

Technologie natáčení S3D

Robert Hložanka

Bakalářská práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací
Ústav animace a audiovize
akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Robert HLOŽANKA**
Osobní číslo: **K09410**
Studijní program: **B 8209 Teorie a praxe audiovizuální tvorby**
Studijní obor: **Režie a scenáristika**

Téma práce: **1. Teoretická část:**
Technologie natáčení S3D

2. Praktická část:
Technický scénář k hranému filmu, délka minimálně 20 min.

Zásady pro vypracování:

1. Teoretická část:

Rozsah práce: minimálně 15 normostran textu bez započítání obsahu, rejstříku a obrazových příloh.

Formální podoba: 1 ks v pevné vazbě s popisem na hřbetu i horní desce spolu s CD-R. Dále 2 ks práce, které mohou být v kroužkové vazbě. Práci je třeba rovněž odeslat do knihovny UTB Zlín v elektronické podobě ve formátu pdf.

Pokyny k vypracování: prostudujte a analyzujte dostupné materiály z profesního hlediska a formulujte závěry a získané vědomosti.

2. Praktická část:

Výstupní dílo předložte na 1 ks CD (nosič řádně popište) a 3 ks scénáře v kroužkové vazbě (řádně popsané).

Součástí celé práce budou vyplněné a předané formuláře Prohlášení autora bakalářské práce a podklady pro katalog FMK UTB ve Zlíně.

Na samostatném nosiči CD-ROM odevzdejte v minimálním počtu 10 kusů obrazovou dokumentaci praktické části závěrečné práce pro využití v publikacích FMK. Formát pro bitmapové podklady: JPEG, barevný prostor RGB, rozlišení 300 dpi, 250 mm delší strana. Formáty pro vektory: AI, EPS, PDF. Loga a texty v křivkách. V samostatném textovém souboru uveďte jméno a příjmení, login do Portálu UTB, obor (ateliér), typ práce, přesný název práce v češtině i v angličtině, rok obhajoby, osobní mail, osobní web, telefon. Přiložte svou osobní fotografii v tiskovém rozlišení.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/umělecké dílo**

Seznam odborné literatury:

Mendiburu, Bernard: 3D TV and 3D Cinema: Tools and Processes for Creative Stereoscopy. Focal Press; 1 edition (July 1, 2011)

Kaminsky, Michael Sean: Shoot 3D Video Like a Pro: 3D Camcorder Tips, Tricks & Secrets: the 3D Movie Making Guide They Forgot to Include. Organik Media, Incorporated (November 5, 2011)

Boyle, Geoff: 3D Cinematography Basics – a survival guide. Amazon Digital Services, ASIN: B004VSA4AI.

Block, Bruce: The Visual Story, Second Edition: Creating the Visual Structure of Film, TV and Digital Media. Focal Press; 2 edition (November 7, 2007)

Mendiburu, Bernard: 3D Movie Making: Stereoscopic Digital Cinema from Script to Screen. Focal Press; 1 edition (May 6, 2009)

Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Tomáš Binter

Ústav animace a audiovize

Datum zadání bakalářské práce:

21. března 2012

Termín odevzdání bakalářské práce:

15. května 2012

Ve Zlíně dne 21. března 2012

doc. MgA. Jana Janíková, ArtD.

děkanka



MgA. Libor Nemeškal

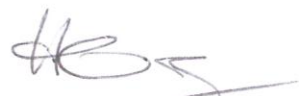
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské/diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – bakalářskou/diplomovou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské/diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům.

ROBERT HLOŽANKA



Ve Zlíně 23.3.2012

.....
Jméno, příjmení, podpis

1) zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

2) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

3) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užit či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Technologie natáčení S3D“ vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Robert Hložanka

Datum 7.4.2012

Podpis

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá problematikou stereo 3D natáčení z pohledu režiséra. Snaží se přehledně předkládat základní znalosti nutné k přípravě a natáčení stereoskopického filmu a pokrývá tak oblasti základních optických a psychických jevů nutných k pochopení práce s filmovým prostorem, natáčecí a projekční technologií a problematiku přípravy záběrů a scén ve hraném filmu. V závěru se pokouší na stereografii aplikovat pravidla dramaturgie a shrnuje možnosti využití současných postprodukčních technik k potlačení omezení tvorby v S3D filmu.

Klíčová slova: S3D, 3D, stereo, stereoskopie, film, režie, technologie, natáčení, kompozice, dramaturgie, postprodukce

ABSTRACT

This thesis deals with 3D stereo shooting from the perspective of the director. It seeks to clearly present the basic knowledge required to prepare a stereoscopic film shooting and covers the fundamental optical and psychic phenomena which are necessary to understand the film space, filming and projection technology and the issue of shot and scene preparation in a feature film. In conclusion, attempts to apply the rules of dramaturgy for stereography and summarizes the current use of post-production techniques used for eliminating artistic limitations in S3D filmmaking.

Keywords: S3D, 3D, stereo, stereoscopic, film, director, technology, shooting, composition, editing, postproduction

OBSAH

ÚVOD	9
1 ZÁKLADNÍ FYZIKA 3D	11
1.1 BINOKULÁRNÍ VIDĚNÍ.....	11
1.2 DVĚ KAMERY	12
1.2.1 Interaxiální vzdálenost	12
1.2.2 Konvergence	13
1.2.3 Vertikální paralaxa (disparita).....	14
2 LIDSKÉ PSYCHICKÉ VNÍMÁNÍ 3D	15
2.1 MOŽNOSTI TVORBY HLOUBKY PROSTORU VE 2D.....	15
2.2 PŘEDPOKLADY PRO VNÍMÁNÍ S3D	16
3 ZÁKLADNÍ TYPY NATÁČECÍCH A ZOBRAZOVACÍCH TECHNOLOGIÍ	18
3.1 NATÁČECÍ TECHNOLOGIE	18
3.1.1 Side-by-side (parallel) rig	18
3.1.2 Vertikální (paracam, mirror, beamsplitter) rig.....	19
3.2 PROJEKČNÍ TECHNOLOGIE	20
4 KOMPOZICE A STŘIH	22
4.1 PRAVIDLA STEREOGRAFIE	22
4.1.1 Divergence	22
4.1.2 Depth budget	23
4.2 PŘÍPRAVA ZÁBĚRU	25
4.2.1 Stereographer	25
4.2.2 Vertikální paralaxa	25
4.2.3 3D Monitor.....	26
4.2.4 Pochodová zkouška.....	26
4.2.5 Časová náročnost	27
4.3 PROHŘEŠKY PROTI KOMPOZICI	27
4.3.1 Porušení okna.....	27
4.3.2 Svícení.....	28
4.3.3 Depth bracket	28
4.3.4 Rozvrstvení prostoru	29
4.3.5 Volba objektivů	29
4.3.6 Posazení diváka.....	29
4.4 DRAMATURGIE.....	30
5 MOŽNOSTI POSTPRODUKČNÍCH ÚPRAV	31
5.1 ÚPRAVY KONVERGENCE.....	31
5.2 FLOATING WINDOW	31
5.3 KONVERZE ZE 2D.....	33
6 ZÁVĚR	34
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	35
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ	36
SEZNAM OBRÁZKŮ	37

ÚVOD

Je rok 2012 a máme za sebou dvě nedávné výrazné proměny filmového průmyslu. Po relativně klidném období první dekády 21. století, které nabídlo autorům možnost naprosté svobody v tvorbě digitálních efektů díky dosažení dostatečné úrovně fotorealističnosti pro libovolně velkou scénu, přišel díky vývoji digitálních čipů postupný avšak rychlý přechod tvůrců od filmové suroviny k digitálním kamerám. Ačkoliv o současných možnostech digitálního záznamu se vedou spory ohledně kvality oproti analogu a mnoho věhlasných jmen se snaží klasickou technologii bránit, technologický pokrok posledních dvou let byl natolik rychlý, že předpokládat udržení procesu zpracovávání suroviny je zcela naivní. Způsob výroby filmu tak, jak jsme ho znali přes více než stovku let jeho vývoje, je mrtvý.

Druhým zvratem, na němž je nejzajímavější právě jeho načasování s digitální revolucí, je možnost skokově zdvojnásobit ceny vstupného za každé představení. Tuto možnost získaly všechny produkční společnosti na světě darem od jednoho člověka – Jamese Camerona – který kvůli svému filmu Avatar neváhal v roce 2009 iniciovat přestavbu většiny multiplexů na světě z 2D na digitální 3D kinosály. Díky vyššímu vstupnému za 3D představení začala Hollywoodská studia investovat do výroby většiny svých blockbusterů ve 3D aniž by s tímto faktem bylo ve scénáři/režii výrazně počítáno. Šance splatit film dvojnásobným výdělkem byla lákavá a tak nastala éra rychlých konverzí již natočených filmů do 3D. Naštěstí divácké reakce na narychlo provedené konverze byly natolik odmítavé, že netrvalo dlouho a studia od této metody opustila a raději investovala do standardizace samotného natáčení metodou Stereo 3D (S3D), tedy systému dvou kamer. A jelikož digitální kamery právě dosáhly obhajitelné kvality, kina byla digitalizována a točit 3D materiál na filmovou surovinu je extrémně nepraktické, všechny ekonomické výhody podporují rozmach této technologie do budoucna. Na rozdíl od minulých pokusů, jako byla vlna stereoskopie v 50. letech, je tedy pravděpodobné, že tentokrát nestojíme před pouhou módní vlnou, ale seriózní změnou vnímání filmu jako diváckého zážitku – s brýlemi na očích a s pokrokem technologie doufejme, že brzy i bez nich.

Jakožto student režie je mojí povinností se na tuto éru připravit, začít vnímat stereoskopii filmu jako jeho další vlastnost, umělecký nástroj. Ve své práci se nebudu příliš věnovat celé fyzikálně-technologické stránce, to nechám technikům a kameramanům, ale naopak se pokusím soustředit na vliv, jaký má tato nová zbraň na režijní stránku – možnosti jejího uchopení a nástrahy, které do řemesla přináší. Mé poznatky vycházejí zejména z týdenního

natáčení a následné týdenní postprodukce s francouzskou režisérkou Céline Tricart, se kterou jsem měl možnost loni točit fiktivní filmový trailer jako reklamní spot společnosti Ciant. Díky časové uvolněnosti celého natáčení a otevřenosti Céline Tricart, která se přímo specializuje na realizaci stereoskopických projektů, jsem měl jedinečnou možnost vyzkoušet si pod jejím dohledem režii i práci stereographera na profesionálním place. A to včetně natáčení variant stereoskopického nastavení kamer pro pozdější porovnání v postprodukci, což by bylo bez vlastnictví vlastního 3D rigu a střihového studia za jiných okolností nemožné. Své nabyté zkušenosti, doplněné teoretickým studiem tohoto odvětví a přípravou vlastního krátkého stereoskopického filmu, se pokusím shrnout v této práci. Měla by sloužit jako základní orientační pomůcka pro režiséry vstupující do problematiky S3D natáčení, ale ve snaze udržet ji stručnou předpokládá určitou základní znalost fyzikálních jevů a filmařských pojmů, které se k tématu vztahují. V dalším textu také budu jen výjimečně užívat přesnější zkratky S3D a ponechám zaběhnutější a obecně pochopitelnější pojem 3D – pokud nebude výslovně určeno jinak, bude se zkratka vždy vztahovat k hranému filmu nebo prostorovému vnímání, nikoliv digitální animaci. Díky relativní novosti filmové stereo produkce v Čechách a častému mezinárodnímu obsazení filmového štábu se sice pokusím většinu pojmů, které jsou pro toto odvětví filmu specifické přeložit do češtiny, ale kde to bude možné, zůstanu pro přehlednost u anglických originálů. U všech pojmů se také budu snažit uvést jejich synonyma či v praxi zažitá jiná pojmenování, se kterými se může režisér u různých projektů setkat.

1 ZÁKLADNÍ FYZIKA 3D

1.1 Binokulární vidění

Člověk má dvě oči, kterými vnímá prostředí kolem něj. To znamená, že na každý objekt, který je v našem zorném poli, se díváme neustále ze dvou různých úhlů. Lidský mozek tyto dva nezávislé obrazy spojuje a vytváří tak prostorový vjem tohoto objektu. Velmi důležitým faktorem pro správný odhad velikosti předmětu je vzdálenost očí od sebe. U člověka se tato vzdálenost pohybuje v rozmezí 56-72mm, ale u většiny jiných živočichů je odlišná. Logicky menší zvířata mají oči blíže sobě, větší dál. Čím menší je vzdálenost mezi bulvami, tím menší se nám zdá hloubka prostoru ve srovnání s větším rozestupem. Naopak čím větší je vzdálenost bulv, tím hlubší a „plastičtější“ by se nám okolí zdálo. Vše je ovšem relativní – malá myš se musí soustředit na svůj malý kus sýra, který je pro ni stejně plastický, jako třeba pro nás kniha. Evoluční nastavení je tedy v konečném důsledku stejné, myš vidí stejně plasticky jako člověk, jen její předměty zájmu jsou jinak velké. Co by se stalo, kdyby člověk měl najednou možnost vyzkoušet si pár očí s rozestupem třeba jen 30mm? Jeho mozek by na tuto nezvyklou situaci psychologicky zareagoval vnímáním všech předmětů jako mnohem větších, než je ve skutečnosti známe – jinými slovy namluvil by nám, že jsme trpaslíci. Má totiž zažitou představu určité velikosti objektů z naší dosavadní zkušenosti. Stejně tak opačně, pokud bychom si nasadili oči mnohem větší, s rozestupem třeba 30cm, všechny předměty by se najednou zdály hrozně malinké (viděli bychom je ze dvou mnohem rozdílnějších úhlů – podobně, jako když si špičku tužky přiblížíte co nejbližší k nosu, tak byste si takhle byli schopni přiblížit např. knihu). Výsledkem by tedy bylo, že bychom se cítili jako obři¹. S tím souvisí fakt, že čím dále jsou oči od sebe, do tím delší vzdálenosti jsme schopni prostorovost vnímat. U člověka je to průměrně kolem 650m, za ideálních podmínek až 1,5km, dál už rozdílné obrazy dopadající na sítnici splývají, což vnímáme jako nekonečno.

¹ Jevu, kdy se objekty zdají díky velké rozteči očí/kamer menší říkáme hyper-stereo. Pokud jsou oči přirozeně cca 65mm od sebe, mluvíme o ortho-stereu a při menší rozteči o hypo-stereu. [1]

1.2 Dvě kamery

Objekty na plátně u hraného 2D filmu vnímáme plošně, nemáme jejich plastickou prostorovou informaci. Je to z toho důvodu, že film byl natočen jednou kamerou a následně je promítán na plošné plátno – mozek si chybící úhel pohledu neumí dopočítat (jinak by nám všechny fotografie a obrazy najednou přišly prostorové). Proto je nutno mu chybějící vjem z „druhého“ oka poskytnout. Zjevným řešením je použít dvě kamery, stejně jako používáme dvě oči a signál levé z nich potom ukázat levému oku a signál z pravé pravému. Obě kamery samozřejmě musí nahrávat naprosto shodnou rychlostí, stejně nastavené a musí mít totožnou trajektorii pohybu, nejlépe zajištěnou pevnou spojovací konstrukcí (stejně, jako jsou oči v naší hlavě stejné a spojené lebkou). Jelikož rozstup neboli interokulární vzdálenost, očí je u každého jedince odlišná, pro potřeby filmového natáčení vznikl obecně používaný standard rozstupu objektivů (středů čoček) 65mm.

1.2.1 Interaxiální vzdálenost

Rozstup očí nazýváme interokulární vzdáleností, ale ve filmové produkci se také používá pojem interaxiální vzdálenost. V praxi² je to jedna a ta samá věc, tedy vzdálenost mezi středy čoček objektivu. Stalo se normou užívat pro rozteč středů objektivů zkratku **IO** (interocular).

Jelikož filmu se na rozdíl od člověka často hodí pocit trpaslíka i obra, musí tato vzdálenost být pro každý záběr zvlášť nastavená, podobně, jako se nastavuje např. ostření. Nutno podotknout, že vzhledem k rozdílnosti velikostí filmových záběrů se tento rozstup běžně pohybuje od méně než jednoho centimetru po několik metrů.

Čím větší rozstup kamer, tím má záběr větší hloubku, prostorovost. Jednotlivé plány obrazu vystupují více před plátno nebo za plátno nebo oboje. Existují dva základní extrémy, mezi kterými se zpravidla pohybuje autorův záměr – předměty vycházející co nejvíce před plátno směrem k divákovi – do tzv. **negativního prostoru** (též **negativní paralaxy**³), kdy za plátnem je obraz plochý (typicky detail předmětu směřujícího ke kameře, jako třeba ústí hlavně pistole) a „okno do světa“ kdy se prostor rozprostírá co

² Přísně teoreticky je interaxiální vzdálenost vzdáleností středu otáčení kamer (hlava stativu) a interokulární vzdálenost značí rozteč středů čoček, ale oba pojmy jsou v praxi zaměňovány.

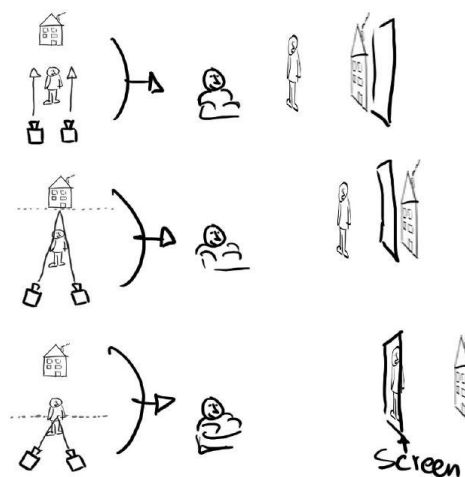
³ Paralaxou nazýváme úhel mezi osami kamer – paralaxa je vždy negativní (před nulovou rovinou), pozitivní (za nulovou rovinou) nebo nulová.

nejhloub za plátno – do **pozitivního prostoru (pozitivní paralaxy)**, kde nic z plátna směrem k divákovi nevyčnívá (typicky velký celek krajiny). Naprostá většina záběrů je ale vytvořená s přesahem do pozitivní i negativní sféry, aby dojem ze 3D zobrazení byl co nejevýraznější. Pro každý typ záběru je ale optimální poměr hloubky před a za plátnem jiný a celkové množství, které můžeme mezi tyto dva poloprostory rozdělit je určován právě interokulární vzdáleností. Toto množství, se kterým je nutné pečlivě pracovat, aby nedošlo k nepříjemným bolestem očí, se nazývá „**depth budget**“ – **hloubkový rozpočet**.

1.2.2 Konvergence

Jak ale můžeme měnit poměr mezi pozitivním a negativním prostorem? Co když chceme, aby pouze jeden malý plán vyčníval před plátno k divákovi a velká scenerie v pozadí byla rozprostřená v hloubce za plátnem? A co když by se nám nejlépe hodilo začít záběr na hlubokém celku a postupně sledovat předmět blížící se ke kameře, který nakonec překvapivě vyleze před plátno? Jelikož množství hloubky (rozpočet), které v rámci jedné kompozice můžeme do záběru vložit, není nekonečné (z důvodů rozebíraných v kapitole 4) a my chceme, aby v každé sekundě záběru byl prostorový dojem maximální, potřebovali bychom během záběru tento poměr měnit – podobně, jako když ostříč bude ostřit společně s přibližujícím se předmětem, tak **stereographer** (člověk, co má na starosti ovládání stereo rigu) může měnit rozstup a úhel, který kamery svírají. V základním nastavení míří kamery rovnoběžně jedním směrem, ale lidské oči fungují na základě sbíhavosti (konvergence) –

linie pohledu každého z očí se sbíhají v bodě, kam oko zaostřuje. Proto i na 3D kamerovém rigu jde kromě vzdálenosti kamer měnit i úhel, který svírají⁴ vůči sobě. V bodě, kde se linie úhlů kamer střetnou, není obraz nijak rozdvojen (splývá) a proto nevzniká žádný prostorový efekt. Tento bod se nazývá **nulová paralaxa** nebo **nulová rovina** a při projekci se bude nacházet v **rovině plátna**. Vše co se v mizanscéně nachází mezi nulovou



Obr. 1: Posun nulové roviny při konvergenci kamer

⁴ Zpravidla tedy stačí, když je pohyblivá pouze jedna z nich

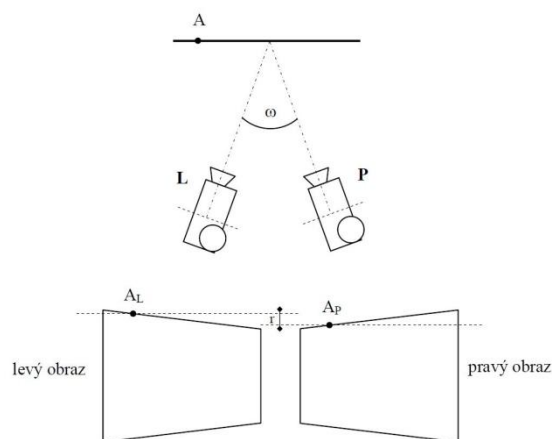
rovinou a kamerami bude při projekci v negativním prostoru („před“ plátnem) a vše co je od nulové roviny dál bude v pozitivním prostoru („za“ plátnem).

Je nutné si uvědomit, že rovina plátna samotná ale nikdy nebude divákem vnímaná – stejně jako v reálném světě nejsme zvyklí rozlišovat objekty na nacházející se před a za bodem konvergence našich očí, stejně tak v u stereografie vidíme pouze lineární rovinu hloubky – plátna si divák není vědom. Jediné s čím může srovnávat svůj prostorový vjem a určit tak rovinu plátna je jeho okraj a to pouze za předpokladu, že sál není dokonale zatemněn (i s okrajem obrazu totiž můžeme prostorově pracovat, viz. kapitola 5.2). Vnímání obrazu tedy nefunguje tak, že by divákovi připadaly objekty nacházející se v nulové rovině jako ploché, ale jsou přirozenou součástí celé hloubky scény.

1.2.3 Vertikální paralaxa (disparita)

Existuje dogma, že nejbezpečnější natáčení je vždy s kamerami rovnoběžně. Nulová rovina se totiž dá posouvat v postprodukci jednoduchým posuvem obrazů přes sebe, a když jsou kamery souběžné, nedochází u nich k nepříjemnému efektu známému jako **vertikální paralaxa** – vzájemně rozdílné výšce stejných bodů na opačně natočených senzorech.

Toto je však pro profesionální filmovou praxi zavádějící tvrzení, protože pouze díky konvergenci kamer je stereographer schopen zaručit maximální využití depth budgetu v průběhu dynamického záběru bez ořezu rozlišení, kterého by bylo nutno při postprodukční manipulaci. U profesionálních stereo rigů je možné vyrovnat vzájemné horizontální natočení kamer (=senzorů) a tím paralaxu eliminovat. Je to velmi jemný a časově náročný proces, který musí být proveden před každým záběrem. Pro jemná doladění lze také využít postprodukčního keystone zkosení obrazu.



Obr.2 : Vertikální paralaxa

2 LIDSKÉ PSYCHICKÉ VNÍMÁNÍ 3D

Pro co nejkvalitnější využití 3D ve filmu je zásadní znát vlastnosti lidského vnímání, které člověku umožňuje orientaci v prostoru. Během uplynulých více než sta let dějin filmu, kdy byli diváci odkázáni na 2D projekce se i přes absenci třetího rozměru s prostorem ve filmu pracovalo velmi přehledně, byla by tedy chyba tyto zkušenosti nyní kvůli jejich zdánlivé nepotřebnosti zahodit – naopak je třeba si uvědomit, že stereoskopie je stále pouze umělým efektem a má svá omezení. Pokud ale režisér zdárně využije prostředků, které se využívají v 2D kinematografii k podpoření 3D efektu, výsledný dojem se znásobí.

2.1 Možnosti tvorby hloubky prostoru ve 2D

Člověk je překvapivě schopen vnímat prostor a jeho hloubku za pomoci pouze jednoho oka. Když jedno oko zavřeme, mozek je natolik naučený nějakým obecným velikostem předmětů a vlastnostem světla, že nám poměrně dobře dokáže stále poskytnout orientaci v prostoru. Zde jsou základní návyky, na které se při 2D vidění spoléháme:

Vzájemná poloha – ze zažité zkušenosti víme, že při překrývání předmětů je jeden bližší a jeden vzdálenější.

Pohybová paralaxa – při pohybu pozorovatele se pro něj mění vzájemné uspořádání objektů v jeho okolí vůči pozadí a to mu dává náповědu ohledně jejich vzdáleností – pozorovatel mění svoji polohu rychleji vůči předmětům, které jsou blíže, a vůči vzdáleným předmětům se hýbe pomaleji. Jako klasický příklad slouží jízda autem, kde se stromy u silnice míhají za okýnkem rychleji než stromy v dálce.

Kinetická změna velikosti – jak se objekt přibližuje či vzdaluje od pozorovatele, mění svoji velikost.

Perspektiva – paralelní linie se sbíhají v nekonečnu, což nám pomáhá v odhadu vzdáleností dvou částí objektu nebo prostoru.

Relativní velikost – pokud předpokládáme, že mají dva předměty stejnou velikost (jako třeba dva stromy), tak i když nevíme, jaká ta velikost je, můžeme určit, který z nich je bližší – ten, jehož obraz zakrývá větší plochu na sítnici.

Povědomá velikost – pokud známe skutečnou velikost objektu z předchozí zkušenosti (např. auto), můžeme v závislosti na jeho současné relativní velikosti určit jeho vzdálenost.

Atmosférické vlivy – jelikož při průniku světla atmosférou dochází k jeho lomu a postupné ztrátě intenzity, zdají se nám vzdálenější předměty více zahaleny mlhou - mají nižší kontrast a barevnou saturaci. Méně výrazné předměty tedy vypadají vzdálenější než jasné a kontrastní. Vzdálené objekty jsou také díky lomu posunuty více k modré části spektra, takže psychologicky na člověka působí chladné barvy (modrá, fialová, modrozelená) vzdáleněji než teplé (červená, žlutá, oranžová)

Akomodace – při zaostřování oka na vzdálenější předměty se oční svalstvo namáhá méně než na bližší a podvědomě tak jsme schopni odhadnout vzdálenost předmětů na vzdálenost do cca 2 metrů od nás.

Rozostření (blur) – u bližších předmětů je oko schopno zaostřovat pouze s určitou hloubkou ostrosti, což následně v mozku při spatření částečně rozostřeného obrazu vyvolává pocit blízkosti.

Nasvícení a stín – v závislosti na tvaru a velikosti objektu a umístění zdroje světla, které na něm vytváří odlesky a stíny, jsme schopni odhadnout umístění objektu v prostoru.

Rozlišení textury povrchu – jemné detaily povrchu materiálů se s přibývajícím vzdáleností pro lidské oko vytrácejí. [2]

2.2 Předpoklady pro vnímání S3D

Od počátků kinematografie se usilovalo o jednotnou rychlost promítání, která by dovolila snadnou distribuci filmů do co největšího počtu kin. Tato rychlost se nakonec ustálila na 24fps. S nástupem velkých projekčních ploch typu IMAX a podobných však vyvstal problém s některými typy záběrů, které přenášejí příliš mnoho vizuálního pohybu a na takto velké ploše, pokrývající téměř celý divákův zorný úhel začíná být zřetelná jeho neplynulost. Nejjednodušeji tento efekt můžeme vidět u středně rychlých švenků přes velké celky členitého pozadí – strukturovaný obraz plný detailů v kombinaci s vysokou rychlostí (avšak ne natolik, aby se projevil motion blur) vyžaduje pro plynulost, jakou známe z běžného života vyšší framerate. Z odvětví počítačových her je známo, že pro naprosto pohodlné vnímání akčních scén se doporučuje hodnota 60fps. Jelikož technologie stereoskopického filmu používá mnohem silnější promítací lampy a prostorový vjem pro diváka na zpracování mnohem náročnější než 2D, protože mu předává více informací, vyhlásil James Cameron po první revoluci s digitálními kiny nutnost další revoluce a to s promítacími (a natáčecími) rychlostmi. Ačkoliv původně doporučoval rychlost 60fps,

nakonec se do prvního celosvětově distribuovaného 3D filmu s vyšším frameratem pustil režisér Peter Jackson s projektem *Hobit* a začal ho natáčet rychlostí 48fps, což je dle něj dostatečné. Také je tím zajištěná snadnější kompatibilita s dostupnými digitálními promítačkami, které by měly být schopné dvojnásobnou rychlost zvládnout.

Po prvních testovacích projekcích však vyvstal nový problém – tím že je divák za celou dobu historie filmu na 24fps, skokové navýšení na 48fps je pro něj najednou „nerealistické“ – film vypadá příliš „opravdově“ a ne jako film. Získává najednou vzhled levné televizní produkce založené na 50i/60i systému a při velkém (*Hobit* je točený v 5K) rozlišení najednou všechny masky a dekorace působí skutečně jako „masky a dekorace“. S největší pravděpodobností jde pouze o otázku zvyku diváka a za pár let, pokud se 48fps technologie uchytí, nám to již nepřijde divné, každopádně v současnosti je to největší možný problém bránící dotažení 3D revoluce do konce. Hrozí také, že násobením promítacích frekvencí film ztratí jednu ze svých podvědomých zbraní – schopnost vtáhnout diváka do děje tím, že je jeho mozek nucen si chybějící framy dopočítávat a tím pádem pořád sledovat plátno. Zda to skutečně má nějaký vliv se dozvíme až s postupem času při větším výběru takto natočených filmů.

3 ZÁKLADNÍ TYPY NATÁČECÍCH A ZOBRAZOVACÍCH TECHNOLOGIÍ

3.1 Natáčecí technologie

Vzhledem k technické náročnosti natáčení na dvě kamery, které vyžadují absolutní synchronizaci, není příliš výhodné využívat 35mm filmových kamer. Není to však jen problém synchronizace, který se dá vyřešit, ale také minimálně dvojnásobný rozměr a váha celé montáže rigu, který u 35mm v podstatě vylučuje hand-held i steadicam použití. Co je však nejzásadnější, je nemožnost detailní přípravy záběru přes fullHD 3D monitor, která je pro správné nastavení kamer klíčová. Skalní zastánce 35mm technologie Michael Bay pro *Transformers 3 (Transformers: Dark of the Moon*, dir. Michael BAY) používal na detailní záběry obličejů záznam na surovinu, protože nebyl spokojen s kresbou lidské pokožky na digitálních kamerách, ale za cenu následné konverze do 3D. Na zbytek filmu a všechny akční sekvence byl nucen použít digitál. [3] Zvláště snaha výrobců high-end digitálních kamer poslední doby, která směřuje k co největší kompaktnosti pro snadnou manipulaci ve stereo konfiguraci (zejména RED Epic) nahrává snadné a rychlé implementaci technologie do studiového systému. Základní podmínkou pro použití kamer je možnost synchronizace skrze Genlock, kterou však dnes disponuje již většina kamer od střední třídy výš. Jako optimálním řešením by se pro stereoskopii mohla zdát DSLR technologie, díky svým malým rozměrům a nízké hmotnosti, ale výrobci zrcadlovek v současné době Genlock zatím nepodporují. Je nutné si uvědomit, že pro pohodlné vnímání 3D obsahu je nutná mnohem přesnější synchronizace než pouze v řádech framů za sekundu, jinak při rychlejších pohybech dochází k nepříjemným posunům obrazu.

3.1.1 Side-by-side (parallel) rig

Základním a nejsnáze nastavitelným systémem uchycení kamer je paralelní umístění dvou kamer na posuvné koleji, která umožňuje měnit IO. Minimálně jedna z kamer by měla být otočná pro možnost pohybu konvergence během záběru a oba dva typy pohybu motorizované a ovládané dálkovým stereo remotem. Nevýhodou této montáže je pevně daná minimální rozteč, neboť kamery se k sobě kvůli svým tělům zpravidla nedostanou natolik blízko, aby byly objektivy od sebe vzdáleny pouze 65mm či méně a proto je nutno pro tento rig užívat velkou vzdálenost kamery od nejbližšího objektu, čímž se poměr

vzdáleností vyrovná. Své využití naopak nachází při snímání velkých celků, kdy je nutné postavit kamery dál od sebe než je to možné u vertikálního sestavení.

3.1.2 Vertikální (paracam, mirror, beamsplitter) rig

Mnohem častější je soustava kamer, jež jsou vůči sobě ve vertikálním úhlu 90° a obraz se k nim dostává skrze polopropustné zrcadlo. Jedna z kamer je umístěná klasicky vodorovně a druhá svisle – v závislosti na typu rigu míří nahoru či dolů. Tam, kde se jejich osy záběru střetávají je pro svislou kameru připevněné zrcadlo v úhlu cca 45° (mikrometricky nastavitelné, kvůli korekcím nepřesnosti geometrie), díky němuž vidí dopředu paralelně s vodorovnou kamerou. Výhodou tohoto uspořádání je, že je možné obě kamery srovnat přesně nad sebe a dosáhnout tak anulování 3D efektu, což je výborné pro úvodní nastavení a přesnost. Také se kamerami dá dostat libovolně blízko k objektu natáčení, neboť IO může být i pouhých několik milimetrů. Bohužel kvůli komplikovanější konstrukci jsou kamery náchylnější na udržení dlouhodobě vycentrované pozice a tudíž je nutno je při přesunech před každým novým záběrem znovu seřizovat. Také je třeba dbát na zvláštní vlastnost CMOS čipu, pokud jich kamera využívá, a to směr čtení elektronického signálu – pro fungující 3D efekt je třeba, aby měly oba čipy zkreslení rolling-shutteru stejným směrem, proto bývá uchycení svislé kamery vyřešeno buď tak, aby přijímala obraz „vzhůru nohama“ a obraz je potom nutné postprodukčně převrátit, aby orientace obrazu i směr závěrky byly u obou kamer stejné. Tak tomu je u vertikálních rigů, kde je svislá kamera nahoře. Moderní rigy s touto vlastností již počítají a svislou kameru častěji umísťují do spodní pozice, kde stačí obraz převrátit pouze horizontálně.



Obr. 3: Side-by-side rig



Obr. 4: Vertical rig

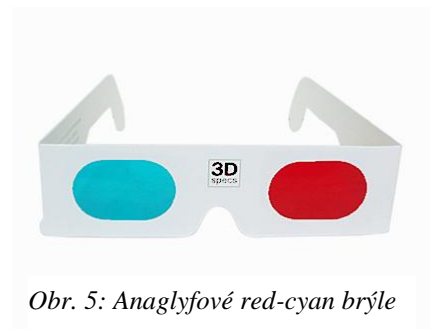
3.2 Projekční technologie

Existuje mnoho způsobů, jak vnímat stereoskopický obraz. Nejpoužívanější ve filmové praxi jsou tyto:

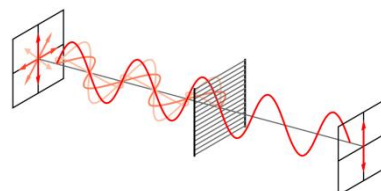
Anaglyf – nejlevnější a nejrychlejší způsob převedení obrazu do 3D spočívá v zabarvení levého kanálu obrazu do barvy, která se vylučuje s barvou, jakou je zabarven pravý kanál. Nejlépe se osvědčila kombinace červené a azurové (red-cyan), ale existují i jiné kombinace. Výraznou nevýhodou je výrazné zkreslení barev až do podoby, kdy je velmi nepříjemné anaglyfový obraz sledovat po delší dobu.

Polarizovaná projekce – v současnosti nejrozšířenější technologie kvůli poměru pohodlí/cena. Ze dvou projektorů, každý s jinak orientovaným polarizačním filtrem, vychází obraz na plátno, které je postříbřené (odrazem světla od kovu nemění světelná polarizace) a odtud se odráží k divákům s brýlemi, jejichž každé sklo je polarizované v opačném směru. Polarizace může být buď lineární (divák nesmí příliš hýbat hlavou, jinak se efekt poruší) nebo dnes standardizovaná cirkulární (která je na pohybu hlavy nezávislá). Oblíbená je také možnost jednoho projektoru s polarizační předsádkou, která pro každý druhý snímek mění polarizaci. Technologie polarizované projekce trpí tzv. ghostingem (neboli cross-talk) – při vysokých kontrastech do sebe kanály pro levé a pravé oko prosvítají.

Aktivní LCD (shutter glasses) – vysoká pořizovací cena a nutnost napájení i pro brýle samotné dělá z této technologie spíše specializovanou záležitost - najdeme je ale ve střižnách a postprodukčních studiích, protože se jedná o nejpřesnější systém 3D projekce. Každé oko



Obr. 5: Anaglyfové red-cyan brýle



Obr. 6: Princip polarizace



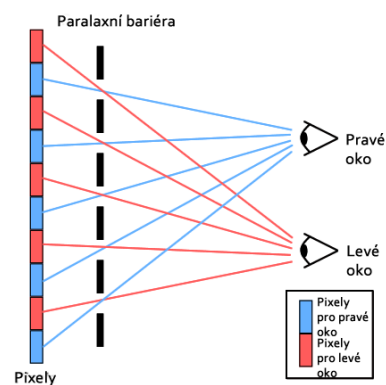
Obr. 7: Polarizační 3D brýle



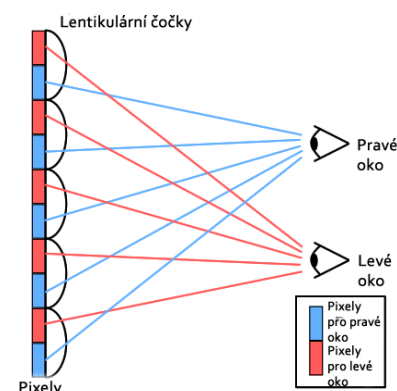
Obr. 8: Aktivní LCD brýle

je střídavě zatmíváno z pomoci LCD panelu, který je bezdrátově synchronizován s monitorem/projektorem běžícím o dvojnásobném framerate střídající levý a pravý kanál. Do každého oka se tak dostane správný obraz při klasické rychlosti 24fps. Aktivní LCD brýle jsou jediné z dosavadních technologií, které nejsou náchylné na tzv. „ghosting“ – při vysoce kontrastních obrazech (jako třeba bílý čtverec na černém pozadí) nepropouští částečně i obraz pro druhé oko, jako je tomu u poloprůhledných anaglyfových nebo polarizovaných brýlí. LCD panely však musí být vysoce kvalitní.

Autostereoskopické monitory – v současné době jediný rozšířený systém, jež nevyžaduje speciální brýle, se používá zejména pro rychlý náhled na menších monitorech (displeje konzumních 3D kamer). Jeho nevýhodou je prozatím hrubé rozlišení způsobené rozdělením displeje na vertikální sloupce, každý minimálně o dvou stranách – pro levé a pravé oko. Tyto sloupce tvoří hmatatelný rastr jakéhosi „vroubkování“ a mají průřez polokulovité čočky. Využívá se zde stejného triku jako u lentikulárních holografických kartiček pro děti. Další variantou je umístění paralaxní mřížky před střídající se sloupce levého a pravého obrazu, která dovoluje každému oku spatřit jen jemu určený signál. Existují i aktivní displeje s možností head-trackingu, který přizpůsobuje polohu masky divákovi. Pasivní systémy jsou totiž velmi omezené svým rozsahem do několika málo bodů, odkud lze 3D kvalitně vnímat.



Obr. 9: Autostereoskopická mřížka



Obr. 10: Autostereoskopický čočkový rastr

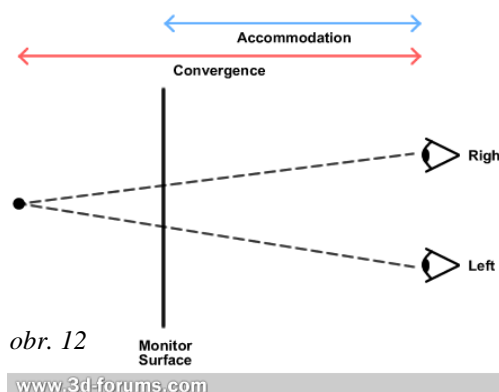
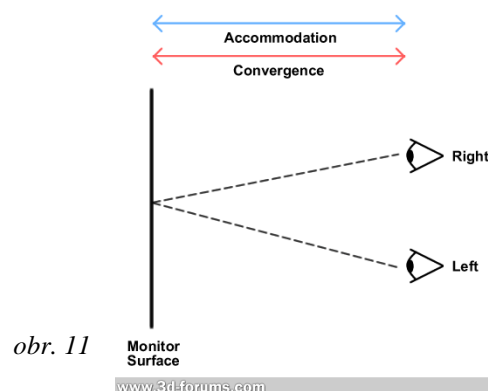
4 KOMPOZICE A STŘIH

3D je dnes plnohodnotnou součástí filmové produkce, výrazně ovlivňující výslednou kvalitu díla. Stejně jako každý jiný aspekt tohoto odvětví má moc filmu uškodit, zůstat nepovšimnut v pozadí neboho naopak vyzvednout výš. Jelikož v současné poslední vlně masového nástupu 3D se spousta pravidel pro využití tohoto nástroje začala objevovat znovu od začátku, došlo v jejím počátku ke vzniku množství nepřilíš povedených konverzí a pokusů o narychlo vyrobenou senzaci. Jelikož je ale stereografie velmi technickou disciplínou, založenou na množství matematiky, její úspěch je založen na pečlivé přípravě každého záběru. Pokud se přípravě nevěnuje dostatečná pozornost, a to už v úrovni technického scénáře, je pravděpodobné, že diváci budou vystaveni několika typickým efektům špatně provedeného 3D a skončí s bolestmi hlavy z vynuceného nepřírozeného pohybu očí.

4.1 Pravidla stereografie

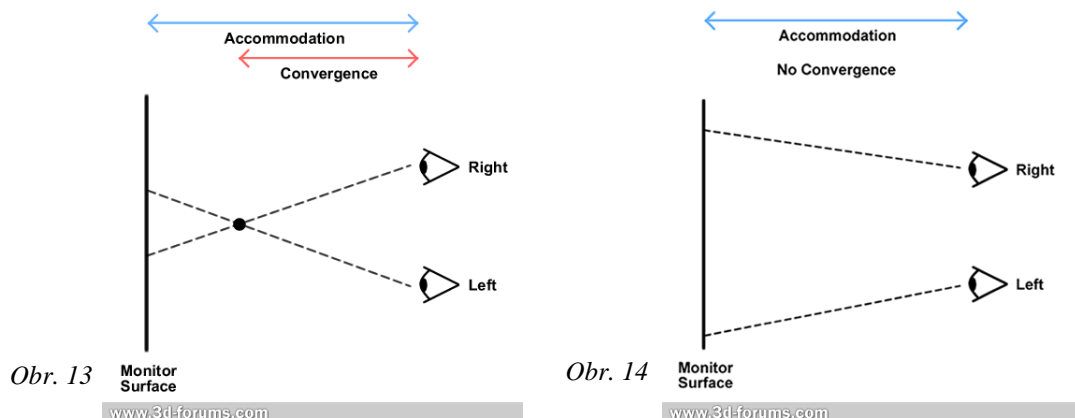
4.1.1 Divergence

Základním principem vnímání 3D je fakt, že při sledování filmu v kině lidský zrak vždy zaostřuje (akomoduje) na rovinu plátna, ale konverguje (sbíhá se) dle dané paralaxy za nebo před plátno⁵. To je podstatný rozdíl oproti normálnímu životu, kdy je zrak zvyklý konvergovat právě tam, kam je zaostřený (pokud pohybujeme tužkou od nosu ke zdi před námi a sledujeme ji, oči se v závislosti na pohybu hýbou a zároveň ostří). Oko naštěstí s tím, že musí v kině zůstat zaostřené na rovinu plátna, ačkoliv ho jeho stereo kanál obrazu navádí jinak, nemá problém, mozek se tomu ochotně přizpůsobí.



⁵Může pochopitelně i na plátno, pokud je ostrost v rovině nulové paralaxy.

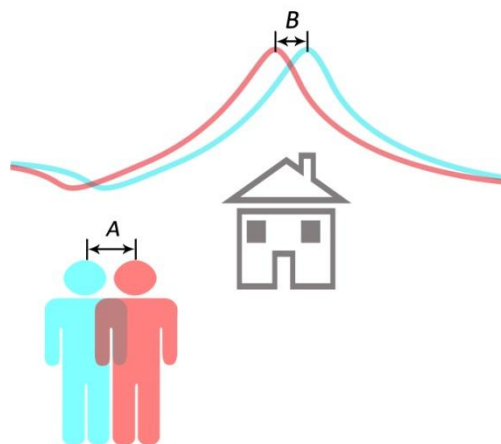
Problém nastává, když je 3D efekt příliš velký a tím pádem rozestup obou stereo obrazů od sebe nutí oči ne konvergovat, jak jsou zvyklé, ale naopak divergovat. Na tento pohyb z reálného života naše svalstvo není uzpůsobené, protože kdybychom v reálném životě takto divergovali, znamenalo by to, že zaostřujeme někde do zadu, za naši hlavu (protože jsme zvyklí, že akomodace a konvergence směřují vždy do jednoho bodu).



Obr. 11-14: Typy konvergence a akomodace zraku ve 2D a 3D kině

4.1.2 Depth budget

Nepříjemnému efektu divergence se lze vyhnout, spočítáme-li si správně depth budget. Potom budeme vědět, jak moc si můžeme dovolit odsadit od sebe stereo obrazy, aby výsledný 3D efekt byl co největší, ale ne nepříjemný. Depth budget je součtem maximální rozteče stereo obrazů v pozitivní a negativní paralaxe. Dá se měřit v milimetrech, v pixelech nebo procentech šířky plátna/monitoru.



$$\text{DEPTH BUDGET} = A + B$$

Depth budget se udává většinou v % poměru k rozlišení nebo rozměrům plátna/monitoru. Např.:

$$A = 40 \text{ px}, B = 20 \text{ px}$$

$$\text{HD} = \frac{A+B}{1920 \times 1080}$$

$$\text{HD} = \frac{60}{1920 \times 1080} \cong 3\%$$

Obr. 15: Součet paralax pro depth budget

Je však velmi důležité znát cílový formát projekce! Pro televizní vysílání musíme počítat s jiným depth budgetem než pro kinoprojekci. Logicky – pokud by se nám zdála rozteč A optimální na TV o šířce 1m, na plátně o šířce 10m bude tato rozteč 10x větší a může dojít k nepříjemné divergenci očí. Obecně platí, že depth budgety jsou pro kina mnohem menší než pro TV/monitory, jelikož plátna jsou širší a nepotřebují tedy hloubku natolik zdůrazňovat. Testováním se ustálily některé standardy, jež se v praxi doporučuje držet:

Televize dovolují max. 3% budget, jinak se oči příliš divergují. Při zmíněné šířce TV 1m je tedy maximální povolený součet pozitivní a negativní paralaxy 3cm (= 3% ze 100cm).

Je nutné si uvědomit, že se jedná o doporučenou hodnotu, které se nemusíme úplně pevně držet, většina TV kanálů má specifikované vlastní podmínky pro distribuci 3D obsahu. Např. televize Sky TV, jeden z průkopníků 3D TV distribuce, ve svých specifikacích dovoluje občasné užití až 6,5% budgetu (konkrétně +4% paralaxy pro vzdálené a -2,5% paralaxy pro blízké objekty) pro speciální záběry⁶. Také jen velmi zřídka se setkáme se situací, kdy je výhodné rozložit budget do pozitivní a negativní paralaxy rovnoměrně. Za obecně doporučená maxima se doporučují hodnoty +2% pozitivní a -1% negativní paralaxy při celkovém budgetu 3%. [4]

Kina dovolují max. 1% budget – to se dá odůvodnit jednoduchou logikou: pokud má plátno 6,5m, pak 6,5cm (rozteč očí) je 1% z jeho šířky. Kdyby tedy byl budget víc než 1%, oči se divákovi budou rozcházet. Většina moderních pláten má samozřejmě víc než 6,5m, takže 1% je nutno brát opět jako jakousi mezní hodnotu. Stejně jako u TV platí, že pro krátké a speciálně odůvodněné záběry si můžeme dovolit tuto hranici překročit.

Pokud potřebujeme spočítat depth budget přesně (a jelikož je naším cílem co nejlepší 3D vjem, tak ho potřebujeme spočítat přesně vždy), musíme znát i přesnou šířku výsledné projekce a rozlišení výstupu. Zde je příklad pro 10m plátno a fullHD výstup:

$$\frac{1920 \times 6,5}{1000} = 12,48\text{px} \cong 0,65\%$$

Hodnota 1920 je šířka fullHD rozlišení (1920x1080), hodnota 6,5 je rozestup lidských očí v centimetrech a hodnota 1000 je šířka plátna v centimetrech. Tím dostáváme maximální využitelný depth budget v pixelech. Z tohoto údaje se dá již snadno vypočítat, že depth

⁶ Dle dokumentu B_SkyB_Tech_Spec_ACQ_Content_ver1.0.0.docx, s revizním datem 7.4.2011 [5]

budget bude zabírat 0,65% z celkového rozlišení, což se nám bude hodit při nastavování IO před záběrem.

4.2 Příprava záběru

4.2.1 Stereographer

Při S3D natáčení se důležitou součástí kameramanského týmu stává tzv. stereographer. Je to člověk, který má na starosti výsledný stereo efekt a ručí za divákovu pohodu při sledování filmu. Jeho hlavním nástrojem je stereo remote (jinak také convergence puller, IO puller), což je zařízení schopné ovládat IO a konvergenci kamer na dálku, po vzoru dálkového ostření. Hi-tech stereo rigy mohou mít také vlastní pevný stereo remote na švenkpákách



Obr. 16: Stereo remote od firmy Cmotion

4.2.2 Vertikální paralaxa

Jelikož 3D kamerový rig je konstrukce velmi náchylná na jakýkoliv pohyb, musí se kamery často nastavovat do optimální vodorovné polohy. Díky své váze mají sklon se velmi lehce „rozhodit“. Lidské oko je zvyklé být pevně ukotveno v lebce a jediný pohyb, který zná, je dokonale synchronizovaná konvergence. Prostorovost našeho okolí vnímáme vždy pouze za pomoci rozdílného horizontálního úhlu, nikdy vertikálního, proto je nutné mít kamery (obrazy z nich) přesně srovnané v jedné rovině. Pokud tomu tak není, tak se 3D obraz rozbíhá nejen horizontálně, ale i vertikálně – vzniká tzv. vertikální paralaxa (jinak také vertikální disparita). Tento efekt je nutné před každým záběrem eliminovat ručním seřízením mechanismu rigu a kontrolou na HD stereo monitoru, optimálně přepnutým do anaglyf modu, ve kterém lze nejnázat vidět rozdíl mezi levým a pravým obrazem. Pro seřízení se rig (ve vertikálním neboli paracam sestavení) nastaví do nulové pozice, kdy $IO = 0$ a $konvergence = 0$, tedy oba obrazy by se měly dokonale překrývat a na monitoru vidíme pouze 2D výstup. Pokud tomu tak není a obrazy jsou v některém směru rozdílné, stereographer rig seřídí. Soustředí se na vertikální, horizontální, rotační, zoom a

keystone disparitu. Až po tomhle seřízení je možné začít s další přípravou záběru. Po všech zkouškách se před ostrým jetím doporučuje zkontrolovat seřízení znovu.

4.2.3 3D Monitor

Monitor je zásadní položkou na place každého stereo natáčení. Na rozdíl od 2D filmu, kde je za určitých podmínek možno pracovat bez odkuku, u S3D je monitor tvůrčím nástrojem. Čím blíže je šířka monitoru šířce výsledné projekční plochy, tím jednodušší je vytvoření bezproblémového 3D vjemu. Jelikož není samozřejmě praktické mít na place několikametrové plátno, doporučuje se užití monitoru o šířce jeden metr, na který se dá lehce přepočítat jakýkoliv depth budget. Nutnou funkcí je schopnost zobrazovat obraz v těchto dvou formátech:

Polarizovaný obraz - po nasazení polarizovaných brýlí vidíme skutečný 3D obraz, stejně jako by ho viděli diváci v kině

Anaglyf obraz – důležitý pro rychlé a přesné měření disparit (rozestupů obrazů)

U profesionálních stereo monitorů, jako třeba Transvideo, je velmi užitečná funkce možnosti úpravy konvergence přímo na monitoru a následné měření rozestupu obrazu – při výpočtu budgetu pro záběr stačí posouvat stereo obrazy vůči sobě, až se překryjí a následně přečíst hodnotu, o kterou se posunuly a tu vynásobit dvěma (protože každý z obrazů se symetricky posune pouze o třeba 10px, ale celkový rozdíl je tím pádem 20px).

Každopádně produkce musí mít vždy po ruce dostatek spotřebních polarizovaných brýlí.

4.2.4 Pochodová zkouška

Po sestavení kamery stereographer provede seřízení stereo rigu a na základě typu záběru spočítá optimální depth budget. Při ostřicí pochodové zkoušce nastavuje pro každý klíčový bod správnou IO a konvergenci, čili optimální poměr pozitivní a negativní paralaxy. Aby nepřekročil depth budget, je nutné neustále kontrolovat rozteč pravého a levého obrazu – buď klasicky za pomoci pravítka - přiložením přímo na monitor v režimu anaglyf a součtem pozitivní a negativní paralaxy - nebo za pomoci některé z výpočetních funkcí stereo monitoru. Při komplikovaných záběrech má stereographer možnost vyznačit si na stereo remotu potřebné hodnoty, stejně jako ostřič na svém markovacím kroužku, a také si dělá množství značek na zemi – ovládá totiž dva směry pohybu kamery záraz, z nichž oba mohou mít jinou rychlost i směr. Jakmile jsou klíčové pozice nazkoušeny, jedna z plynulých zkoušek se stand-iny se nahraje a stereographer i režisér ji při kontrolní

projekci musí schválit. Pak je teprve záběr připraven ke zkoušení s herci, jelikož přenastavení sterea trvá mnohem déle než ostření, je důležité, aby stand-in znal dokonale pohyb herce dopředu, prostor pro improvizaci je omezený.

4.2.5 Časová náročnost

Pokud je ve štábu zkušený stereographer s moderním rigem, standardní počet záběrů na den se většinou počítá kolem 10, tedy cca 2-3x méně než u 2D natáčení. Nicméně u velmi komplikovaných záběrů s několika změnami IO a konvergence, jízdou a třeba i zoomem je složitý a časově náročný nejen samotný výpočet stereo nastavení, ale zejména synchronizace ostříče, gripu, stereographera a herců. Počet možných záběrů se tak velmi rychle snižuje a do hry se dostává otázka zapojení dvou štábů.

4.3 Prohřešky proti kompozici

Se stereoskopickou formou filmu je nutné počítat už od technického scénáře. Existuje několik pravidel a doporučení, které je třeba dodržovat pro bezproblémový vjem. Při jejich porušení buď dochází k oslabení nebo úplnému vyrušení 3D efektu, námaze očí i bolestem hlavy.

4.3.1 Porušení okna

Známo také jako „window violation“ a „edge violation“ je nejčastějším problémem 3D filmů. Jde o jev, kdy objekt, který chceme mít v negativní paralaxe (ven z plátna), zasahuje svojí částí přes okraj plátna/monitoru, takže mozku přijde nelogické, že najednou končí useknutý v prostoru. Jako nejklaštější příklad můžeme uvést každý záběr vedený přes rameno postavy – je naším záměrem dostat týl postavy před plátno, ale hrana obrazu ho bude řezat a tím ho nutně považujeme v oblasti „za“ plátnem. Je tomu tak kvůli vrozenému chápání našeho mozku vnímat překrývající se objekty jako umístěné za sebou.

Řešením tohoto problému bylo dlouhou dobu vyhýbání se řezaným kompozicím a používání negativního prostoru pouze při jednoduchých „pop-out“ efektech, kdy se z obrazu vynoří objekt ničím neomezovaný (napřážená ruka, letící míč proti kameře), ale většina základních problémů se stereo oknem se dá vyřešit postprodukčním vytvořením tzv. „floating window“ (viz. kapitola 5.2).

Jiným, ale ne vždy aplikovatelným řešením je přidání vignetace k porušované hraně obrazu. Když z plátna vystupující objekt nemá ostrý světelný kontrast s hranou obrazu, ale

splývá do černé, nedochází k viditelnému porušení prostoru a 3D vjem je přijatelný. Obecně je pro lidské oko přijatelnější porušení vrchní a spodní hrany než hran krajních, na které je citlivé. U jednodušších záběrů je také možné popředí rozostřit a tím přesunout divákovu pozornost na rovinu ostrosti, ve které se okno neporušuje. Nejde však o vyřešení problému, pouze jeho schování pod koberec. Dle slov režiséra Tomáše Bintera o problematice rozostřených objektů v negativní paralaxě: „Když se díváme na kus hnědé hnusné hmoty, je to zjevně na hovno.“ (Tomáš BINTER. 2011. Pers. comm.)

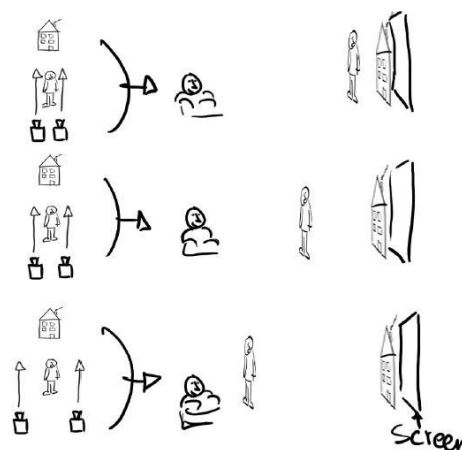
4.3.2 Svícení

Pokud to není vyloženě záměrem, kameraman by se měl vyvarovat velkých tmavých ploch bez kresby, neboť neobsahují žádnou prostorovou informaci, které by se mozek mohl chytit, a proto se zobrazí v rovině plátna. Ze stejného důvodu je dobré vyvarovat se přepalů.

Často lehce přehlédnutelným problémem jsou odlesky – je nutné si uvědomit, že odlesk vzniká pouze pod určitým úhlem a tím pádem dopadá do každé z kamer jinak. V situaci, kdy je přepal viditelný jen jednou kamerou, dochází ke ghostingu.

4.3.3 Depth bracket

Depth bracket (také známo jako depth range [6]) je vzdálenost mezi pro kameru nejbližším a nejvzdálenějším viditelným bodem. Jelikož je pro oko nepříjemné rychle skákat mezi různými hloubkami záběrů, je vhodné se tomu v technickém scénáři věnovat a přizpůsobit navazující záběry tak, aby využívaly co největší část společné hloubky pole (tedy když střihám z AP na detail, je vhodné mít u detailu dostatečně vzdálené (hluboké) pozadí⁷. Z tohoto důvodu se rámování ve stereografii neříká „framing“, ale „boxing“ – každý záběr má i svoji hodnotu hloubky.



Obr. 17: Vliv IO na rozestup objektů

⁷ Za předpokladu, že touto prudkou změnou hloubky nechci záběr akcentovat.

Depth bracket je ovlivněn IO a ta na rozdíl od konvergence téměř nejde upravovat v postprodukcii.

Jelikož víme, že změnou IO měníme plasticitu objektů ve scéně a tím pádem jejich prostorový rozestup od sebe, je nezbytné ve scéně při každém směru záběru udržet jejich prostorový rozestup stejný. Jinak se může lehce stát, že v dialogovém okně stříhaném přes ramena hrdinů mezi nimi bude v jednom záběru rozestup půl metru a v druhém dva metry.

4.3.4 Rozvrstvení prostoru

Je důležité vložit do záběru několik hloubkových vrstev (plánů), aby divák mohl plynule konvergovat oči při změně pozornosti z blízkého na vzdálený objekt. Také je třeba zakončit každý záběr v takových prostorových rovinách, aby další záběr začínal s přibližně stejnými hodnotami, jinak se oči musí namáhavě přizpůsobovat. Tato příprava stereoskopického okna do správné roviny pro nadcházející záběr (pokud je zřejmé, že další záběr bude začínat s oknem ve výrazně jiné hloubce) stačí klidně jen půl sekundy před koncem záběru – důležité je, aby byla plynulá a ne skoková (stříhem). Tak si jí divák nevšimne.

4.3.5 Volba objektivů

S nástupem 3D kinematografie má volba objektivů ještě výraznější dopad na celkový obraz. Stejně jako jsme zvyklí z klasického 2D natáčení, že dlouhé objektivy „zplošťují“ a krátké zase deformují a zakulacují prostor, tak to funguje i u 3D, jenže absolutně. Na dlouhý objektiv tím pádem dostanete místo postav ploché „kartonové výstřižky“. Pokud se za jakýsi nepsaný standard ve 2D filmu považuje 35mm sklo, potom u 3D je optimální volbou 25-15mm. Jen tak dostaneme v obraze skutečný dojem plasticity (jinak též „roundness“ nebo „volume“).

4.3.6 Posazení diváka

V rámci stereografie se uplatňuje ještě jedna zcela nová zákonitost – vzdálenost diváka od plátna výrazně ovlivňuje celkový dojem z hloubky obrazu. Pokud se divákovi sedícímu 2m od plátna jeví předmět jako 1m před plátnem, bude se ze 4m od plátna jevit 2m před plátnem - předměty více vylézají do prostoru. Z toho plyne, že čím dále jsme plátnu vzdáleni, tím je 3D efekt silnější. Na druhou stranu ale potom plátno pokrývá menší oblast

našeho zorného pole, čili se cítíme méně v centru dění, což je základním důvodem pro použití 3D vůbec. Pochopitelně při přílišné vzdálenosti může dojít až k přehnané hloubce obrazu a nerealistickému zkreslení.

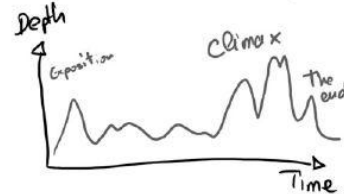
4.4 Dramaturgie

Stereografie není omezena na pouhé technické řešení větší realističnosti filmového díla díky přidané hodnotě prostoru oproti plochému 2D, ale má i nepopíratelnou a prozatím málo využitou schopnost dramaturgického řešení. Stejně jako se všemi ostatními stavebními prvky filmu se s 3D musí nakládat s rozmyslem, aby nedošlo k přílišnému unavení diváka už v polovině filmu. I na depth budget lze tedy aplikovat klasickou aristotelovskou sinusoidu, dle které jsme za pomoci 3D schopni diváka vtáhnout do víru dění nebo ho nechat

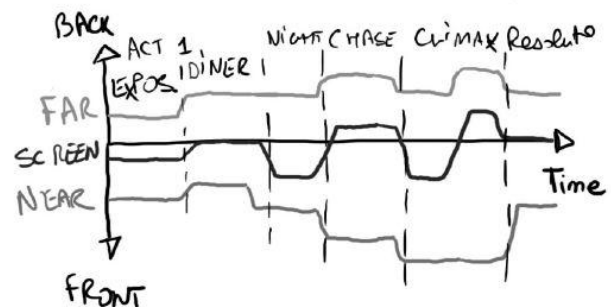
odpočinout. Nejde však pouze o celkové množství hloubky v záběru, ale o vývoj ve všech dílčích segmentech: budget, bracket, vzdálenost od akce, vzdálenost od plátna (viz. 5.2) a viditelnost 3D změn ve střihu. Všemi těmito nástroji lze podpořit dramatické vyznění scény, zejména plynulost nebo naopak skokovost stereografických přechodů při střihu je prozatím velmi neprozkoumaná oblast moderní filmové řeči, čekající na využití.

Co však je a vždy bude nutností pro 3D film je využití a provázanost třetího rozměru se scénářem. A to nejen v režijně-technické rovině, jakožto filmová řeč a mizanscéna (užívání větší IO při snaze vytvořit psychologický rozestup mezi postavami apod.), ale i v samotném námětu – filmy obsahující nové světy, jako sci-fi a fantasy jsou nejklaštějším příkladem, ale není třeba se na ně omezovat. Nicméně pro intimní hořkou komedii z jednoduchého prostředí, která staví více na hereckých výkonech než na výpravě je 3D zbytečné a divák by pravděpodobně odcházel z kina zmaten, proč k promítání tohoto filmu musel mít nasazené 3D brýle.

SIMPLE DEPTH CHART:



DETAILED DEPTH CHART:



Obr. 18: Příklad grafu 3D dramaturgie

5 MOŽNOSTI POSTPRODUKČNÍCH ÚPRAV

5.1 Úpravy konvergence

Jelikož ne vždy je střih totožný se záměrem v technickém scénáři, je často pro divákovu pohodu nutné posouvat stereoskopické okno kvůli návaznosti záběrů na sebe. Stačí najít bod kompromisu mezi prvním a druhým záběrem, do kterého se těsně před střihnutím stereoskopické okno přemístí ze své optimální polohy, a ve druhém záběru z tohoto bodu vyjede na požadovanou pozici. To se jednoduše udělá za pomoci vzájemného posunu levého a pravého stereo kanálu přes sebe. V místě, kde se vertikální linie objektů budou setkávat, vždy vzniká bod nulové paralaxy, tedy rovina stereo okna, která se bude nacházet v reálné rovině plátna/monitoru. Kvůli této úpravě, která je v praxi naprosto standardní součástí postprodukce, se kameramanovi doporučuje během natáčení nechat si kompozičně o něco širší záběr – stačí o šířku depth budgetu, tedy zpravidla 1%-3% a následně přesně oříznout v postprodukcí, pokud bude třeba.

Pokud při natáčení nebyl zcela naplněn potenciální depth budget, je možné změnou konvergence upravit některé chyby vzniklé při natáčení. Pokud došlo např. k porušení okna, dá se celý obraz posunutím stereo okna umístit více do zadu. Vždy pokud v postprodukcí měníme konvergenci, je třeba obraz uměle dozoomovat a oříznout, aby okraje záběru nebyly určeny pouze jednomu oku.

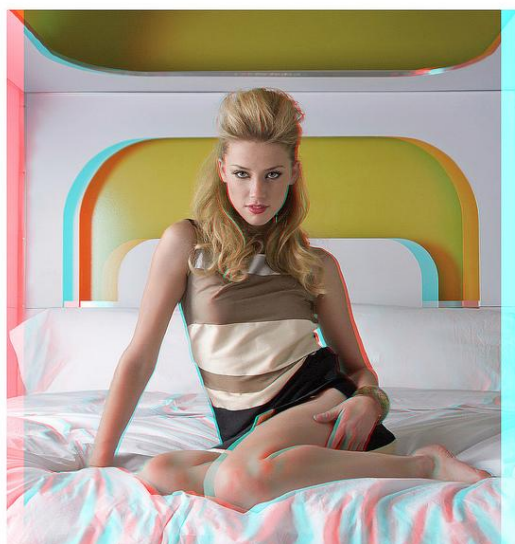
5.2 Floating window

Česky přeloženo jako „vznášející se“ okno, je postprodukční metoda umožňující schování window violation (porušeného okna) zpět za rám obrazu, aniž by přitom byl omezen 3D vjem. Vychází z předpokladu, že pokud v temném kinosále není vidět okolí plátna a tím pádem obraz jakoby „visí“ v prostoru, můžeme s jeho orientací vůči divákovi za pomoci stereografie libovolně pohybovat. Jednoduše řečeno, jakmile v záběru „přes rameno“ vystupuje popředí ven z plátna, ale zároveň je řezáno hranou tohoto plátna, jsme tuto hranu schopni stereograficky oddělit od fyzické stěny kina a natočit ji šikmo tak, aby postava zůstala „za“ (virtuálním) plátnem a přitom byla stále v negativní paralaxe = v kinosále. Trik je v tom, že divák, který ve tmě nevidí napojení plátna na zeď sálu, si není schopen všimnout relativně malého posunu ve velikosti obrazu (a ani ve snu ho nenapadne si něco takového představit – zkuste si ten efekt představit sami, je to obtížné). Úplně nejhůře je překvapivě tento jev viditelný, pokud je floating window v pohybu, místo toho, když je

nehybný, ačkoliv by se dalo předpokládat, že čím více s bude hýbat, tím více na sebe bude upozorňovat. Ale není tomu tak, pravděpodobně podobně, jako když v raných dobách stříhu bylo nepřírozené stříhat na sebe protipohledy a střihači předpokládali, že skoky po ose budou rušit méně, jelikož jsou si podobné. Tomuto oknu, které se hýbe téměř neustále, s ohledem na dění ve scéně se říká **dynamic floating window**. [7]

Jak tohoto efektu natočení dosáhnout? Stačí jeden stereo kanál po straně, kterou potřebujeme, „odlepit“ více od plátna oříznutím tenkým černým pruhem – čím více tím větší vytočení. Simulujeme tak zkrácenou perspektivu jednoho oka vůči druhému, což si mozek vyhodnotí jako zkosení perspektivy objektu (stereo okna) samotného. Tento pruh nebo pruhy můžeme volně animovat a umisťovat na všechny 4 kantny a tím dosahovat libovolného pohybu plátna v prostoru. Dá se naklánět vertikálně, vodorovně nebo šikmo, dle potřeby záběru. [8]

Nevýhodou floating window je, že se nedá použít pro televizní projekci a monitory, protože jejich okolí zpravidla nesplývá s okolím. Pro správnou funkci je nutná dokonalá tma, jinak budou předměty v negativní paralaxe neustále blokovány skutečným viditelným rámem obrazovky. Při kinoprojekci je třeba dbát na přesné zarámování plátna, jelikož některá kina mají tendenci pouštět filmy s lehkým přesahem přes okraje. [9]



Obr. 19: Vysunutí floating window
před plátno



Obr. 20: Naklopení floating window

5.3 Konverze ze 2D

Těsně po posledním rozmachu 3D kin měla filmová studia roztočenou řadu filmů, jejichž výroba začala v éře 2D kinematografie a proto nechtěla ztratit svoji šanci je výhodně prodat také jako 3D filmy. Byly tedy určeny k postprodukční konverzi do 3D. To je velmi časově náročná metoda, kdy množství jednotlivých plánů každého záběru musí být rotoskopicky rozřezáno a v závislosti na vzdálenosti od kamery se k nim doanimuje prostorově adekvátně posunutý duplikát pro druhé oko. Jelikož účelem těchto konverzí bylo vydělat peníze, konverze byly provedeny velmi levně a rychle, což se také podepsalo na výsledku. Jedním z nejtypičtějšých příkladů je konverze filmu *Souboj Titánů* (*Clash of the Titans* [film]. Dir. Louis LETERRIER), který měl fantasticky nabitý 2D trailer, ale ve 3D se vlasy hrdinů a jiné komplikované části obrazu pohybovaly prostorem nezávisle na svých majitelích.

To studia přinutilo změnit strategii a investovat raději do komplikovanějšího a dražšího stereoskopického natáčení a možnost kvalitní, čili drahé konverze využít jen u filmů, které mohou být znovu uvedeny pro novou generaci diváků a u kterých je silný výdělečný potenciál. Prvními těmito velkými filmy byly *Hvězdné Války Episoda I* (*Star Wars: Episode I - The Phantom Menace* [film]. Dir. George LUCAS) a *Titanic 3D* (*Titanic* [film]. Dir. James CAMERON), na který si dohlédl Cameron sám, a skutečně se potvrdilo, že kvalitní 3D konverze není nemožná. Je však nákladná a zejména časově náročná a proto se pro nové hity nehodí. Platí pro ni však naprosto stejná pravidla jako pro stereo natáčení. [10]



Obr. 21: Popisky k zamýšlené hloubce rotoskopovaných vrstev



Obr. 22: Záběr rozložený na jednotlivé prostorové plány

6 ZÁVĚR

Velmi často se spekuluje, jak moc je stereoskopie schopná změnit filmové médium a jestli se dá tato moderní revoluce srovnat např. s příchodem zvuku nebo barvy. S takovým přirovnáním bych nesouhlasil, 3D je mnohem blíže zavedení formátu cinemascope – některé filmy bychom si bez něj nechtěli (ne nutně nedokázali) představit, jiné se v pořádku obejdou i bez něj. Výhodou oproti cinemascope má stereo v možnostech vlastní filmové řeči. Ta je ovšem stále ještě nevyužitá a samotná technologie promítání se má ještě dlouho kam vyvíjet. Skutečným průlomem se nejspíše stane až boom autostereoskopických kin, kdy už pro nás ale 3D bude zcela přirozené a ztratí svoji exotickou příchut'. Teprve potom může nastat přelom a stereoskopie se třeba i zařadí mezi ty skutečně významné mezníky historie filmu. Jakmile totiž nebude hlavním lákadlem technologie, ale obsah a způsob jeho podání, 3D získá kulturní vážnost. Pokud se poté ukáže, že přínos třetího rozměru je pouze atrakce, je pravděpodobné, že postupně vymizí nebo bude nahrazena atrakcí novou. Minimálně jeden nový směr už nastolený je – tzv. „*space warping*“ je založen na teorii prostoru ne nutně reálného, ale hlavně zábavného. Podobně jako ve fotografii metoda HDR pracuje se saturací, tak warping pracuje s prostorem – jeho pokřivením a zvýrazněním vznikají velmi netradiční fantazijní lokace a optické triky. Zatím se jedná pouze o další atrakci, kterou je třeba začlenit do filmu, aniž by sloužila pouze svému efektu. Je úkolem naší generace filmařů, aby ho smysluplně využili a začali s jeho možnostmi experimentovat. Osobně věřím, že minimálně ve formátu žánrových filmů má 3D hodně co nabídnout a o jeho budoucnost se nebojím. Minimálně do chvíle, než se znovu objeví zapomenutá retro krása 2D filmařiny.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

2D	2 dimenze – plošné zobrazení bez třetího rozměru
3D	3 dimenzionální, zobrazení ve všech prostorových rovinách tedy včetně hloubky
IMAX	Image on Maximum – systém velkoplošné kinoprojekce
LCD	Liquid Crystal Display – display vytvořený technologií tekutých krystalů
DSLR	Digital single-lens reflex – digitální fotoaparát s výměnnými objektivy
fps	Frames per Second – jednotka udávající počet snímků za sekundu
IO	Interocular – vzdálenost mezi středy objektivů kamer

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

- [1] DASHWOOD, Tim. A Beginner's Guide to Shooting Stereoscopic 3D. *Dashwood 3D Cinema Solutions* [online]. May 1, 2010 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://www.dashwood3d.com/blog/beginners-guide-to-shooting-stereoscopic-3d/>
- [2] REICHENBACH, Diana. Depth Cues. *Perception in Animation* [online]. September 24, 2008 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://perceivinganimation.blogspot.com/2008/09/depth-cues.html>
- [3] FERNANDEZ, Jay A. Michael Bay Reveals James Cameron's Secret Role in the Making of 'Transformers'. *The Hollywood Reporter* [online]. 5/25/2011 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://www.hollywoodreporter.com/news/michael-bay-reveals-james-camerons-191774>
- [4] What's the difference between Parallax Range and Depth Budget ?. PARALLELLCINÉMA. *Convergence 3D* [online]. 2011/01/12 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: http://www.convergence3d.net/en/what_s_the_difference_between_parallax_range_and_depth_budget
- [5] COPPIN, Nick. *BSkyB Technical Specifications for Acquired Content* [electronic document]. 21-12-10, 2010, 07-04-11 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: http://www.sky.com/shop/_PDF/3D/BSkyB_Tech_Spec_ACQ_Content_ver1.0.0.docx
- [6] Glossary of 3D terminology. In: *Binocularity.org* [online]. 2010 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://www.binocularity.org/page21.php>
- [7] SMITH, Ben. Angled in the Floating Window. *3D Adventures: My adventures in 3D, filmmaking, animation and life in general* [online]. February 13, 2011 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://3dadventures.wordpress.com/2011/02/13/tangled-in-the-floating-window/>
- [8] DASHWOOD, Tim. Stereo3D Virtual Floating Windows. *Dashwood 3D Cinema Solutions* [online]. June 2, 2010 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://www.dashwood3d.com/help/stereo3d-virtual-floating-windows/>
- [9] GUIMARAES, Pedro Guimaraes. Floating windows,. In: *Technica 3D Forums* [online]. ©2000 - 2012 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://www.3alitytechnica.com/forums/showthread.php?t=46>
- [10] FAILES, Ian. The Lion King 3D: in-depth with Disney. */fxguide / vfx, mograph, and production news* [online]. September 22, 2011 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://www.fxguide.com/featured/the-lion-king-3d-in-depth-with-disney/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1: Posun nulové roviny při konvergenci kamer.....str. 13
 MENDIBURU, Bernard. *Fundamentals of Stereoscopic Imaging*. 2009, [elektronická prezentace]. Dostupné z: http://www.3dtv.fr/NAB09_3D-Tutorial_BernardMendiburu.pdf
- Obr.2 : Vertikální paralaxa.....str.13
 ČÍŽEK, Petr. *Prostorové zobrazování*. Plzeň, 2005.
 Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra informatiky a výpočetní techniky. Dostupné z: http://herakles.zcu.cz/~skala/vid/Data/PetrCizek_DP2005.pdf
- Obr. 3: Side-by-side rigstr. 19
 SHANKLAND, Stephen. *Sights from the Intel Developer Forum*. *C/net* [online]. 2009, September 25, 2009 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: http://news.cnet.com/8301-30252_3-10361553-246.html
- Obr. 4: Vertical rig.....str. 19
 GUIMARAES, Pedro. Quick look at Screen Plane “Production Rig”. *Pedro Guimaraes, SOC ~ Life Behind the Lens* [online]. 2011, June 24 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <http://stead3d.com/2011/06/quick-look-at-screen-plane-production-rig/>
- Obr. 5: Anaglyfové red-cyan brýle.....str. 20
 How to watch 3D movies on computer?. *A Guide to Technology* [online]. 2011 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <http://www.webnol.org/how-to-watch-3d-movies-on-computer/>
- Obr. 6: Princip polarizace.....str. 20
 Polarizační filtr. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 12. 11. 2011 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Polariza%C4%8Dn%C3%AD_filtr
- Obr. 7: Polarizační 3D brýle.....str. 20
 3D Theater Technologies. LALENA, Michael. *DIY Audio & Video* [online]. © 1996-2012 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <http://www.diyaudioandvideo.com/TV/3D/Theater/>
- Obr. 8: Aktivní LCD brýle.....str. 20
 Active vs. passive 3D: What is better?. SIMPSON, Campbell. *PC Wolrd Australia* [online]. 10 June, 2011 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: http://www.pcworld.idg.com.au/article/389806/active_vs_passive_3d_what_better_/
- Obr. 9: Autostereoskopická mřížka.....str. 21
 JACUBE. Autostereoskopie: 3D bez brýlí. *JaCUBE's Blog* [online]. Čvc.14, 2011 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://blog.jacube.cz/2011/07/14/autostereoskopie-3d-bez-bryli/>

- Obr. 10: Autostereoskopický čočkový rastr.....str. 21
JACUBE. Autostereoskopie: 3D bez brýlí. *JaCUBE's Blog* [online]. Čvc.14, 2011 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://blog.jacube.cz/2011/07/14/autostereoskopie-3d-bez-bryli/>
- Obr. 11-14: Typy konvergence a akomodace zraku ve 2D a 3D kině.....str. 22-23
Stereoscopic Parallax. In: *3D Forums* [online]. Aug 10, 2009 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://www.3d-forums.com/threads/stereoscopic-parallax.4/>
- Obr. 16: Stereo remote od firmy Cmotion.....str. 25
GUIMARAES, Pedro. C-Motion Cvolution. *Pedro Guimaraes, SOC ~ Life Behind the Lens* [online]. December 15th, 2010 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://stead3d.com/2010/12/c-motion-cvolution-system-purchased/>
- Obr. 17: Vliv IO na rozestup objektů.....str. 28
MENDIBURU, Bernard. *Fundamentals of Stereoscopic Imaging*. 2009, 35 s. Dostupné z: http://www.3dtv.fr/NAB09_3D-Tutorial_BernardMendiburu.pdf
- Obr. 18: Příklad grafu 3D dramaturgie.....str. 30
MENDIBURU, Bernard. *Fundamentals of Stereoscopic Imaging*. 2009, 35 s. Dostupné z: http://www.3dtv.fr/NAB09_3D-Tutorial_BernardMendiburu.pdf
- Obr. 19: Vysunutí floating window před plátno.....str. 32
XD3D. Amber_Heard_Zastavki - 3D Painting - FC Portrait - Floating Window. *Flickr* [online]. June 10, 2011 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://www.flickr.com/photos/57605784@N06/5818759523/in/set-72157625579915479/>
- Obr. 20: Naklopení floating window.....str. 32
REBHOLZ, Gary. Enhanced stereoscopic 3D editing tools in Vegas Pro 11. *Sony Creative Software - Vegas video - ACID & Sound Forge audio editing* [online]. © 2003-2012 [cit. 2012-05-08]. Výřez. Dostupné z: http://www.sonycreativesoftware.com/enhanced_stereoscopic_3D_editing_tools
- Obr. 21: Popisky k zamýšlené hloubce rotoskopovaných vrstev.....str. 33
FAILES, Ian. The Lion King 3D: in-depth with Disney. */fxguide / vfx, mograph, and production news* [online]. September 22, 2011 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://www.fxguide.com/featured/the-lion-king-3d-in-depth-with-disney/>
- Obr. 22: Záběr rozložený na jednotlivé prostorové plány.....str. 33
FAILES, Ian. The Lion King 3D: in-depth with Disney. */fxguide / vfx, mograph, and production news* [online]. September 22, 2011 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://www.fxguide.com/featured/the-lion-king-3d-in-depth-with-disney/>