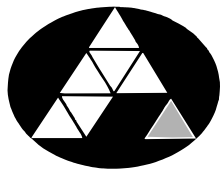


POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU
Viestinnän koulutusohjelma

Sari Hotokka

3D-VIDEOKUVAUS – STEREOSKOOPPISUUDEN
HUOMIOIMINEN LYHYTELOKUVAN KUVAAMISESSA

Opinnäyte
Tammikuu 2012



POHJOIS-KARJALAN
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Tammikuu 2012
Viestinnän koulutusohjelma

Länsikatu 15
80110 JOENSUU
p. 050 3116310 p. (013) 260 6906

Tekijä(t)
Sari Hotokka

Nimeke

3D-videokuvaus – Stereoskooppisuuden huomioiminen lyhytelokuvan kuvaamisessa

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoite on kertoa 3D-kuvaamisen menetelmistä ja tekniikasta sekä tutkia ja havainnoida stereoskooppista 3D:tä. Opinnäytteen toiminnallisessa osiossa toimin stereografina ja kuvaajana stereoskooppisessa Herra Albin -lyhytelokuvassa. Noin kymmenenminuuttisessa lyhytelokuvassa testasin mahdollisimman paljon 3D:n mahdollisuuksia sekä rajoituksia.

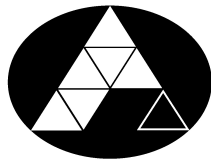
Opinnäytteen raportissa syvennytään käsittelemään 3D:n termistöä ja stereoskooppisen videokuvan tuottamisen perusteita. Työssä kerrotaan myös tapoja stereoskooppisen syvyyden laskemiseen ja esitellään Inition StereoBrain -syvyytlaskinta. Opinnäytteessä käsitellään stereoskooppisen videokuvan tuottamisen tapoja ja välineistöä. Työssä keskitytään 3D-elokuvan alkutuotantoon sekä stereoskooppisen elokuvan katselumenetelmiin. Raporttiosuuden loppupuolella on tietoa muun muassa syväterävyyden, kontrastin ja valon määrään vaikutuksesta stereoskooppiseen kuvaan. Aiheita käsitellään anaglyfisin kuvaesimerkein.

3D-elokuvan kuvaamisessa tärkeää on pysyä stereoskooppisen mukavuusalueen keskellä, jolloin silmärasitus on mahdollisimman vähäistä. 3D-elokuvan sekä 2D-elokuvan historia on pitkä ja molempien kuvaustyylien tekninen kehittyminen vielä jatkuu. 3D-elokuva ei kuitenkaan näytä syrjäyttävän 2D-elokuvaa lähitulevaisuudessa, sillä 3D-elokuvien esitystekniikka ei yllä digitaalisen 2D-esitystekniikan tasolle.

Kieli
suomi

Sivuja 82
Liitteet 2
Liitesivumäärä 5

Asiasanat
stereoskooppisuus, stereoskooppinen videokuva, 3D, syvyys



NORTH KARELIA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
January 2012
Degree Programme in Communications
Länsikatu 15
FIN 80110 JOENSUU
FINLAND
Tel. 358-13-260 6906

Author(s)

Sari Hotokka

Title

Stereoscopic Filming – Stereoscopy in a Short Film

Abstract

This thesis focuses on stereoscopic filming methods and technology, and it also investigates and observes the findings in stereoscopic filming. I worked as a stereographer and director of photography in a short film called Mr. Albin. I tested 3D's possibilities and limitations as much as possible in this short film production.

This thesis deals with 3D terms and the basic information about how to make stereoscopic video material. It also introduces ways to calculate the stereoscopic depth, and presents the main features of Inition StereoBrain depth calculator. The thesis includes basic information about the stereoscopic filming methods and 3D filming equipment. It also focuses on the pre-production of 3D film as well as the viewing methods. The next to last chapter deals with the impact of depth of field, contrast and amount of light in stereoscopic image. These topics include anaglyphic pictures.

The most important rule in stereoscopic filming is to maximize pain-free 3D by staying in the middle of the stereoscopic comfort zone. 3D film and 2D film history is long, and technical development of both filming methods still continues. However, it seems that the 3D film will not replace the 2D film, because there are still big limitations in the 3D watching technique particularly in movie theaters.

Language
Finnish

Pages 82
Appendices 2
Pages of Appendices 5

Keywords

Stereoscopic, Stereoscopic Short Movie, 3D, Depth in Picture

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	9
2	Stereoskooppisen elokuvan historiaa	12
3	Stereoskooppisen kuvan tuottamisen perusteet.....	15
3.1	Stereoskooppinen näkeminen ja syvyysvihjeet.....	15
3.2	Konvergenssi ja divergenssi	17
3.3	Positiivinen ja negatiivinen parallaksi	21
3.4	Interokulaarinen etäisyys ja interaksiaalinen eroavuus	23
3.5	Stereoskooppinen ikkuna	25
4	Stereoskooppisen syvyyden laskeminen.....	29
4.1	Interaksiaalisen syvyyden vaikutus 3D-efektiin	29
4.2	Lopullisen katselukuvan koon vaikutus syvyyden määrään	30
4.3	Kolmen prosentin sääntö ja 1/30-sääntö	31
4.4	Inition StereoBrain	32
5	Stereoskooppisen videokuvan tuottamisen välineistöä	39
5.1	Kamerat ja kameroiden synkronointi	39
5.2	Rigit	41
5.2.1	Peilirig (<i>beamsplitter rig</i>).....	41
5.2.2	Paralleelirig (<i>parallel rig, side by side</i>).....	44
6	Stereoskooppisen videokuvan katselumenetelmiä.....	46
6.1	Aktiivisia katselumenetelmiä.....	46
6.2	Passiivisia katselumenetelmiä.....	47
7	Esituotannosta	49
7.1	Syvyyden huomioiminen lyhytelokuvan suunnitteluvaiheessa ...	49
7.2	Syvyyskäsikirjoitus ja 3D-kuvakäsikirjoitus.....	50
8	Stereoskooppisuus Herra Albin -lyhytelokuvassa.....	52
8.1	Syväterävyys	52
8.2	Valon määrä, kontrasti ja heijastukset.....	58
8.3	Kuvakoot ja kuvan rajaukset 3D-kuvauksessa	62
8.4	Kameran liikkeet 3D-kuvauksessa	64
8.5	Syvyyden huomioiminen kuvaleikkauksessa.....	66
9	Pohdinta.....	72
	Lähteet	75

Liitteet

Liite 1 Herra Albin -käsikirjoitus

Liite 2 Stereoskooppisen lyhytelokuvatuotannon tuotantovaiheet

Lyhenteet ja käsitteet

2D	Kaksiulotteisuus. Kuva tai objekti, jossa on kaksi ulottuvuutta: leveys ja korkeus. Syvyys puuttuu. (3ality Technica 2011.)
3D	Kolmiulotteisuus. Kuva tai objekti, jossa on tai näyttää olevan kolme ulottuvuutta: leveys, korkeus ja syvyys. (3ality Technica 2011.)
Akkommodaatio	Silmien tarkentaminen. Silmien linssien kyky muuttaa muotoa tarkennuksen yhteydessä. (Lipton 2010).
Aktiivilasit	Virtaa tarvitsevat suljinlasit, jotka mahdollistavat 3D-kuvan katsomisen. Lasien toiminta perustuu oikean ja vasemman silmän vuoronperäiseen peittämiseen. (3ality Technica 2011.)
Anaglyfinen	Kolmiulotteinen kuva, jossa on kaksi päällekkäistä värikerrosta hieman erillään toisistaan. Kullekin silmälle tarkoitetut värikerrokset sisältävät vastavärit. (Vuorela 2010.) Kuvan katseluun tarvitaan värilliset filterit, jotka peittävät tai päästävät halutun värin läpi (Lipton 2010).
Auto-stereoskooppinen	(<i>Auto-stereoscopic, Auto-stereo</i>) 3D-näyttölaite, josta kolmiulotteisen kuvan katselu ei vaadi 3D-laseja (3ality Technica).
Beamsplitter	Stereoskooppisessa kuvauksessa puoliläpäisevä peili, joka jakaa valon säteet ja kuvan kahdelle kameralle (Phillips 2011).
Binokulaarinen	(<i>Binocular</i>) Binokulaarinen tai binokulaarinen näkeminen tarkoittaa molempien silmien yhtäaikaista käyttöä (3ality Technica 2011).
Cardboarding	Kuvan objektista näyttää puuttuvan sen ominainen pyöreys. Aivan kuin objekti olisi leikattu pahvista. (3ality Technica 2011.)
Divergenssi	(<i>Divergence</i>) Silmien kyky kääntyä toisistaan pois päin, ei kuitenkaan yli paralleelin (Mäkelä, Nikkilä & Saranlinna, 2006).
FOV	Field of view. Linssin avautumiskulma, ”näkökenttä” ja alue, joka mahdollistaa valon

	säteiden pääsyn linssiin. Avautumiskulma ilmaistaan usein prosentteina. (3ality Technica.)
Hyperstereo	Suuremman interaksiaalisen etäisyyden käyttö, yli 65 mm, aiheuttaa hyperstereota 3D-kuvaan. Kuvan kohteet näyttävät pienemmiltä kuin tavallisesti. (3ality Technica 2011.)
Hypostereo	Lyhyemmän interaksiaalisen etäisyyden käyttö, alle 65 mm, aiheuttaa hypostereota 3D-kuvaan. Kuvan kohteet näyttävät suuremmilta kuin tavallisesti. (3ality Technica 2011.)
Haamukuva	(<i>Ghosting, crosstalk</i>) Vasemman silmän kuvan kohteet näkyvät oikealle silmälle tai oikean silmän kuvan kohteet näkyvät vasemmalla silmälle (Lipton 2010).
Interaksiaalinen eroavuus	(<i>Interaxial seperation / distance</i>) Käytetään myös termiä interaksiaalinen etäisyys. Tarkoittaa kameralinssin akselieroaa. (Lipton 2010.)
Interokulaarinen etäisyys	(<i>Interocular distance, I/O</i>) Termi, jolla tarkoitetaan silmien etäisyyttä toisistaan. Käytetään myös stereoskooppisessa kuvaamisessa ilmaisemaan kameroiden linssien akselieroaa. (Lipton 2010.)
Keystoning	Termiä käytetään, kun kolmiulotteisen kuvan vasemman ja oikean silmän kuvien reuna-alueilla on eroja objektien koossa. Kuvien objekteissa esiintyvät perspektiivivääristymät johtuvat kuvaustavasta, jossa kamerat käännetään konvergenssiin. (3ality Technica.)
Kelluva ikkuna	(<i>Floating window, virtual window</i>) Stereoskooppiseen kuvaan lisätyt pystysuuntaiset reunat, jotka peittävät kuvan reuna-alojen eroja ja muuttavat kuvan syvyyttä (Lipton 2010).
Konversio	Prosessi, jossa kaksiulotteisesta kuvasta tehdään jälkeinpäin kolmiulotteinen kuva (Lipton 2010).

Konvergenssi	(<i>Convergence</i>) Silmien kääntyminen sisäänpäin (Lipton 2010).
Konvergenssipiste	Kolmiulotteisessa kuvassa kohde, joka on nollaparallaksissa. Oikean ja vasemman puoleinen kuva on kolmiulotteisessa kuvassa täysin päällekkäin kohteen kohdalla (Lipton 2010).
Lineaarinen polarisaatio	(<i>Linear polarization</i>) Tapa polarisoida valoa, jossa valo liikkuu kohtisuoraan tilassa (HyperPhysics 2011). Tapaa hyödynnetään 3D-kuvan esitystekniikassa.
Monokulaarinen	(<i>Monocular</i>) Yksisilmäinen, yhden silmän toiminta.
Negatiivinen parallaksi	(<i>Negative parallax</i>) Kolmiulotteisen kuvan kohteiden ollessa negatiivisella parallaksilla, ne näyttävät tulevan kuvasta ulos lähemmäksi katsojaa (Depth Beyond 2012).
Nollaparallaksi	(<i>Zero parallax</i>) Nollaparallaksissa oleva kolmiulotteisen kuvan kohde on valkokankaan tasolla eli kohteessa ei ole kolmiulotteisuutta (Depth Beyond 2012).
Orthostreoskopia	(<i>Orthostereoscopy</i>) Kuvaustapa, jossa kameroiden interaksiaalisella etäisyydellä pyritään jäljittelemään ihmissilmien etäisyyttä (Mendiburu 2009, 78). Tarkoituksena on saada kuvan kohteet näyttämään luonnollisen ja totutun kokoisilta.
Paralleeli	(<i>Parallel</i>) Rinnakkainen – kuvaustapa, jossa kamerat ovat rinnakkain. Linssit osoittavat suoraan eteenpäin.
Parallaksi	(<i>Parallax</i>) Kolmiulotteisessa kuvassa vasemman ja oikean kuvan etäisyys toisistaan. (Depth Beyond 2012). Lasketaan ja ilmoitetaan yleensä pikseleinä.
Passiivilasit	3D-materiaalin katseluun tarkoitetut lasit, jotka toimivat ilman virtaa.
Positiivinen parallaksi	(<i>Positive parallax</i>) Kolmiulotteisen kuvan kohteet, jotka sijaitsevat positiivisella parallaksilla, näyttävät menevän valkokankaan sisään kauemmaksi katsojasta. (Depth Beyond

2012).

Pyöröpolarisaatio	(<i>Circular polarization</i>) Tapa polarisoida valoa, jossa valo liikkuu korkkiruuvimaisesti tilassa (Lipton 2010). Tapaa hyödynnetään 3D-kuvan esitystekniikassa.
Rig	Stereoskooppisessa kuvaamisessa kamerajalusta, johon on mahdollista kiinnittää kaksi kameraa stereoskooppista kuvaamista varten.
S3D	Stereoskooppinen 3D. Kolmiulotteisen kuvan kuvaamisessa taltioidaan kaksi kuvaa, yksi molemmille silmille.
Stereografi	(<i>Stereographer</i>) Henkilö, joka tekee stereoskooppisia kuvia (3ality Technica).
Stereoskooppinen ikkuna	(<i>Stereoscopic window</i>) Valkokankaan tai muun näyttölaitteen reunat, jotka kehystävät 3D-kuvaa saaden aikaan niin sanotun stereoskooppisen ikkunan (Dashwood 2010).
Syvyysbudjetti	(<i>Depth budget</i>) Positiivisen ja negatiivisen parallaksin yhteenlaskettu arvo. Arvo yleensä ilmaistaan valkokankaan leveydestä prosentteina. (3ality Technica 2011.)

1 Johdanto

Opinnäytetyökseni kuvasin ja toimin stereografina stereoskooppisen lyhytelokuvan, Herra Albinin, tuotannossa. Noin kymmenenminuuttisessa lyhytelokuvassa pyrin testaamaan mahdollisimman paljon stereoskooppisen kuvan eli S3D:n kuvaamista ja toteuttamista lyhytelokuvatuotannossa. Herra Albin -lyhytelokuvatuotanto toimii siis tutkimuskohteena stereoskooppiseen 3D:hen. Tutkin muun muassa, miten 3D vaikuttaa kuvaustilanteessa ja mitä täytyy huomioida lyhytelokuvan jälkitöissä. Lyhytelokuva on testausmateriaali nimenomaan fiktiivisen 3D:n tekemisessä. Sen avulla pystyin tarkastelemaan kohtauksittain ja kuvittain yhtä tai useampaa 3D-kuvaamiseen liittyvää aihealuetta. Tarkastelen kuvaajan ja stereografिन näkökulmasta stereoskooppista mukavuusaluetta, ja kuinka syvyysulottuvuuden lisääminen kuvaan vaikuttaa muun muassa tarinan leikkausjatkuvuuteen. Pohdin stereoskopian vaikutusta kuvan rajauksiin, kameraliikkeisiin, valon määrään ja heijastuksiin. Käytän 3D-lyhytelokuvatuotannossa kokemaani ja oppimaani lisäksi sekä tukena kirjallisuudelle opinnäytetyöni kirjalliseen osioon.

Herra Albin -lyhytelokuvan kesto on noin kymmenen minuuttia, ja se on kuvattu neljällä kameralla, kahdella ammattilaiskäyttöön suunnatulla digitaalisella RED ONE -elokuvakameralla ja kahdella pienellä FullHD Iconix -kameralla. RED ONE -kameroita käytimme SwissRIG-peilijalustalta, ja Iconix-kamerat oli kiinnitetty PoleCam-kamerajärjestelmään side by side -menetelmällä. Kuvausjaksoimme kesti kuusi päivää, joista neljä oli sisäkuvauspäiviä studiossa ja kahtena päivänä kuvasimme ulkona.

Opinnäytteeni kirjallisessa osiossa pyrin nostamaan esille tärkeimpiä kohtia 3D:n huomioimisesta esituotanto-, tuotanto- ja jälkituotantovaiheissa. Pääpaino kuitenkin on esituotanto- ja tuotantovaiheissa. Kirjallisen osion alussa perehdyn stereoskooppisen kuvan tuottamisen perusteisiin. Kerron lyhyesti alkuun stereoskooppisen elokuvan historiasta sekä stereoskooppisesta näkemisestä ja syvyyshaijeista. Keskeisiä kysymyksiä ovat, mitä tarkoittavat konvergenssi ja divergenssi tai positiivinen ja negatiivinen parallaksi.

Paneuduttuani näihin yleisesti stereoskopiassa käytettäviin termeihin keskityn siihen, kuinka syvyysulottuvuus luodaan kuvaan. En tarkastele stereoskooppista laskentaa matemaattisten laskukaavojen kautta, vaan keskityn muutamiin muistisääntöihin ja käyn läpi lyhyesti lyhytelokuvan kuvauksissa käyttämäni StereoBrain-syvyyslaskinta. Seuraavaksi perehdyn stereoskooppisen videokuvan tuottamisen välineistöön ja kerron tarkemmin Herra Albin -elokuvan kuvauksissa käytetyistä kameroista ja kameroiden synkronoinnista 3D:tä varten. Kerron myös yleisesti erilaisista 3D-kamerajalustoista sekä käytössämme olleista 3D-kamerajalustoista. Tämän jälkeen siirryn pohtimaan 3D:n vaikutusta esituotantovaiheessa, kuinka 3D huomioidaan jo käsikirjoitusvaiheessa ja kuinka syvyyskäsikirjoitus tehdään. Käytän Herra Albin -tuotantoa lähtökohtana esituotannon ja tuotannon yleiseen tarkasteluun, ja tuen näitä havaintoja ja esimerkkejä kirja- ja internetlähteistä saamallani tiedolla.

Kirjallisen osion pääpaino on 3D-elokuvan tuotanto- ja jälkituotantovaiheessa, joihin pyrin lisäämään esimerkkejä Herra Albin -elokuvasta. Pohdin kuvaustilanteessa tehtyjen teknisten valintojen vaikutusta kuvien 3D-efektiin jälkityövaiheessa. Tarkastelen lähemmin myös syväterävyyden ja kuvan kontrastisuuden vaikutusta syvyys efektiin. Pohdin Herra Albin -lyhytelokuvan avulla, miten kameroiden polttovälit vaikuttavat syvyyden luomiseen. Kirjallisen osion loppupuolella paneudun lyhyesti vielä 3D-jälkituotantoon. Stereoskooppisen videokuvan jälkituotanto olisi jo itsessään opinnäytteen aihe, joten tietoisesti rajasin jälkituotannon tästä opinnäytteestä pois. Tämän vuoksi vain lyhyesti tutustutan lukijan 3D-katselutekniikkaan ja jätän kokonaan käsittelemättä erilaiset stereoskooppisen videoeditoinnin workflowt. Opinnäytetyö sisältää myös anaglyfisiä kuvia, joiden avulla pyrin havainnollistamaan eri esimerkkejä. Kuvien katseluun tarvitaan anaglyfiset (puna-syaani) 3D-lasit.

Lähtökohta opinnäytetyöni tavoitteissa on oppia mahdollisimman paljon uutta stereoskooppisesta kuvaamisesta ja 3D:stä. Yksi tavoite on oppia ymmärtämään, miten kuvauksissa tehdyt tekniset valinnat vaikuttavat lopulliseen materiaaliin eli siihen, millaista 3D:tä halutaan tehdä. Tarkoitus on

siis oppia ymmärtämään, miten kuvan syvyytulottuvuus huomioidaan kuvatessa. Keskeisenä tavoitteena voisin myös pitää sitä, miten syvyyttä voidaan hyödyntää yhtenä kuvan ulottuvuutena kuvasommittelussa korkeuden ja leveyden lisäksi. Uuden oppimisen lisäksi haluan jakaa monipuolista ja käytännönläheistä tietoa muille lyhytelokuvassa tehtyjen erehdysten ja onnistumisten kautta.

Aiempi kokemus ja tieto 3D-kuvaamisesta ja videotekniikasta on eduksi tätä opinnäytetyötä luettaessa, mutta se ei ole välttämätöntä. Pyrin käymään mahdollisimman ymmärrettävästi läpi teknistä termistöä ja syvyyden luomiseen tarvittavaa tekniikkaa. Erilaisilla esimerkeillä ja kuvilla koetan selventää kulloinkin käsittelemääni aihetta. Tavoitteena on antaa vinkkejä ja neuvoja 3D:n kuvaamista harkitseville, jotta he voisivat välttyä perusvirheilä.

Tiedot tähän opinnäytteeseen kerään pääasiassa kirja- ja internetlähteistä. Käytän työssäni paljon internetlähteitä, sillä uusin tieto löytyy internetistä. Hyödynnän opinnäytteessäni paljon Bernard Mendiburun teoksia *3D Movie Making - Stereoscopic Digital Cinema from Script to Screen* ja *3D TV and 3D Cinema: Tools and Processes for Creative Stereoscopy*.

2 Stereoskooppisen elokuvan historiaa

Stereoskooppisen elokuvan kehitys voidaan jakaa historiallisesti neljään eri aikakauteen, ajanjaksoon, jolloin stereoskooppinenokuva on kehittynyt perinteisen elokuvauksen rinnalla. Ensimmäinen ajanjakso alkoi vuonna 1838 Charles Wheatstonen tieteellisestä läpimurrosta, binokulaarisesta näöstä. Wheatstone ymmärsi, että ihmisen syvyysnäkö on seurausta siitä, että molemmat silmät näkevät yksittäiset kuvat, mutta hieman eri kohdasta (Bowers 2001, 46). Tästä alkoi stereoskooppisten laitteiden tekninen kehitys. Brittiläinen elokuvapioneeri patentoi 1890-luvun lopulla eräänlaisen ensimmäisen 3D-esitystekniikan, jossa kaksi kuvaa heijastettiin vierekkäin valkokankaalle, ja Frederick Eugene Ives patentoi stereokamerajalustan vuonna 1900. Vain muutamia 3D-elokuvia julkaistiin vuosina 1900–1950, kuten *The Power of Love* (1922) anaglyfisena ja *The Man From M.A.R.S* kahden projektorin esitystekniikalla. 3D:n ensimmäisen aikakauden voidaan sanoa päättyneen vuoteen 1952, jonka jälkeen alkoi stereoskooppisen elokuvan ”kultainen aikakausi”. Tällöin stereoskopian tekninen perusta oli jo luotu. (Zone 2005, 4.)

Stereoskooppisen kultaisen aikakauden voidaan ajatella alkavan vuonna 1952, jolloin 3D-elokuvateollisuus käynnistyi. Vuosina 1952–1954 Hollywoodissa tuotettiin yli 65 3D-elokuvaa, joista ensimmäinen oli Arch Obolerin pienen budjetin värielokuva *Bwana Devil* (1952). (Schreer, Kauff & Sikora 2005, 24.) Huhtikuussa 1953 julkaistiin kaksi 3D-elokuvaa, *Columbia's Man in the Dark* ja *House of Wax*, joissa molemmissa käytettiin stereoääntä. Optisesti ja tuotannollisesti tyypillistä vuoden 1952–1985 elokuville oli konvergenssin käyttö. Kameroilla jäljiteltiin ihmisen silmän liikkeitä, joten stereoskooppinenokuva kuvattiin siten, että kamerat käännettiin kohti kuvattavaa objektia. Samoin yhteistä tuon ajan elokuville oli kuvasuhde 1.33:1, joka oli käytössä Hollywoodin kultaisen ajan eppisissä elokuvissa 1930- ja 1950-luvuilla. (Zone 2005, 5.) 3D-elokuvien kokonaislukumäärä oli 1950-luvulla yli 70 elokuvaa (Mendiburu 2009, 9).

Kultainen aikakausi koki taantumisen vuoden 1954 lopussa. Syynä tähän oli

muun muassa laajakuvaformaatin suosiminen elokuvateattereissa. Tuolloin vielä elokuvateattereiden 3D-esitystekniikka oli epävarmaa. Kuvat eivät kestäneet synkronissa, mikä sai aikaan huononäköistä 3D:tä. Tämän vuoksi elokuvateatterit keskittyivät toiseen tekniseen uudistukseen, CinemaScopeen, eli hyvin laajaan laajakuvaformaattiin. (Zone 2005, 5; Mendiburu 2012, 1.)

1960-luvulla 3D-elokuvien tekeminen oli vähäistä, mutta tuolloin 3D-esitystekniikka koki uudistuksen. 3D-elokuvat printattiin yhdelle filmille kaksi kuvaa päällekkäin, jolloin tarvittiin vain yksi erikoislinssillä varustettu elokuvaprojektori pyörittämään 3D-elokuvia. Tämän uudistuksen kehittivät Felix Bodrossy Unkarissa ja Robert Bernier Yhdysvalloissa. Kuvien synkronointi onnistui tällöin täydellisesti. Bernierin yksiraitatekniikka oli käytössä muun muassa vuonna 1966 julkaistussa elokuvassa *The Bubble*. (Zone 2005, 5.) 1960-luvulla 3D-elokuvia julkaistiin vain noin kymmenen kappaletta (Mendiburu 2009, 9). 1970-luvulla Stereovision kehitti oman versionsa yhden filmin 3D:stä, jossa kuvien synkronointi oli myös kohdallaan. Stereovisionin keksinnössä kaksi kuvaa oli litistetty vierekkäin 35 mm:n filmille ja filmin pyörittämiseen tarvittiin anamorfisella linssillä varustettu projektori. 1970-luvulla 3D-elokuvien sisällöllinen laatu ei kuitenkaan ollut kovin tasokasta, sillä tuolloin tehtiin eniten aikuisviihdettä ja kauhuelokuvia tai näiden sekoituksia. (Zone 2005, 5.)

1980-luvun puolivälissä IMAX alkoi tuottaa ei-fiktiivisiä elokuvia sekä vuonna 1986 Disneyn teemapuistot ja Universal Studios alkoivat haalia yleisöä 3D-elokuvillaan, kuten Francis Ford Coppolan teoksella *Captain Eo*, jota tähdittää Michael Jackson. (Designing Disney 2012). 1980-luvulla tehtyjen 3D-elokuvien määrä kasvoi lähes 40 elokuvaan (Mendiburu 2009, 9). 1990-luvulla suosiota saaneita elokuvia olivat muun muassa Graeme Fergusonin *Into the Deep* (1995) ja IMAX:n ensimmäinen fiktiivinen elokuva vuonna 1996 Jean-Jacques Annaudin *Wings of Courage* (IMAX 2011a; IMAX 2011b).

2000-luvulle siirryttäessä 3D-elokuvien määrä ja 3D-elokuvateattereiden määrä on kasvanut merkittävästi. Tähän kasvuun on vaikuttanut muun muassa elokuvan tekemiseen tarvittavan välineistön kehittyminen, mikä on myös

helpottanut stereoskooppisten elokuvien kuvaamista. Yksi tärkeä kehitysaskel, joka on edesauttanut 3D-elokuvien tekemistä, on digitaalisuus. Voidaan melkein sanoa, että digitaalisuus on tehnyt 3D:stä mahdollista. (Mendiburu 2009, 7.) Vuoteen 2005 mennessä 70 IMAX-teatterissa pystyi katsomaan 3D-elokuvia (Mendiburu 2009, 5). Vuonna 2010 digitaalisia elokuvateattereita oli ympäri maailmaa noin 16 500, ja niistä digitaalisia 3D-teattereita oli noin 9 000 (IBE 2010).

3 Stereoskooppisen kuvan tuottamisen perusteet

3.1 Stereoskooppinen näkeminen ja syvyysvihjeet

Syvyuden hahmottaminen perustuu erilaisiin syvyysvihjeisiin, jotka voivat olla monokulaarisia tai binokulaarisia. Monokulaariset syvyysvihjeet perustuvat yhden silmän toimintaan ja binokulaaristen syvyysvihjeiden havaitsemiseen tarvitaan molempia silmiä. Stereonäkö perustuu binokulaariseen näkemiseen, ja stereonäköön tarvitaan molempien silmien yhteisnäköä, josta muodostuu syvyysnäkeminen. Binokulaarinen näkeminen ja syvyysnäkeminen vaativat sen, että molemmat silmät näkevät hieman eri kuvat. Eri kuvat nähdään siksi, että ihmissilmät ovat noin 50–75 mm:n etäisyydellä toisistaan. (Beilinson 2011, 4.)

Monokulaariset syvyysvihjeet voidaan jakaa seitsemään eri kategoriaan. Yksi näistä on suhteellinen koko tai koko verkkokalvolla eli etäisyys silmästä määrittää havaittavan kuvan koon. Toinen on päällekkäisyys tai peittäminen. Tällä tarkoitetaan, kun toinen kahdesta objektista peittää toisen objektin näkemisen osittain tai kokonaan, edessä oleva objekti on lähempänä tarkastelijaa. Kolmas syvyysvihjeiden luokka on valo ja varjo. Valon heijastuminen objektin pinnasta ja varjon sijainti objektiin nähden antaa aivoille syvyysvihjeitä objektin muodosta ja sijainnista. Rakenteen muutos, pintagradienttien eli pintakuvioiden toistumistiheys antaa syvyysvihjeen siten, että toistuva rakenne pienenee sen lähestyessä horisonttia. Liikeparallaksiksi kutsutaan sellaista syvyysvihjettä, jossa lähellä olevat objektit liikkuvat kaukana olevia objekteja nopeammin. Kuudes syvyysvihje on ilmaperspektiivi eli silmästä kaukana olevat kohteet eivät näy yhtä tarkasti kuin lähellä olevat kohteet. Viimeinen, seitsemäs kategoria on perspektiivi. Tällöin kohteen koko pienenee, kun kohteen etäisyys silmästä kasvaa. (Mendiburu 2009, 11–16; Beilinson 2011, 4.)

Binokulaariset syvyysvihjeet perustuvat silmien yhteisnäköön. Silmät näkevät kaksi kuvaa hieman eri kulmista. Binokulaariset syvyysvihjeet syntyvät, kun aivot käsittelevät ja vertaavat näitä hieman erilaisia kuvia keskenään. Kuvien

eroavaisuudet antavat vihjeitä ympäröivästä tilasta. Eroavaisuuksia kutsutaan "eroavaisuuksiksi verkkokalvolla" (*retinal disparities*). Horisontaalisen parallaksin eroavaisuudet, binokulaarinen parallaksi, on yksi binokulaarisista syvyysvihjeistä, ja sillä tarkoitetaan kuvien eroavaisuuksia sivuttaissuunnassa. Binokulaarinen parallaksi on erittäin tehokas fysiologinen syvyysvihje, jonka avulla syvyyttä voidaan hahmottaa hyvin ilman muita syvyysvihjeitä. Toinen ja tärkein binokulaarinen syvyysvihje on okklusiot (*occlusion relevations*) eli objektien peittyminen toisten objektien taakse. Esimerkiksi vasen silmä voi nähdä rakennuksen, jonka takana on puu. Oikea silmä näkee vain rakennuksen, mutta ei puuta, koska oikean silmän näkökentässä rakennus peittää puun. Aivot käsittelevät näitä kahta kuvaa ja niiden monokulaarisia ja binokularisia syvyysvihjeitä, joiden avulla aivot luovat ymmärrettävän kolmiulotteisen tilan, joissa objektit ovat. Syvyyden hahmottamisessa keskeisintä on siis horisontaalisen parallaksin eroavaisuudet ja okklusiot. Syvyyden ja objektien kokojen sekä etäisyyksien hahmottamisessa tärkeää on myös muistaa, että silmien etäisyys ihmisellä on noin 64 mm. Tarkastelemme ympäröivää maailmaa kahden kuvan avulla, joiden vierekkäinen etäisyys on aina noin kuusi ja puoli senttimetriä. Tällöin tuo horisontaalisen parallaksin ero määrää objekteille tietyn koon ja etäisyyden. (Mendiburu 2009, 11–19.)

Stereoskooppisen videokuvaamisen lähtökohtana toimii stereonäkö. Tarvitaan kaksi kameraa tai yksi kamera, joka taltioi kahta erillistä kuvaa. Kuvat on tarkoitettu yksi molemmille silmille. Vasemman puoleinen kamera taltioi kuvaa vasemmalle silmälle ja oikean puoleinen kamera oikealle silmälle. Tärkeää stereoskooppisessa kuvaamisessa on kameroiden etäisyyksien säätäminen toisiinsa nähden horisontaalisesti. Pystysuunnassa kameroita pyritään säätämään mahdollisimman vähän. Vertikaalilinjassa kameroiden täytyy olla täysin samalla tasolla, koska ihmissilmät sijaitsevat horisontaalisesti vierekkäin. Ainoastaan korjaavat säädöt ovat pystysuunnassa suositeltavia, koska kamerat jäljittelevät ihmissilmän liikkeitä. Silmät liikkuvat pystysuunnassa yhtä aikaa ja tällöin silmien kohdistuspiste on vertikaalisessa linjassa sama.

Kameroiden etäisyys toisiinsa nähden horisontaalisesti vaikuttaa kuvan syvyyssefektiin. Tällöin myös kameroiden etäisyys vaikuttaa kuvassa olevien

objektien kokoon. Puhuttaessa kameroiden etäisyyksistä toisiinsa tai tarkemmin sanottuna verrattaessa kameroiden linssien keskikohdan etäisyyksiä toisiinsa, käytetään termiä interaksiaalinen (*Interaxial*). Mitä suurempi kameroiden linssien etäisyys toisistaan on, sitä pienemmältä kuvan kohteet näyttävät. Tätä kutsutaan hyperstereoksi (*HyperStereo*) (Mendiburu 2009, 19). Puhuttaessa interaksiaalisesta eroavuudesta saatetaan käyttää toisinaan termiä interokulaarinen etäisyys (*I/O, interocular distance*), jolla viitataan silmien etäisyyteen toisiinsa nähden. (Dashwood 2010.) Jos kameroiden I/O on alle normaalin silmien etäisyyden eli 64 mm, kuvan kohteet näyttävät suuremmilta kuin normaalisti. Tätä kutsutaan hypostereoksi (*HypoStereo*) (Mendiburu 2009, 19). Jos kameroiden I/O:lla pyritään aina jäljittelemään silmien etäisyyttä, puhutaan orthostereoskopiasta (*orthostereoscopy*) (Mendiburu 2009, 78). Hyper- ja hypostereolta ei voi välttyä 3D:n tekemisessä, joten sitä voi hyödyntää esimerkiksi tarinankerronnassa.

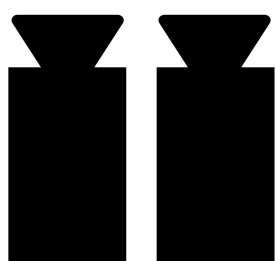
3.2 Konvergenssi ja divergenssi

Stereonäön ja stereoskooppisen kuvaamisen kaksi keskeistä käsitettä ovat konvergenssi ja divergenssi. Konvergenssilla tarkoitetaan silmien kykyä kääntyä sisäänpäin toisiaan kohti katsottaessa lähellä olevaa kohdetta (3ality Technica 2011). Tämä mahdollistaa myös sen, että silmät pystyvät katsomaan yhtä ja samaa pistettä tilassa (3ality Technica 2011). Silmien divergenssistä on paljon erilaista tietoa. Yleensä divergenssillä tarkoitetaan silmien kykyä kääntyä ulospäin, mutta ei kuitenkaan yli paralleelin. Osa tutkijoista on sitä mieltä, että divergenssi on passiivinen toiminto, joka palauttaa silmät paralleeliin eli suoraan asentoon konvergenssin jäljiltä. Toiset tutkijat taas ajattelevat, että divergenssi on aktiivista, samalla tavalla kuin konvergenssikin. (Mäkelä, Nikkilä & Saranlinna, 2006). Ihmisen silmille divergenssi ei ole kuitenkaan ominaista. Silmät eivät pysty kääntymään toisistaan poispäin, kun katsottava kohde on kaukana. Kohteen ollessa äärettömässä etäisyydessä, niin kaukana kuin näkeminen on vielä mahdollista, silmät ovat yhdensuuntaisesti suoraan eteenpäin, paralleelisti. (Dashwood 2010).

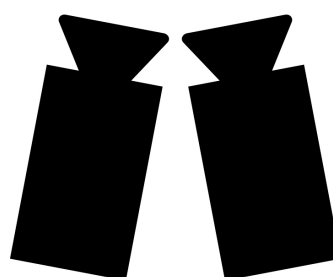
Termejä konvergenssi ja divergenssi käytetään myös stereoskooppisessa 3D:ssä. Konvergenssista puhuttaessa tarkoitetaan myös kuvaustapaa, jossa kamerat käännetään toisiinsa nähden sisäänpäin (*toed-in*), jolloin kamerat eivät enää osoita suoraan eteenpäin. Divergenssiä voi tulla 3D-kuvan kohteisiin, jos ne sijaitsevat liian kaukana toisistaan, jolloin silmät yrittävät kääntyä divergenssiin. Vaikka on mahdollista kuvata divergenssiin, täytyy pitää mielessä, että ihmissilmät eivät käännä ulospäin, joten divergenssin käyttäminen kuvaustapana ei ole suositeltavaa. Samoin liiallisen konvergenssin käyttöä pitäisi välttää. Tällaiset ääriasennot, etenkin jos ne ovat pitkäkestoisia, rasittavat silmää ja saattavat aiheuttaa katsojalle päänsärkyä.

On kaksi mahdollisuutta kuvata S3D:tä eli käyttää kahta kameraa stereoskooppisen kuvan tekemisessä: kääntää kamerat konvergenssiin tai kuvata paralleelista, jolloin kamerat osoittavat suoraan eteenpäin (kuva 1). Jos kuvataan paralleelista, konvergenssipiste eli vasemmassa ja oikeassa kuvassa täysin kohdakkain oleva kohde, voidaan sijoittaa 3D-kuvaan jälkeempään kuvia liikuttamalla. Tällöin kuvia joudutaan rajaamaan hieman uudestaan. Kameroiden suuntaaminen suoraan eteenpäin on kuitenkin hyvä ja varma tapa kuvata S3D:tä, sillä se mahdollistaa pienten syvyysvirheiden korjaamisen myöhemmin.

Stereoskooppiset kuvaustavat



Kamerat paralleelista



Kamerat käännettynä konvergenssiin

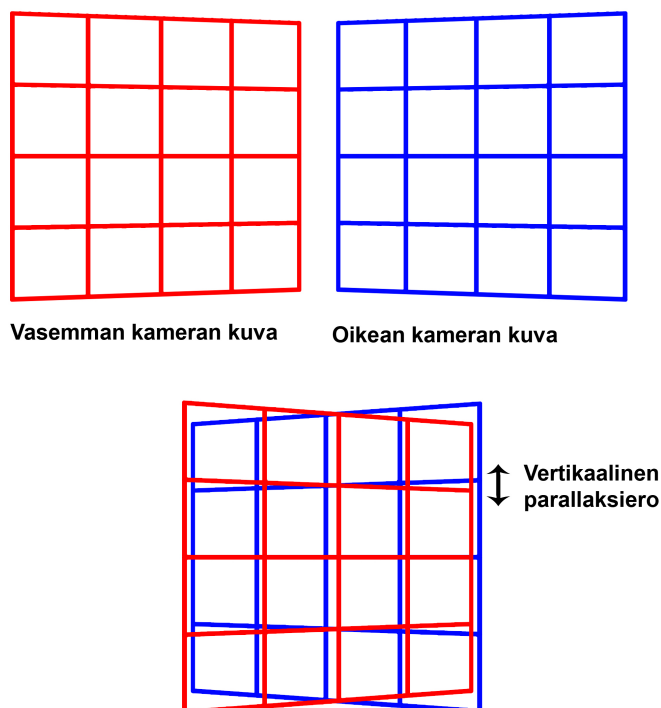
Kuva 1. Stereoskooppiset kuvaustavat. (Kuva: Sari Hotokka)

Jos kamerat käännetään konvergenssiin jo kuvatessa, jälkityömäärä vähenee, koska konvergenssipisteen muuttamismahdollisuus tällöin pienenee. Kuvia ei myöskään tarvitse rajata uudelleen jälkeempään, joten kuvainformaatiota jää

jäljelle kuviin enemmän (Naskali 2008, 33). Kuvaustilanteessa valittu konvergenssipiste vaikuttaa lopulliseen syvyys efektiin, eikä sitä ole mahdollista muuttaa jälkeenpäin niin paljon kuin paralleelisti kuvattaessa. Mikäli kamerat konvergoidaan lähellä sijaitsevaan pisteeseen ja kuvassa on paljon syvyyttä, ihmissilmät eivät pysty katsomaan kaukana olevia kohteita, sillä silmät joutuvat divergoimaan liikaa (Naskali 2008, 33).

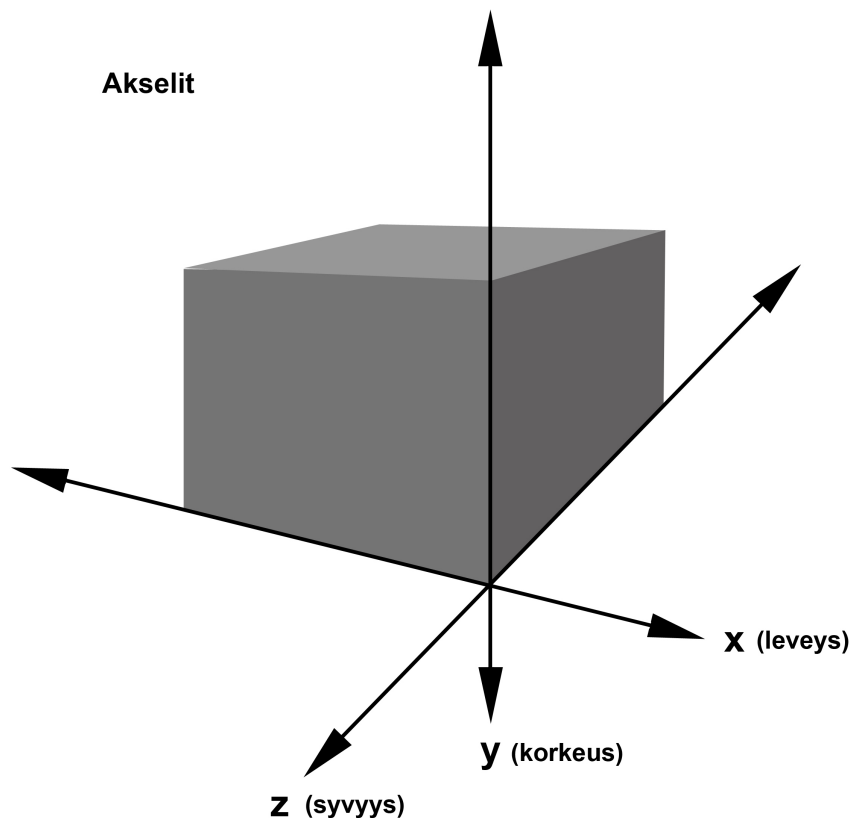
Konvergenssiin kuvaaminen saattaa aiheuttaa myös keystone-efektin (*keystone effect*) kuviin (kuva 2). Keystone-vääristymä syntyy, kun esimerkiksi vasemman kameran kuvan vasemmassa laidassa oleva kohde on lähempänä kameran linssin vasenta reunaa ja tällöin kohde näyttää suuremmalta. Oikean kameran kuvassa samanlaista vääristymää ei synny, joten kuvat eivät ole identtisiä niiden reunoista. Keystone-vääristymät aiheuttavat silmille kivuliasta vertikaalista parallaksia. (Mendiburu 2009, 75.)

Keystone-efekti



Kuva 2. Keystone-efektissä kuvien reunat eroavat toisistaan. (Kuva: Sari Hotokka)

Paralleelisti tai konvergenssiin kuvattaessa on erityisen tärkeää muistaa, että kameroiden kuviin ei tule y- tai z-akselieroavaisuuksia (kuva 3). Ainoastaan x-akselierot ovat sallittuja interaksiaalisen eron vuoksi. Paralleelisti kuvattaessa toinen kameroista ei saa olla edempänä kuin toinen eikä korkeammalla kuin toinen. Z-akseli eli syvyysakselivääristymiä ja y-akselieroja on erittäin hankala korjata jälkeenpäin, ellei jopa mahdotonta. Kuvassa 4 on esimerkki vasemman ja oikean kameran kuvasta, jossa kuvaustilanteessa kameroissa on ollut z-akselieroja. Kuvassa 4, jossa on yhdistetty vasemman ja oikean silmän kuvat, kuvassa a olevat kaapit on kohdistettu samalla tasolle. Tällöin etualalla olevassa televisiossa on korkeuseroja. Alimmaisessa kuvassa b, etualalla olevat televisiot on kohdistettu y-akselilla eli pystysuoralla akselilla samalle tasolle. Tällöin taka-alalla olevat kohteet eivät ole samalla tasolla. Kuvissa on myös z-akselipoikkeavuuden lisäksi kaltevuutta ja kokoeroa.



Kuva 3. Syvyys-, korkeus- ja leveysakselit. (Kuva: Sari Hotokka)

a,



Kaappi kohdistettu y-akselilla samalle tasolle.

b,



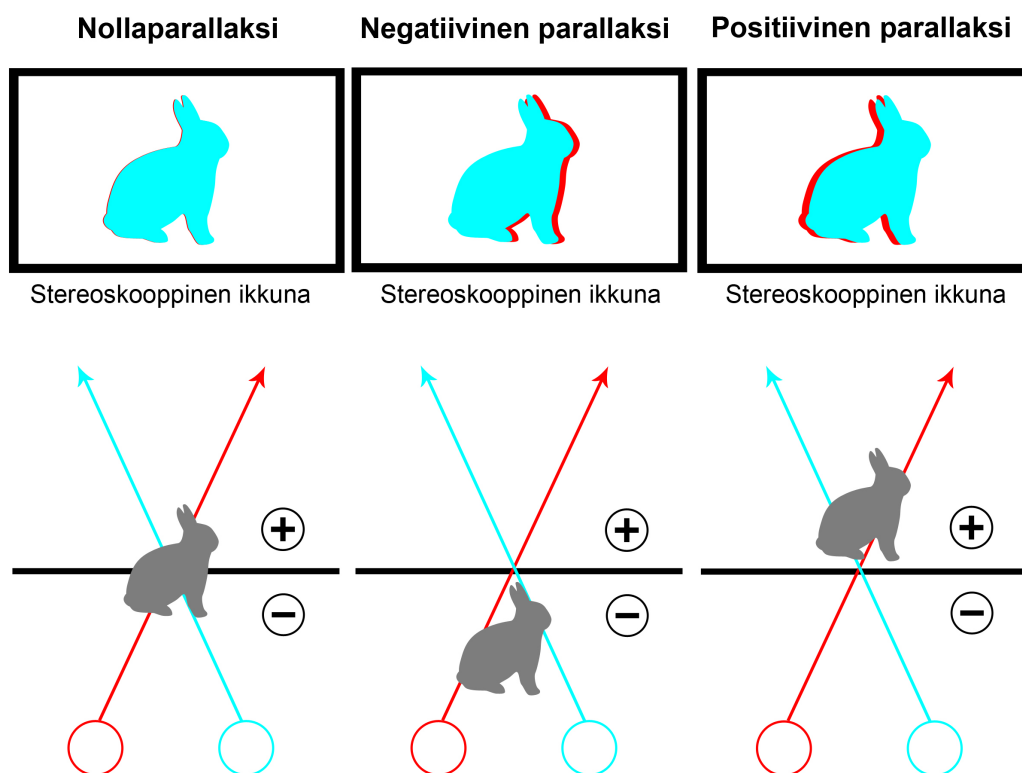
Televisio kohdistettu y-akselilla samalle tasolle.

Kuva 4. Kuvat sisältävät muun muassa z-akseli eroavaisuutta. (Kuva: Sari Hotokka)

3.3 Positiivinen ja negatiivinen parallaksi

Positiivinen ja negatiivinen parallaksi määräytyy muun muassa konvergenssipisteen mukaan. Positiiviseen ja negatiiviseen parallaksiin vaikuttaa myös kameroiden etäisyys toisistaan. 3D-kuvassa

konvergenssipisteessä sijaitsevassa kohteessa ei ole syvyysfektiiä. Kohde ei näytä olevan kuvaruudun sisällä eikä tulevan siitä ulos. Tällöin se on siis 2D:n tavoin kuvaruudun "pinnassa", tai kuten usein mainitaan, valkokankaan eli screenin tasolla. Positiivisessa parallaksissa olevat kohteet näyttävät menevän kuvaruudun sisään ja negatiivisessa parallaksissa sijaitsevat kohteet näyttävät tulevan kuvaruudusta ulos (kuva 5). Kun oikeanpuoleinen kuva on vasemmanpuoleisen kuvan oikealla puolella, kuvan kohteet ovat tällöin positiivisessa parallaksissa (Dashwood 2010). Jos oikeanpuoleinen kuva on vasemmanpuoleisen kuvan vasemmalla puolella, kuvan kohteet ovat tällöin negatiivisessa parallaksissa (Dashwood 2010). Esimerkiksi voidaan sanoa, että jokin kuvan kohde sijaitsee vahvasti positiivisessa parallaksissa. Tällöin kuvat ovat kohteen kohdalla siten, että vasen kuva on reilusti oikeanpuoleisen kuvan vasemmalla puolella. Positiivisen ja negatiivisen parallaksin määrä on yksi keskeisimmistä asioista 3D:n tekemisessä. Liiallisen positiivisen ja negatiivisen parallaksin käyttö voi aiheuttaa katsojalle silmien väsymystä ja jopa päänsärkyä.

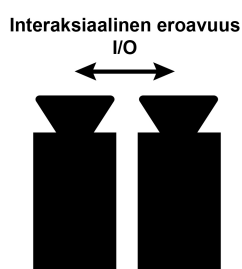


Kuva 5. Nollaparallaksilla, negatiivisella ja positiivisella parallaksilla ilmaistaan kohteen sijainti valkokankaaseen nähden. (Kuva: Sari Hotokka)

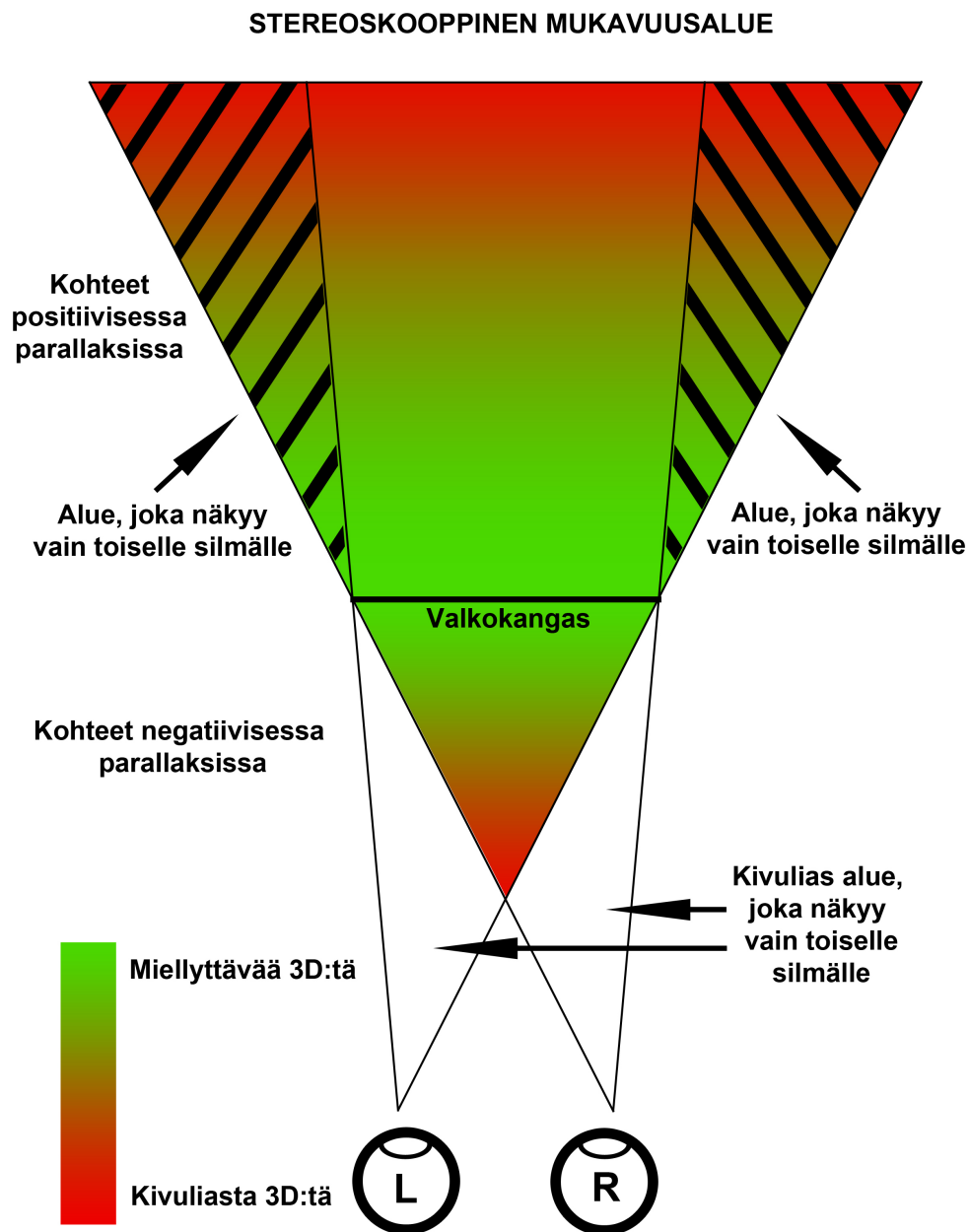
Jos 3D:tä on kuvattu paralleelista, jälkityövaihe nousee tällöin tärkeämpään osaan kuin konvergenssiin kuvattaessa, sillä konvergenssipiste sijoitetaan kuvaan jälkeenpäin. Sijoittaminen tapahtuu liikuttamalla jälkityöohjelmassa vasenta ja oikeaa kuvaa toisiinsa nähden lomittain kunnes haluttu kohde on kuvaruudun tasossa eli kohteet ovat täysin päällekkäin. Tällöin tämä kohde on konvergenssissa.

3.4 Interokulaarinen etäisyys ja interaksiaalinen eroavuus

Stereoskooppisen kuvaamisen tärkein asia on kameroiden keskinäinen etäisyys (Mendiburu 2009, 73). Tästä etäisyydestä käytetään nimitystä interokulaarinen etäisyys (*Interocular distance*), interaksiaalinen eroavuus/etäisyys (*Interaxial separation*) tai Stereo base (kuva 5). Etäisyyttä muuttamalla ja muutamilla muilla teknisillä säädöillä, kuten linssivalinnoilla, voidaan hallita 3D-efektin määrää stereoskooppisessa kuvassa. Samalla hallitaan myös positiivisen ja negatiivisen parallaxin määrää. I/O:n ollessa liian suuri lähellä ja kaukana olevat kohteet ovat valmiissa 3D-kuvassa liian erillään toisistaan. Aivot pystyvät korjaamaan pieniä 3D-vääristymiä, jolloin kuvan syvyysulottuvuus näyttää vielä toimivalta. Jos 3D-kuvassa on käytetty liiallista interokulaarista etäisyyttä, aivot eivät pysty sulauttamaan kuvia yhteen. Kuvan stereoskooppisuus ei tällöin toimi. Siinä saattaa esiintyä haamukuvia, eli toiselle silmälle tarkoitettu kuvan kohde näkyy toisen silmän kuvassa, jolloin kohde kaksinkertaistuu (3ality Technica 2011). Liiallinen I/O voi rasittaa silmiä ja aiheuttaa päänsärkyä. Hyperstereota muodostuu myös kuvaan, jos interokulaarinen etäisyys on suuri. Kuvassa 6 näkyy, miten stereoskooppinen mukavuusalue sijoittuu näkökenttään.



Kuva 5. Interaksiaalinen eroavuus. (Kuva: Sari Hotokka)



Kuva 6. Stereoskooppinen mukavuusalue. (Mendiburu 2009, 21.)

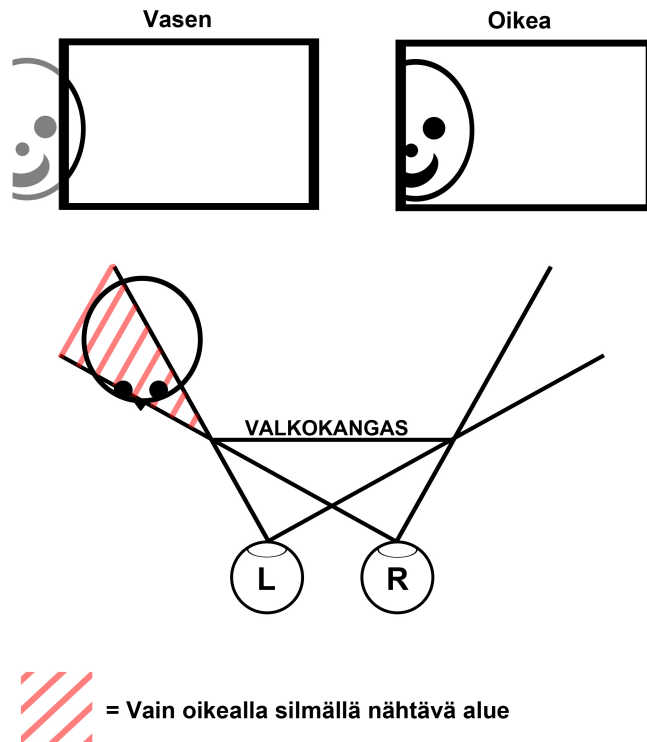
Interokulaarisen etäisyyden ollessa todella pieni kuvan 3D-efektin määrä lievenee huomattavasti. Samanlaista silmien rasitusta ei kuitenkaan esiinny kuin I/O:n ollessa liian suuri. Joissain tapauksissa interokulaarinen etäisyys saattaa olla tarkoituksenmukaisesti todella pieni, vain muutamien millimetrin suuruinen. On kuitenkin tärkeää tallentaa kuva oikealla, riittävällä interaksiaalisella etäisyydellä, jotta kuvaan tallentuu riittävästi kolmiulotteisuutta. Pienellä I/O:lla

taltioitujen kuvien etäisyyttä toisiinsa voi jälkityövaiheessa muuttaa, mutta se ei voimista kuvan syvyys efektiä merkittävästi, jos kuvat eivät alun perin sisällä riittävää syvyysinformaatiota.

3.5 Stereoskooppinen ikkuna

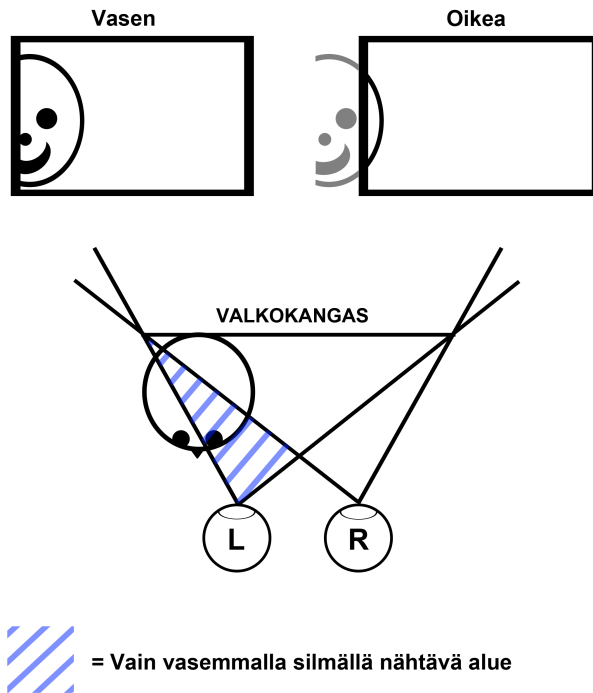
Termi stereoskooppinen ikkuna (*Stereoscopic window*) tulee ajatuksesta, että stereoskooppisen kuvan reunat muodostavat eräänlaisen ikkunan 3D-maailmaan. Kun 2D-kuvassa kuvan reunat vain rajaavat kuvaa, 3D-kuvassa reunoja voidaan hyödyntää kuvan rajaamisen lisäksi eri tavoilla. Täytyy kuitenkin olla tarkkana, mitä kuvaan sijoitetaan etenkin kuvan oikeaan ja vasempaan reunaan. (Mendiburu 2009, 79.)

Esimerkiksi kuvassa 7, jossa kuvan vasemmasta reunasta kurkistaa kasvot, hahmo on stereoskooppisen ikkunan sisäpuolella. Kasvot ovat positiivisessa parallaksissa eli tällöin vasemmalle silmälle tarkoitettussa kuvassa näkyy vähemmän kuvan vasenta reunaa kuin oikealle silmälle tarkoitettussa kuvassa. Taas oikealle silmälle tarkoitettussa kuvassa kuva rajautuu siten, että siinä näkyy laajemmalle vasemman puoleiseen suuntaan eli enemmän kasvoja. Oikeassa kuvassa näkyy kasvot siten, että nenä on kokonaan kuvassa ja vasemmassa kuvassa kuva rajautuu jo ennen nenää. Tällöin aivot käsittelevät tutun kohteen eli kasvot siten, että henkilön ymmärretään olevan piilossa kuvaruudun vasemman reunan takana. (Mendiburu 2009, 79.)



Kuva 7. Kohde stereoskooppisen ikkunan sisäpuolella. (Kuva: Sari Hotokka)

Stereoskooppisia ikkunan rikkomisia (*stereoscopic window violation, SWV*) voi myös esiintyä 3D-kuvauksessa. Se ei kuitenkaan ole suotavaa. Täytyy olla hyvin tarkka, miten ja miten kauan stereoskooppista ikkunaa rikotaan. Jos tarkastellaan edellistä esimerkkiä ja kasvot siirretään I/O:n muutoksella tulemaan kuvaruudusta ulos, tällöin vasemmassa kuvassa näkyy kohdetta enemmän kuin oikeanpuoleisessa kuvassa (kuva 8). Aivot joutuvat syvyyshivhjeiden ristiriitaan. Okklusiovihjeen mukaan vasen kuvareuna peittää kasvot siten, että kasvojen ulostyöntyminen kuvasta ei ole mahdollista. Tämä stereoskooppisen ikkunan rikkominen on silmille kolmanneksi haitallisoin virhe interokulaaristen etäisyysvirheiden ja konvergenssivirheiden jälkeen. Stereoskooppista ikkunaa voi rikkoa, jos kuvan objekti liikkuu riittävän nopeasti kuvareunan yli, noin puolessa sekunnissa. Tällöin aivot eivät vielä ehdi käsittelemään kuvan kohdetta 3D-kohteeksi, eikä syvyyshivhjeiden ristiriitoja ehdi huomaamaan. (Mendiburu 2009, 80.) Ristiriidat aiheuttavat kuitenkin silmärasitusta ja päänsärkyä, jopa pahoinvointia voi ilmetä, jos stereoskooppisen ikkunan rikkominen on pitkäkestoista (Gardner 2009).



Kuva 8. Kohde on valkokankaan ulkopuolella ja kohteessa on stereoscopic window violation. (Mendiburu 2009, 80.)

Stereoskooppista ikkunaa voidaan myös liikuttaa ja animoida, jolloin käytetään termiä "kelluva ikkuna" (*floating window*, *floating stereo window*). Kelluvalla ikkunalla voidaan muuttaa kuvan syvyyden määrää rajaamalla stereoskooppisia kuvia uudellaan mustien reunojen avulla. Mustilla reunoilla on myös mahdollista peittää kuvareunojen eroja. Kuvassa 10 a ja b kuvan reunoilla olevat kohteet rajautuvat eri tavalla. Mustilla maskeilla on mahdollista piilottaa erot, jolloin kuvaa pystyy katsomaan myös anaglyfisenä helpommin. Anaglyfisessä kuvassa f kuvan pystyreunoja on miellyttävämpi katsoa kuin kuvaa c maskien takia. Kuvassa f myös hahmo painuu selvästi kuvareunan taakse.

Jos kelluvalla ikkunalla halutaan muuttaa syvyyden määrää kuvassa, mustien reunojen leveyttä ja sijaintia muutetaan. Jos maski sijoitetaan oikean kuvan oikeaan reunaan, näyttää, että kuvan oikea reuna siirtyy lähemmäksi (Mendiburu 2009, 182). Jos kuvaa haluaa työntää taaemmaksi, maskit täytyy sijoittaa siten, että vasemmassa kuvassa maski on oikealla ja oikeanpuoleisessa kuvassa vasemmalla (Mendiburu 2009, 182). Kelluvaa ikkunaa voidaan myös liikuttaa, animoida, jolloin syvyyttä voidaan muuttaa kesken kuvan ja kohtausten. Katsoja ei näe kelluvan ikkunan mustia reunoja 3D-lasit päässä,

mutta ilman laseja reunat pystyy helposti huomaamaan. (Gardner 2009; Mendiburu 2009, 82–83; Naskali 2008, 29.)



Kuva 9. Esimerkki kelluvasta ikkunasta ja kuvaerojen piilottamisesta. (Kuva: Sari Hotokka)

4 Stereoskooppisen syvyyden laskeminen

4.1 Interaktiivisen etäisyyden vaikutus 3D-efektiin

Kameroiden välisen etäisyyden ja siten myös stereoskooppisen syvyyden laskemiseen on olemassa monia eri laskukaavoja, muistisääntöjä ja syvyytlaskimia. Täytyy kuitenkin pitää mielessä, että syvyyden lisääminen kuvaan ei ole pelkkien matemaattisten laskukaavojen toteuttamista. Interaktiivinen etäisyys vaikuttaa esimerkiksi kuvan objektien kokoon ja siten niiden realistisuuteen, mitä voidaan myös hyödyntää tarinankerronnassa. Seuraavissa kappaleissa käyn läpi muutamia nyrkkisääntöjä, kuinka stereoskooppista syvyyttä voidaan laskea. Esittelen myös hieman 3D-tekniikkaan erikoistuneen englantilaisen Inition-yhtiön Inition StereoBrain v1.3 -syvyytlaskinta, jota käytin Herra Albin -lyhytelokuvassa interaktiivisen etäisyyden laskemiseen. En keskity opinnäytteessäni tarkemmin erilaisiin matemaattisiin laskukaavoihin. Lisätietoa esimerkiksi Berkovitzin ja Davisin laskukaavoista sekä Frank di Marzion yleiskaavasta löytyy internetistä sekä Riku Naskalin viestinnän koulutusohjelman opinnäytetyöstä "Kolmiulotteinen elokuvaus".

Stereoskooppisen syvyyden laskemisen perusedellytys on, että tiedossa ovat haluttu konvergenssipisteen sijainti kuvassa ja etäisyydet lähimpään sekä kauimpaan kohteeseen kamerasta mitaten. Oikean interokulaarisen etäisyyden mittaaminen on tärkeää siksi, että kuvaustilanteessa osataan tallentaa riittävästi 3D-informaatiota silmälle sopivilla negatiivisella ja positiivisella parallaksimäärällä. Perusidea I/O-etäisyydessä on, että mitä lähempänä kamerat ovat toisiaan, sitä kauempana lähellä ja kaukana olevat kohteet voivat olla toisistaan. Tällöin kuitenkin kauempana olevat kohteet menettävät 3D-pyöreiden, ne näyttävät kuvassa tasaisilta. (Stereoscopic filmmaking 2011.)

Jos 3D näyttää kuvassa siltä, että objektit ovat tasaisia, aivan kuin leikattu pahvista, tällöin kuvassa esiintyy cardboard cutout -efektiä (3ality Technica.

2011). Jos kaukana oleviin kohteisiin halutaan pyöreyttä ja kuvaan lisää syvyyttä, kamerat voidaan laittaa hyvinkin kauas toisistaan, jopa usean kymmenen senttimetrin päähän. Tällöin kuvassa ei saa olla kuitenkaan objekteja liian lähellä kameraa. Jos valmiissa 3D-kuvassa on lähellä olevia objekteja, ne näyttävät olevan liian kaukana toisistaan, eivätkä aivot pysty yhdistämään niitä yhdeksi objektiksi. Haamukuvia tulee tällöin kuvaan ja kolmiulotteisuus ei näytä toimivalta. Mitä kauempana kamerat ovat toisistaan, sitä lähempänä kuvan lähellä ja kaukana olevat kohteet voivat olla toisistaan. Tällöin objekteissa on paljon 3D-efektiä sekä pyöreyttä. (Stereoscopic filmmaking. 2011.) Etäisyyden laskeminen, ja samalla kuvan syvyyden määrän selvittäminen on tärkeää, jotta silmät eivät joudu konvergoimaan liikaa kuvaa katsoessa. Varsinkin liiallista kohteiden divergenssiä tulee välttää.

4.2 Lopullisen katselukuvan koon vaikutus syvyyden määrään

Interokulaarista etäisyyttä laskettaessa ja 3D-kuvaa kuvattaessa on erittäin tärkeää ymmärtää, että 3D-kuvan lopullinen katselukoko vaikuttaa syvyysefektin määrään. Jo kuvasuunnitelmaa mietittäessä tai ainakin viimeistään kuvaustilanteessa olisi hyvä tietää, minkä kokoisesta kuvaruudusta tallennetta katsotaan. 3D-kuvan syvyysefektin määrä kasvaa lineaarisesti kuvan 2D kokoon nähden, joten pienessä kuvaruudussa syvyysefekti voi olla todella minimaalinen, ja suurelta valkokankaalta katsottuna, efekti saattaa näyttää jopa liialliselta. Tämän vuoksi pienelle kuvaruudulle, kuten tietokoneen tai matkapuhelimen näytölle, kuvattua materiaalia ei ole suositeltavaa näyttää esimerkiksi elokuvateatterin valkokankaalla. Syvyysefekti kasvaa liian suureksi, eivätkä aivot pysty yhdistämään kuvia yhdeksi 3D-kuvaksi. Kuvien yhdistämisyritys saattaa aiheuttaa nopeasti päänsärkyä. (Mendiburu 2009, 76.) Olisi erittäin tärkeää, että kuvauspaikalla pystyisi katsomaan 3D-kuvaan sen lopullisessa koossa. Tällöin välttyttäisiin syvyysefektin ylilyönneiltä. Harvoin tämä katselumahdollisuus kuitenkaan on järjestettävissä, jos lopullinen katselukoko on suuri. Syvyyden liiallisuudelta voi kuitenkin välttyä, jos pitää mielessä sen, että pienessä monitorissa syvyysefekti saattaa näyttää hyvinkin olemattomalta. Lopullisen katselukuvan koko on huomioitu monissa syvyytlaskimissa, kuten

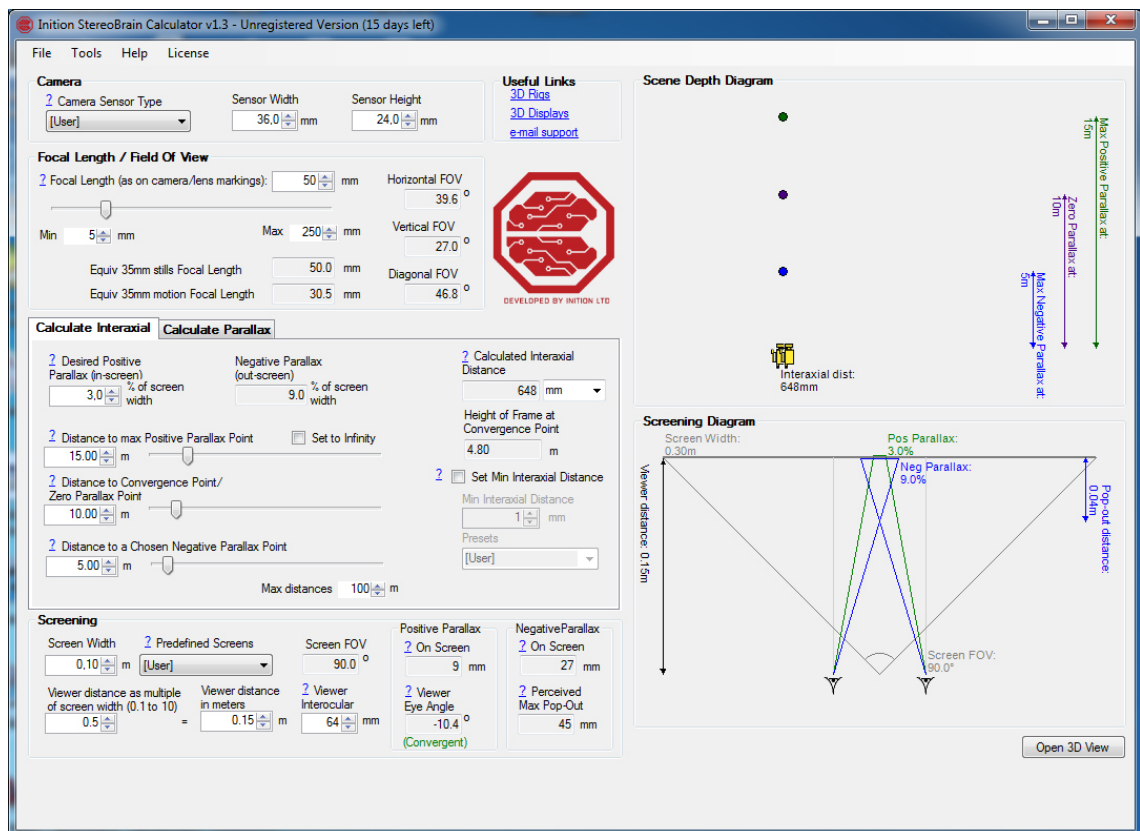
Inition StereoBrain -laskimessa. Tässä ohjelmassa on mahdollista muuttaa screenin eli katselukuvan kokoa. Laskimeen annettu katselukuvan koko vaikuttaa interokulaarisen etäisyyden tulokseen.

4.3 Kolmen prosentien sääntö ja 1/30-sääntö

Yksi interokulaarisen etäisyyden laskemiseen olemassa oleva nyrkkisääntö on kolmen prosentien sääntö tai 1/30-sääntö. Sääntöä ovat käyttäneet 3D-stillkuvaajat jo vuosien ajan. Kolmen prosentien säännössä I/O lasketaan kamerasta lähimpänä olevan objektin etäisyydestä. Yksi kolmaskymmenesosa tästä etäisyydestä on kameroiden interokulaarinen etäisyys. Toinen nopea nyrkkisääntö on, että yksi metri vastaa 2,5 senttimetriä interokulaarisessa etäisyydessä. Tällöinkin hyödynnetään tietoa lähimmän kohteen etäisyydestä. Esimerkiksi jos lähimpänä olevan kohteen etäisyys kamerasta on kaksi metriä, I/O on tällöin 5 cm. Jos sama esimerkki lasketaan kolmen prosentien säännöllä, 200 cm jaetaan 30:llä. Interokulaarinen etäisyys on siis noin 6 cm. Negatiivisen ja positiivisen parallaxin määrä voi kasvaa toisinaan liian suureksi, jos käyttää kolmen prosentien sääntöä. Interokulaarisen etäisyyden voi laskea myös jopa 1/100 eli "1 prosentien" säännöllä. (Mendiburu 2009, 74.) Kolmen prosentien sääntö on hyvä lähtökohta interaksiaalisen etäisyyden testaamiseen ja kuvaustavan valintaan, mutta liian tiukasti sääntöä ei kannata noudattaa. 1/30-sääntö on yleensä toimiva, jos lopullisen kuvan katselukoko on alle 1,5 m, kuvaustapa on paralleelista ja kuvataan ulkona, jossa tausta on äärettömässä etäisyydessä. (Dashwood 2010.) Linssien valinta vaikuttaa myös interaksiaaliseseen etäisyyteen ja laajojen linssien käyttö voi jopa nostaa I/O-etäisyyden yhteen kymmenesosaan (Mendiburu 2009, 117). Näissä nyrkkisäännöissä huomioidaan ainoastaan lähimmän kohteen etäisyys kameraan. Koska kauimmaisen kohteen etäisyys vaikuttaa myös interaksiaaliseseen etäisyyteen, täytyy olla maltillinen, jotta I/O ei kasva liian suureksi.

4.4 Inition StereoBrain -syvyyslaskin

Inition StereoBrain -syvyyslaskin on PC-tietokonepohjainen ohjelma, jolla pystytään laskemaan kameroiden interaksiaalista etäisyyttä tai kohteiden etäisyyksiä negatiivisessa ja positiivisessa parallaksissa. Ohjelma on yhteensopiva Vista- ja XP-käyttöjärjestelmien kanssa. (Inition 2011.) Syvyyslaskimet tarvitsevat muutamia tietoja kamerasta ja kohteiden etäisyyksistä interokulaarisen etäisyyden laskemiseen, sillä nämä kaikki tiedot vaikuttavat 3D:n määrään. Syvyyslaskimissa myös kauimmaisen kohteen etäisyys huomioidaan interaksiaalista etäisyyttä laskettaessa. StereoBrain-syvyyslaskimen perusnäky on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Perusnäky StereoBrain -syvyyslaskimesta. (Kuva: Sari Hotokka, permission by Inition)

Inition StereoBrain v1.3 -laskimen yläosassa vasemmalla on "Camera sensor type" -valikko, johon täytyy syöttää kameran kennotyyppi, kennon leveys sekä korkeus. Kameran kennon koko vaikuttaa linssin avautumiskulmaan, samoin kuin linssin polttovälikin. Kennon koko vaikuttaa myös laskimen laskemaan

interakσιαaliseen tulokseen. Esimerkiksi kuvan 11 kuvassa a, jossa kameran kennon tyypiksi on valittu RED One 4K HD (1.77), jolloin kennon koko on 22,1 mm x 12,4 mm. Horizontal FOV° (*field of view*) on tällöin 40,5° ja polttoväli 30 mm. Interakσιαalinen etäisyys (*Calculated Interaxial Distance*) a kuvan arvoilla on 111 mm. Kuvassa b, jossa kameran kennon tyypiksi on vaihdettu ¼”, kennon koko on vain 3,2 mm x 2,4 mm. Horizontal FOV° 6,1° ja polttoväli edelleen 30 mm. Interakσιαalinen etäisyys samoilla kohteiden etäisyyksillä kuin aikaisemmin on vain 16 mm. Kun kennokoko pienenee, interakσιαalinen etäisyys pienenee, jotta kameroiden kuvat eivät ole liian kaukana toisistaan linssin avautumiskulman ollessa pienempi.

a,

Inition StereoBrain Calculator v1.3 - Unregistered Version (15 days left)

File Tools Help License

Camera

Camera Sensor Type: RED One 4K HD (1.77) Sensor Width: 22.1 mm Sensor Height: 12.4 mm

Focal Length / Field Of View

Focal Length (as on camera/lens markings): 30 mm Horizontal FOV: 40.5°

Min: 5 mm Max: 250 mm Vertical FOV: 23.4°

Equiv 35mm stills Focal Length: 48.8 mm Diagonal FOV: 45.9°

Equiv 35mm motion Focal Length: 29.8 mm

Useful Links

[3D Rigs](#)
[3D Displays](#)
[e-mail support](#)

Calculate Interaxial **Calculate Parallax**

Desired Positive Parallax (in-screen): 2.0 % of screen width Negative Parallax (out-screen): % of screen width

Distance to max Positive Parallax Point: 5.00 m Set to Infinity

Distance to Convergence Point/ Zero Parallax Point: 3.00 m

Distance to a Chosen Negative Parallax Point: 3.00 m Max distances: 100 m

Calculated Interaxial Distance: 111 mm

Height of Frame at Convergence Point: 1.24 m

Set Min Interaxial Distance

Min Interaxial Distance: 1 mm

Presets: [User]

DEVELOPED BY INITION LTD

b,

Inition StereoBrain Calculator v1.3 - Unregistered Version (15 days left)

File Tools Help License

Camera

Camera Sensor Type: 1/4" Sensor Width: 3.2 mm Sensor Height: 2.4 mm

Focal Length / Field Of View

Focal Length (as on camera/lens markings): 30 mm Horizontal FOV: 6.1°

Min: 5 mm Max: 250 mm Vertical FOV: 4.6°

Equiv 35mm stills Focal Length: 337.5 mm Diagonal FOV: 7.6°

Equiv 35mm motion Focal Length: 205.8 mm

Useful Links

[3D Rigs](#)
[3D Displays](#)
[e-mail support](#)

Calculate Interaxial **Calculate Parallax**

Desired Positive Parallax (in-screen): 2.0 % of screen width Negative Parallax (out-screen): % of screen width

Distance to max Positive Parallax Point: 5.00 m Set to Infinity

Distance to Convergence Point/ Zero Parallax Point: 3.00 m

Distance to a Chosen Negative Parallax Point: 3.00 m Max distances: 100 m

Calculated Interaxial Distance: 16 mm

Height of Frame at Convergence Point: 0.24 m

Set Min Interaxial Distance

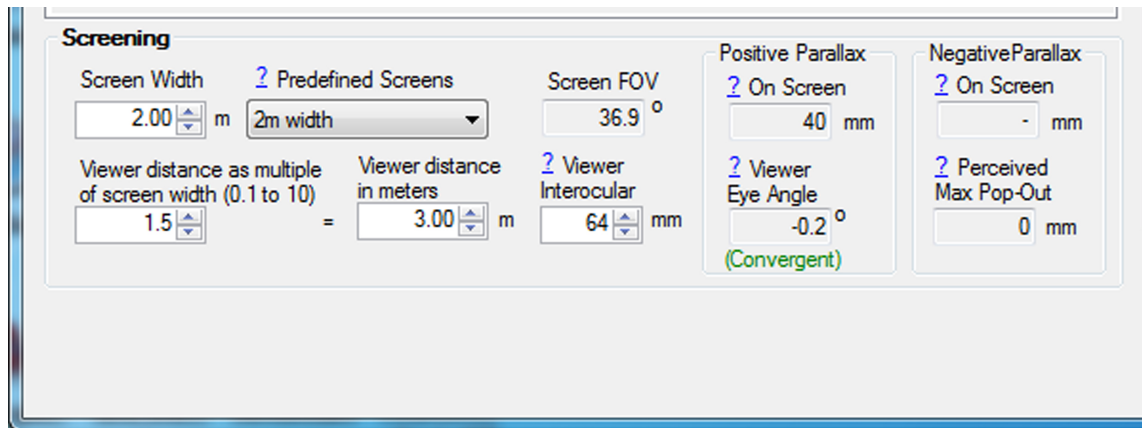
Min Interaxial Distance: 1 mm

Presets: [User]

DEVELOPED BY INITION LTD

Kuva 11. Kameran kennon vaikutus interaksiaaliseen etäisyyteen. (Kuva: Sari Hotokka, permission by Initon)

Myös linssin optiikka vaikuttaa syvyysefektiin, joten syvyysslaskimeen on syytä vaihtaa kuvaustilanteessa käytettävä linssien polttoväli. Koska lopullisen katselukuvan koko vaikuttaa merkittävästi onnistuneen 3D:n tekemiseen, screenin koko (*Screen Width*) ja katsojan etäisyys (*Viewer distance on meters*) voidaan syvyysslaskimessa myös määrittää.

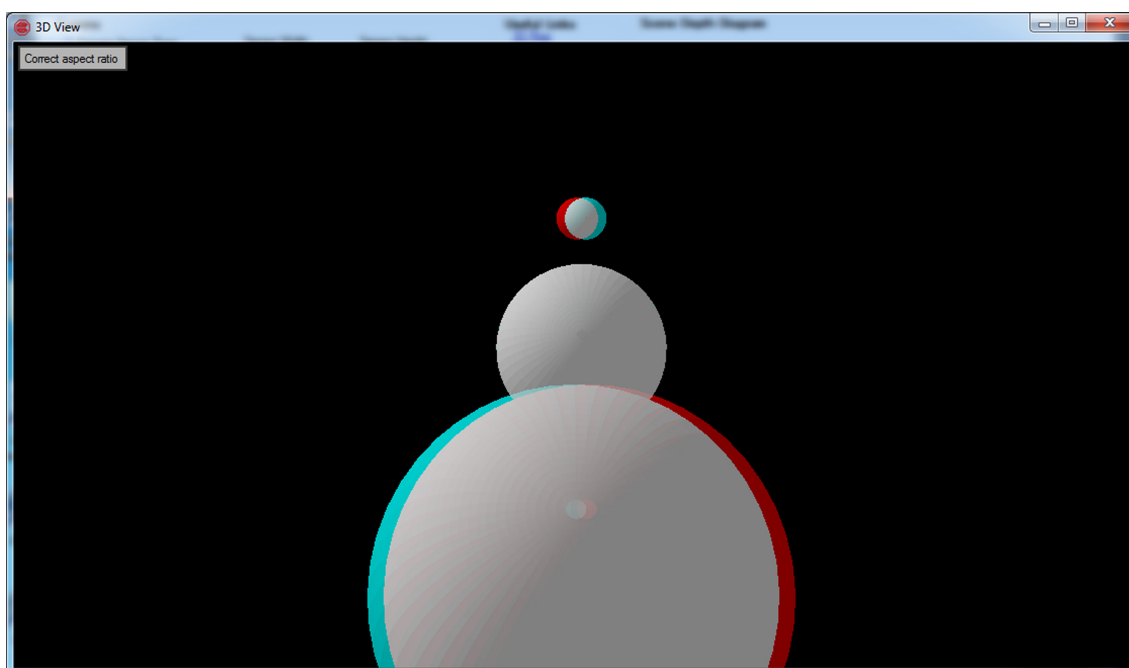


Kuva 12. Screening-määrittämissä on mahdollista muuttaa. (Kuva: Sari Hotokka, permission by Inition)

Interaktiivista laskettaessa syvyysslaskimeen on syytä määrittää haluttu positiivinen parallaksi prosentteina (*Desired Positive Parallax*) lopullisen kuvan leveydestä (kuva 13). Samoin negatiivisen parallaksin määrän voi valita. Parallaksien määrittäminen vaikuttaa siihen, miten suuri efektin määrä on. Usein positiivista parallaksia ei tulisi olla kuin 2–3 prosenttia esitettävän kuvan leveydestä, jotta liialliselta konvergenssilta ja divergenssiltä vältytään. Ihmissilmät sietävät helpommin suurta negatiivista parallaksia, mutta prosentteja määritettäessä ylilyöntejä kannattaa välttää. Laskin hyödyntää määritettyjä prosenttiarvorajoituksia I/O:n laskemiseen. Interaktiivista laskettaessa laskin tarvitsee tiedon siitä, missä positiivisen parallaksin piste sijaitsee eli miten kaukana kuvan kauimmainen kohde on. Samoin konvergenssipiste ja negatiivisen parallaksin piste täytyy näppäillä laskimeen. Ennen kuin matkamäärät voi syöttää laskimeen, ne täytyy selvittää pitkällä mittanauhalla kuvauspaikalla. Muun muassa näiden tietojen avulla syvyysslaskin laskee sopivan, määritettyjen arvojen mukaisen interaktiivisen etäisyyden.

Kuva 13. Calculate Interaxial -välilehti. (Kuva: Sari Hotokka, permission by Inition)

Laskimessa on myös mahdollista avata perusnäkömön oikeasta alanurkasta 3D-katseluikkuna (*Open 3D*). Ikkunassa näkyy anaglyfisia palloja, joiden etäisyydet, syvyydet ja koot vastaavat laskimeen annettuja arvoja (kuva 14). Ikkunassa on siis mahdollista nähdä miltä 3D-efekti tulisi näyttämään laskimeen syötetyillä arvoilla.



Kuva 14. 3D View -ikkuna. (Kuva: Sari Hotokka, permission by Inition)

Inition StereoBrain -ohjelmalla on mahdollista laskea joko interaksiaalista etäisyyttä tai, jos I/O on tiedossa, negatiivista ja positiivista parallaksia eli kohteiden etäisyyksiä kamerasta. Esimerkiksi jos tarkoitus olisi tehdä orthostereoskopista kuvaa eli jäljentää ihmissilmien etäisyyksiä toisistaan, olisi mahdollista hyödyntää "Calculate Parallax" -toimintoa (kuva 15). Interaksiaaliseksi etäisyydeksi voisi tällöin laittaa 64 mm. Kuvan 15 kohdassa a maksimaaliseksi positiiviseksi ja negatiiviseksi arvoksi on laitettu 3 %. Kuvan etäisyyksillä prosenttiarvot eivät ylitä (*Calculated Max Positive Parallax, Negative Parallax at Chosen Point*). Kuvan 15 kohdassa b maksimaalinen positiivinen prosenttimäärä on ylitetty, luku on 3,9%. Luvun eteen tulee punareunainen kolmio varoittamaan ylityksestä. Prosenttiylitys syntyy, kun b-kohdassa konvergenssipiste siirretään samaan kohtaan missä negatiivinen parallaksipiste on eli 2 metriin.

a,

The screenshot shows the 'Calculate Parallax' window with the following settings:

- Interaxial Distance: 64 mm
- Set Max Positive Parallax: 3,0 % of screen width
- Set Max Negative Parallax: 3,0 % of screen width
- Distance to max Positive Parallax Point: 21.00 m
- Distance to Convergence Point/Zero Parallax Point: 5.00 m
- Distance to a Chosen Negative Parallax Point: 2.00 m
- Max distances: 100 m
- Calculated Max Positive Parallax: 1.3 % of screen width
- Negative Parallax at Chosen Point: 2.6 % of screen width

b,

The screenshot shows the 'Calculate Parallax' window with the following settings:

- Interaxial Distance: 64 mm
- Set Max Positive Parallax: 3,0 % of screen width
- Set Max Negative Parallax: 3,0 % of screen width
- Distance to max Positive Parallax Point: 21.00 m
- Distance to Convergence Point/Zero Parallax Point: 2.00 m
- Distance to a Chosen Negative Parallax Point: 2.00 m
- Max distances: 100 m
- Calculated Max Positive Parallax: 3.9 % of screen width (Warning icon)
- Negative Parallax at Chosen Point: - % of screen width
- Maximum Exceeded. (Red text)

Kuva 15. Calculate Parallax -välilehti. (Kuva: Sari Hotokka, permission by Inition)

Syvyyslaskin on oiva apukeino interaktiivisen etäisyyden selvittämisessä, sillä se ottaa huomioon paljon muuttujia, jotka vaikuttavat interaktiiviseen etäisyyteen. StereoBrain-syvyyslaskinta voi hyvin käyttää lähtökohdaksi I/O:n selvittämiseen. Kuvaustilanteessa täytyy kuitenkin muistaa 3D-kuvan monitorointi eikä vain luottaa laskimen antamiin tuloksiin. StereoBrain-syvyyslaskin on mahdollista ladata internetistä 15 päivän kokeiluversiona ilmaiseksi Initionin kotisivuilta osoitteesta <http://www.inition.co.uk/3D-Technologies/inition-stereobrain-calculator>.

5 Stereoskooppisen videokuvan tuottamisen välineistöä

5.1 Kameran ja kameroiden synkronointi

On tärkeää huomioida muutamia asioita valittaessa videokameroita 3D-kuvaamista varten. Koska 3D-kuvaamisen perusedellytys on, että vasemman ja oikein kameran kuvat ovat mahdollisimman identtiset muun muassa väriltään, kontrastiltaan ja resoluutioltaan, tulisi kameroiden olla täysin samanlaiset. Tallennusresoluutio kannattaa ottaa huomioon kameraa valittaessa. Mitä suurempi resoluutio 2D-kuvissa on, sitä enemmän 3D-kuva sisältää syvyysinformaatiota (Mendiburu 2009, 21). Full HD -resoluutiota, 1920 x 1080 pikseliä, voisi pitää miniminä stereoskooppiseen kuvaamiseen (Naskali 2008, 35). Kameroiden pitäisi pystyä tallentamaan myös progressiivista kuvaa, sillä lomitettu kuva saattaa heikentää kuvaparin synkronointia (Dashwood 2010).

Herra Albin -lyhytelokuvassa käytössämme oli kaksi digitaalista RED ONE -kameraa, joiden tallennusresoluutioksi valitsimme 4K 16:9 eli 4096 x 2304 pikseliä. Käytimme myös kahta Iconix-kameraa, joilla tallensimme 1920 x 1080 tasoista Full HD -kuvaa. RED ONE -kameroilla kuvasimme progressiivista, lomittamatonta kuvaa 25 fps. Iconix-kameroilla jouduimme kuvaamaan lomitettua kuvaa, vaikka progressiivisen kuvan tallentaminen on myös mahdollista. Aikaisemmat kokemukset lomittamattoman kuvan tallentamisesta Iconix-kameroilla olivat huonoja, tallenne sisälsi kuvavirheitä, joten päädyimme lomitettuun quicktime-tallennusformaattiin.

Identtisen kuvaparin saamisen edellytyksenä on, että kameroiden sulkimet voidaan tahdistaa genlock-tahdistussignaalin avulla. Tätä varten kamerasta tulisi löytyä genlock-portti. Jos kameroiden sulkimet käyvät eri aikaa, kolmiulotteisen kuvan katselu saattaa aiheuttaa päänsärkyä (DeSouza 2010). Sulkimien eriaikainen käynti vaikuttaa myös kolmiulotteiseen kuvaan heikentävästi. Ulkopuolinen synkronointisignaali tuotetaan pulssigeneraattorilla

(Jumppanen 2011, 25). Pulssigeneraattorina voi toimia myös toinen kamera, jolloin kamera tuottaa tahdistussignaalia.

Herra Albin -lyhytelokuvassa käytössä oli verkkovirralla toimiva AJA Gen10 -synkronointilaite, joka lähettää 25 fps -tahdistussignaalia molemmille RED ONE -kameroille. Iconix-tallennusjärjestelmä synkronoitiin kameran sisäisen tahdistussignaalin avulla. Toisesta kamerasta syötettiin signaalia toiseen kameraan. Kuvan 16 kynttilän liekistä pystyy huomaamaan, että kameroiden sulkimet ovat käyneet täysin samaan aikaan. Kynttilä sammutetaan kuvassa puhaltamalla ja liekit ovat tallentuneet identtisesti molempiin kuviin.



Vasemman silmän kuva

Oikean silmän kuva



Anaglyfinen kuva

Kuva 16. Kameran sulkimet on tahdistettu ulkoisen tahdistussignaalin avulla. (Kuva: Sari Hotokka)

5.2 Rigit

3D-kuvaamisessa käytetyt rigit (*rigs*), interaksiaalisen säätömahdollisuuden omaavat kiinnitysalustat helpottavat ja nopeuttavat kolmiulotteisten otosten kuvaamista. 3D-kamerarigit voidaan karkeasti jakaa kahteen luokkaan: peilirigeihin (*beamsplitter rig*) ja paralleelirigeihin (*parallel rig, side by side*). Peilirigejä käytetään muun muassa, kun halutaan kuvata lähikuvia pienemmällä polttovälillä tai jos kuvattava kohde tuodaan lähelle kameraa. Kameroiden I/O-etäisyydet voivat olla tällöin vain muutamia millimetrejä. Paralleelirigin käyttö tulee tarpeelliseksi, kun interaksiaalinen etäisyys kasvaa noin 15 senttimetriin tai siitä suuremmaksi.

5.2.1 Peilirig (*beamsplitter rig*)

Peilirigissä on puoliläpäisevä pintaheijastavapeili 45 asteen kulmassa toiseen kameraan nähden. Peili jakaa valonsäteet puoliksi kahdelle kameralle. Toiseen kameraan peili heijastaa valonsäteet ja toiseen kameraan peili päästää valonsäteet läpi. Toinen kameroista on kiinnitetty 90 asteen kulmaan, joko peilin alapuolella tai yläpuolelle, ja toinen kameroista kuvaa puoliläpäisevän peilin läpi. Peilirigillä interaksiaalinen etäisyys voi olla miten pieni tahansa. (Mendiburu 2012, 38 & Mendiburu 2009, 199.)

Peilirigillä pystyy tekemään todella onnistunutta ja näyttävää stereoskooppista kuvaa. Monet stereografit ovat sitä mieltä, että ainoastaan peilirigillä voi tehdä onnistunutta 3D:tä (Mendiburu 2009, 199). Peilirigillä on myös heikkoutensa. Peilirigin peiliin kertyy helposti pölyä ja likaa, mikä voi heikentää kuvan laatua ja näkyä jopa kuvassa. Peilirigi on melko kookas ja painava, sillä peilin täytyy olla riittävän suuri, jotta sen avulla voi kuvata pienillä polttoväleillä laajoja kuvia. Peilirigiä täytyy käsitellä myös erittäin varovasti, ettei peili hajoa. Peilirigin käytössä täytyy olla myös tarkkana, kun kameroita kiinnitetään rigiin. Kameroiden linssien etäisyyksien peilistä on oltava täysin samat, sillä etäisyuserot aiheuttavat koko- ja kaltevuuseroja kuviin.

Rigin peili heijastaa helposti valoa kuvaan myös kuvausympäristön vääristä kohteista. Tämän vuoksi peili täytyy olla hyvin suojattu sen ympäriltä. Samoin rigin kamera-aukkojen ja linssien väliin jäävä rako täytyy olla huolellisesti huputettu, jotta valonsäteet eivät pääse kameras linssihin aiheuttamaan heijastuksia. Peilirigi vaikuttaa myös kameroiden tallentamiin kuviin, sillä peili vähentää kuvan valovoimaa noin yhden aukkoarvon verran. Peilin kautta heijastetussa kuvassa voi olla myös back focus -vaihteluita tai hajataitaisuutta kuvattaessa pitkillä syväterävyyksillä ja etäisyyksillä. Heijastetussa kuvassa voi esiintyä värilämpötila ja saturaatioeroja toisen kameras kuvaan verrattuna. (Mendiburu 2012, 39).

Käytimme Herra Albin -lyhytelokuvassa SwissRIG-merkkistä peilirigiä (kuva 16). Rigissä olevan peilin leveys on 52 cm, ja toinen kameroista kiinnitetään peilin alapuolelle 90 asteen kulmaan (SwissRIG 2011). Peilin leveys riittää hyvin laajoihinkin kuviin, kun interaksiaalinen etäisyys on noin kolme senttimetriä ja polttoväli 20 millimetriä.



Kuva 16. RED ONE -kamerat kiinnitettyinä SwissRIGiin. (Kuva: Joonas Rinkinen)

Kuitenkin, jos I/O-lukema kasvaa lähemmäksi kuutta senttimetriä, kameran polttoväli täytyy asettaa noin 30 millimetriin. Jos kuvan polttoväli olisi pienempi kuin 30 millimetriä, peilin reunat näkyisivät kuvassa (kuva 17). Vähäinen reunojen näkyminen kuvassa ei ole kovin suuri ongelma, sillä SwissRIG:llä pystyy kuvaamaan vain paralleelisti, ja tällöin kuvaa täytyy aavistuksen verran tiivistää jälkeinpäin. Jos peilin reunat näkyvät vinjetoinnin tapaisina tummentumina kuvien reunoilla, ne voi tällöin rajata kuvasta pois. Täytyy siis pitää mielessä jo kuvaustilanteessa, että liian tiukat rajaukset voivat aiheuttaa myöhemmin ongelmia kuvakompositioihin. Kamera, joka kuvaa peilin läpi vaatii myös, että kameran kuva käännetään peilikuvaksi ennen kuin 3D-kuvaa pystyy katsomaan (Mendiburu 2009, 199).



Kuva 17. Kuvan ylänurkissa peilirigin aiheuttamat tummentumat. (Kuva: Sari Hotokka)

Herra Albin -lyhytelokuvan jälkituotantovaiheessa huomasin, että peilirigillä kuvattu materiaali vaatii melko paljon jälkitöitä, kuten värikorjailua peilikuvaksi käännon lisäksi. SwissRIGillä peilin kautta kuvatun kameran kuva, oikean silmän kuva, eroaa hieman vasemmanpuoleisesta, peilin läpi kuvatusta kuvasta. Kuvan värierot voivat johtua kameran kennojen eroavaisuuksista, mutta peili voi myös vaikuttaa kuvien väreihin. Heijastukset myös käyttäytyvät hieman eritavalla peilin läpi ja peilin kautta kuvatuissa kuvissa. Peilin läpi kuvatuissa otoksissa, heijastukset pintamateriaaleista voimistuvat. Ne näyttävät kirkkaammilta ja suuremmilta kuin pelin kautta kuvatuissa kuvissa.

SwissRIG-pelirigin käyttö on melko helppoa, mutta kuvauspaikalla käyttöön liittyy muutamia huomioitavia asioita. Peilirigi on melko kookas, joten se vie tilaa kuljetuksessa ja sen käsittelyssä täytyy olla erittäin varovainen. SwissRIG on suhteellisen nopea kasata, mutta kasauksessa pitää olla huolellinen. Täytyy varmistaa, että molemmat kamerat ovat yhtä kaukana peilistä ja peili on asetettu oikein sille varatulle paikalle. Aina ennen kuvaamista täytyy myös tarkistaa, että peili on puhdas eikä peilin suoja-pleksi ole paikoillaan. SwissRIGin siirtäminen ei ole helppoa, sillä painoa kertyy kameroiden, jalustan ja muiden lisävarusteiden kanssa kohtuullisesti, arviolta jopa 40 kiloa. Aikaa täytyy siis varata varustuksen siirtämiseen, varsinkin jos kuvaaminen tapahtuu ulkona, epätasaisessa maastossa. Kameroiden kaltevuuksien, polttovälien ja interaksiaalisten etäisyyksien säätäminen on syytä tehdä huolella kuvauspaikalla, vaikka aikataulu olisi hyvin tiukka. Huolellisesti tehdyt säädöt helpottavat erittäin paljon kuvien jälkitöitä.

5.2.2 Paralleelirig (*parallel rig, side by side*)

Paralleelirigissä kamerat ovat kiinnitetty vierekkäin säädettävälle taipumattomalle alustalle. Paralleelirigillä kuvataan, kun interaksiaalinen etäisyys on suuri ja kuvattavat objektit ovat kaukana kamerasta. Paralleelirigiä käytetään muun muassa maisemakuvaukseen. (Mendiburu 2009, 198). Paralleelirigin haittapuoli on, että minimissään I/O:n voi säätää niin pieneksi kunnes kameran rungot tai rungossa olevat liittimet ottavat toisiinsa kiinni.

RED ONE -kameroita käytettäessä pienin interaksiaalinen etäisyys paralleelirigillä kuvattaessa on noin 17 cm. Kolmen prosentin säännöllä laskettuna lähin objekti saa olla noin 5 metrin päässä kamerasta, jotta kohde ei ole liian lähellä ja 3D on toimivaa. Iconix-kamerat on mahdollista asettaa noin 3 cm:n päähän toisistaan linssien keskikohdasta mitattuna.

Paralleelirigillä voidaan kuvata suoraan eteenpäin tai konvergenssiin, niin haluttaessa. Suoraan eteenpäin kuvattaessa täytyy olla tarkkana, että linssit

osoittavat täysin eteenpäin, eivät ylä- tai alaviistoon eivätkä sivuille. Jälkeenpäin kuvan akselivääristymiä on todella hankala, ellei jopa mahdotonta korjata. Paralleelirigi on suhteellisen edullinen ja kevyt käyttää, siksi monet stillkuvaajat työskentelevät sillä. Täytyy olla erittäin huolellinen, jos rigille kiinnitetään painavia kameroita, että rigi ei pääse taipumaan. Tällöin vältetään kuvien suoristamiselta jälkeenpäin. Kuvien korjaaminen jälkeenpäin pienentää hieman 3D-kuvan kokoa, sillä kuvia täytyy tiivistää, jotta korjaukset eivät näy kuvien reunoilla.

Iconix-kameroiden 3D-käyttö PoleCam-järjestelmän kehtoon kiinnitettynä vaatii kuvauspaikalla aikaa (kuva 18). Kameroita on todella hankala saada osoittamaan suoraan eteenpäin z-akselilla. Melkein väkisin toinen tai molemmat kameroista kohdistuu ylä- tai alaviistoon tai sivulle. Huonosti kohdistettujen kameroiden kuvista on todella hankala saada hyvin toimivaa 3D:tä. Jälkityömäärän osuus tällöin kasvaa, koska akselivääristymiä esiintyy ja kuvat eivät ole identtisiä.



Kuva 18. Iconix-kamerat paralleelisti. (Kuva: Tero Peiponen)

6 Stereoskooppisen videokuvan katselumenetelmiä

6.1 Aktiivisia katselumenetelmiä

Stereoskooppisen videokuvan katselumenetelmät jaetaan kahteen kategoriaan, aktiivisiin ja passiivisiin esitystekniikoihin. Jaottelu perustuu 3D-lasien tekniikkaan. Aktiiviset lasit tarvitsevat sähköä ja passiiviset lasit toimivat ilman virtaa. Stereoskooppisen kuvan katselun toimintaperiaate on, että molemmat silmät näkevät niille tarkoitetut kuvat. Lasit säätelevät kuvien esittämistä silmille saaden aikaan kolmiulotteisen kuvan. (Conner & Wiley 2011.)

Aktiivi- ja passiivitekniikka mahdollistaa laseille erilaisia ominaisuuksia ja rajoitteita. Osa elokuvateattereista käyttää aktiivilaseja ja osa passiivilaseja. Aktiivilasit, kuten XPAND 3D Cinema System -lasit ovat yleensä rakenteeltaan kookkaammat ja raskaammat kuin passiivilasit, niiden yleisesti käytetystä aktiivisesta nestekidesuljintekniikasta (*liquid crystal shutter*) vuoksi. Tämä suljintekniikka on myös hinnakkaampaa, joten aktiivilasit maksavat enemmän. (Conner & Wiley 2011.) XPAND-tekniikkaa on käytössä yli 3 500 elokuvateatterissa ympäri maailman, joista suurin osa sijaitsee Euroopassa (3DMedia 2011). Aktiivilaseissa nestekidetekniikan toiminta perustuu vuorotellen pimeneviin LCD-linsseihin. Linssit vilkkuvat nopeasti ja tahdistetusti synkronissa näyttölaitteen, kuten esimerkiksi tietokoneen näytön, 3D-televisiion tai videoprojektorilla projisoidun kuvan kanssa. Kun näyttölaitteessa näkyy oikealle silmälle tarkoitettu kuva, lasit pimentävät vasemman silmän linssin, ja jos katselussa on vasemman silmän kuva, lasit pimentävät oikean silmän linssin. (Conner & Wiley 2011.) Tällä tavoin nopealla vuoronperään vilkkuvilla linseillä luodaan kolmiulotteinen kuva. Lasien ja näyttölaitteen synkronointiin käytetään infrapuna- tai bluetooth-signaalia (Teoh 2011). Jos suljinlasit eivät ole synkronissa näyttölaitteen kanssa, esimerkiksi paristojen virran loppumisen vuoksi, linssien vilkkuminen näkyy selvästi eikä kolmiulotteisuusefektii pääse syntymään. Aktiiviset suljinlasit vähentävät myös 3D-kuvan valotehoa 50 prosentilla, osa laseista jopa enemmän (AV Science Forum 2011).

6.2 Passiivisia katselumenetelmiä

Passiivisia katselumenetelmiä yhdistää se, että lasien toiminta ei ole riippuvainen virrasta eikä niissä ole minkäänlaisia liikkuvia osia. Passiivisessa esitystekniikkakategoriassa on lukuisia erilaisia katselutekniikoita, kuten kuvien suodattaminen värien tai polarisaation avulla. (Curtin 2011). Anaglyfisissä laseissa toinen linssi on punainen ja toinen sinivihertävä eli syaanin värinen. Eriväristen linssien avulla anaglyfisesta kuvasta suodatetaan kaksi kuvaa siten, että vasemmalle silmälle tarkoitettu punainen linssi estää vasenta silmää näkemästä punaiset värit anaglyfisesta kuvasta, ja oikealle silmälle tarkoitettu syaanilinssi suodattaa sinivihreät värit pois oikean silmän kuvasta. Anaglyfinen katselumenetelmän huonoja puolia on kuvan värien vääristyminen sekä haamukuvien näkyminen. Päänasennot, varsinkaan pystysuuntaiset liikkeet eivät vaikuta anaglyfisen kuvan katseluun niin merkittävästi kuin esimerkiksi polarisoiduilla laseilla (Lipton 1982, 258).

Anaglyfisten linssien värivaihtoehdot perustuvat kolmeen pääväriin: punaiseen, vihreään ja siniseen sekä näiden sekoituksiin (Wattie 2008). Erilaisia, täysin anaglyfisia värivaihtoehtoja on kuusi: punainen ja vihreä, punainen ja sininen, vihreä ja sininen, punainen ja syaani, vihreä ja magenta sekä sininen ja keltainen (Wattie 2008). Eri linssien värit vaikuttavat muun muassa valon määrään kuvassa. Punainen ja syaani -vaihtoehdossa punainen linssi tiputtaa kuvan valotehoa tehokkaammin kuin syaanin värinen linssi. Tämän vuoksi sinikeltaiset lasit ovat paremmat valomäärällisesti, sillä niissä linssit tiputtavat kuvan valotehoa tasaisemmin.

Toinen hyvin yleinen passiivinen katselumenetelmä on polarisoidut 3D-lasit. Polaroidut 3D-lasit ovat kevyemmät kuin aktiivilasit ja niiden valmistaminen ei ole yhtä kallista kuin suljinlasien. Lasit voivat olla varustettu pyöröpolarisatiofilttereillä tai lineaarisilla polarisaatiofilttereillä. Digitaalista passiivista pyöröpolarisatiotekniikkaa käytetään muun muassa RealD-laseissa. (RealD 2012). Digitaalisessa passiivisessa pyöröpolarisatiotekniikassa projektori heijastaa pyöröpolarisoidun vasemman ja oikean silmän kuvan, ja katsoja käyttää pyöröpolarisoituja 3D-laseja kuvan katseluun. Katselutekniikka

vaatii hopeakankaan, joka heijastaa valoa paremmin kuin tavallinen valkokangas. Digitaalinen passiivinen pyöröpolarisaatiotekniikka on laajalti käytössä elokuvateattereissa Yhdysvalloissa. (3DMedia 2011.) IMAX-teatterit käyttävät myös passiivista esitystekniikkaa ja lineaarisesti polarisoituja laseja (The Illustrated 3D Movie List 2012).

Molempien filttäreiden toiminta perustuu valonsäteiden suodattamiseen. Lineaarisella polarisaatiolla varustettuja laseja käytettäessä pään asento vaikuttaa lasien toimivuuteen, sillä linssit suodattavat eri kulmasta tulevia valonsäteitä eritavalla. Pyöröpolarisaatiofilttereillä pään kääntäminen ei vaikuta samalla tavalla 3D-kuvan näkemiseen, mutta nämä passiivilasit vaativat tietynlaisen projektorin ja filterin projektoriin toimiakseen. Pyöröpolarisaatiota ei pystytä vielä toteuttamaan 3D-televisiossa. (Conner & Wiley 2011).

Eräänlaista passiivista esitystekniikkaa hyödyntää myös Dolby 3D:n esitystekniikka. Dolby 3D:n esitystekniikka perustuu pyörivään päävärifiltteripyörään, joka voidaan asentaa digitaalisiin projektoreihin 3D-elokuvien katselua varten. Projektorin pääväripyörä näyttää hieman erilaiset päävärisävyt molemmille silmille ja katsoja käyttää laseja, joissa on pääväripyörää vastaavat filterit. Esitystekniikassa hyödynnetään myös valon eri aallonpituuksia. (Dolby 3D 2012.)

7 Esituotannosta

7.1 Syvyyden huomioiminen lyhytelokuvan suunnitteluvaiheessa

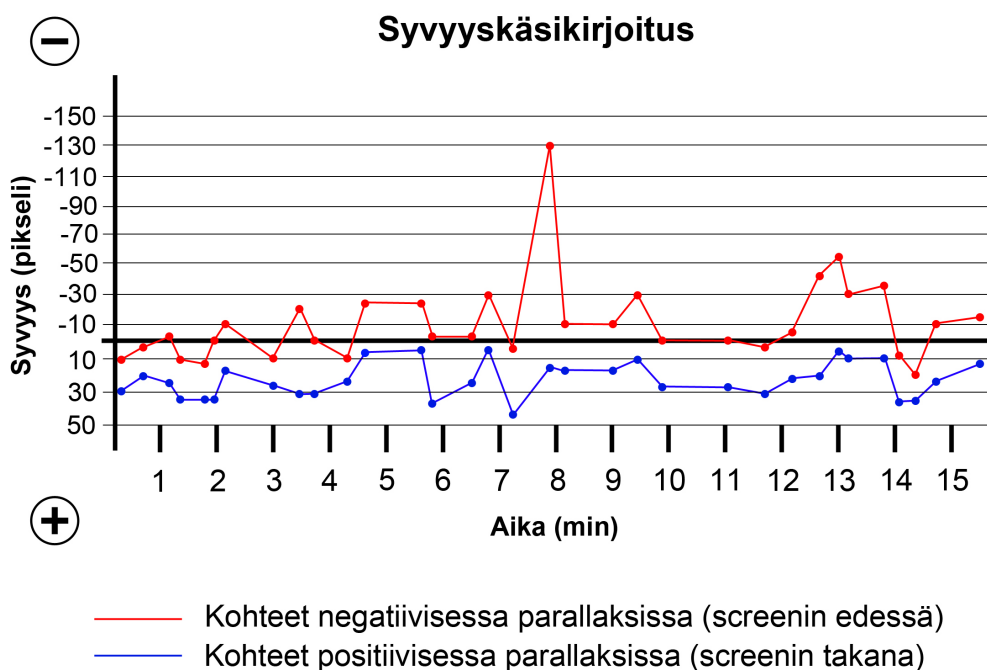
3D-elokuvatuotannossa syvyyden huomioiminen olisi syytä aloittaa mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Aivan kuten elokuvan tuleva väri- ja äänimaailma ovat keskeisiä asioita jo esituotantovaiheessa, samalla tärkeydellä tulisi suhtautua kuvan kolmiulotteisuuteen. Stereoskooppisuus täytyisi ottaa huomioon jo käsikirjoitusvaiheessa. Keskeisiä kysymyksiä ovat jo elokuvan suunnitteluasteella, miksi ja miten elokuva pitäisi tehdä 3D:nä. Täytyy myös miettiä, pitäisikö sitä tehdä ollenkaan kolmiulotteiseksi. (Mendiburu 2009, 91–93.)

Kolmiulottuvuuden pitäisi antaa jotain lisää elokuvalle. Sen ei ole tarkoitus toimia vain efektinä. Syvyyttä voi käyttää esimerkiksi kohtauksen aikaansaaman tunnetilan voimistamiseen. Romanttisista kohtauksista voi tehdä vielä romanttisempia ja pelottavista vielä pelottavampia syvyydulottuvuuden avulla. (Gardner 2009.) On myös hyvä muistaa, että elokuva, joka ei toimi 2D:nä ei tule onnistumaan kolmiulotteisenakaan. 3D ei pelasta ontuvaa käsikirjoitusta ja tarinaa. (Mendiburu 2009, 93.)

Jo ennen 3D-elokuvan esituotantovaihetta olisi syytä huomioida stereoskooppisuuden vaikutuksia seuraaviin tuotantovaiheisiin mahdollisimman paljon. On hyvä pitää mielessä, miten stereoskooppisuus vaikuttaa kuvauslokaatioiden valintaan, lavastukseen, puvustukseen, valon määrään, kamerakaluston siirtämiseen ja pystyttämiseen, kuvausaikataulun laatimiseen, editoinnin workflowhun sekä moniin muihin yksityiskohtiin eri tuotannon vaiheissa. Jos esituotantovaiheessa on huomioitu mahdollisimman paljon 3D:n vaikutuksia koko tuotantoon, vältetään monilta ikäviltä yllätyksiltä kuvaus- ja jälkityövaiheissa. Huolellinen suunnittelu on jokaisen tuotannon perusta.

7.2 Syvyyskäsikirjoitus ja 3D-kuvakäsikirjoitus

Yksi esituotantoon liittyvistä prosesseista, jota ei 2D-elokuvan esituotannossa tehdä, on syvyyskäsikirjoituksen (*depth script*, *depth chart*) laatiminen. Syvyyskäsikirjoituksesta käy ilmi koko elokuvan aikana käytettävä syvyyden määrä esimerkiksi kohtauksittain tai kuvittain (kuva 18). Syvyyskäsikirjoitus voi olla graafinen esitys, jossa on kaksi akselia. Toinen vaakasuorista viivoista kuvaa elokuvan kestoa aikajana-tyyppisesti, ja se voi samalla tarkoittaa screenin tasoa. Pystyviiva on syvyysakseli. Syvyysakselin mittayksikkönä voidaan käyttää prosenttia tai pikseliä. Syvyyskäsikirjoitukseen voidaan myös merkitä kuvien leikkauskohdat. (Gardner 2009.) Syvyyskäsikirjoituksesta tulee esille, miten paljon negatiivista ja positiivista parallaksia kuvat sisältävät, ja miten syvyyden määrä vaihtelee elokuvan aikana. Syvyyskäsikirjoitus voi olla tarkan taulukon lisäksi hyvinkin yksinkertainen luonnos, kuten esimerkiksi muistiinpanot käsikirjoituksessa (Menbiburu 2009, 94–95).



Kuva 18. Esimerkki syvyyskäsikirjoituksesta. (Kuva: Sari Hotokka)

Elokuvan alussa syvyyden käyttö on yleensä maltillisempaa kuin elokuvan loppupuolella, jotta silmät saavat totuttautua 3D:hen, varsinkin jos kyseessä on kokopitkä elokuva. Syvyyskäsikirjoituksesta on esimerkiksi helppo havaita alun maltillisuus, jos tällaista rakennetta on käytetty. Samoin syvyyskäsikirjoituksesta pystyy huomaamaan, mistä kohtaa elokuvaa löytyy syvyyden suvantovaiheet eli milloin katsojalle annetaan levähdystauko 3D:stä. Jos syvyyskäsikirjoitus on tehty yksityiskohtaisesti ja se sisältää myös kuvien leikkauskohdat, siitä pystyy hyvin havaitsemaan negatiivisen ja positiivisen parallaksin vaihdokset peräkkäisistä kuvista.

Stereoskooppista elokuvaa varten perinteistä kuvakäsikirjoitusta (*storyboard*) täytyy hieman muokata. Syvyys täytyy huomioida kuvakäsikirjoituksessa, joten 3D-kuvakäsikirjoitus (*3D storyboard*) on syytä tehdä esituotantovaiheessa. Yksi tapa lisätä syvyys kuvakäsikirjoituksen kuvaan on käyttää eri paksuisia viivoja kuvan piirtämiseen. Negatiivisessa parallaksissa sijaitsevat kohteet piirretään paksuilla viivoilla, screenin tasolla olevat hieman ohuemmilla ja positiivisessa parallaksissa olevat kohteet kaikkein ohuimmilla viivoilla. Syvyyskäsikirjoitukseen on hyödyllistä piirtää tarkka- tai luonnoskuva kohteiden sijoittumisesta syvyysakselilla. Luonnos voi olla piirretty suoraan ylhäältä tai sivustapäin. Tärkeää on, että siinä näkyy kuvan kohteet syvyysakselilla. (Mendiburu 2009, 95.)

8 Stereoskooppisuus Herra Albin -lyhytelokuvassa

8.1 Syväterävyysalueen käyttö 3D-kuvauksessa

Syväterävyysalueella (*depth of field, DOF*) tarkoitetaan valokuvauksessa ja videokuvauksessa tarkennusalueen eteen ja taakse muodostuvaa aluetta, joka näyttää silminnähten terävältä. Siirryttäessä kauemmaksi terävyysalueesta kohteet epäterävöityvät ja niiden reunat pehmenevät. Terävyysalue jakautuu siten, että noin yksi kolmasosa on tarkennuspisteen edessä ja kaksi kolmasosaa tarkennuspisteen takana. Syväterävyysalueeseen voi vaikuttaa kameran objektiivin aukolla, polttovälillä ja etäisyydellä kuvattavaan kohteeseen. Valokuvauksessa ja perinteisessä videokuvauksessa lyhyellä syväterävyysalueella luodaan kuvaan lisää syvyyden tuntua ja kolmiulotteisuuden vaikutelmaa. Kuvan kohteita voidaan myös nostaa esille käyttämällä lyhyttä syväterävyysaluetta. Usein maisemakuvauksessa saatetaan pyrkiä suureen syväterävyysalueeseen ja esimerkiksi muotokuvissa suositaan lyhyttä syväterävyyttä. (Forsgård 2006.)

Stereoskooppisessa kuvaamisessa syväterävyyden määrä jakaa mielipiteitä, sillä se vaikuttaa myös syvyytulottuvuuden määrään. Aivan kuten perinteisessä videokuvaamisessa lyhyen syväterävyyden aikaansaamiseksi täytyy käyttää kameran objektiivin telepäättä eli polttoväliarvot ovat tällöin suuria. Telepään käyttö saa aikaan kuvassa kohteiden etäisyyksien muutoksen. Näyttää siltä, että kohteet ovat lähempänä toisiaan kuin ne todellisuudessa tai laajakulmaobjektiivilla kuvattaessa olisivat. Kolmiulotteisessa kuvassa telepään käyttö aiheuttaa päinvastaisen efektin: tausta työntyy kauemmaksi (Mendiburu 2009, 109). Esimerkiksi jos kuvassa on henkilöitä etualalla ja taka-alalla on maisema, ja kuva tallennetaan suurella polttovälillä, kuten 100 mm:llä (polttoväliarvot vastaavat 35 mm:n filmiformaattia), henkilöiden ja taustan väliin jäävä matka näyttää todella pitkältä. Taustamaisemasta ei kuitenkaan näy kovin paljoa telepään aiheuttaman suurennuksen vuoksi.

Suurien polttovälien käyttö saa aikaan myös niin sanottua cardboard-efektiä (kuva 19). Näyttää, että hahmot ovat hyvin litteitä ja irtonaisia taustasta (Mendiburu 2009, 110). Telepään käyttö siis vähentää kuvan kohteiden pyöreyttä. Pyöreyttä kohteisiin saadaan käyttämällä pienempää polttoväliä ja siirtymällä lähemmäksi kuvattavaa kohdetta (Mendiburu 2009, 110). Pyöreää 3D:tä saa aikaan alle 30 mm:n linsseillä, ja cardboard-efektin huomaa jo 50 mm:n linssillä kuvatusta materiaalista.



Kuva 19. Esimerkki cardboard-efektistä (anaglyfinen kuva). (Kuva: Sari Hotokka)

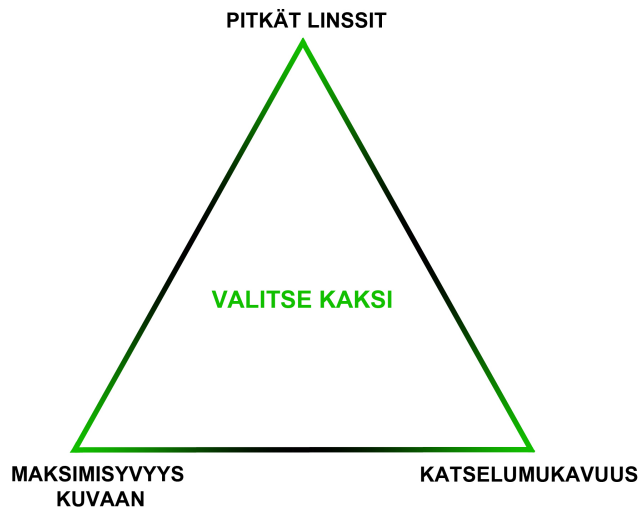
Lyhyen syväterävyyden käyttö perinteisessä elokuvauksessa on hyvin yleistä. Lyhyellä syväterävyydellä saadaan katsojan huomio kiinnittymään helpommin haluttuun kohteeseen. Lyhyen syväterävyyden avulla myös kuvasta saadaan visuaalisesti näyttävää, elokuvamaista, tai ainakin sellaista, jota on totuttu näkemään 2D-elokuvissa. Lyhyellä syväterävyydellä pystytään myös "piilottamaan" kuvan taustalta jotain sellaista, mitä siellä ei saisi näkyä, tekemällä taustasta tarpeeksi epäterävä.

3D-videokuvassa lyhyttä syväterävyyttä on mahdollista käyttää aivan kuten perinteisessä 2D-kuvassa, mutta voidaan sanoa, että se tehdään syvyyden kustannuksella. Epätarkkuus kuvan taustalla vaikuttaa heikentävästi syvyyden määrään (kuva 20).



Kuva 20. Epäterävä tausta vaikuttaa syvyysefektiin (anaglyfinen kuva).
(Kuva: Sari Hotokka)

Lyhyt syväterävyys ja pitkä syvyyssulottuvuus eivät ole helppoja toteuttaa samaan kuvaan. Tietenkin syvyyden kokeminen on jokaisella henkilöllä erilaista. Kuitenkin pitkän syvyyssulottuvuuden (kohteet näyttävät esimerkiksi olevan kaukana positiivisella akselilla) tekeminen lyhyellä syväterävyydellä on haastavaa ellei jopa mahdotonta. Tietenkin jos kyseessä on pitkä kokoillan elokuva, on mahdollista käyttää lyhyttä syvyyssulottuvuutta ja syväterävyyttä. Katsoja saa hengähdystaukoja 3D:stä, jolloin katsojan silmät eivät rasitu liikaa. Kuvassa 21 on ”Vaihtoehtojen kolmio”, jossa selvennetään pitkän polttovälin, katselumukavuuden ja maksimisyvyyden yhdistämistä S3D-kuvaan. Kuten kolmiossa on ilmaistu, vain kaksi on mahdollista valita stereoskooppista kuvaa tehdessä. Esimerkiksi jos halutaan säilyttää kuvan katselumukavuus ja käyttää pitkiä yli 50 millimetrisiä linsskejä, maksimisyvyyden saavuttaminen kuvaan on mahdotonta. Jos pyritään säilyttämään 3D-kuvan maksimisyvyys ja käyttämään pitkiä polttovälejä, katselumukavuus kärsii. (McNally 2011).



Kuva 21. Stereoskooppisen kuvaamisen "Vaihtoehtojen kolmio", "The Triangle of Choice". (McNally 2011.)

Syväterävyysalueeseen voidaan vaikuttaa myös kameran objektiivin aukolla. Aukkoarvon ollessa pieni, aukon ollessa fyysisesti enemmän auki, saadaan aikaan lyhyt syväterävyysalue. Jos aukkoarvo on suuri eli aukko on enemmän kiinni, saadaan kuvaan pitkä syväterävyysalue. Ihmisen näköjärjestelmä toimii melko lyhyellä syväterävyysalueella. Silmät konvergoivat ja samalla tarkentavat haluttuun kohteeseen (Mendiburu 2009, 112). Jos katsottava kohde on kaukana, etuala näyttää epätarkalta. Jos silmät ovat konvergoituneet lähellä, tausta on epätarkka. Stereoskooppisessa kuvaamisessa syvyysterävyysalueen käyttöä kannattaa harkita tarkkaan, sillä kaikki epätarkkuus kuvassa vaikuttaa myös syvyyden hahmottamiseen (kuva 20). Syvyys eli kolmas ulottuvuus antaa katsojille mahdollisuuden tarkastella kuvan kohteita eri syvyyden ulottuvuuksissa. Jos taka-alalla positiivisessa parallaksissa olevat kohteet ovat epätarkkoja, katsojan katselukokemus voi olla epämieluisa ja niin sanotusti luonnoton. Katseen ollessa takana epäterävissä kohteissa niiden olettaisi olevan tarkkoja. Elleivät ne ole, tämä on vastoin ihmisen luonnollista näkemisen prosessia. Kuvan etualalla olevat epätarkat kohteet vaikuttavat syvyyden hahmottamiseen heikentävästi samalla tavalla kuin taka-alalla olevat epätarkat kohteet.

Käytettäessä lyhyttä syväterävyyttä taustojen pintakuvioidin kannattaa myös kiinnittää huomiota. Rakeiset pintakuviot voivat muuttua tasaisiksi väripinnoiksi, kun ne ovat epäteräviä (Mendiburu 2009, 112). Tällöin tausta voi nousta niin sanotusti screenin tasolle ja aiheuttaa syvyyssvihjeisiin ristiriitoja (Mendiburu 2009, 112).

Kuvattaessa stereoskooppista kuvaa täytyy olla huolellinen interaksiaalisen etäisyyden kanssa, jos käytössä on objektiivien telepää. Telepään käyttö suurentaa kuvan taka-alalla olevia kohteita. Jos kuvassa on kohteita lähellä ja kaukana kamerasta, interaksiaalinen etäisyyden kanssa täytyy olla tarkkana. Jos I/O on liian suuri, taustassa on liikaa parallaksieroja telepään vuoksi ja kohteet ovat liian kaukana toisistaan. Silmät eivät pysty yhdistämään taustaa yhdeksi kuvaksi. (Mendiburu 2009, 109.)

Herra Albin -lyhytelokuvassa telepään käyttö oli ennalta harkittua, mutta myös kuvaustilanteen ja -tekniikan sanelemaa. Pyöreää 3D:tä, lyhyitä polttovälejä, käytimme enemmän herra ja rouva Albinin olohuonekohtauksissa (Liite 1). Lähikuvia varten pyrimme menemään lähelle kohdetta ja kuvaamaan noin 25 mm:n polttoväleillä. Polttoväliarvot vastaavat 35 mm filmiformaattia. Tällä tavoin tarinan henkilöt ja tapahtumapaikka näyttävät luonnollisemmilta. Käytimme 25 mm:n polttoväliä, jotta peilirigin reunat eivät näkyisi kuvissa ja kuva olisi silti tarpeeksi laaja pyöreää 3D:tä varten. Herra Albinin siirtyessä toiseen todellisuuteen polttoväliarvo kasvoi välillä 50 mm:iin ja kuviin saatiin cardboard-efektiä. Nuori herra Albin on keinukohtauksessa välillä hyvinkin litteä ja irtonainen kuvan taustasta (kuva 19). Pyrkimys oli saada "toiseen todellisuuteen" jotain outoja elementtejä, ei niin realistista, pyöreää maailmaa. Toisinaan jouduimme tyytymään 50 mm:n polttoväliin, sillä emme päässeet kamerajalustalla tarpeeksi alas ja lähellä kuvattavia henkilöitä. Kuvauskulma olisi ollut liian korkea, vaikka pyrimme silmäntasokuviin. Yli 50 mm:n polttovälejä emme edes halunneet käyttää, sillä se olisi litistännyt liikaa 3D-kuvan kohteita.

Matalammalta kuvattavissa kuvissa, jolloin SwissRIGin käyttö ei ollut mahdollista, turvauduimme Iconix-kameroihin ja PoleCam-järjestelmään. Esimerkiksi kohtauksessa 3, jossa Herra Albin istuu lattialla pelaamassa

lautapeliä, kuvasimme paralleelisti ja kamerat olivat niin lähellä toisiaan kuin se oli fyysisesti mahdollista. I/O oli noin 3 cm. Käytimme kohtauksessa linsejä, joiden polttovälit olivat kiinteät 2,8 mm ja 4 mm. 35 mm:n filmiformaatissa vastaavat arvot ovat noin 20 mm ja 35 mm (Horenstein 2005). Kamerat on helppo kiinnittää PoleCamin kamerakehtoon, mutta ne on miltei mahdoton saada kuvaamaan täysin samaan suuntaan leveys- ja erityisesti syvyysakselilla eli z-akselilla. Kuvissa olevat pienet koko- ja kaltevuusvirheet, kuten polttovälierot tai hieman kallellaan taltioitu toisen kameran kuva, on mahdollista korjata suhteellisen helposti jälkeenpäin esimerkiksi värimäärittelyyn tarkoitettulla Assimilate Scratch -ohjelmalla. Jos kuvissa on eroavaisuutta z-akselilla tai suurta poikkeamaa y-akselilla, niiden yhteensovittaminen on miltei mahdotonta. Jos kuvissa on z-akselipoikkeamaa ja kuvien kohteet asettaa kohdakkain 3D-kuvan etualalla, taka-alan kohteissa on korkeuseroja. Jos taka-alalla kohteet sijoittaa päällekkäin, kuvan etualalla olevat kohteet eivät ole korkeussuunnassa samalla tasolla.

Lukuisten Iconix-kameroiden suoristusyritysten jälkeen päädyimme kuvaamaan siten, että kameroiden käydessä niistä pidetään sormin kiinni. Samalla monitorista katsotaan, että kamerat ovat mahdollisimman samaan suuntaan, eikä niissä olisi z-akseli eroavaisuutta. Tällä tavalla saimme tarpeeksi identtiset kuvat, jotta 3D:n tekeminen olisi mahdollista. En kuitenkaan voi suositella tällaista kuvaustapaa, sillä 3D-kuvan onnistuminen on liian epävarmaa ja z-akselieroja kuviin voi tulla helposti.

Koska kuvasimme paralleelisti ja pienillä polttoväleillä, kuvaan tuli myös keystoneing tapaista ongelmaa. Laajat linssit vääristävät kuvia niiden reunoilta. Kun kuvat on taltioitu hieman eri etäisyydellä toisistaan, kuvien eri kohteet vääristyvät eri tavalla kuvien reuna-alueilla. Esimerkiksi pelilautakohtauksessa laajalinssi saa lattian kaartumaan huomattavasti kuvan reunoilta ylöspäin (kuva 22). Valmiissa 3D-kuvassa, jossa kuvat ovat muutamia pikseleitä erillään toisistaan, myös kuvan kohteissa on havaittavissa eroavaisuutta pystyakselilla. Oikean silmän kuvassa lattia kaartuu aikaisemmin ylöspäin kuin vasemman kameran kuvassa. Jos kuvaa hieman tiivistää jälkeenpäin, voi reunojen erot rajata kuvasta pois.



Kuva 22. Laajalinssi aiheuttaa linssivääristymää kuvaan (anaglyfinen kuva).
(Kuva: Sari Hotokka)

8.2 Valon määrä, kontrasti ja heijastukset

Suuren syväterävyysalueen aikaansaaminen vaatii kuvauskohteeseen todella paljon valoa. 3D-kuvauslokaatioiden valintaan vaikuttaa tämän vuoksi erittäin paljon valon saatavuus. Tietenkin kameravalinnat ja kameroiden kennojen valovoimaisuudet vaikuttavat myös valon määrään. Valon määrän täytyisi siis olla riittävä, jotta kameran kennoille pääsisi suhteellisen pienellä aukolla riittävästi valoa ja kuvan tummissa alueissa ei esiintyisi kohinaa. Peilirigin käyttö vaatii myös enemmän valoa, sillä peili puolittaa valonmäärän molemmille kameroille (Mendiburu 2009, 113). Kameroissa vaikutus näkyy yhden aukkoarvon menetyksenä (Mendiburu 2009, 113). Kannattaa myös muistaa, että 3D-katselutekniikassa käytettävät aktiivi- ja passiivilasit vähentävät kuvan valoisuutta. Tämän vuoksi on tärkeää, että tallennettaessa kuvaa se valotetaan oikein. Jos kuvan valoisuutta joutuu nostamaan jälkeempään esimerkiksi suljinlasien vuoksi, on tärkeää, että kuvan tummissa kohdissa on tarpeeksi informaatiota, jotta liialliselta kohinalta välttyy.

Stereoskooppisessa kuvassa täysin mustien kohteiden käyttöä kannattaa välttää tai ainakin harkita, sillä täysin mustassa pinnassa kolmiulottuvuusefektiä ei esiinny. Mustat kohteet sijoittuvat nollaparallaksiin. Kuvassa 23 on kaksi esimerkikuvaa, joista kuva a on todella kontrastinen sekä tumma. Siinä on myös paljon mustia kohteita. Toinen kuvista, b, on valoisampi, ja siinä kontrastisuus on vähäisempää. Kuvan a mustissa alueissa ei ole havaittavissa syvyyttä ollenkaan, ne nousevat nollaparallaksiin, vaikka kohde on positiivisessa parallaksissa. Kuvasta on muutenkin hankala tarkastella kolmiulotteisuutta. Kuvaa b on huomattavasti helpompi katsoa. Vaikka kuvassa on muutamia mustia kohteita, ne ei ole häiritseviä, sillä ne ovat niin pieniä kooltaan. Varjojen tummuusasteeseen kannattaa myös kiinnittää huomiota muiden mustien lavastus- ja puvustuselementtien lisäksi. Varjoja ei myöskään kannata kokonaan kuvasta hävittää, jotta valo ei ole liian tasainen. Kuvasta saattaa tulla tällöin visuaalisesti hieman tylsä ja kuvan kohteet menettävät varjojen aiheuttaman kolmiulotteisuuden.

a,



b,



Kuva 23. Kuvissa eri tummuus- ja kontrastierot (anaglyfiset kuvat). (Kuva: Sari Hotokka)

Suuria kontrasteja pitäisi myös välttää negatiivisen ja positiivisen parallaksin ääripäissä, sillä ne aiheuttavat haamukuvia 3D-kuvaan. Haamukuvat syntyvät, kun toiselle silmälle tarkoitettu kuva "vuotaa" toisen silmän kuvaan aiheuttaen kohteen kahdentumista. Varsinkin kirkkaat valonlähteet ja valkoiset kohteet tummaa taustaa vasten voivat näkyä helposti haamukuvina. Haamukuvilta vältytään parhaiten, jos parallaksien ääripäissä sijaitsevat kohteet on valaistu pehmeästi tai suurikontrastiset kohteet on sijoitettu nollaparallaksiin eli screenin tasolle, jolloin niissä ei ole pikselieroja. (Mendiburu 2009, 113.) Kuvan 23 kuvassa a on havaittavissa myös haamukuvaa pojan valkoisessa kauluksessa.

Valon ja kontrastin määrä olisi pidettävä minimissä aivan kuvan reuna-alueilla, varsinkin kuvan oikeassa ja vasemmassa reunassa. Voimakkaasti valaistu kohde kiinnittää katsojan huomion helposti. Jos kohde sijaitsee aivan kuvan vasemmassa tai oikeassa reunassa, mutta on näkyvissä vain toiselle silmälle, aivot eivät pysty sulauttamaan kuvia yhteen eikä syvyyttä kuvan reunassa esiinny. Turhan huomion vetäminen kuvan reuna-alueilla voimakkaalla kontrastilla ei ole suositeltua. (Mendiburu 2009, 115.)

Herra Albin -lyhytelokuvassa käytössämme olivat Mysterium-kennoilla varustetut RED ONE -kamerat, jotka vaativat todella paljon valoa. Esimerkiksi studiossa kuvatuissa sisäkuvissa aukkoarvo oli $f\ 3,2 - f\ 5,6$ ja valoa käytössämme oli ajoittain jopa 35 000 W. Pyrimme pitämään kameroiden aukot niin kiinni kuin se oli mahdollista, jotta saimme riittävän pitkän syväterävyysalueen. Välillä tässä onnistuttiin ja toisinaan aukolla täytyi kompensoida puuttuvaa valotehoa. Liiallisen kontrastin pelko, huoli, että kuvassa on liikaa liian tummia kohtia, aiheutti myös hieman tylsää kuvaa. Kontrastin, varjojen ja riittävän valonmäärän yhdistäminen on erittäin oleellista 3D-videokuvaamisessa.

Valon määrän lisäksi huomio kannattaa kiinnittää valon aikaansaamiin heijastuksiin ja heijastaviin pintoihin. Koska vasemman ja oikean kuvan on oltava identtiset interaksiaalista eroavaisuutta lukuun ottamatta, heijastukset voivat hankaloittaa täysin samanlaisen kuvaparin muodostamista. Interaksiaalinen etäisyys saa aikaan hieman eri kuvauskulman vasempaan ja oikeaan kuvaan, joten heijastuskin on hieman erilainen molemmissa kuvissa.

Toisinaan toisesta kuvasta heijastus saattaa puuttua kokonaan. Varsinkin linssiheijastukset saattavat ilmestyä vain toiseen kuvaan. Tällöin kuvapari ei ole identtinen ja valmiissa 3D-kuvassa heijastus näyttää häiritsevältä. Muilta osin kuvapari yhdistyy yhdeksi 3D-kuvaksi, mutta erilaiset heijastukset omaavassa kohdassa kuvasta ei tule yhtenäinen. Tällöin vasemmalle ja oikealle silmälle syötetään eri informaatiota.

Eriyistä huomiota heijastukset vaativat kuvattaessa peilirigin avulla. SwissRIG-peilirigissä heijastukset olivat hieman erilaiset kameroiden kuvissa, kun kuvasimme Herra Albin -lyhytelokuvaa. Jälkituotantovaiheessa huomasimme, että peilin kautta kuvatussa kuvassa heijastukset korostuivat (kuva 24). Heijastuksia oli heijastavalla pinnalla suuremmalla alueella, ja ne olivat kirkkaampia kuin peilin läpi kuvatussa kameran kuvassa. Hyvin yksinkertaisesta puvustuselementistä, nahkahatusta, tuli ongelmakohta jälkityövaiheessa. Nahka kiilsi jokaisessa otossa molemman kameran kuvissa hieman eri tavalla.

Vasen kuva



Peilin läpi tallennettu kuva.

Oikea kuva



Peilin kautta tallennettu kuva.

Kuva 24. Hatun heijastukset eroavat toisistaan. (Kuva: Sari Hotokka)

8.3 Kuvakoot ja kuvan rajaukset 3D-kuvauksessa

Syvyyden hallinta stereoskooppisessa kuvaamisessa perustuu kolmen osatekijän hallintaan. Niitä ovat interaksiaalinen etäisyys, linssien polttovälit ja kuvakompositiot. (Criado 2011.) Tämän vuoksi kuvarajaukset ja kuvasommitelut ovat todella tärkeässä osassa stereoskooppisessa kuvaamisessa aivan kuten 2D-kuvaamisessakin. Stereoskooppisuuden vaikutusta kuvakokojen rajauksiin voi ajatella stereoskooppisen ikkunan avulla. Stereoskooppinen ikkuna sijaitsee lähtökohtaisesti nollaparallaksissa, jolloin sen voi ajatella jakavan syvyyssulottuvuutta ikkunan eteen ja taakse. Niihin kohteisiin, jotka osuvat ikkunan reunoihin, kannattaa kiinnittää erityisesti huomiota. Seuraavissa kappaleissa käsittelen kuvarajauksia kahdeksan kuvakoon avulla, joita ovat yleiskuva, laajakokuva, kokokuva, laajapuolikuva, puolikuva, puolilähikuva, lähikuva ja erikoislähikuva. Keskityn 3D-kuvasommitelun poikkeuksiin, jotka eroavat 2D-kuvasommitelusta. En paneudu tarkemmin perinteisiin kuvasommitelun suosituksiin.

Kuvattaessa paralleelista, ilman konvergenssia, on hyvä jättää kuvarajauksiin hieman väljyyttä. Tiukat rajaukset voivat olla ongelmallisia jälkityövaiheessa, jossa konvergenssipiste laitetaan kohdalleen liikuttamalla kuvia x-akselilla. Tämän vuoksi varsinkin kuvan oikeaan ja vasempaan reunaan on syytä jättää pelivaraa, varsinkin tiiviimmissä kuvissa. Täytyy myös muistaa, että kuvien uudelleen rajaamiset vaativat suurempia resoluutioita. Kuvasimme Herra Albin -lyhytelokuvan 4K-resoluutiolla, joten jälkitöissä kuvien resoluutio on riittävä 3D-laatuun eli minimissään Full HD -resoluutioon.

Lähikuvissa ja erikoislähikuvissa olisi hyvä muistaa, varsinkin jos kuvauskohteena on ihmisen kasvot, että rajaukset eivät ole liian tiukkoja. Jos kasvot rajataan kuvaan siten, että niistä osa leikkautuu pois kuvan jokaisesta reunasta, täytyy kasvot sijoittaa positiiviseen parallaksiin. Jos kasvot työntyvät kuvaruudusta ulos mutta jäävät reunoilta "ikkunan" taakse, syntyy syvyyssvihjeiden ristiriita. Jos kasvot rajataan siten, että ne leikkautuvat kuvan ylä- ja alareunasta, mutta eivät kuvan sivuilta, lopputulos on sama. Aivot joutuvat syvyyssvihjeiden ristiriitaan. Hahmon sijainti ja stereoskooppisen ikkunan reuna

antavat eri tietoa henkilön sijainnista syvyytilassa. On myös mahdollista, että aivot ratkaisevat ristiriidan taivuttamalla kuvaruutua eteenpäin kaarelle. (Mendiburu 2009, 80.)

Harkintaa kannattaa myös käyttää, jos 3D-kuvaa rajaa kuvan objekteilla. Esimerkiksi 2D-kuvissa hyvinkin usein käytetty keino on kehystä kuvaa henkilöillä, kuten olan yli -kuvissa, tai käyttää kahta henkilöä rajaamaan kuvaa kuvan sivuilta, jolloin henkilöt ovat vain osittain kuvassa. Jos tällaisia kuvia käytetään 3D:ssä, ne olisi syytä sijoittaa positiiviseen parallaksiin tai nollaparallaksiin, ja tällöinkin tiiviitä rajauksia on syytä käyttää kuvaustilanteessa harkiten.

Kuvarajauksissa ja kompositiossa on tärkeää muistaa, että samassa kuvassa ei ole kohteita liian negatiivisessa ja positiivisessa parallaksissa. Tietenkin kuva saa sisältää useita kohteita syvyysakselilla ja se on suotavaa, mutta ääripäitä tulee välttää liiallisen x-parallaksieroavuuden takia. Esimerkiksi jos kyseessä on yleiskuva maisemasta, jossa interaksiaalinen etäisyys on ollut useita kymmeniä senttejä, jopa metrin, on erittäin tärkeää, että liian lähellä kuvan etualaa ei ole objekteja. Esimerkiksi jos käytetään 1/30-sääntöä ja interaksiaalinen etäisyys on 100 cm, tällöin kamerasta lähin kohde saa olla 30 metrin päässä. Aivan kuten 2D-valokuvauksessa tai videokuvauksessa useat kuvan "kerrokset" eli kohteet eri syvyyksissä lisäävät kuvaan kolmiulotteisuutta (Harvey 2007). Eri syvyystasossa olevat kohteet lisäävät 3D-kuvaankin lisää kolmiulotteisuuden tuntua (kuva 25).



Kuva 25. Kohteet eri syvyyksissä lisää kolmiulotteisuutta kuvaan (anaglyfinen kuva). (Kuva: Sari Hotokka)

On myös hyvä muistaa, että 3D-kuvissa syvyysetäisyyksiä ei pysty huijaamaan samalla tavalla kuin 2D-kuvauksessa. Esimerkiksi 2D-kuvassa tilanne, jossa aivan henkilön takana ajaa auto, jonka alle henkilö on joutumassa, on helppo lavastaa teleobjektiveiksi hyväksi käyttäen. Välimatkat näyttävät tällöin lyhyemmiltä ja auton sijainti voi kuvauspaikalla olla paljon kauempana. 3D:ssä samanlaisen kuvan lavastaminen ei onnistu täysin samalla tavalla. Auto näyttää olevan kauempana kuin se todellisuudessa on, jos käytössä on pitkät teleobjektivit. Hyperstereon ja hypostereon avulla kuvaustilan kokoa voi kuitenkin huijata ja samalla kuvan kohteiden välimatkoja. Suurista rakennuksista voi tehdä pienoismallinomaisia kuvaamalla todella suurella interaksiaalisella etäisyydellä ja pienoismallit saadaan näyttämään suuremmilta kuin ne todellisuudessa ovat kuvaamalla todella pienellä I/O:lla.

8.4 Kameran liikkeet 3D-kuvauksessa

Tallennettaessa liikkuvaa kuvaa 3D:nä on kaksi keskeistä asiaa, joihin kannattaa kiinnittää huomiota: kameran ja kuvattavan kohteen välimatkamuutokset ja kohteiden tuleminen kuvaan sekä poistuminen kuvasta. Täytyy muistaa, että interaksiaaliseen etäisyyteen vaikuttaa välimatkat

kuvattaviin kohteisiin. Jos välimatkat muuttuvat otoksen sisällä ja kuvan syvyyden määrän halutaan pysyvän samana, I/O:n täytyy myös muuttua. Jos konvergenssipisteen liikuttaminen ei ole kuvauspaikalla teknisesti mahdollista ja kuvataan paralleelista, sen voi tehdä jälkeinpäin jälkityöohjelmassa. Interaktiivisen etäisyyden muutoksella vältetään myös liiallisen parallaxin käytöstä. Kohteet eivät työnnä liikaa positiiviseen eivätkä negatiiviseen parallaksiin.

Herra Albin -lyhytelokuvan metsäkohtauksessa 7 (liite 1), jossa poika lähestyy nojatuolissa istuvaa Olentoa, interaktiivinen etäisyys pysyi kuvaustilanteessa samassa ajon aikana (kuva 26). Kameran etäisyys henkilökohteeseen muuttui kahdeksasta metristä noin neljään metriin. Tausta oli noin 20 metrissä. Interaktiivinen etäisyys oli yhdessä otossa 1,2 cm ja toisessa 3,5 cm. Jälkitöissä siirsin konvergenssipistettä vielä edemmäksi etualalla oleviin puunrunkoihin, jotta rungot eivät ajon aikana siirry negatiiviseen parallaksiin. Tiesin, että kuvien päällekkäisyyttä on mahdollista muuttaa jälkeinpäin. Tämän vuoksi pyrin vain tallentamaan oton riittävällä interaktiivisella etäisyydellä, jotta riittävä syvyys saavutetaan kuvaan. Halusin varmuuden vuoksi tallentaa oton kahdella eri I/O-etäisyydellä, jotta jälkitöissä olisi enemmän valinnan varaa. Lopulliseen oton valintaan vaikutti kuitenkin enemmän ajon tasaisuus kuin interaktiivinen etäisyys.



Kuva 26. Konvergenssipiste etualalla puun rungossa (anaglyfinen kuva). (Kuva: Sari Hotokka)

Toinen tärkeä 3D-kuvaukseen ja kameran liikkeisiin liittyvä asia on objektin kuvaan tuleminen ja kuvasta poistuminen. Stereoskooppinen ikkuna -ajatus kannattaa pitää mielessä, kun kuvaan suunnitellaan kamerapanoroiteja, tilttauksia tai kamera-ajoja. Varsinkin, kun kohteet liikkuvat kuvan vasemman ja oikean reunan yli ja ovat negatiivisessa parallaksissa, jolloin kuvaan tulee stereoskooppisen ikkunan rikkominen. Stereoskooppisen ikkunan rikkomisesta aiheutuvaa syvyysvirhettä voi lieventää siten, jos objektit liikkuvat tarpeeksi nopeasti, noin puolessa sekunnissa, kuvan pystyreunojen yli (Mendiburu 2009, 80). Tällöin syvyysvihjeiden ristiriitoja ei ehdi huomaamaan, kun oikea ja vasen silmä eivät ehdi rekisteröimään eri informaatioita. Jos objekti on positiivisessa parallaksissa tai nollatasossa, samanlaista ongelmaa ei synny, koska syvyysvihjeet ovat yhtenäiset. Objekti näyttää liikkuvan stereoikkunan sisäpuolella. Tällöinkin kannattaa huomioida objektin nopeus, jolla se ylittää pystysuuntaiset kuvareunat. Konvergenssipistettä voi tarvittaessa muuttaa syvyysakselilla jälkeenpäin, jos kuvareunan ylitykset sitä vaativat tai käyttää animoitua kelluvaa stereoskooppista ikkunaa.

8.5 Syvyyden huomiointi kuvaleikkauksessa

Stereoskooppisen kuvan editoinnissa on otettava huomioon samoja suosituksia tai ohjeita kuin perinteisen 2D-kuvan leikkaamisessa. Liikkeiden jatkuvuus, kuvakokojen vaihdokset, suojaviivan ylitykset, huomiopisteet ja monet muut asiat on syytä ottaa tarkastelun alle. On kuitenkin muutamia asioita, joihin kuvan syvyys erityisesti vaikuttaa leikkausvaiheessa ja joita ei perinteisessä 2D-kuvan leikkaamisessa tarvitse huomioida.

Täytyykö 3D-kuva leikata samalla tavalla kuin 2D-kuva? Tämä kysymys on aiheuttanut paljon mielipide-eroja ja vastauksia maailmalla. Kiista on edelleen ratkaisematta, mutta syvyyden lisääminen kuvaan vaikuttaa ainakin siihen, kuinka nopeasti katsoja ehtii rekisteröidä kuvan informaation. On havaittu, että katsoja käy läpi koko kuvan, kohteet eri syvyyksissä ennen kuin palaa keskeiseen kohteeseen. Tämä viittaisi siihen, että 3D-kuvien täytyisi olla pidempiä kuin 2D-kuvien. On kuitenkin mahdollista, että kuvan kesto voi olla

lyhyt, jos syvyys otetaan riittävästi huomioon. Stereoskooppisten kuvien leikkaamisessa tärkeää on huomioida peräkkäisissä kuvissa olevien kohteiden sijainnit negatiivisessa ja positiivisessa parallaksissa. (Mendiburu 2009, 151–153.) Kuvat voivat olla kestoiltaan lyhyempiä, jos peräkkäisissä kuvissa ei ole liiallisia parallaksieroja. Kohteiden pitäisi sijaita samalla syvyyden tasolla peräkkäisissä kuvissa, jolloin kohteet eivät hyppi liikaa positiivisen ja negatiivisen parallaksin välillä (Criado 2011). Jos tällaisia hyppyjä tapahtuu, katsojien täytyy aina uudelleen etsiä konvergenssipiste ja siten muodostaa syvyyskäsite kuvasta (Mendiburu 2009, 153). Tämä rasittaa silmiä, vie aikaa ja katkaisee syvyysjatkuvuuden tuntua kohtauksen sisällä.

Kuvassa 27 on peräkkäiset kuvat Herra Albin -lyhytelokuvan loppupuolelta. Kuvassa a on paljon syvyyttä. Henkilökohteet ovat kävelleet lähelle kameraa. He ovat positiivisessa parallaksissa, mutta kaukana taka-alasta. Kuvassa b syvyyden määrä on sama. Henkilöt ovat lähellä kameraa ja kävelevät kauemmaksi kamerasta. Tausta on kaukana. Lyhytelokuvassa kuvat leikkautuvat peräkkäin a:sta b:hen. A- ja b-kuvissa syvyyden määrä on melkein liiallista valokuvasta katsottavaksi. Täytyykin muistaa, että lyhytelokuvassa a- ja b-kuvan tilanne kestää vain hetken. On tärkeää, että syvyyden määrä ja kohteet parallaksissa pysyy samana peräkkäisissä kuvissa. Katsojan katse ei tällöin hyppi kuvan eri syvyyksissä ja rasita silmiä.

a,



b,



Kuva 27. Syvyyden määrä pysyy samana peräkkäisissä kuvissa. (Kuva: Sari Hotokka)

Syvyyssjatkuvuuteen voi tulla myös virheitä leikkauskohdissa, jos kohtauksen tilan syvyys vaihtelee tai henkilöiden etäisyydet toisistaan vaihtelevat syvyyksensä akselilla. Esimerkiksi henkilöt seisovat aluksi kokokuvassa noin viiden metrin päässä rakennuksesta ja tämän jälkeen leikataan lähikuvaan toisesta henkilöstä, jossa etäisyys rakennukseen on vielä sama kuin aikaisemmin.

Palattaessa kokokuvaan henkilöt seisovatkin nyt noin kolmen metrin päässä rakennuksesta, jolloin interaktiivinen etäisyys on muuttunut ja henkilöt näyttävät seisovan paljon lähempänä seinää. Tällöin syvyysjatkuvuuteen on tullut virhe. (DeSouza 2011.)

Esimerkki syvyysjatkuvuusvirheestä Herra Albin -lyhytelokuvassa on kohtauksessa 3, jossa päähenkilö istuu lattialla pelaamassa lautapeliä vanhan puisen lipaston edessä (kuva 28). Laajassa kuvassa a linssin polttoväli kuvaustilanteessa oli 2,8 mm (35 mm:n filmiformaatissa noin 20 mm), ja Herra Albin näyttää olevan noin 1,5 metrin päässä lipastosta. Kuvaustilanteessa matka oli noin metrin. Kokokuvan jälkeen leikataan päähenkilön puolilähikuvaan b, joka on kuvattu samalla interaktiivisella etäisyydellä, mutta polttoväli oli kameroissa 4 mm (35 mm:n filmiformaatissa noin 35 mm). Jos kuvaa katsoo tarkasti, huomaa, että päähenkilö näyttää olevan lähempänä taustaa kuin aikaisemmin, vaikka kohde on kuvaustilanteessa pysynyt samalla etäisyydellä lipastosta. Käytimme 4 mm:n linssiä tiiviimmässä kuvassa, koska kuvan reunoihin olisi tullut liikaa vääristymiä laajemmalla linssillä. I/O, noin 3 cm, olisi ollut myös liian suuri kuvausetäisyydelle, koska olisimme joutuneet menemään todella lähelle kohdetta saadaksemme puolilähikuvan.

a,



Kokokuva

b,



Puolilähikuva

Kuva 28. Esimerkki syvyysjatkuvuusvirheestä (anaglyfiset kuvat). (Kuva: Sari Hotokka)

Erilaisia kuvasiirtymiä voi käyttää myös stereoskooppisessa kuvassa, ja ne toimivat hieman eri tavalla kuin 2D-kuvassa. Esimerkiksi ristihäivytyksen avulla kuvan hahmon voi hetkellisesti kuvasiirtymän ajaksi sijoittaa toisen kuvan

kolmiulotteiseen tilaan, jos kuvien syvyyden määrä on sama. Ristihäivytyksen avulla kuvien jatkuvuus saadaan sidottua paljon voimakkaammin yhteen kuin perinteisessä 2D-kuvassa käytetty ristihäivytyks (Mendiburu 2009, 154.)

9 Pohdinta

Tätä opinnäytettä tehdessäni kirjallinen tietopohja ja käytännön kokemukset ovat kartuttaneet osaamistani stereoskooppisesta videokuvasta, sen termistöä, S3D-kuvaamisesta ja editoimisesta. Pysin kartuttamaan tietämystäni ennen Herra Albin -lyhytelokuvan kuvaamista mahdollisimman paljon, jotta elokuvassa pystyin stereografina ja kuvaajana välttämään suurimpia 3D-kuvaamiseen liittyviä virheitä. Myöhemmin, vielä lisää aiheesta oppineena ja opinnäytettä kirjoittaessani huomasin, että osittain virheiltä vältyttiin ja toisinaan ei. Kuten jo opinnäytteen alussa mainitsin, lyhytelokuva toimi testausmateriaalina, jossa yhdistyivät muun muassa kirja- ja internetlähteistä hankittu tieto toteutettuna käytännössä.

Opin, että parhaiten stereoskooppisen kuvan tuottamisessa kehittyy käytännön kautta, varsinkin jos kuvausprosessissa on mukana alkutuotantovaiheesta aivan lopputuotantovaiheeseen saakka. Tietenkin perustietämys on saavutettava jo ennen ryhtymistä kuvaamaan, sillä ei aivan jokaista asiaa tarvitse oppia kokeilun, erehdyksen ja onnistumisen kautta. Opinnäytteeni pyrkii auttamaan stereoskooppisuuteen liittyvän perustietämyksen saavuttamisessa.

Liitteessä 2 on koottu lyhyesti taulukkoon 2D-tuotannon ja stereoskooppisen 3D-tuotannon eri vaiheita, joita on käsitelty opinnäytteessä. Vaiheet ovat jaettu pääotsikoin esituotanto, tuotanto ja jälkituotanto vaiheisiin. Taulukon oikealla puolella on sarake, jossa kerrotaan, mitä työvaiheita 3D tuo lisää 2D-elokuvatuotantoon, ja mitä kannattaa ottaa huomioon stereoskooppista videotuotantoa suunniteltaessa. Esimerkiksi tuotannon suunnittelussa on syytä miettiä kaluston koon vaikutusta budjettiin, sillä kamerakaluston määrä on suurempi 3D-tuotannossa. Lavastuksissa ja puvustuksissa kannattaa myös huomioida 3D:n vaikutus. Pintojen heijastukset, värit ja kontrastit vaikuttavat kuvan 3D-syvyyteen, joten niihin on syytä kiinnittää huomiota 2D-visuaalisuuden lisäksi. Tärkein työvaihe stereoskooppisen 3D-tuotannon tuotanto-osuudessa on interaktiivisen etäisyyden selvittäminen. I/O:n huolellinen laskeminen ja testaaminen on yksi keskeisimmistä asioista, jos tarkoituksena on kuvata

miellyttävää 3D:tä, mikä ei rasita katsojan silmiä. Tarkoituksena on siis pyrkiä noudattamaan sivulla 22 esitettyä stereoskooppista mukavuusaluetta.

Stereoskooppinen kuvaus ja katselutekniikka kehittyvät koko ajan. 3D-elokuvateattereiden määrä on kasvanut räjähdysmäisesti parin viime vuoden aikana ja 3D-elokuvia valmistuu koko ajan lisää. Osa elokuvista on kuvattu kahdella kameralla stereoskooppisen kuvan saavuttamiseksi, osa on 3D-käännöksiä 2D-materiaalista. 3D-kuvan katselu vaatii kuitenkin aina siihen tarkoitettut lasit, jos kyseessä on suurempi valkokangas. Tähän ei vaikuta tapa, jolla kolmiulotteisuus on saatu aikaan. Pienemmistä näytöistä, nyt jo jopa 25 tuuman tietokonenäytöistä, on mahdollista katsella kolmiulotteista kuvaa ilman laseja. 3D-lasien käyttö vieraannuttaa monia kolmiulotteisten elokuvien katsomisesta. Internetin keskustelupalstoilla monet kirjoittavat, että lasit koetaan usein raskaiksi ja hankaliksi käyttää. Uutisiin on noussut otsikoita siitä, kuinka 3D-lasien käyttö aiheuttaa näköhäiriöitä, migreeniä, pahoinvointia ja päänsärkyä elokuvien katselijoilla. Tulevaisuudessa 3D-katselutekniikan täytyy kehittyä vielä todella paljon, jotta se ei aiheuta valo- ja värivärähtelyjä kolmiulotteiseen kuvaan, eikä varsinkaan saa aikaan katsojalle näköongelmia tai muita fyysisiä haittavaikutuksia.

Kuten aikaisemmin johdanto-osuudessa kirjoitin, yksi opinnäytteeni tavoitteistani on oppia ymmärtämään, miten kuvauspaikalla tehdyt valinnat vaikuttavat lopulliseen syvyyden määrään ja laatuun. Osittain olen sitä mielestäni oppinut hallitsemaan. Paljon on vielä oppimatta, sillä tiedon määrä kasvaa sitä mukaan kuin stereoskooppisia elokuvia tehdään sekä aihetta tutkitaan ja testataan. Myös mielipide-eroja on todella paljon kolmiulotteisuutta kuvaa ja elokuvia kohtaan, joten niin sanotun oikean tiedon kartuttaminen on välillä hankalaa internetlähteistä.

Näyttää siltä, että kolmiulotteinen elokuva ei tule syrjäyttämään perinteistä elokuvaa lähitulevaisuudessa, tai tuskin koskaan. Molemmilla elokuvaustekniikoilla on kannattajansa ja katselijansa. Varmasti osa katsojista ei koskaan tule hyväksymään 3D-elokuvia tai kolmiulotteisten elokuvien katseluun vaadittavia 3D-laseja, ja haluaa katsella vain 2D-elokuvia. Toiset ovat taas sitä

mieltä, että on hyvä olla valinnanvaraa myös kaksiulotteisen elokuvan rinnalle. Molemmilla elokuvaustekniikoilla on jo pitkä historia takanaan ja molempien kehityskulku tulee varmasti jatkumaan. 3D-elokuvien suosion määrä voi tulevina vuosina kuitenkin tasaantua hyvinkin nousujohteisen 2000-luvun lopun jälkeen.

Lähteet

- 3ality Technica. 2011. <http://www.technica3d.com/glossary/>. 24.10.2011.
- 3DMedia. 2011. <http://3dmedia.com/news/18/3D-Movie-Theater-Technology>
3D Movie Theater Technology. 5.1.2012.
- AV Science Forum. 2011. Panasonic, Samsung, Sony and XPAND 3D Join Forces in 'Full HD 3D Glasses Initiative'. <http://www.avforum.com/avs-vb/showthread.php?t=1352736>. 25.10.2011
- Beilinson, N. 2011. Stereoskooppisen elokuvan kuvaus- ja näyttögeometria. Aalto-yliopisto. Elektroniikan, tietoliikenteen ja automaation tiedekunta. Kandidaatin työ.
- Bowers, B. 2001. Sir Charles Wheatstone FRS 1802–1875. The Institution of Electrical Engineers, London, United Kingdom.
- Conner, P. & Wiley, R. 2011. Active 3D vs. Passive 3D. <http://3d-tvbuyingguide.com/3dtv/active-vs-passive-glasses.html>. 2.11.2011
- Criado, E. 2011. Second International 3D Seminar. Joensuu. 10.11.2011.
- Curtin, D. 2011. A Short Course Book StereoPhotography 3D in the Digital Era. <http://www.shortcourses.com/stereo/stereo1-4.html>. 11.10.2011
- Daswood, T. 2010. A Beginner's Guide to Shooting Stereoscopic 3D <http://www.dashwood3d.com/blog/beginners-guide-to-shooting-stereoscopic-3d/>. 24.10.2011.
- Depth Beyond. 2012. Positive Parallax v. Negative Parallax. <http://depthbeyond.com/blog/?p=83>. 3.1.2012.
- Designing Disney. 2012. Captain Eo is Back! <http://www.designingdisney.com/content/captain-eo-back>. 3.1.2012.
- DeSouza, C. 2011. 3D Depth Continuity and the Stereographer. <http://realvision.ae/blog/2011/10/3d-depth-continuity-and-the-stereographer/>. 24.10.2011.
- DeSouza, C. 2010. Importance of Genlocking with Tri Level sync for 3D Cameras. <http://realvision.ae/blog/2010/05/importance-of-genlocking-with-tri-level-sync-for-3d-cameras/>. 22.10.2011.
- Dolby 3D. How Dolby 3D Works. <http://www.dolby.com/us/en/consumer/technology/movie/dolby-3d.html#>. 5.1.2012.
- Forsgård, P. 2006. Terävyysalue. http://www.pikseli.fi/pdf/Pikseli_0106_6466.pdf. 10.11.2011.
- Gardner, B. 2009. Perception and The Art of 3D Storytelling. <http://magazine.creativecow.net/article/perception-and-the-art-of-3d-storytelling>. 2.11.2011.
- Harvey, J. 2007. Learn Photo Composition. <http://www.johnharveyphoto.com/LearnComposition/>. 15.11.2011.
- Horenstein, H. 2005. Film Format, Focal Length, and Angle of View. http://www.bw-photography.net/pdfs/FF_FL_And_angle.pdf. 10.11.2011.
- HyperPhysics. 2011. Classification of Polarization. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/phyopt/polclas.html>. 3.1.2012.
- IBE the industry standard. 2010. Digital Cinema Building Momentum 3D Drives Market. <http://www.ibeweb.com/ibe-news/digital-cinema-building-momentum-3d-drives-market>. 24.10.2011.
- IMAX. 2010a. Into the Deep. <http://www.imax.com/movies/m/into-the-deep-3d/>
- IMAX. 2011b. Wings of Courage. <http://www.imax.com/movies/m/wings-of-courage-3d/>

- Intion. 2011. Inition StereoBrain Calculator. <http://www.inition.co.uk/3D-Technologies/inition-stereobrain-calculator>. 3.1.2012.
- Jumppanen, S. 2011. RED ONE - Digitaalisen materiaalin workflow. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.
- Lipton, L. 1982. Foundation of Stereoscopic Cinema, a Study in Depth. Van Nostrand Reinhold Company Inc. Canada.
- Lipton, L. 2010. Glossary. <http://lennylipton.wordpress.com/2009/03/16/glossary/>. 5.11.2011.
- McNally, P. 2011. Captain 3D Presents...Volume, Lenses and Other Ideas. http://www.captain3d.com/temp/cml/cml_volume.html. 5.12.2011.
- Mendiburu, B. 2009. 3D Movie Making: Stereoscopic Digital Cinema from Script to Screen. Elsevier. USA.
- Mendiburu, B. 2012. 3D TV and 3D Cinema: Tools and Processes for Creative Stereoscopy. Elsevier. USA.
- Mäkelä, S., Nikkilä, J. & Saranlinna, K. 2006. Ohjeita ortoptisiin harjoitteisiin. Helsingin ammattikorkeakoulu Stadia. Optometrian koulutusohjelma. Opinnäytetyö. http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/6719/stadia_1169469193_0.pdf?sequence=1. 10.10.2011.
- Naskali, R. 2008. Kolmiulotteinen elokuvaus. Tampereen ammattikorkeakoulu. Viestinnän koulutusohjelma. Opinnäytetyö. <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/10467/Naskali.Riku.pdf?sequence=2>. 5.10.2011.
- Phillips, S. 2011. Beam Splitter 3D System. <http://www.seanmacleodphillips.com/Beam%20Splitter%203D%20System.html>. 3.1.2012.
- RealD. 2012. Consumer Electronics. <http://www.reald.com/content/consumer-electronics.aspx>. 3.1.2012.
- Schreer, O., Kauff, P. & Sikora, T. 2005. 3D Videocommunication – Algorithms, concepts and real-time systems in human centred communication. UK: John Wiley & Sons Ltd, England.
- Shaw, S. 2011. Parallel or Converged?. <http://www.lightillusion.com/stereoscopic3d-parallelorconverged.htm>. 22.10.2011.
- Shaw, S. 2011. Stereoscopic 3-D - Interocular Distance (interaxial separation) <http://www.lightillusion.com/stereoscopic3d-interocular.htm>. 24.10.2011.
- Stereoscopic filmmaking. 2011. Stereoscopic (3D) Filmmaking Overview (Part 2). <http://www.magicaldimension.com/stereoscopicfilmmaking/2.html>. 11.11.2011.
- Swiss RIG. 2011. Welcome to the Real S3D Solution. <http://www.swissrig.com/>. 19.11.2011.
- Teoh, V. 2011. Samsung Dumps Infrared for Bluetooth On New Active-Shutter 3D Glasses. <http://www.hdtvtest.co.uk/news/samsung-bluetooth-3d-glasses-201103181060.htm>. 13.10.2011.
- The Illustrated 3D Movie List. 2012. The Illustrated 3D Movie List. <http://www.3dmovielist.com/list.html#faq>. 5.1.2012.
- Vuorela, A. 2010. Kolmiulotteiset näyttötekniikat, T-111.2211 Informaatioverkostot: Studio 4. http://www.vugi.iki.fi/2010/studio4/essee4/Antti_Vuorela_studio4_essee.pdf. 3.11.2011.
- Wattie, J. 2008. Anaglyphs for Computer Stereoscopy.

<http://nzphoto.tripod.com/sterea/anaglyphs.htm#retinex>. 20.10.2011.

Zone, R. 2005. 3-D filmmakers: Conversation with creators of stereoscopic motion picture. Scarecrow Press, Inc. USA.

HERRA ALBIN

Veli-Pekka Hämäläinen
v1.3
5.9.2011

Sovitettu käsikirjoitus:
Sari Hotokka
Sami Jumppanen

Matkatelevision valo loimottaa muuten melko hämärässä olohuoneessa. Television lisäksi ainoa valonlähde on sohvapöydällä oleva kynttilä. HERRA ALBINin ja ROUVA ALBINin liikkumattomat hahmot istuvat kumpikin omassa nojatuolissaan rintamasuunta kohti televisiota. Nojatuolien välissä on sohvapöytä. Pöydällä on palava kynttilä, piippu ja tulitikkuski.

Televisiossa istuu nojatuolissa Olento, joka on kuin painajaismainen versio Herra Albinista. Olennolla on samanlaiset vaatteet, mutta sillä on kalpea naama ja silmiä ympäröi kauttaaltaan musta kierros. Sillä ei ole suussa hampaita. Suupielet ovat aina alaspäin, kuin klovnilla. Silmät ovat sameat kuin niitä peittäisi harmaa kalvo. Olennolla on kädessään kaukosäädin: se osoittaa säätimellä kohti kameraa ja painaa nappia:

Näemme nyt paremmin Herra ja Rouva Albinin. Rouva Albin nukkuu nojatuolissa suu auki pää taaksepäin kallistettuna. Herra Albin huomaa vaimonsa nukkuvan. Hän puhalttaa kynttilän sammuksiin ja nojaa taaksepäin. Kynttilän sammuttua television vihreä valo värjää kaiken; se heijastuu pariskunnan kasvoille. Myös Herra Albinilla on vaikeuksia pitää silmänsä auki. (Kuva tulee lähemmäksi Herra Albinin kasvoja) Sitten, yhtäkkiä, Herra Albinin melkein suljetut silmät räpähtävät auki.

(Teksti pimeässä ruudussa: ERÄÄNÄ PÄIVÄNÄ HERRA ALBIN PÄÄTTÄÄ LÖYTÄÄ PORTINTOISEEN TODELLISUUTEEN)

2. INT. ASUINTALON OLOHUONE. HETKEÄ MYÖHEMMIN

Herra Albin kulkee seinän viertä tunnustellen, koputtelemalla ja kuuntelemalla mahdollisten salaovien varalta. Hän tulee peilin kohdalle. Hän yrittää tunnustella peiliä sormillaan, mutta hänen sormensa uppoavat peiliin. Peilinpinta on kuin välkehtivää nestettä, josta Herra Albinin sormet tulevat läpi. Herra Albin vetää kätensä takaisin hämmästyneenä. Samalla peili tipahtaa lattialle ja rikkoontuu. Albin näyttää pettyneeltä.

3. INT. OLOHUONE. HETKEÄ MYÖHEMMIN

Herra Albin tulee käytävästä kantaen pelilaatikkoa ja asettuu nojatuolien taakse lattialle. Herra Albin puhalttaa pölyt pois pelilaatikon päältä. Herra Albin on risti-istunnassa lattialla, ravistamassa noppia nyrkissään vimmaisesti. Hän puhalttaa kädessä oleviin noppiin ja hänen huulensa muodostavat sanan: ”JUMANJI!” Pelilaudalta kuuluu kaikuja viidakonäänistä. Herra Albin heittää nopat pelilaudalle. - Mitään ei tapahdu. Herra Albinin hartiat lysähtävät.

4. INT. ASUINTALON OLOHUONE. HETKEÄ MYÖHEMMIN

Herra Albin seisoo vaatekaapin edessä jo silminnähden ärtyneenä. Hän sulkee käsissään olevan C.S. Lewisin Narnia-kirjan, laittaa sen kainaloonsa ja avaa oven. Herra Albin astuu sisään vaatekaappiin päättäväisellä askeleella. Vaatekaappi heilahtelee kovalla ryminällä, melkein kaatuu. Kaapin päällä on vanha koristeltu tulitikkurasia, joka liikahtaa aivan reunalle kaapin heilahdellessa.

Olohuoneessa Rouva Albin herää kovan kolinan vuoksi hetkiseksi, mutta vaipuu saman tien takaisin unille.

Herra Albin astuu ulos kaapista ja samassa tulitikkurasia putoaa maahan. Herra Albin kurtistaa kulmiaan, nostaa tulitikkurasian lattialta ja sulloo sen taskuunsa.

Herra Albin astuu ulos kaapista ja samassa tulitikkurasia putoaa maahan. Herra Albin kurtistaa kulmiaan, nostaa tulitikkurasian lattialta ja sulloo sen taskuunsa.

5. INT. ASUINTALON OLOHUONE. HETKEÄ MYÖHEMMIN

Herra Albin istuu piippu hampaiden välissä sohvalla. Rouva Albin nukkuu edelleen viereisessä nojatuolissa. Herra Albin vilkaisee Narnia-kirjan kantta ja laittaa sen pois. Hän ottaa pöydältä tulitikkuaskin, ravistaa sitä pikaisesti ja huomattessaan askin tyhjäksi viskaa senkin pois. Sitten hän kaivaa taskustaan aiemmin löytämänsä tulitikkuaskin. Herra Albin tarkastelee askissa olevaa kuvaa. Se on sadunomainen metsämaisema sinertävän taivaan alla. Hän ottaa askista yhdentikun huolellisesti ja raapaisee sen. Samassa askissa syttyy kirkas valo. Tulitikkuaski nielaisee Herra Albinin. Hän huutaa.

6. EXT. LEIKKIPAikka METSÄN REUNASSA. ILTAPÄIVÄ/ALKUILTA. HERRA ALBININ FANTASIA

POIKA istuu keinussa. Hän katselee ympärilleen ja tajuaa olevansa Herra Albin nuorempana. Hän vie kätensä taskuun ja vetää esiin (äskeisen kohtauksen) Herra Albinin tulitikkuaskin. Poika laittaa askin takaisin taskuun. Poika alkaa keinua iloisena.

Hetken päästä poika kuitenkin pysähtyy ja katsoo vieressä olevaa tyhjää keinua haikeana. Sitten hän kuulee äänen, hän kääntää päätään äänen suuntaan ja hänen ilmeensä vakavoituu. Hän katsoo kohti metsää.

7. EXT. LEIKKIPAikka METSÄN REUNASSA. HETKEÄ MYÖHEMMIN

Poika lähtee kävelemään ääntä kohden ja huomaa puiden välistä, jonkin matkan päästä, kajastavan vihreän valon. Poika alkaa hiipiä lähemmäksi puiden suojassa.

Poika näkee hämärän hahmon selin istumassa nojatuolissa keskellä metsää. Herra Albinia muistuttava Olento (ks. KOHTAUS 1) istuu selin katsomassa vihreänä loimottavaa matkatelevisiota. Poika yrittää hiipiä vielä lähemmäksi. Hän varoo herättämästä olennon huomiota.

Äkkiä Olento kääntää päänsä ja huomaa pojan. Television vihreä valo heijastuu nyt pojan kasvoille ja hän jäähmettyy pelosta: olennon kasvot näkyvät nyt rumuudessaan selvemmin kuin kohtauksessa 1.

Olento nousee ja ottaa television käsiinsä. Hän alkaa lähestyä poikaa vihreänä loimottava televisio käsissään. Poika peräännytty takaperin ja kaatuu maahan. Hän yrittää peräännyttyä vielä maata pitkin, mutta olento tulee lähemmäksi. Poika kaivaa tulitikkuaskia hädissään, etsien ensin väärästä taskusta ennen kuin saa askin esiin. Olento nostaa television päänsä yläpuolelle kuin murskatakseen pojan sillä. Poika raapaisee tikun. Tulitikkuaskin valkoinen valo nielaisee pojan.

8. INT. ASUINTALON OLOHUONE. ILTAHÄMÄRÄ

Herra Albin istuu nojatuolissa huohottaen. Hänen silmänsä ovat pelosta laajenneet. Televisio loimottaa tyhjänä, vihreänä. Herra Albin ottaa vapisevin käsin tulitikkuaskin, laittaa sen pöydälle ja työntää kauemmaksi itsestään.

Sitten hän löytää lattialta piipun ja täyttää sen uudelleen. Hän mulkaisee tulitikkuaskia ja sitten muistaa muutaman metrin päässä olevan lipaston. Hän menee lipaston luo, vetää laatikon auki ja ottaa sieltä sytyttimen. Hänen takanaan Rouva Albin alkaa heräillä. Rouva venyttelee käsiään ja haukottelee. Herra Albin seuraa vaimoaan syrjäsilmillä, nyt jo rauhoittuneena. Herra Albin on sytyttämässä piippuaan, kun hän näkee Rouva Albinin poimivan pöydältä tulitikkuaskin: Herra Albinin naama venähtää.

Rouva Albin aikoo sytyttää kynttilän tulitikulla. Hän raapaisee pari kertaa saamatta aikaiseksi kipinää kummempaa. Herra Albin yrittää loikkia estämään vaimoan. Juuri kun Herra Albin on saavuttamaisillaan tämän, tulitikku syttyy ja kirkas valo nielaisee heidät molemmat.

9. INT. MATKATELEVISION SISÄLLÄ. / ASUINTALON OLOHUONE

Poika ja TYTTÖ löytävät itsensä “matkatelevision sisältä”. Ympärillä on vihreää valoa. Edessä on television lasi. Lasista näkyy läpi näkymä olohuoneeseen, joka on kuin kohtauksesta yksi. Kahdessa nojatuolissa istuu kaksi olentoa: painajaismainen Herra Albin (vrt. kohta 7) ja rouva Albin (samankaltaisesti vääristyneen näköisenä). He katsovat suupielet alaspäin taipuneena poikaa ja tyttöä televisiosta.

Tyttö on aikomaisillaan sanoa jotain pojalle, mutta tämä kuitenkin viittoo käsillään tytölle, että hän on hiljaa, ettei tyttö herättäisi Olentojen huomiota. Herra Albinia muistuttava olento nousee kuitenkin ylös tuolistaan ja kävelee television luokse. Poika alkaa etsiä tulitikkuaskia taskustaan, kun valtava tärähdys horjuttaa tyttöä ja poikaa.

Herra Albinia muistuttava olento on juuri lyönyt nyrkillään television päälle. Ääni on kuin ukkosen jyrähdys. Olento lyö uudestaan. Poika avaa tulitikkuaskin, mutta sen sisällä ei ole enää yhtään tikkua.

Television kuvaruutuun on tullut kapea halkeama. Halkeaman läpi katsottaessa näkyy myös Herra Albinia muistuttavan olennon “taakse”: siellä on herra ja rouva Albinin tyhjä olohuone. Tyttö nykäisee poikaa hihasta. He katsovat ulosteleviä: uusi tärähdys kasvattaa säröä. Tyttö ja poika ottavat vauhtia ja juoksevat kohti säröilevää televisioruutua. He hyppäävät ilmaan ennen osumistaan ruutuun:

10. INT. ASUINTALON OLOHUONE / METSÄMAISEMA

Särkyvän lasin ääni. Herra ja Rouva Albin lennähtävät keskelle olohuoneenlattiaa. Heidän takanaan television kuvaruutu on mennyt säröille. Rouva Albin katsoo särkynyttä televisiota. Herra Albin ottaa sohvapöydältä kaukosäätimen. Hän osoittaa sillä televisiota ja painaa nappia. Television takana oleva seinä katoaa ja takaa paljastuu leikkipaikka keinuineen (vrt. kohta 6). Rouva Albin katsoo näkyä häkeltyneenä. Herra Albin ottaa Rouva Albinia kädestä ja hymyilee. He lähtevät kävelemään kohti keinuja.

11. EXT. LEIKKIPAikka

Herra ja Rouva Albin kävelevät keinuille käsi kädessä.

Stereoskooppisen lyhytelokuvan tuotantovaiheet

2D-TUOTANTO	STEREOSKOOPPINEN 3D-TUOTANTO
ESITUOTANTO	
Käsikirjoitus	Onko käsikirjoitus kirjoitettu 3D:tä hyödyntäen? Kannattaako käsikirjoitus toteuttaa 3D:nä?
Tuotannon suunnittelu, mm. <ul style="list-style-type: none"> • Budjetti • Aikataulutus • Työryhmä • Kalusto • Lavastus, puvustus, kuvauspaikat, jne. • Valaisu 	Yleensä suurempi budjetti, sillä käytössä enemmän kalustoa ja suurempi työryhmä. 3D-kuvaus vaikuttaa pidentävästi kuvausaikatauluun. Stereografi tai 3D:stä vastaava osana työryhmää. Enemmän kalustoa (mm. kamerapari, linssit, yms.). Rigien valinta 3D-kuvakäsikirjoituksen kuvien mukaan. Värien, pintakuvioiden ja materiaalien huomioiminen. Riittävä valon määrä halutulle syväterävyydelle.
Kuvakäsikirjoitus	3D-kuvakäsikirjoitus ja syvyyskäsikirjoitus.
TUOTANTO	
Kuvauspaikalla <ul style="list-style-type: none"> • Valaisu • Kuvan valmistelu 	Valon saatavuus? Virrankulutus suurempi? 3D-kaluston kasaaminen ja siirtäminen voi viedä enemmän aikaa kuvauspaikalla. Kameroiden ja tallennusmedioiden nimeäminen oikean ja vasemman kuvan mukaan. Kuvattavien kohteiden etäisyyksien mittaaminen, interaktiivisen etäisyyden selvittäminen ja syvyyden tarkistaminen 3D-monitoroinnilla.
Kuvauspäivän jälkeen	Kuvatun materiaalin katsominen kuvauspäivän päätteeksi kuvan lopullisessa koossa, jos mahdollista.
Kuvausmateriaalin varmuuskopiointi	Varmuuskopiointi vaatii kaksinkertaisen määrän kovalevytilaa.
JÄLKITUOTANTO	
Leikkaaminen	Raakaleikkaus 2D:nä, josta 3D-versio katselua varten.
Värimäärittely	Vasemman ja oikein kameran kuvat värimääriteltävä erikseen saman värisiksi. Huomioitava katselutekniikan vaikutus kuvan kirkkauteen ja väreihin. Kuvien syvyyskorjaukset ja 3D:n viimeistely!
Efektointi	Efektointi kahteen eri kuvaan.
Elokuvan julkaiseminen	Missä muodossa ja mihin formaattiin? Elokuvateatteri-levitykseen vai DVD- tai Blu-Ray -levyille?