	5,6	180°	
16	Zeiss Ultra Prime	24	2,8	45°	
17	Zeiss Master prime	25	5,6	180°	
18	Zeiss Master prime	25	2,8	45°	
19	Bausch	50	5,6	180°	
20	Bausch	50	2,8	45°	
21	Zeiss Standard	50	5,6	180°	
22	Zeiss Standard	50	2,8	45°	
23	Cooke S2	40	5,6	180	Problém – jiná clonová řada – 2,2 + 2/3
24	Cooke S2	40	2,8	45°	Problém – jiná clonová řada – 2,2
25	Canon K35	55	5,6	180°	
26	Canon K35	55	2,8	45°	
27	Zeiss Highspeed	50	5,6	180°	
28	Zeiss Highspeed	50	2,8	45°	
29	Leica	50	5,6	180°	
30	Leica	50	2,8	45°	FAIL
30	Leica	50	2,8	45°	opakování
31	Cooke S4	50	5,6	180°	
32	Cooke S4	50	2,8	45°	
33	Ultra Prime	50	5,6	180°	
34	Ultra Prime	50	2,8	45°	
35	Zeiss Master prime	50	5,6	180°	
36	Zeiss Master prime	50	2,8	45°	
37	Bausch	75	5,6	180°	
38	Bausch	75	2,8	45°	
39	Cooke S2	75	5,6	180°	Problém – jiná clonová řada – 5,6
40	Cooke S2	75	2,8	45°	Problém – jiná clonová řada – 2,8
41	Zeiss Standard	85	5,6	180°	
42	Zeiss Standard	85	2,8	45°	
43	Canon K35	85	5,6	180°	

44	Canon K35	85	2,8	45°	
45	Zeiss Highspeed	85	5,6	180°	
46	Zeiss Highspeed	85	2,8	45°	
47	Leica	90	5,6	180°	
48	Leica	90	2,8	45°	
49	Cooke S4	75	5,6	180°	
50	Cooke S4	75	2,8	45°	
51	Zeiss Ultra Prime	85	5,6	180°	
52	Zeiss Ultra Prime	85	2,8	45°	
53	Master prime	75	5,6	180°	
54	Master prime	75	2,8	45°	
54	Schneider	28	5,6	180°	Stejné číslo na klapce
55	Schneider	28	2,8	45°	
56	Schneider	50	5,6	180°	
57	Schneider	50	2,8	45°	
58	Schneider	75	5,6	180°	
59	Schneider	75	2,8	45°	
C065	Cooke S2	75	5,6	358°	
C066	Cooke S2	75	2,8	180	Přeexponováno Problém – jiná clonová řada – 2,2 +
C067	Cooke S2	40	5,6	358°	2/3
C068	Cooke S2	40	2,8	90°	Problém – jiná clonová řada – 2,2
C069	Cooke S2	25	4	358°	
C070	Cooke S2	25	5,6	90°	
C071	Cooke S2	25	2,8	180°	
C072	Zeiss Standard	24	5,6	358	
C073	Zeiss Standard	24	5,6		
C074	Schneider	75	5,6	358°	
C075	Schneider	75	2,8	90°	
C076	Bausch	75	5,6	358°	
C077	Bausch	75	2,8	90°	
C078	Bausch	75	2,8	90°	
C079	Cooke S4	75	5,6	358°	
C080	Cooke S4	75	2,8	90°	
C081	Zeiss Master Prime	75	5,6	358°	
C082	Zeiss Master prime	75	2,8	90°	
C083	Zeiss Highspeed	85	5,6	358°	FAIL
C084	Zeiss Highspeed	85	5,6	358	
C085	Zeiss Highspeed	85	2,8	90°	
C086	Zeiss Standard	85	5,6	358°	
C087	Zeiss Standard	85	2,8	90°	
C088	Canon K35	85	5,6	358°	
C089	Canon K35	85	2,8	90°	
C090	Zeiss Ultra Prime	85	5,6	358°	
C091	Zeiss Ultra Prime	85	2,8	90°	
C092	Leica	90	5,6	358°	FAIL – ořez
C093	Leica	90	2,8	90°	FAIL – ořez
C094	Leica	90	5,6	358°	

C095	Leica	90	2,8	90°	
C096	Schneider	50	5,6	358°	
C097	Schneider	50	2,8	90°	
C098	Bausch	50	5,6	358°	
C099	Bausch	50	2,8	90°	
C100	Zeiss Highspeed	50	5,6	358°	
C101	Zeiss Highspeed	50	2,8	90°	
C102	Zeiss Standard	50	5,6	358°	
C103	Zeiss Standard	50	2,8	90°	
C104	Canon K35	55	5,6	358°	FAIL
C105	Canon K35	55	5,6	358	
C106	Canon K35	55	2,8	90°	
C107	Leica	50	5,6	358°	
C108	Leica	50	2,8	90°	
C109	Cooke S4	50	5,6	358°	
C110	Cooke S4	50	2,8	90°	
C111	Zeiss Master Prime	50	5,6	358°	
C112	Zeiss Master Prime	50	2,8	90°	
C113	Zeiss Ultra Prime	50	5,6	358°	
C114	Zeiss Ultra Prime	50	2,8	90°	
C115	Zeiss Highspeed	25	5,6	358°	
C116	Zeiss Highspeed	25	2,8	90°	
C117	Schneider	28	5,6	358°	
C118	Schneider	28	2,8	90°	
C119	Bausch	25	5,6	358°	
C120	Bausch	25	2,8	90°	
C121	Cooke S4	25	5,6	358°	
C122	Cooke S4	25	2,8	90°	
C123	Canon K35	24	5,6	358°	
C124	Canon K35	24	2,8	90°	
C125	Leica	24	5,6	358°	
C126	Leica	24	2,8	90°	
C127	Zeiss Standard	24	5,6	358°	
C128	Zeiss Standard	24	2,8	90°	
C129	Zeiss Master prime	25	5,6	358°	
C130	Zeiss Master prime	25	2,8	90°	

11 Testy – ukázka vybraných snímků

Toto je ukázka vybraných framů z testu objektivů Baltar 25, 50 a 75 mm

