



# **Att producera tredimensionellt WebM-material för Nvidia 3D Vision**

Dennis Biström

Examensarbete  
Informations- och medieteknik  
2015

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Informations- och medieteknik
Identifikationsnummer:	4842
Författare:	Dennis Biström
Arbetets namn:	Att producera tredimensionellt WebM-material för Nvidia 3D Vision
Handledare (Arcada):	Johnny Biström
Uppdragsgivare:	
<p>Sammandrag:</p> <p>Nvidia 3D Vision och Nvidia 3D Vision 2 är produktpaket som gör det möjligt att se på 3D-material på datorer. Detta arbete baserar sig på dessa produktpaket. Möjligheten att se på 3D-video på nätet kom år 2011, men stödet för produktpaketen är fortfarande dåligt och informationen om hur man skapar 3D-webbmaterial är svår att hitta. Syftet är att utreda hur man kan producera 3D-material som går att se på webben, och målet är att skapa en webbsida med några 3D-testklipp. Arbetet skall hjälpa potentiella producenter att skapa 3D-material. Arbetet går igenom teorin bakom 3D-materialproduktion och ger den praktiska kunskapen som behövs för att producera det. Det forskas i hurdan material som lämpar sig för att återges i 3D på webben. Arbetet baserar sig på informationssökning på nätet, filmning och fotografering, webbprogrammering, och empirisk forskning.</p>	
Nyckelord:	3D, Nvidia, Vision, HTML5, WebM
Sidantal:	49
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	12.5.2015

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Information and Media Technology
Identification number:	4842
Author:	Dennis Biström
Title:	Producing threedimensional WebM content for Nvidia 3D Vision
Supervisor (Arcada):	Johnny Biström
Commissioned by:	
<p>Abstract:</p> <p>Nvidia 3D Vision and Nvidia 3D Vision 2 are two products that enable viewing of 3D-content on computers. This study is based on these products. Viewing 3D-video online was made possible in 2011, but the support available today is lacking and information about how to create 3D-content is scarce. The aim of this study is to research ways to produce 3D-content that is viewable online, and the goal is to create a website with some of the produced 3D-content. This thesis work is supposed to help potential producers create 3D-content. This study covers the theory of 3D-content production, and offers the practical knowledge needed to produce this. The research revolves around content that can be displayed and viewed using a web-browser. The study is based on online research, film and photography, web programming and empirical studies.</p>	
Keywords:	3D, Nvidia, Vision, HTML5, WebM
Number of pages:	49
Language:	Swedish
Date of acceptance:	12.5.2015

# INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>Introduktion.....</b>	<b>8</b>
1.1	Motiv för ämnesvalet .....	8
1.2	Syfte med arbetet .....	8
1.3	Frågeställningar och hypoteser .....	9
1.4	Avgränsningar .....	9
<b>2</b>	<b>Tekniken.....</b>	<b>12</b>
2.1	Terminologi.....	12
2.2	Uppspelningsutrustning.....	14
2.2.1	<i>I det här arbetet .....</i>	<i>14</i>
2.3	3D-material.....	15
2.3.1	<i>Bilder.....</i>	<i>16</i>
2.3.2	<i>Video.....</i>	<i>16</i>
2.3.3	<i>Spel.....</i>	<i>21</i>
<b>3</b>	<b>Materialproduktion .....</b>	<b>22</b>
3.1	Utrustning och val av miljö .....	22
3.2	Parametrar.....	24
3.2.1	<i>Vinklar och linsavstånd.....</i>	<i>24</i>
3.2.2	<i>Exponeringstid, bländaröppning och bildfrekvens.....</i>	<i>26</i>
<b>4</b>	<b>Materialbehandling .....</b>	<b>28</b>
4.1	Drivers, Browsers och HTML5 .....	28
4.2	Mediaformat, webm .....	28
4.2.1	<i>Konvertering .....</i>	<i>29</i>
4.3	Förverkligande av hemsidan .....	33
<b>5</b>	<b>Kvalitetsundersökning .....</b>	<b>35</b>
5.1	Utförelse .....	35
5.2	Deltagare .....	37
5.3	Resultat .....	37
<b>6</b>	<b>Resultatredovisning .....</b>	<b>39</b>
6.1	Sammanfattning .....	39
6.2	Analys.....	39
<b>7</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>40</b>
7.1	Användningsområden .....	43
	<b>Källor .....</b>	<b>45</b>

## Figurer

Figur 1. Ljuset oscillerar i alla riktningar, illustrerat t.ex. vänstra ögats lins i ett passivt system (Kshitij Education India Private Limited, 2015) .....	12
Figur 2. Frame packing enligt HDMI 1.4 standarden (Best-3DTVs.com, 2015).....	15
Figur 3. Scenen i två dimensioner med djupfokuset på trädet. Det ”stör” inte att ljuset är lite suddigt. ....	18
Figur 4. Scenen i 3D då vi tittar på trädet. Ifall vi tittar på filmobjektet, trädet, så ”stör” ljuset och fönsterbalken. ....	18
Figur 5. Scenen i 3D då vi tittar på ljuset, det är tydligare att ljuset är suddigt eftersom resten av scenen nu uppfattas som oskarp p.g.a. skillnad i parallax (även om trädet är skarpt i både bilden för vänstra och högra ögat). ....	19
Figur 6. En representation över utbudet på nätet. Bilden är sammanställd av sökresultat från thepiratebay.se.....	20
Figur 7. En bild över Solidworks modellen för 3D riggen. Skårorna är för att kunna justera avståndet mellan kamerorna, hålet i mitten för att fästa kameran till stativet. ...	22
Figur 8. Kamerorna fästa på riggen, riggen fäst på ett stativ.....	23
Figur 9. Skärmdump från testscenen. ....	24
Figur 10. En vinkelhake används för att garantera att kamerornas linser är i exakt samma vinkel. Illustrerat hur snett det blir med en hand.....	25
Figur 11. Scenen är skarp ända från det närmaste ljuset till ljuset i skafferiet bakom Bilbo. ....	27
Figur 12. Cameron har valt att göra både gräset och bakgrunden oskarp för att styra tittarens blick till Jake och Neytiri.....	27
Figur 13. Vänster och höger videokanal som MP4 AVC.....	30
Figur 14. Scriptet som användes för inspelad video med OnePlus One smarttelefonen.	31
Figur 15. Visualisering över editering i Stereoscopic Movie Maker. På bilden är menyvalen för importering och exportering markerade. ....	32
Figur 16. Kommandot som jag använder för videokonvertering till WebM. Dokumentation över kommandot och dess alternativ finns på ffmpeg:s wikisidor (FFMpeg, 2015).....	33

Figur 17. En förstoraad (ca 200 %) skärmbild från filen med 40 mbps överföringshastighet. ....	36
Figur 18. En förstoraad (ca 200 %) skärmbild från filen med 4 mbps överföringshastighet. ....	37

## **Tabeller**

Tabell 1. Streaming alternativ på webben .....	28
Tabell 2. Överföringskapacitet hos testklippen .....	36

## Förkortningar

**AAC** står för Advanced Audio Coding och är ett digitalt ljudkomprimeringsformat

**AVC/H.264** är en blockorienterad, rörelsekompenenserande videokompressionsstandard.

**AVI** står för Audio Video Interleaved och är ett filformat för att lagra video och audio.

**BD3D** står för Blu-Ray 3D.

**HDMI** står för High Definition Media Interface, syftar både på en kabel som används, samt en signalstandard för video- och audioöverföring.

**HTML5** står för HyperText Markup Language, och HTML5 är den senaste versionen av märkspråket för hypertext.

**IR** står för InfraRed och är ljus med våglängder från 700 nm till 1 mm. Används inom tekniken för trådlös kommunikation.

**LCD** står för Liquid Crystal Display, syftar på den vanligaste tekniken i skärmar.

**Matroska** är ett projekt som ämnar sig till utvecklande av en öppen standard för informationslagring av multimedia. **MKV** är filformatet och filändelsen för videofiler som följer Matroska projektets standarder.

**MPEG-4** står för Moving Picture Experts Group generation 4 och är en video- och audiokompressionsteknik. **MP4** är dess förkortning och används även som container för olika sorters MPEG-4 video. MP4 är även filändelsen för filer som använder sig av containern.

**MVC** står för Multiview Video Coding och är en standard som används vid informationslagring av stereoskopisk video.

**OU** står för Over Under d.v.s. 3D video där vänster och höger kanal är placerad bredvid varandra i höjdded, över och under. **HOU** innebär OU video där kanalernas höjddeslut-ion är halverad.

**SBS** står för Side By Side d.v.s. 3D video där vänster och höger kanal är placerad bredvid varandra, sida vid sida. **HSBS** innebär SBS video där kanalernas breddeslut-ion är halverad.

**720p, 1080p, och UHD** är displayresolutioner med bildförhållandet 16:9.

Förkortningarna **Vision** eller **Vision 2** används i arbetet och syftar på Nvidia 3D Vision- och Nvidia 3D Vision 2 produktpaketen.

**VP8** är ett videokodek med öppen källkod som ägs av Google.

# 1 INTRODUKTION

## 1.1 Motiv för ämnesvalet

Då HTML5 standarden för 3D video publicerades år 2011 blev det möjligt att se på tredimensionellt material med Nvidia 3D Vision produktpaketet. Än idag är kunskapen kring området bristfällig och materialutbudet är dåligt. Jag vill forska i hur svårt det är att skapa 3D-material för webben eftersom snabba nätförbindelser blir allt vanligare och löser problemet med de stora 3D-filerna.

## 1.2 Syfte med arbetet

Syftet med arbetet är att sänka tröskeln för att producera 3D-material. Arbetet utreder på vilka sätt man kan producera 3D WebM material som sedan går att uppvisa på webben. För att optimera videomaterialet för webben utförs även en kvalitetsundersökning.

Målet med arbetet är att skapa en webbsida med 3D-materialet som producerats i arbetet. Materialet på webbsidan kan ses i 3D ifall man har 3D-kapabel utrustning. Utan 3D-utrustning visas materialet i två dimensioner, i SBS format.

Eftersom arbetet skall hjälpa producenter med sitt 3D-material, beskriver arbetet processen från att spela in material till att visa det på nätet. Arbetet är uppdelat i fyra delar. I teknikdelen ingår förklaringar på begrepp och fenomen som används i arbetet och som man bör känna till för att producera 3D-material. I kapitlet om materialproduktion behandlas utrustningen som krävs för att skapa 3D-material. Materialbehandlingsdelen ger riktlinjer för att konvertera materialet till ett format som kan visas på nätet. Kvalitetsundersökningen på slutet fastställer ramar för kompression av materialet.

Arbetet använder sig av förmånliga lösningar och gratis programvara då det är möjligt.



### 1.3 Frågeställningar och hypoteser

Dessa frågor ställs som bakgrund för arbetet:

- Hur mycket kunskap behövs för att skapa en 3D-video?
- Hurdan utrustning behövs för att se på 3D-material?
- Vad för utrustning kan man skapa 3D-material med?
- Hur skall man lägga upp sitt material på nätet?
- Vad för kvalitet skall 3D-material på webben ha?
- Vilka alternativa lösningar man kan använda sig av?

### 1.4 Avgränsningar

För att arbetet skall nå djupet som behövs för att fylla syftet utan att bli för långt måste ämnesområdet vara kraftigt avgränsat. Ämnen som fallit bort nämns nedan, med en kort motivering om varför ämnet valdes att lämnas utanför arbetet.

**Anaglyf 3D** behandlas inte i arbetet. Majoriteten av filerna som används i arbetet går ändå att se på i anaglyf-formatet via mjukvaran Stereoscopic Player (Wimmer, 2015). Materialet i arbetet är stereoskopiskt och är därmed inte lämpligt för att presenteras i anaglyf 3D. En del editeringsprogram visar 3D-material i anaglyf 3D eftersom formatet ställer de lägsta kraven på editeringsutrustningen. Hur egenfilmad 3D-material kan editeras genom användning av anaglyf-formatet nämns i materialbehandlingskapitlet. Om stereoskopiskt material presenteras i anaglyf 3D, går viktig färginformation förlorad. Istället för att visa vänster och höger öga var sin bild, försöker anaglyf-tekniken dela upp scenen med hjälp av färger. Om anaglyf 3D behandlades i arbetet kunde det orsaka huvudbry bland läsare på grund av begrepp som används i både stereoskopisk- och anaglyf-teknik men innebär olika saker.

**Passiv 3D** teknik bygger på samma principer som tekniken i produktpaketet Vision. Hur passiva visningssystem fungerar förklaras kort i terminologikapitlet. Passiva televisioner och dataskärmar klarar av formaten som används i arbetet om de fungerar tillsammans med Vision mjukvaran, eller är HDMI 1.4 certifierade. Om läsaren har problem med sin HDMI 1.4 certifierade 3DTV i kombination med Nvidia 3DTV Play erbjuder

denna artikel stöd (Nvidia, 2010). Hur material ska konverteras för att visas på passiv 3D-utrustning inkluderas inte i arbetet. De som äger passiva visningssystem förutsätts veta hur de fungerar samt hur SBS och BD3D video konverteras till rätt format.

**Cross-eyed** tekniken behandlas inte i arbetet. Materialet i arbetet lämpar sig inte för att titta på med hjälp av **cross eyed** metoden. Genom att växla videokanal för vänster och höger öga sinsemellan kan materialet ses på med hjälp av cross-eyed metoden. I detta fall går 3D-materialet inte längre att se på med 3D Vision om det presenteras på webben eftersom 3D WebM spelaren som används inte har funktionen att växla vänster och höger ögas videokanal sinsemellan.

Arbetet håller sig till **SBS** video med undantaget Frame Packed som tekniskt sett är av OU formatet.

3D-videomaterialet i arbetet konverteras till **VP8 kodeken i WebM** containern. Det tillhörande ljudet konverteras till **Vorbis** formatet. Andra format används i konverteringsprocessen, men andra format för 3D video för webben behandlas inte. Orsaken till detta är att 3D WebM är det ända formatet som stöds av dagens webbläsare.

Arbetet håller sig till **Firefox** webbläsaren eftersom det är den ända webbläsaren som stöder HTML5 3D-video (Nvidia, 2011).

Uppspelning av 3D-material i arbetet förverkligas med produkterna **Vision 2** och **3DTV Play** eftersom dessa är den mest använda 3D-lösningen för datorer. 3D Vision stöds endast av grafikkort från företaget Nvidia. Företaget AMD erbjuder alternativa lösningar, men dessa lämnas utanför arbetet då det inte ingår några produkter tillverkade av AMD i den tillgängliga utrustningen.

Att utesluta proprietär mjukvara är ett ställningstagande från skribenten av arbetet. Detta är orsaken varför varken **Flash** eller **Silverlight** behandlas.

Nuvarande tillgänglig **utrustning för virtuell verklighet**, eller **VR-utrustning**, är generellt certifierad för HDMI 1.4 standarden. Den vanligaste utrustningen för virtuell

verklighet, Oculus Rift Dev. Kit 2 har en HDMI 1.4b certifiering (Oculus VR LCC, 2015).

Materialet som behandlas i detta arbete följer kraven ställda av denna standard, vilket innebär att 3D-materialet kan visas med hjälp av VR-utrustning. Även om utrustningen för virtuell verklighet är kompatibel med det producerade materialet, behandlas inte **interaktiv video** eftersom det ligger utanför arbetets syfte. Likaså faller **3D i spel** utanför arbetets ramar, då denna sorts 3D tillsvidare förverkligas offline.

**Mobil 3D** behandlas inte. Det är tekniskt möjligt att strömma 3D-materialet i arbetet till nyare Android telefoner. Man kan då se på materialet med hjälp av t.ex. **Google Cardboard**. Google Cardboard erbjuder en billig lösning för uppvisning av 3D-material på mobila enheter men trots produktens framgång används helt annorlunda tekniska lösningar i t.ex. Nintendos portabla konsoler. Det finns ingen klar standard för mobil 3D och därför skulle behandlingen av ämnet ta upp för mycket plats.

Läsaren förutsätts att ha **grundkunskap i fotografering och filmning** eftersom arbetet inte innehåller den nödvändiga informationen för att nå denna kunskapsnivå. Begrepp som djupskärpa och bländarstorlek diskuteras i kapitlet för materialproduktion och hur man uppnår material med olika djupskärpa eller vilken inverkan bländarstorleken har i foto och film förklaras endast ytligt.

Arbetet är även begränsat av en **liten budget** och dyra lösningar eller alternativ behandlas inte.

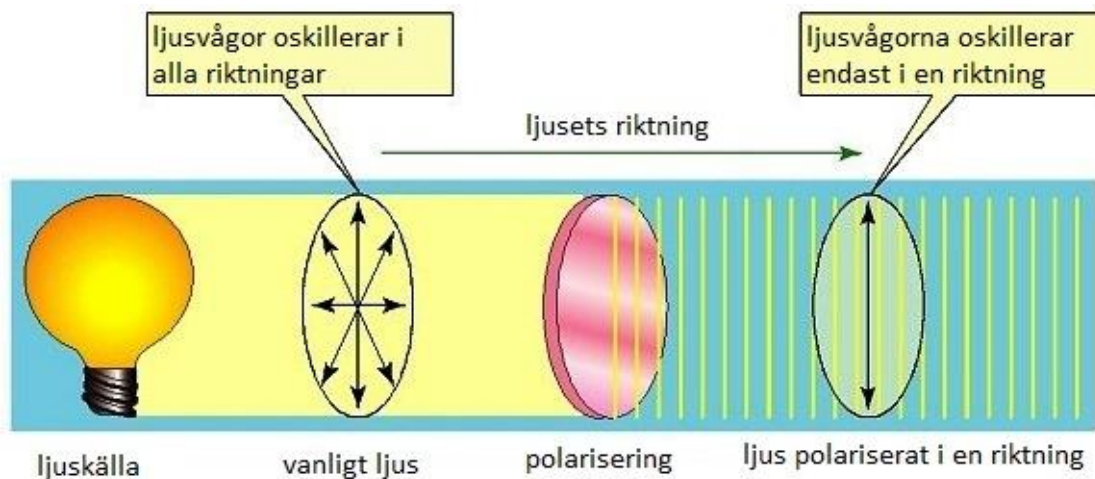
## 2 TEKNIKEN

### 2.1 Terminologi

En lista på förkortningar finns i början av arbetet. Utöver förkortningarna är det nödvändigt att kunna följande begrepp. Begreppen breddar kunskapen över 3D-material och många av dem används utan förklaring senare i arbetet.

**Stereoskopi** är att skapa en illusion av tre dimensioner från ett par tvådimensionella bilder. Illusionen skapas genom att visa åskådarens ögon två olika bilder av samma objekt, med en avvikelse som liknar de perspektiv som båda ögonen naturligt. (Klein, 2010)

**Aktiva visningssystem** använder sig av glasögon med inbyggd elektronik som växlar mellan en skärm. **Passiva visningssystem** använder sig av möjligheten att polarisera ljus i två plan, t.ex. lodrätt och vågrätt.



Figur 1. Ljuset oscillerar i alla riktningar, illustrerat t.ex. vänstra ögats lins i ett passivt system (Kshitij Education India Private Limited, 2015)

Termen **shutter glasses** översätts grovt till bländarglasögon. Projektorn eller skärmen visar turvis informationen för vänster och höger öga, och elektroniken i bländarglasögonen (3D glasögonen) skymmer sikten för höger öga när vänstra ögats bild visas och vice

versa. Nvidia 3D Vision produktpaketet använder sig av den här tekniken (Edwards, 2009) (Harry Butler, 2009).

**Crosstalk** handlar om bildläckage mellan vänster och höger öga. Fenomenet är typiskt för aktiva 3D system med LCD-skärmar. Läckaget uppstår då displayens pixlar inte hinner växla från vitt till svart lika snabbt som LCD-skärmens bakgrundsbelysning (och 3D glasögonen) hinner blinka (Zyber, 2011).

Nvidias teknologi för att minska crosstalk, genom att använda pulserande bakgrundsbelysning, heter **LightBoost**. Till skillnad från vanliga LCD-skärmars bakgrundsbelysning, som lyser med en jämn styrka, pulserar LightBoost ljusstyrkan av och på mellan bildbyten. Detta ger pixlarna i LCD-skärmen och glasögonens linser mer tid att övergå från vitt till svart. Eftersom bakgrundsbelysningen inte lyser konstant, påstås LightBoost möjliggöra högre maximal ljusintensitet (Rejhon, 2013).

**Viewport** i samband med 3D-grafik och computer-aided design, eller CAD, syftar på den tvådimensionella bilden som ryms i en virtuell kameras bildfält, då kameran filmar en 3D-scen. Viewporten är med andra ord det området av en 3D scen som användaren ser.

**Bildfrekvensen** mäts med enheten **fps** och beskriver hur många unika bilder som finns i en sekund visningsmaterial. Förkortningen **fps** kommer från engelskans frames per second. **Uppdateringsfrekvens** med enheten **Hz** är ett annat begrepp och handlar om hastigheten med vilken skärmen hinner visa bilder. En skärm med en uppdateringsfrekvens på 60 Hz hinner lätt visa 30 bilder i sekunden, medan en 24 Hz skärm bara hinner visa hälften av bilderna som finns i filmmaterial inspelat med bildfrekvensen 48 fps.

**Parallax** är skillnaden av ett verkligt objekts position mellan vänster och höger bild i en stereoskopisk scen. Då ögat skärper på ett djup, blir scenen från vänster och höger öga en komposition eller summa av båda ögonens bild. Hjärnan utvärderar avståndet av ett objekt i en scen baserat på skillnaden av objektets position i bilden från vänster respektive höger öga. Vid fotografering eller filmning med två kameror, ger avståndet mellan de två kamerorna upphov till en naturlig parallax. I editeringsskede kan vi justera denna parallax för att föra objekt i scenen närmare eller längre bort. Hur detta går till i praktiken illustreras i materialbehandlingsdelen under kapitlet 4.2.1

## 2.2 Uppspelningsutrustning

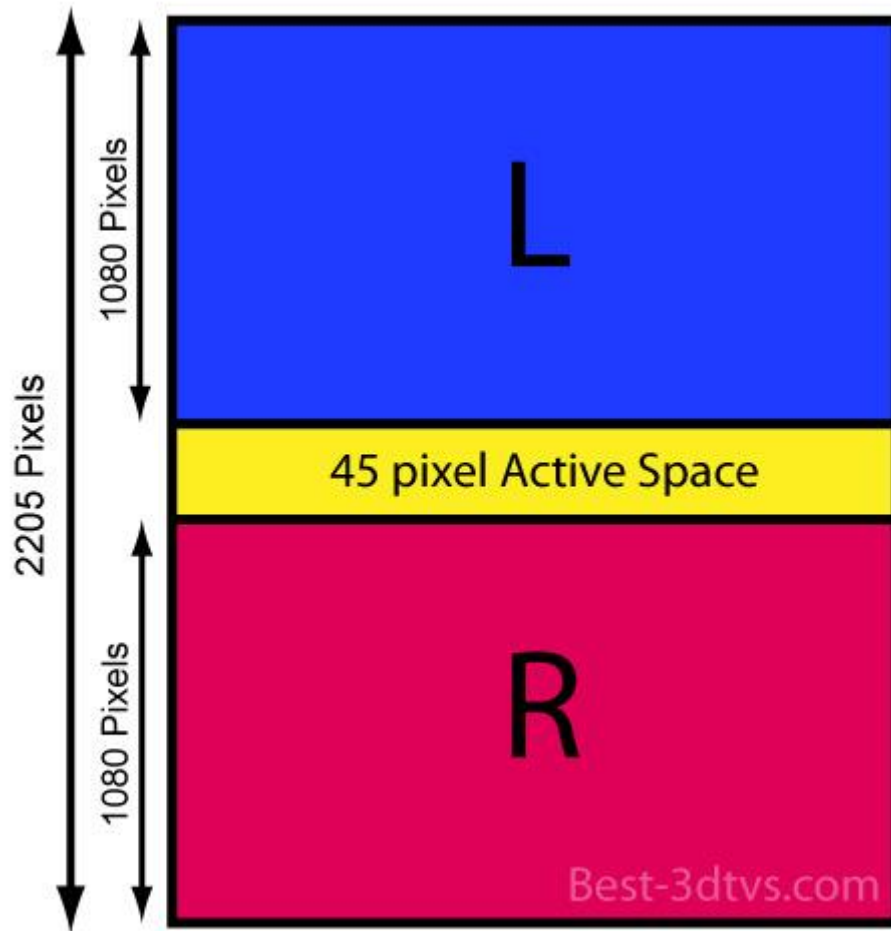
För att spela upp 3D-material behövs 3D kabel utrustning. De flesta televisionerna som finns till salu idag är kapabla att spela upp 3D-material. Kapitlet går igenom utrustningen som används i detta arbete och presenterar alternativa lösningar för uppspelningsutrustningen.

### 2.2.1 I det här arbetet

Vision 2 är en uppgraderad version av det ursprungliga produktpaketet Nvidia 3D Vision. Glasögonen är aktiva, synkroniseras till displayen med IR-teknik och vardera linsen fungerar med en 60 Hz frekvens (Coles, 2009). Det här möjliggör användningen av skärmar med uppdateringsfrekvenser upp till 120 Hz.

Vision 2 används i tillsammans med en Asus VG248QE 144 Hz TN monitor. Skärmen är utrustad med LightBoost teknologi. Skärmen stöder uppdateringsfrekvenser upp till 144 Hz, men uppdateringsfrekvensen är begränsad till den tidigare nämnda hastigheten av linserna i de aktiva glasögonen (60 Hz). Minimikravet för en display som stöder Vision är en uppdateringsfrekvens på 100 Hz (Nvidia, 2011). Displayen och Vision styrs av ett Gigabyte Geforce GTX 670 grafikkort med 4 GB GDDR5 minne.

I arbetet används även en Panasonic TX-P50ST60 Plasma-TV för att garantera att materialet går att visa på HDMI 1.4 certifierad utrustning. För uppspelning av 3D-material på tv:n används Nvidia 3DTV Play mjukvaran eftersom Nvidia inte stöder 3D vision över HDMI. Nvidia 3DTV Play använder sig av Frame Packing 1080p 24 Hz, illustrerat nedan (Nvidia, 2010).



Figur 2. Frame packing enligt HDMI 1.4 standarden (Best-3DTVs.com, 2015).

Frame packed formatets signal har en uppdateringsfrekvens på 24 Hz. Detta innebär att signalen kan transportera 24 bilder i sekunden till skärmen. Varje bild i frame packed formatet innehåller information för både vänster och höger öga. Varje bild i materialet delas upp i två delar för att skapa en bild för vardera ögat. Materialet visas på skärmen med 48 bilder i sekunden så att vardera ögats information hinner synas innan den nästa bilden kommer fram i signalen (Best-3DTVs.com, 2015).

## 2.3 3D-material

Kapitlet förklarar hur 3D-material skiljer sig från 2D. Tekniken bakom skapandet av olika formers 3D-material behandlas.

### 2.3.1 Bilder

Stereoskopi inom fotografi har funnits länge, och kameror kapabla att ta stereoskopiska bilder har funnits sedan tidigt 1800-tal (Ruiz, 1996). För att skapa 3D-material krävs bara en kamera. Om man tar två bilder av en scen från två olika synvinklar får man en 3D-bild, men endast om scenen inte ändrats under tiden då man flyttade på kameran. För att kunna ta bilder av händelserika scener, använder man två kameror som producerar en likadan bild. Kamerorna ska placeras bredvid varandra och avståndet mellan kamerorna ska motsvara avståndet som människan i medeltal har mellan ögonen (DrT, 2008). Linsers styr sedan ljuset in till två inspelningsceller (analog film eller digital cell).

Ifall man använder sig av två kameror måste kamerorna vara tillräckligt små, eller konstruerade så att linserna går att placera mycket nära varandra.

3D-bilder skapas genom att placera två bilder bredvid varandra. Summabilden blir därför i sin lagringsform dubbelt så bred som en vanlig bild, men i format skiljer den sig inte sig ifrån en 2D-bild. ”StereoPhoto Maker” är en mjukvara där det är lätt att importera vänster och höger bild, anpassa parallaxen och göra linsförvrängningar m.m. (Suto, 2014). Då justeringarna på bilden är klara, exporterar man bilden. StereoPhoto Maker gör detta genom att lägga bilderna bredvid varandra. Det finns tyvärr inget stöd för att visa 3D bilder på nätet. Däremot går det att visa 3D bilder på nätet om man först konverterar bilderna till en video.

En exporterad bild kan lättast göras till en video genom att man importerar den i Windows Movie Maker, en gratisprogramvara för Windows sedan XP tider (Windows, 2015). Windows Movie Maker 2012 accepterar bilder som material och genom att dra dem till tidslinjen får man ställa in tiden som bilden ska visas. Exportera sedan videon t.ex. i formatet för högdefinitionsskärmar (FullHD AVC+AAC) eller skapa en egen exporteringsprofil.

### 2.3.2 Video

För att åstadkomma stereoskopisk video där det finns rörliga objekt måste man använda två kameror. Kamerorna kan vara verkliga eller virtuella. Så som med 3D-bilder, ska



videokamerorna placeras bredvid varandra på samma avstånd som människan i medeltal har mellan ögonen (DrT, 2008).

Bildfrekvensen för 3D-material måste behandlas annorlunda än den för 2D-material. Då man utsätter vartannat öga för varannan bild, måste materialet ha en dubbel bildfrekvens, i jämförelse med 2D-materialet, för att inte upplevas hackig. Det här gäller Vision, eftersom produktpaketet visar vänster och höger bild turvis efter varandra. För att allt material inte finns att få tag på med dubbel bildfrekvens har det uppstått tekniker som kan användas för att motverka hackigt 3D-material med låg bildfrekvens. Exempel på några av dessa är mjuk fokus, lång exponeringstid och interpolation.

Djupskärpan för 3D-material fungerar annorlunda än för 2D material. I 2D-film är djupskärpan ofta placerad på ett objekt, eller vid ett djup. Det stället som är viktigt för tittaren är skarpt, och stora bländaröppningar föredras (KerryG, 2014). Vid fotografering och filmning är djupskärpan i en scen bunden till bländarstorleken, medan man med datorgenererad grafik kan göra hela scenen skarp. Stora bländaröppningar var tidigare nödvändiga för att fånga tillräckligt med ljus på fotot eller filmen. Framsteg inom kamerateknik har gjort det möjligt att fotografera och filma med mycket små bländaröppningar, och stora bländaröppningar används numera för att skapa en visuell effekt.

Ifall ett grässtrå i djupled är framför det objektet man tittar på, kan ögonen i en verklig situation inte anpassa djupskärpan både på grässtrået och på filmobjektet. Ifall vi väljer att fokusera ögonen på filmobjektet, är både grässtrået och kanterna kring grässtrået suddiga. Vid 2D film är vi vana med att scenen är ur fokus vid objekt som ”inte är viktiga”, medan ögat i 3D film tycker att det är visuellt störande ifall vi har ett suddigt grässtrå, eller i värsta fall, ett dubbelt och suddigt grässtrå, i synfältet. Fenomenet är svårt att demonstrera i en tvådimensionell miljö, men följande bilder gör ett försök.



*Figur 3. Scenen i två dimensioner med djupfokuset på trädet. Det "stör" inte att ljuset är lite suddigt.*



*Figur 4. Scenen i 3D då vi tittar på trädet. Ifall vi tittar på filmobjektet, trädet, så "stör" ljuset och fönsterbalken.*



*Figur 5. Scenen i 3D då vi tittar på ljuset, det är tydligare att ljuset är suddigt eftersom resten av scenen nu uppfattas som oskarp p.g.a. skillnad i parallax (även om trädet är skarpt i både bilden för vänstra och högra ögat).*

För att få tag på 3D-filmer kan man vända sig till två huvudsakliga källor. Bluray eller internet (Cnet, 2012). I filmer som finns på nätet är videon oftast kodad i MPEG-4 AVC format (H.264) och lagd i en MKV- eller MP4 container. Filmerna brukar vara av HSBS eller HOU format, andra format finns men är sällsynta.

Type	Name (Order by: Uploaded, Size, Uled by, SE, LE)	View: Single / Double	SE	LE
Video (3D)	Exodus: Gods and Kings (2014) 3D BrRip x264 - YIFY 🏠👤🌱 Uploaded 03-10 14:06, Size 2.16 GiB, Uled by YIFY	H.264 MP4 HSBS	743	320
Video (3D)	Big Hero 6 (2014) (2014) 3D BrRip x264 - YIFY 🏠👤🌱 Uploaded 03-06 12:39, Size 1.65 GiB, Uled by YIFY	H.264 MP4 HSBS	373	130
Video (3D)	Penguins of Madagascar (2014) 3D BrRip x264 - YIFY 🏠👤🌱 Uploaded 03-02 01:26, Size 1.44 GiB, Uled by YIFY	H.264 MP4 HSBS	354	94
Video (3D)	The Book of Life (2014) 3D BrRip x264 - YIFY 🏠👤🌱 Uploaded 03-11 05:05, Size 1.44 GiB, Uled by YIFY	H.264 MP4 HSBS	202	62
Video (3D)	X-Men Days of Future Past (2014) 3D BrRip x264 - YIFY 🏠👤🌱 Uploaded 10-04 2014, Size 1.95 GiB, Uled by YIFY	H.264 MP4 HSBS	187	47
Video (3D)	The.Hobbit.The.Battle.of.the.Five.Armies.2014.1080p.3D.BRRip-JYK 🏠👤🌱 Uploaded 03-10 15:11, Size 7.6 GiB, Uled by condors369	H.264 MKV HOU	150	85
Video (3D)	How to Train Your Dragon 2 (2014) 3D BrRip x264 - YIFY 🏠👤🌱 Uploaded 03-10 15:33, Size 1.65 GiB, Uled by YIFY	H.264 MP4 HSBS	144	72
Video (3D)	Exodus Gods and Kings 2014 1080p 3D BRRip Half-OU x264 DTS-JYK 🏠👤🌱 Uploaded 03-10 15:11, Size 7.91 GiB, Uled by condors369	H.264 MKV HOU	85	66
Video (3D)	Guardians of the Galaxy (2014) 3D BrRip x264 - YIFY 🏠👤🌱 Uploaded 11-17 2014, Size 1.85 GiB, Uled by YIFY	H.264 MP4 HSBS	82	25
<b>Search results: 3D -yify -jyk</b>				
Type	Name (Order by: Uploaded, Size, Uled by, SE, LE)	View: Single / Double	SE	LE
Video (3D)	The Hobbit The Battle of the Five Armies 2014 3D - Ozlem 🏠👤🌱 Uploaded 03-08 10:38, Size 2.13 GiB, Uled by e.ozlem	H.264 MP4 HSBS	36	8
Video (3D)	The.Hobbit.The.Desolation.Of.Smaug.3D.2013.1080p.BluRay.Half-SBS 🏠👤🌱 Uploaded 03-19 2014, Size 14.81 GiB, Uled by BOZX	H.264 MKV HSBS	25	13
Video (3D)	IMAX Under The Sea 3D (2010) USB3DTV Eng-Fra-Esp 1080p MKV 🏠👤🌱 Uploaded 11-16 2010, Size 6.45 GiB, Uled by webchella	H.264 MKV HSBS	22	6
Video (3D)	Gravity.3D.2013.1080p.BluRay.Half-SBS.DTS.x264-PublicHD 🏠👤🌱 Uploaded 02-07 2014, Size 8.84 GiB, Uled by BOZX	H.264 MKV HSBS	22	8
Video (3D)	Avatar 2009 1080p 3D HOU BDRip x264 ac3 vice 🏠👤🌱📄 Uploaded 04-21 2013, Size 8.2 GiB, Uled by vicerock	H.264 MP4 HOU	20	2

Figur 6. En representation över utbudet på nätet. Bilden är sammanställd av sökresultat från thepiratebay.se

HSBS och HOU H.264 MKV och MP4 filerna går att spela i programmet Stereoscopic Player (v.2.3) och är lätta att konvertera till valfritt format eftersom de är sparade som vanliga 2D filmer i bekanta resolutioner, men med avvikande bildformat (HSBS 8:9 vs HOU 32:9). Orsaken till att både HSBS och HOU har speciella resolutioner och bildformat är att de ursprungligen är tänkta för att uppvisas på passiva 3D-system. I passiva 3D-system faller hälften av resolutionen på något led automatiskt bort p.g.a. varannan pixelrads polarisering på olika led (tidigare nämnt i kapitlet om tekniken).

Standarden för 3D video på Blu-ray är MPEG-4 AVC video (H.264) kodat med MVC (Business Wire, 2015). MVC är en implementation av 2D plus Delta metodiken, som gör att man kan spara en 3D-video med ett medeltillägg på 30-60 % av 2D videon, i jämförelse med 100 % för SBS el. OU (Wikipedia, 2015).

MVC formatet sparar en videofil med informationen för vänstra ögat och en annan fil med information över hur den högra kanalen skiljer sig från den vänstra ("Delta"). För att återskapa den högra kanalen, gör MVC dekodern en dubblätt av vänstra kanalen,

varpå den lägger till deltakanalen. MVC videon är tung att konvertera, men mycket effektiv då man vill minska bandbredd. (Blitz, 2013)

### 2.3.3 Spel

Eftersom 3D-spel inte går att spela på nätet används inte videomaterial från spel i arbetet. Kunskap om skillnaden mellan 3D och 2D i fallet videospel kan ändå vara nyttigt för läsare av detta arbete ifall de vill producera 3D-videor med hjälp av att spela in 3D spel.

För kameror i spel eller 3D-animationer är det lätt att skapa två viewports istället för en (Thames, 2010). Man väljer att använda två virtuella kameror som går att placera hur som helst i den tredimensionella världen, eftersom virtuella kameror inte tar upp något utrymme.

Ytterligare en viewport kräver en till rendering av omgivningen från en annan vinkel, vilket resulterar i ett högre krav på hårdvaran. Processorn, grafikkortet, skärmen och de aktiva glasögonen måste alla klara av upp till dubbelt den takten som skulle krävas för 2D-material.

För att minska på hårdvarukraven för 3D-spel, har framtidsvisioner över en optimering motsvarande MVC formatet, som används vid BD3D video, uppstått. Optimeringarna har ännu inte tagits i bruk (Sony Computer Entertainment Europe, 2010)

Medan filmer och serier i regel filmas och visas med 24 fps, är 60 fps vid skjutspel och actionspel ett krav för en mjuk spelupplevelse, även om bildfrekvens och rörelsesudd är ett helt forskningsområde i sig (100fps, 2015). På sistone har vissa speltillverkare även påstått att 30 fps kan ge en mera filmliknande känsla till spelet (Langley, 2014).

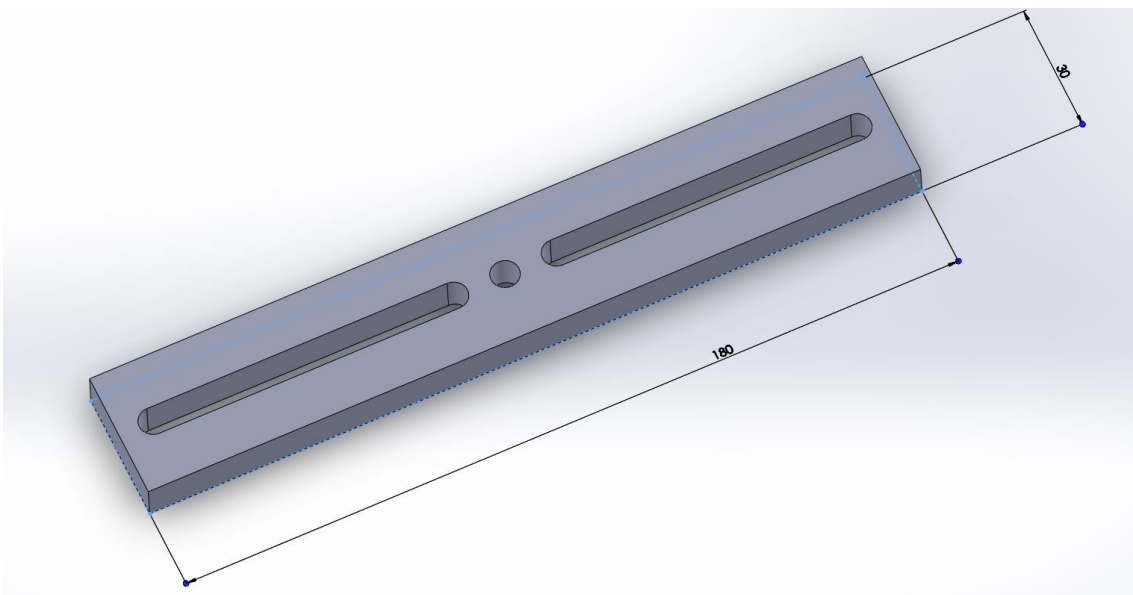
Människans gräns för att hinna uppfatta stimuli ligger i medeltal ungefär kring 45 fps. Uppfattningsförmågan varierar och en fjärdedel av oss uppfattar stimuli även vid 60 fps (Larry E., et al., 2009).

### 3 MATERIALPRODUKTION

#### 3.1 Utrustning och val av miljö

Stycket går igenom hur man producerar 3D-film. Utrustningen och tillbehör som använts i arbetet behandlas.

Jag har tillgång till två Sony HDR CX6EK videokameror och ett kamerastativ. En rigg av plast planeras i SolidWorks och fräses ut med hjälp från Erland Nyroth i Arcadas verkstad.



Figur 7. En bild över Solidworks modellen för 3D riggen. Skårorna är för att kunna justera avståndet mellan kamerorna, hålet i mitten för att fästa kameran till stativet.

3D riggen möjliggör montering av de två Sony kamerorna på ett stativ med valfritt linsavstånd. Bultar, brickor, och muttrar används för att fästa 3D riggen på stativet och kamerorna på 3D riggen. Bultarna är av storleken  $\frac{1}{4}$  tum med 20 varv gänga per tum. Bultarna fick jag tag på via Espoon Pultti (Suhonen & Vihiniemi, 2014)



*Figur 8. Kamerorna fästa på riggen, riggen fäst på ett stativ.*

Jag valde vardagsrummet som testmiljö för det egenfilmade materialet. Arbetets syfte är inte att producera intressant innehåll och motivet fungerar bra i demonstrationssyfte eftersom belysningen går att justera och avståndsskillnader lätt kan skapas genom att flytta på möbler.



Figur 9. Skärmdump från testscenen.

## 3.2 Parametrar

### 3.2.1 Vinklar och linsavstånd

Kamerorna skall vara placerade bredvid varandra så att linsernas riktning är den samma. Detta var den prioriterade regeln då kamerorna monterades på riggen. 3D riggens kanter är frästa jämna med hög noggrannhet och en vinkelhake användes för att garantera att kamerornas linser var på exakt samma linje. Valet att fästa stor vikt på just detta gjordes för att minska på antalet parametrar som kan påverka 3D upplevelsen.





*Figur 10. En vinkelhake används för att garantera att kamerornas linser är i exakt samma vinkel. Illustrerat hur snett det blir med en hand.*

Linsavståndet vid 3D filmning skiljer sig beroende på scenen, men en allmän rekommendation är att inte filma objekt som är närmare än 30 ggr avståndet mellan linserna. Då en testscen lades upp, var filmobjekten var på 50, 100 och 200 cm avstånd från kameran. Linsavstånd från 7-19 cm testades vid varje avstånd för att ge en uppfattning om hur linsavstånd påverkar 3D upplevelsen i jämförelse med parallaxen. Testets resultat uttrycks förenklat med att parallaxen är det som ger uppfattning om avstånd. Jag upplevde att linsavståndet närmast är en formalitet vid scenerna filmade på 2 meters avstånd. På närmare avstånd är det naturliga avståndet mellan ögonen en bra tumregel att följa för linsavstånd.

Linsavståndet valdes till att vara 7,6 cm, eftersom det här var det närmaste monteringsavståndet för kamerorna (Seymore, 2008) (Dashwood, 2011) (Goss, 2013).

### 3.2.2 Exponeringstid, bländaröppning och bildfrekvens

Sony kamerorna som används i arbetet ger inte användaren möjligheten att justera exponeringstiden, bländaröppningen eller bildfrekvensen. Nedanstående text inkluderas i arbetet eftersom informationen i stycket är viktigt vid produktionen av 3D-video.

En tumregel för bildexponering i film är ”180 graders regeln” (Power, 2013). Exponeringstiden uttrycks i bråk, och regeln säger att exponeringstidens nämnare skall vara dubbelt bildfrekvensen. Ifall man filmar med 24 fps skall man ha 1/48 sekund som exponeringstid, för att åstadkomma tillräckligt ”rörelsesudd” för att ge hjärnan illusionen av en mjuk rörelse trots den låga bildfrekvensen. Denna regel är accepterad inom filmbranschen trots att det är en subjektiv åsikt (Dawson, 2010).

Dawson nämner i sitt inlägg hur den här regeln inte alltid följs, även om han påstår att det är eftersom folk inte känner till den. Att den här regeln skall följas då man filmar 3D-material hittade jag ingen källa på, men ett tränat öga kunde kanske avgöra detta genom att se på stillbilder t.ex. från Peter Jacksons *The Hobbit*.

Bländaröppningen eller ”F-talet” styr djupskärpan i en bild (Niculescu, 2011). Bländartalet är indelat enligt samma steg som ljuskänslig film finns att köpa i. Skillnaden mellan F-talet 2 och 2,8 är samma som ljusskillnaden mellan ISO-100 och ISO-200 film (ExposureGuide.com, 2015)

Peter Jackson har valt att hålla hela scenerna skarpa då han har spelat in filmtrilogin *The Hobbit*.



Figur 11. Scenen är skarp ända från det närmaste ljuset till ljuset i skafferiet bakom Bilbo.

James Cameron har valt att placera skärpan i filmen Avatar endast på intressanta objekt, på ett motsvarande sätt som man placerar skärpan vid ett djup i 2D film.



Figur 12. Cameron har valt att göra både gräset och bakgrunden oskarp för att styra tittarens blick till Jake och Neytiri.

Skillnaden mellan Camerons metod och vanlig film är att majoriteten av Camerons film är virtuellt skapad och var därmed skarp på alla djup innan den nådde editeringen. Cameron har då haft möjligheten att låta både bakgrunden och personerna i förgrunden vara skarpa, men valt att skapa en djupskärpa som påminner om djupskärpan i 2D film.

## 4 MATERIALBEHANDLING

Jag presenterar möjligheterna och kraven för att visa material på en dator som är Nvidia 3D Vision kompatibel.

### 4.1 Drivers, Browsers och HTML5

Nvidia erbjuder drivrutinerna som behövs för produktpaketet Nvidia 3D Vision. Alternativa drivrutiner finns men saknar officiellt stöd. Drivrutinerna kan laddas ner direkt från deras hemsida, i samband med grafikkortets drivrutiner. Vision fungerar officiellt endast med Nvidias grafikkort (3d4dd, 2011) (3DVisionBlog & butmunch, 2012) (astrotom, 2013).

Det är endast Firefox (versionerna 4 till 32.0b9) som stöder 3D WebM video med hjälp av HTML5.

Tabell 1. Streaming alternativ på webben

Support	Silverlight	HTML5
Internet Explorer	X	
Mozilla Firefox	X	X
Google Chrome	X	
Youtube		X
Digital Rights Management	X	
Web Player Customization	X	X
Adaptive Bit Rate Streaming	X	X
Embeddable in a website	X	X

### 4.2 Mediaformat, webm

För att presentera 3D-video på en nätsida måste videon vara i det rätta formatet. Då man presenterar material med hjälp av HTML5, kan man använda sig av Nvidias Javascript baserade application programming interface (API) och servera den videon i 3D WebM formatet (Nvidia, 2011). Nvidias Javascript bibliotek med 3D WebM funktionaliteten kan implementeras i vilket som helst HTML5 videobibliotek.

Nvidia erbjuder ett startpaket i dokumentationen för produktpaketet Vision. Startpaketet är en .zip fil som innehåller ett exempel på en videofil som kan återgivnas på nätet. WebM exempelfilen har följande format:

Tabell 2. Exempelfilens format, information hämtad med programmet MediaInfo v.0.7.72 och VLC Media Player

Filnamn	NVIDIA_3DVision.webm
Container	WebM Version 2
Storlek - Tid	41,3MB – 6m 48s
Bitrate	Variabel ~ 849kbps
Video kodek – Bitrate	Google/On2 VP8 ~ 679kbps
Bredd - Höjd	640px – 180px
Frame Rate	Variabel ~ 30
Audio kodek – Bitrate	Vorbis ~ 128kbps
Kanaler - Samplingsfrekvens	2 – 44,1 kHz

För att kunna uppvisa materialet som producerats i detta arbete, skall det konverteras till samma format som Nvidias exempelfil. Videon skall kodas med VP8 kodeken och WebM containern. Det tillhörande ljudet ska kodas med Vorbis kodeken.

#### 4.2.1 Konvertering

Mjukvara och kodek som används för att konvertera videomaterialet till det rätta formatet för HTML5 3D WebM video är:

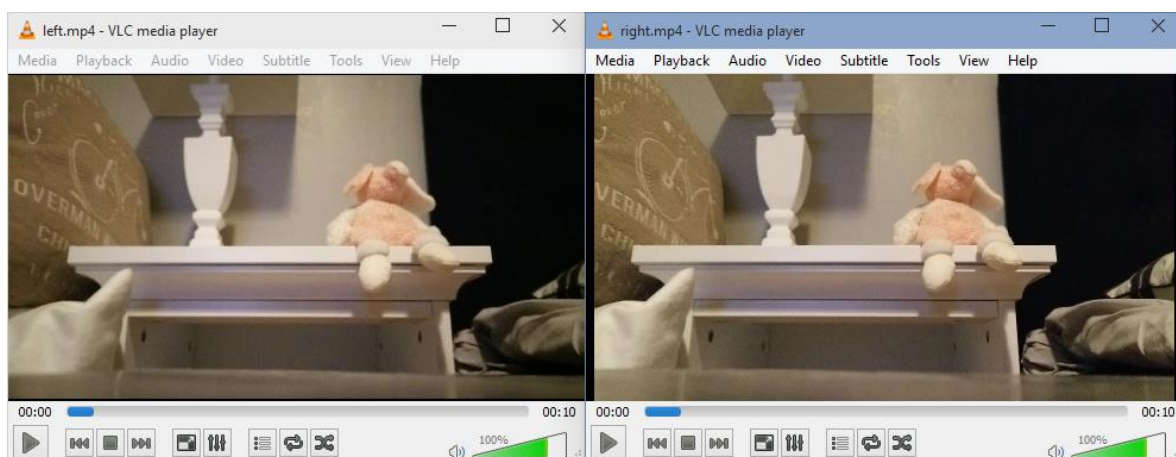
- FFDSHow (20041012)
- FFmpeg (Static x64 Build 2014-11-20 git-4388e78)
- Avisynth (2.5.8) + (AvsPmod 2.5.1)
- Haali Media Splitter eller MatroskaSplitter (1.13.138.14)
- Stereo Movie Maker (1.21) & StereoPhoto Maker (5.0.6.0)
- Windows 7 DirectShow Filter Tweaker (5.9)
- Valfritt:
  - VLC Media Player (2.1.5 Ricewind)
  - MediaInfo (0.7.72)
  - Nvidia Vision 3D Player (Stereoscopic Player v.2.3 med Nvidias linsensfil, se 3. Uppspelning)
  - Handbrake (0.10.1)

Texten nedan går igenom hur konverteringen går till om det inspelade materialet består av två videofiler, en för vardera ögat. Om man följt instruktionerna i materialproduktionskapitlet och använt två kameror för inspelningen av videon är detta fallet. Vissa färdiga 3D-kameralösningar spelar in materialet som endast en 3D-videofil. I detta fall måste materialet först delas upp till två separata videofiler. Konsultera internet eller an-

nan lämplig dokumentation som går igenom arbetsflödet för att skilja på vänster och höger kanal från en video till två. Bra sökord är ”split 3D video file left right”. Det är också bra att inkludera modellen på kameran som använts för att spela in videon som sökord.

Innan materialet kan konverteras till formatet för webben, måste formatet på den inspelade videon gå att öppna i mjukvaran Stereo Movie Maker. I mjukvaran kan man justera parallaxen och eventuella fel i timingen mellan vänster och höger kanal som uppstår vid inspelningen.

Stereo Movie Maker stöder endast filer i formatet rå AVI. Varken Sony kameran eller OnePlus One telefonen spelar in video i detta format. Här används AVC video med AAC ljud i en MP4 container eftersom OnePlus One telefonen spelar in video i det här formatet.



Figur 13. Vänster och höger videokanal som MP4 AVC.

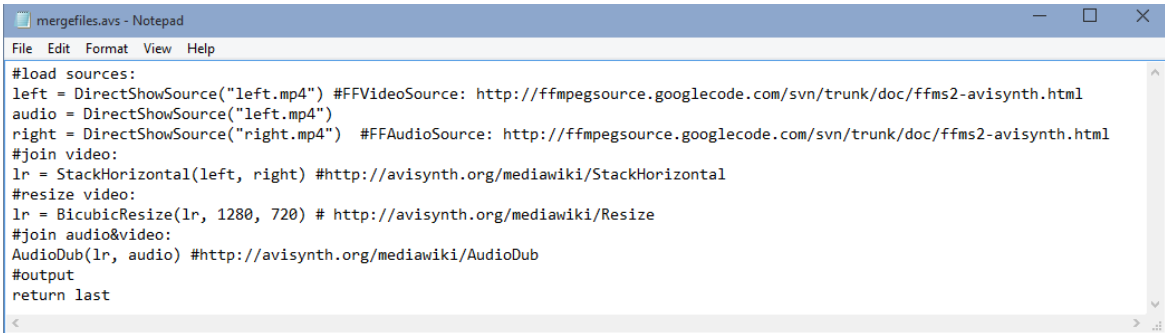
Mjukvaran Handbrake klarar av det flesta konverteringarna och är mycket användarvänlig. Även om Handbrake eller annan mjukvara skulle klara av att konvertera filerna som spelats in till råa AVI-filer, tar detta länge och använder mycket lagringsutrymme.

Stereo Movie Maker kan öppna en videoström med hjälp av Avisynth och nästa steg är därför att skriva ett Avisynth script. Scriptet ska öppna källfilerna, placera dem bredvid varandra och returnera videoströmmen till Stereo Movie Maker. På det viset kan man importera material som inte är i rätt AVI format till Stereo Movie Maker.

DirectShowSource och FFVideo- och AudioSource är metoder för att importera video (Developers, 2013). DirectShowSource metoden använder sig av Microsofts DirectShow för att läsa filen, och stöder de filformaten man kan öppna i Windows Media Player. FFVideo- och AudioSource metoderna använder sig av ett bibliotek som byggts runt libav, och stöder de flesta filformaten som används idag (Developers, 2015).

Scriptet nedanför fungerar med all video som stöds av DirectShow, och genom att byta ut DirectShowSource till FFVideoSource och FFAudioSource stöds även all video som FFDSHOW stöder. Exempel på FFDSHOWS stöd är H.264, MPEG-4, MPEG-2, H.263, VP3, VP6, Theora, MJPEG, SVQ3, MP3, AC3, DTS, E-AC3, AAC, och Vorbis (clsid, et al., 2014)

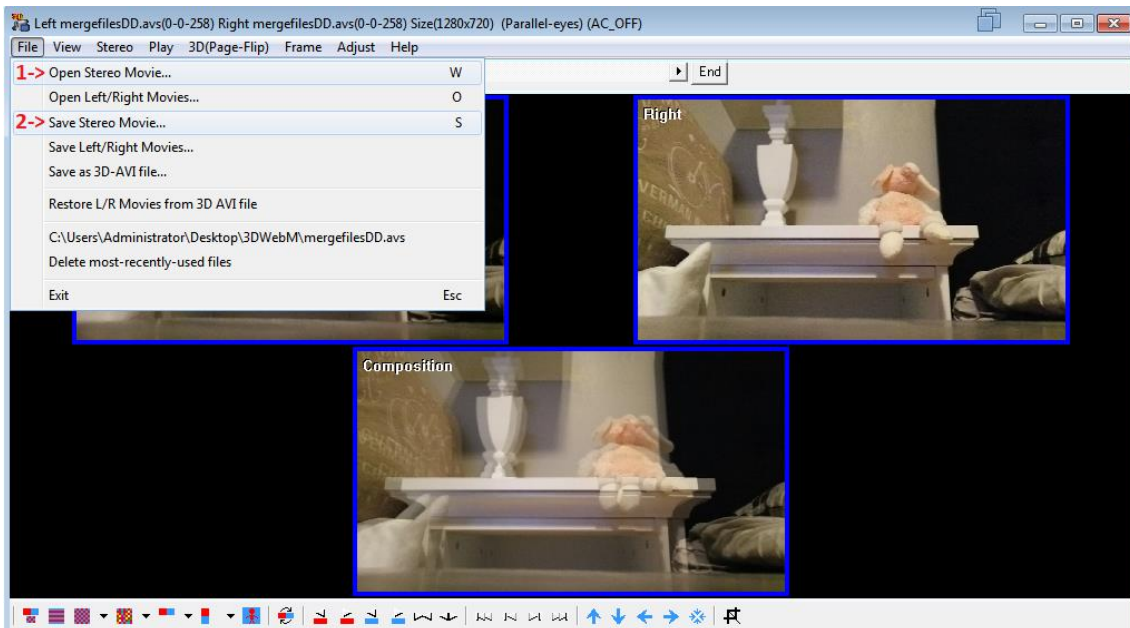
Ifall materialet ska lämpa sig för cross eyed-tittande kan vänster kanal importeras som höger kanal och vice versa.



```
mergefiles.avs - Notepad
File Edit Format View Help
#load sources:
left = DirectShowSource("left.mp4") #FFVideoSource: http://ffmpegsources.googlecode.com/svn/trunk/doc/ffms2-avisynth.html
audio = DirectShowSource("left.mp4")
right = DirectShowSource("right.mp4") #FFAudioSource: http://ffmpegsources.googlecode.com/svn/trunk/doc/ffms2-avisynth.html
#join video:
lr = StackHorizontal(left, right) #http://avisynth.org/mediawiki/StackHorizontal
#resize video:
lr = BicubicResize(lr, 1280, 720) # http://avisynth.org/mediawiki/Resize
#join audio&video:
AudioDub(lr, audio) #http://avisynth.org/mediawiki/AudioDub
#output
return last
```

Figur 14. Scriptet som användes för inspelad video med OnePlus One smarttelefonen.

Avisynth scriptet kan testas i mjukvaran AvsPmod, ett grafiskt användargränssnitt för Avisynth script. AvsPmod visar mindre kryptiska felmeddelanden än Stereo Movie Maker och är därför behagligare att testa scriptet i. Ifall videon returneras felritt i AvsPmod fungerar scriptet som det ska. Öppna då Avisynthscriptet, själva .avs filen, som en "Stereo Movie" i Stereo Movie Maker.



Figur 15. Visualisering över editering i Stereoscopic Movie Maker. På bilden är menyvalen för importering och exportering markerade.

Efter importen ska parallaxen justeras. En tumregel för parallaxjusteringen är välja ett objekt som ligger i mitten av scenen i djupled, och justera videokanalerna så att de ligger på varandra vid objektet i fråga.

Vid inspelningen uppstår nästan alltid skillnader i timingen mellan vänster och höger kanal, eftersom ”rec-knappen” är omöjlig att trycka in samtidigt på båda kamerorna. Genom att använda de blåa och röda pilarna i nedersta balken av programmet för att åtgärda timingen.

Då parallaxen och timingen är granskade kan en ”Stereo Movie” exporteras. Exportalternativet visas som nummer 2 i Figur 15.

Ibland lyckas programvaran inte skapa de nödvändiga bitmapparna för 3D filen, speciellt vid material med variabel fps. I detta fall kan filen sparas som en ”Left/Right movie”. I detta fall sparas två .avi filer kodade rått AVI format. Vänster och höger .avi fil från den nyskapade ”Left/Right movien” kan sedan importeras en gång till och sedan sparas som en ”Stereo Movie”.



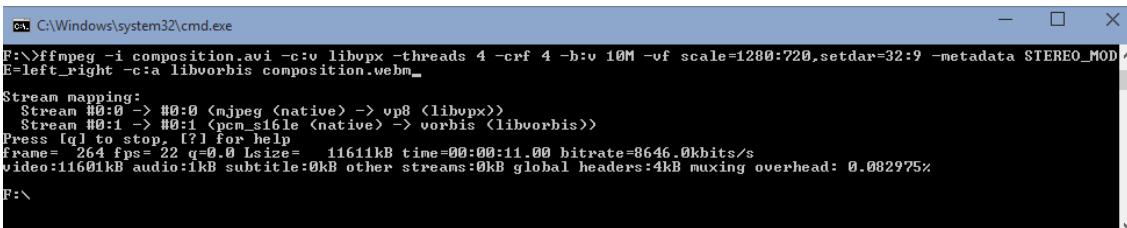
Ifall materialet skall lämpa sig för anaglyf-tittande kan rätt färger, röd-cyan eller gul-blå, väljas med den fjärde ikonen från vänster i den nedre balken i programmet. Det är även viktigt att välja rätt anaglyf format vid exporteringen av filmen.

Se på filen med Stereoscopic Player och avgör ifall 3D djupet ser rätt ut. Om parallaxen placerats i mitten av scenen, borde allt som låg framför objektet i mitten av scenen se ut som de vore närmare tittaren än vad skärmen är, och vice versa. Om effekten inte är den önskade, gå tillbaka till Stereo Movie Maker och gör om justeringarna.

Om justeringar i parallaxen eller timingen inte ger ett bra resultat, granska det inspelade materialet. Typiska misstag kunde vara ett för långt avstånd mellan kamerorna eller att kamerorna inte var riktigt parallella. Objektiv med mycket korta eller mycket långa brännvidder kan också orsaka problem.

Om problem uppstår vid uppspelningen av den exporterade filen, öppna den i Hand-Brake och konvertera den till t.ex. en mp4 genom att använda ”High Profile-” förhandsinställningen.

Då filen ser rätt ut i Stereoscopic Player måste den komprimeras för användning på webben. I forskningen som utfördes hittades inga program med grafiska användargränssnitt som kan skapa 3D WebM filer. I brist på dessa konverteras filen som exporterats i Stereo Movie Maker till en 3D WebM fil med hjälp av ffmpeg i ett kommandofönster.



```
ex. C:\Windows\system32\cmd.exe
F:\>ffmpeg -i composition.avi -c:v libvpx -threads 4 -crf 4 -b:v 10M -vf scale=1280:720,setdar=32:9 -metadata STEREO_MOD
E=left_right -c:a libvorbis composition.webm_
Stream mapping:
  Stream #0:0 -> #0:0 (njpeg (native) -> vp8 (libvpx))
  Stream #0:1 -> #0:1 (pcm_s16le (native) -> vorbis (libvorbis))
Press [q] to stop, [?] for help
frame= 264 fps= 22 q=0.0 lsize= 11611kB time=00:00:11.00 bitrate=8646.0kbits/s
video:11601kB audio:1kB subtitle:0kB other streams:0kB global headers:4kB muxing overhead: 0.082975%
F:\>
```

Figur 16. Kommandot som jag använder för videokonvertering till WebM. Dokumentation över kommandot och dess alternativ finns på ffmpes wikisidor (FFMpeg, 2015)

### 4.3 Förverkligande av hemsidan

För att verkställa hemsidan användes mjukvaran Notepad++. Det finns inga krav på webbsidans utseende och fokus ligger på dess funktioner. Webbsidan använder inte sig

av någon programkod på serversidan, så koden för webbsidan och de tillhörande JavaScript filerna som möjliggör HTML5 3D WebM video går att se på och ladda ner genom att se på källkoden för sidan.

Utformningen av webbsidan gjordes lokalt för att minimera antalet filöverföringar till servern. När webbsidan fungerade som den skulle lokalt, laddades filerna upp på Arcadas interna servrar, på adressen <http://people.arcada.fi/~bistromd/3DWebM>. På nätsidan finns klippen som behandlats i arbetet. Materialet på webbsidan kan ses i tre dimensioner ifall man har utrustning med stöd för 3D-material. Om man inte har 3D-utrustning visas materialet i två dimensioner, i SBS formatet. Firefox (versionerna 4 till 32.0b9) är i nuläget den ända webbläsaren som stöder 3D WebM material. Man kan även ladda ner detta arbete på sajten.

## 5 KVALITETSUNDERSÖKNING

För att fastställa en kvalitetsrekommendation för 3D-material på nätet görs en empirisk undersökning. Deltagarna är fem personer utan större kunskap i videokompressionsmetodik. Undersökningen använder sig av en subjektiv bedömningsmetod för utvärdering av videokvalitet. Förkortningen SAMVIQ från engelskan syftar på denna metod (Kozamernik, et al., 2005).

### 5.1 Utförelse

I undersökningen används en Asus VG248QE 144 Hz TN monitor. Testet utförs klockan 18, den 26 april 2015 i arbetsrummet i en höghuslägenhet. Lamporna i rummet är släckta, skjutdörren till rummet är stängd och det stora fönstret som upptar väggen till höger om tittarna är täckt med en mörkläggningsgardin. Rummet är 3,0 m djupt och 4,5 m brett. Skärmen är 24 tum, placerad 100 cm från golvet, och 60 cm ifrån tittaren som sitter i en skrivbordsstol. Två satellithögtalare, med en effekt på 16 W, från en Logitech Z-5450 5.1 hemmabio används för ljudåtergivning. De aktiva 3D glasögonen som används i undersökningen är en del av produktpaketet Vision 2.

I undersökningen används ett klipp ur filmen Avatar. Scenen börjar med att en helikopter flyger genom bilden. Helikoptern är omringad av en flock utomjordiska fåglar. Helikoptern flyger vidare över ett vattenfall och ner i en dal. Klippet fortsätter med vy över landskapet i dalen, där helikoptern åker ner i en skog och landar. Scenen valdes eftersom den är actionfylld, detaljrik och snygg i 3D. Klippet innehåller typiska fallgropar för kompressionsalgoritmer: objekt som rör sig snabbt, många rörliga objekt, landskaps-sceneri med hög detaljnivå och ständigt panorerande kameror. Scenen i sin helhet har en lugn stämning och kamerarörelserna är långsamma. Därmed har objekten i klippet inte utsatts för mjuk fokus, vilket skulle vara typiskt för snabba actionscener.

Testpersonerna sätter sig i skrivbordsstolen med 3D-glasögonen på. Personerna ombes att ta ställning till om något av klippet är av så dålig kvalitet att det försämrar deras tittupplevelse. De ombes även att ordna klippet enligt kvalitet. Testpersonerna får titta på en spellista med fyra testklipp och de får se klippet så många gånger de vill, i vilken

ordning de vill. De får även pausa och använda sig av sökbalken för att flytta sig framåt eller bakåt på tidslinjen av varje klipp. Testklippen har filnamnen Avatar1, Avatar2, Avatar3 och Avatar4 och spelas automatiskt upp efter varandra. Klippens numrering är slumpmässig och avslöjar inte överföringshastigheterna. Testklippen skiljer sig från varandra endast i överföringshastighet (bitrate) och alla är av resolutionen 1080p.

Överföringshastigheterna för testklippen ses i tabellen nedan. Överföringshastigheterna har valts utgående från typiska överföringshastigheter för olika medium (Google, 2015) (jcdutton, 2015) (Blu-ray Disc Association, 2010) och nätrekommendationerna föreslagna av Netflix (Netflix, 2015). Alla klipp är konverterade till 3D WebM formatet från originalet som är en BD3D skiva.

Tabell 2. Överföringskapacitet hos testklippen

Filnamn	Kbps	Kommentar
Avatar1	10000	DVD
Avatar2	4000	1080p Youtube
Avatar3	6000	Netflix HD
Avatar4	40000	Blu-Ray



Figur 17. En förstorad (ca 200 %) skärmbild från filen med 40 mbps överföringshastighet.



Figur 18. En förstord (ca 200 %) skärmbild från filen med 4 mbps överföringshastighet.

## 5.2 Deltagare

- Person 1, 22 år, studerar på den humanistiska fakulteten på Helsingfors universitet.
- Person 2, 69 år, pensionär som bor i Gamlas.
- Person 3, 42 år, bor i Vandadalen, trebarnsmor som jobbar inom restaurangbranschen.
- Person 4, 47 år, bor i Vandadalen, familjefar som jobbar inom bilbranschen.
- Person 5, 12 år, grundskoleelev från Vanda.

## 5.3 Resultat

Person 1:

Person 1 tittade på ca 20 sekunder av varje klipp, varefter hen växlade fram och tillbaka mellan klippen. Person 1 lyckades ordna klippen i kvalitetsordning. Person 1 konstaterade att hen inte skulle titta på en film med lika dålig kvalitet som klippen med en överföringshastighet på 4 mbps. Klippen med överföringshastigheter på 6 och 10 mbps gick att se på, men Person 1 föredrog klippet med överföringshastigheten 40 mbps.

Person 2:

Person 2 tittade igenom alla klipp i den ordningen som de automatiskt spelades upp. Person 2 såg ingen skillnad på klippen. Person 2 ville inte se dem igen och inte heller rangordna dem. Person 2 sade att alla såg exakt likadana ut.

Person 3:

Person 3 ansåg klippet med en överföringshastighet på 4 mbps möjligen se bättre ut än klippet med 10 mbps. Person 3 var även av åsikten att klippet med en överföringshastighet på 40 mbps var mindre skarpt än klippet med en överföringshastighet på 6 mbps. Person 3 konstaterade att ifall klippen spelades på var sin TV-kanal, skulle hen inte försöka hitta den bästa utan titta på den kanalen hen kom till först. Person 3 ville inte rangordna klippen enligt kvalitet.

Person 4:

Person 4 tittade på klippen i tur och ordning, jämförde vissa klipp sinsemellan och valde bort klippet hen ansåg vara av bästa kvalitet. Efter att ha upprepat detta tre gånger hade Person 4 rangordnat klippen i kvalitetsordning. Ordningen var den rätta, men Person 4 konstaterade att alla var av okej kvalitet och att hen inte skulle vara missnöjd även om klippet av den sämsta kvaliteten skulle visas på TV.

Person 5:

Person 5 tittade på klippen i den ordning de spelades upp. Efter att ha sett alla klipp rangordnade Person 5 dem i följande ordning från bäst till sämst kvalitet: 10 mbps, 40 mbps, 6 mbps och 4 mbps. Hen konstaterade att kvaliteten för alla klipp var duglig ifall de sändes på TV.

På basis av testpersonernas kommentarer går det inte att fastställa en allmän standard för 3D-material på nätet. Testpersonernas kommentarer tyder på att en överföringshastighet på 4 mbps är tillräcklig för att uppfylla deras kvalitetskrav. Bland testgruppen fanns individer vars kvalitetsstandard var högre, och om man vill beakta deras krav borde man använda sig av överföringshastigheter högre eller lika med 6 mbps. Trots stora åsiktsskillnader mellan testpersonerna, kan det konstateras att typiska bredbandshastigheter inte är en begränsande faktor för 3D-strömning eftersom den globala medeluppkopplingshastigheten är högre än 4 mbps (Akamai Technologies, 2014).

## 6 RESULTATREDOVISNING

### 6.1 Sammanfattning

Arbetet behandlade två sätt att producera 3D-material som kan visas i Firefox webbläsaren av de som har en passande 3D uppspelningsutrustning. Dessa sätt var filmning och fotografering. I arbetet presenterades kraven på utrustning som lämpar sig för att se på det producerade 3D-materialet.

Arbetet går igenom begrepp och termer nödvändiga för läsaren, och förklarar typiska skillnader mellan 2D och 3D-material. Efter en uppställning av avgränsningarna för arbetet började materialproduktionen. Nyttig information om 3D-materialproduktion behandlades och ett antal testklipp producerades. Testklippen editerades och konverterades till ett lämpligt format för att sedan kunna spelas upp på webben. De producerade testklippen lades upp på en nätsida på adressen <http://people.arcada.fi/~bistromd/3DWebM>.

En kvalitetsundersökning utfördes för att fastställa optimala filstorlekar för det producerade materialet, med syftet att minska på hastighetskraven för nätförbindelsen då 3D-material spelas upp.

### 6.2 Analys

Arbetets syfte var att sänka tröskeln för produktion av 3D material för webben. Forskningen var lyckad och gav en fungerande lösning till hur 3D-material kan produceras och visas på webben. Kapitlet om 3D-tekniken är lättläst och ger en grundlig redogörelse över invecklade fenomen för läsaren.

Arbetet lyckas presentera och behandla två sätt att producera 3D-material med en mycket liten budget, essentiellt för att uppfylla forskningens syfte. Trots försöket att presentera så många utrustningsalternativ för uppspelning av 3D-material som möjligt, kvarstår problemet med att det alltid krävs specialutrustning för att kunna se på 3D-material. Även om 3D-certifierade TV:n blir allt vanligare, är det få hushåll som har en

3D-kapabel dator kopplad till den. De smarta televisionernas inbyggda webbläsare är också långt ifrån att erbjuda en lösning för 3D-videoströmning. Eftersom Firefox inte längre stöder 3D WebM formatet (versionen 33 och senare) försvåras situationen för 3D-materialproducenter ytterligare.

Arbetets kvalitetsundersökning kunde inte fastställa en optimal lösning för videokvalitet. Testpersonerna hade mycket olika uppfattningar över vilken videokvalitet som var tillräcklig. Experimentet gav en insikt i medelkonsumentens syn på videokvalitet, och bevisade att internet-förbindelsernas hastighet inte längre är ett hinder för att strömma 3D-video.

Strukturen för arbetet är fungerande, men krävde mycket arbete, eftersom arbetet skulle fungera som en handbok för de läsare som inte var insatta i ämnet. Vissa stycken är för avancerade för mindre insatta läsare, men informationen i dessa stycken ger viktig tilläggsinformation för de mer insatta läsarna.

## **7 DISKUSSION**

Jag är mycket nöjd med arbetets slutresultat. Jag märkte i ett tidigt skede att jag valt ett ganska specifikt ämne som inte var det lättaste att forska i. Trots detta hittade jag användbara källor och resurser på nätet. Jag hittade svar på mina ursprungliga forskningsfrågor och fick ihop ett omfattande arbete. Arbetet blev tyvärr avgränsat på vissa punkter som jag ursprungligen tänkt få med.

Jag ville skapa en enkel animation med Blender för att illustrera användningsområdet för 3D-material inom datorgenererad grafik. En idé var att skapa en 3D-modell över en fiktiv produkt, och sedan animera en estetisk kamerarörelse för en produkt demonstration i 3D. Tyvärr hann jag inte med detta. Bortfallet påverkade varken arbetets struktur eller textens kvalitet, men om tiden räckt till hade ett tredje, produktions sätt inkluderats i arbetet. Produktionen av 3D-material med mjukvaran Blender 3D skulle säkert fungera som ett ensamstående forskningsprojekt.



Jag ville göra stycket om hur man spelar in 3D-film längre, men detta visade sig vara ett område som saknade klara riktlinjer. Resurser på nätet verkar ha splittrade åsikter om frågor som djupskärpa och linsavstånd. Detta var även orsaken till varför jag inkluderade ett stycke om hur djupskärpan i 3D-film hade hanterats av två kända regissörer. De källorna jag inkluderade om filmteknik och de tekniska punkterna som behandlas i arbetet räcker enligt mig långt, ifall man vill uppnå 3D-videomaterial som är behagligt att se på.

Jag försökte få tag på utrustning där det går att ställa in exponeringstiden, bländarstorleken och bildfrekvensen manuellt. Jag hade planerat att experimentera med dessa variabler för att skapa sex stycken testklipp av samma scen. Tre av klippen skulle ha olika exponeringstider. Dessa klipp skulle ha fastställt hur mycket rörelsesudd som är passligt för 3D-material. De andra tre testklippen skulle ha olika bländarstorlekar och kunde ha använts för att fastställa hurdan djupskärpa som är behagligast för ögonen i 3D-material.

Utrustningen jag fick tillgång till var mycket viktig för slutresultatet av arbetet. Jag vill tacka Arcada för möjligheten att låna de två Sony kamerorna som användes i arbetet. Ifall jag inte skulle ha fått tag på dessa kameror skulle materialproduktionskapitlet blivit bristfälligt. Jag är speciellt nöjd över arbetet kring min 3D-rigg och hur väl den fungerade i praktiken. Det var ändå synd att jag inte hann skapa mera actionfyllda scener med kamerorna, då 3D-filmning visade sig vara svårare än jag förväntat mig. Min kreativaste idé, att fästa kamerorna på en dammsugarrobot, lyckades inte då djupskillnaderna var för stora för att filma med ett fast linsavstånd i en enda scen. Dammsugaren träffade väggar och skåp, och vände sig snabbt mot resten av rummet. Snabba växlingar mellan nära och långt borta gav mig huvudvärk då jag såg på materialet. Jag spelade också ett testklipp av vägen framför höghuset från balkongen. Poängen med klippet var att se om linsavståndet på 8 cm skapade någon 3D-upplevelse alls, då vägen var så långt borta. De dåliga ljusförhållanden gav brus i videon, vilket gav upphov till en nästan artistisk 3D effekt lite överallt i de mörka områdena av klippet. Filma alltså inte 3D i mörka förhållanden.

Det var också synd att jag inte fick tag på två OnePlus One smarttelefoner att utföra filmningen med. Jag skulle ha 3D-printat en rigg för dem och fotograferat och filmat

3D-material. Detta skulle ha varit en snygg illustration över hur man med en mycket låg budget kan låna en kompis telefon och filma i 3D. Sony-kamerorna hade fler begränsningar och färre egenskaper än just den här smarttelefonen har. Sony-kamerorna jag hade tillgång till var inte av den nyaste modellen, vilket delvis förklarar det jobbiga inspelningsformatet med rektangulära pixlar, och avsaknaden av vissa egenskaper, som t.ex. manuell justering av ISO-känslighet. Utöver detta var jag förvånad över skillnaden i vitbalans mellan de två kamerorna. Vitbalansen gick att justera manuellt och jag använde en vit vägg för att uppnå samma vitbalans. Tillverkningskillnader i kamerornas sensorer orsakade stora skillnader i den manuellt inställda vitbalansen och den ena kameran gav en grönaktig bild i jämförelse med den andra. Mest inställningsegenskaper skulle jag uppnått med två likadana systemkameror, men priset hos DSLR-kameror, som är kan spela in video i hög resolution, är fortfarande ganska högt. Även storleken på systemkameror orsakar problem vid inspelning av t.ex. inomhusscener, där linsavståndet måste vara litet.

Tyvärr erbjuder det här arbetet inte en djupare genomgång av varje steg i konverteringsprocessen. Processen är resultatet av min forskning i ämnet och jag ansåg att en noggrannare genomgång av varje steg varken skulle stöda syftet för arbetet eller svara på mina ursprungliga forskningsfrågor. Processen har utarbetats huvudsakligen genom inlägg och diskussioner med ”experter” på onlineforum. Majoriteten av informationen som behövdes för att utforma var och ett skede av processen, eventuella krav på videokodek eller kunskap i hur någon mjukvara fungerar, hittades i mjukvarornas dokumentation eller på deras wikisidor. I min källförteckning inkluderar jag därför några informationskällor som aldrig blivit hänvisade i texten, men som är relevanta i utformandet av konverteringsprocessen i arbetet.

Kvalitetsutvärderingen skulle ursprungligen att fastställa optimala överföringshastigheter för 3D-material producerade på olika vis. En tanke var att det egenfilmade materialet inte kunde uppnå samma kvalitetsnivå som kommersiellt producerad film och att det animerade materialet från Blender 3D skulle nå högre kvalitet än både det egenproducerade och det kommersiella materialet med motsvarande överföringshastighet. Animerat material har enfärgade bakgrunder och jämna ytor som är lätta att komprimera. Vid inspelning av verkliga scener är det svårt att uppnå samma nivå av felfrihet. Ett typiskt

problem för amatörproducerad video är dåliga ljusförhållanden, något som orsakar ett brus över hela videon. Detta brus hanteras dåligt av diverse komprimeringsalgoritmer och äter lätt upp den redan begränsade överföringshastigheten. Det egenfilmade materialet blev ändå bortlämnat från kvalitetsundersökningen, då jag hade problem med inspelning av rörligt material. Det animerade materialet blev också exkluderat, då kapitlet om produktionen av detta material inte blev gjort.

Kvalitetsutvärderingsexperimentet var lyckat genomfört och gav mig en nyfunnen insikt om hur låga kraven på videomaterial är. En lärare på Arcada har tidigare uttalat sig om hur borttappade medelkonsumenterna är då det kommer till framsteg inom videokvalitet. Vare sig det gäller färg-TV, digital-TV eller högdefinitions-TV är konsumenten helt blind till kvalitetsskillnaden tills hen har fått tid att vänja sig vid den bättre standarden.

## **7.1 Användningsområden**

3D-streaming på videodelningssajten Youtube togs i bruk i samband med annonseringen av deras HTML5 spelare. Än idag är HTML5 videospelaren på sajten i ett så kallat beta-skede och 3D-stödet har fallit bort från både Youtube och Firefox webbläsaren. Under tiden då stödet fanns, blev det bevisat att en 3D-videoströmningsajt inte är omöjlig att verkställa och att 3D-entusiaster gärna laddar upp egenproducerat 3D-material.

Videoströmning blir allt populärare och sajter som Netflix fungerar för många hushåll som deras primära källa för filmer. En märkbar mängd av filmerna som går på bio visas i 3D och 3D-certifierade Tv:n blir allt vanligare i hemmen. Det är enligt mig endast en fråga om tid tills strömningssajter som Netflix erbjuder filmer i 3D.

Molntjänster blir allt vanligare och det kommande Windows 10 operativsystemet har inbyggd molnlagringsfunktionalitet. Om molnlagringstjänsterna skall bli en del av konsumentens vardag, måste möjligheten att strömma sina videofilmer finnas. Ifall konsumenterna äger 3D-filmer som de vill spara i molnet så måste stödet för 3D-strömning åter implementeras i dagens webbläsare.

Kamerorna i smarttelefonerna blir mindre och bättre. Vissa företag erbjuder redan smarttelefoner med 3D-inspelningsegenskaper. Portabla enheter med 3D-skärmar som inte kräver glasögon har också funnits på marknaden i några år. Lagringsutrymmet på smarttelefoner är begränsat och filerna växer i takt med kamerornas högre inspelningskvalitet. 4G nätverket som möjliggör snabba nätverkshastigheter hos mobila enheter växer i snabb takt och når redan en stor mängd konsumenter. Stödet för strömning av 3D-video i webbläsare skulle öppna nya möjligheter även för mobiltillverkarna.

## KÄLLOR

100fps, 2015. *How many frames can humans see.* [Online]

Available at: [http://www.100fps.com/how\\_many\\_frames\\_can\\_humans\\_see.htm](http://www.100fps.com/how_many_frames_can_humans_see.htm)

3d4dd, 2011. *Using iz3d drivers with 3d vision glasses.* [Online]

Available at: <https://forums.geforce.com/default/topic/492708/using-the-iz3d-beta-1-13-drivers-with-3d-vision-glasses/>

3DVisionBlog & butmunch, 2012. *Make your passive 3D monitor or 3D hdtv work with 3d vision.* [Online]

Available at: <http://3dvision-blog.com/7163-make-your-passive-3d-monitor-or-3d-hdtv-work-with-3d-vision/>

Adobe, 2008. *Table 1. Recommended bit rates for live streaming.* [Online]

Available at: [http://www.adobe.com/devnet/adobe-media-server/articles/dynstream\\_live/popup.html](http://www.adobe.com/devnet/adobe-media-server/articles/dynstream_live/popup.html)

Akamai Technologies, 2014. *State of the internet report Q4 2014.* [Online]

Available at: <http://www.scribd.com/doc/259862003/State-of-the-Internet-Report-Q4-2014>

astrotom, 2013. *ultimate gaming solution amd users vision monitors.* [Online]

Available at: <http://www.tomshardware.co.uk/forum/id-1661978/ultimate-gaming-solution-amd-users-vision-monitors.html>

Best-3DTVs.com, 2015. *What is frame packing 3D.* [Online]

Available at: <http://www.best-3dtvs.com/what-is-frame-packing-3d/>

Blitz, J., 2013. Optimized implementation of an MVC Decoder. *Optimized implementation of an MVC Decoder*, pp. 13-18.

Blu-ray Disc Association, 2010. *2.B Audio Visual Application Format Specifications for BD-ROM Version 2.4.* [Online]

Available at: [http://www.blu-raydisc.com/assets/Downloadablefile/BD-ROM-AV-WhitePaper\\_100604%281%29-15916.pdf](http://www.blu-raydisc.com/assets/Downloadablefile/BD-ROM-AV-WhitePaper_100604%281%29-15916.pdf)

Business Wire, 2015. *Blu-Ray disk association announces final standard for 3D Video*. [Online]

[Online]

Available at:

[http://www.businesswire.com/portal/site/home/permalink/?ndmViewId=news\\_view&newsId=20091217005371&newsLang=en](http://www.businesswire.com/portal/site/home/permalink/?ndmViewId=news_view&newsId=20091217005371&newsLang=en)

clsid, et al., 2014. *FFDShow - A DirectShow and Video for Windows codec*. [Online]

Available at: <http://sourceforge.net/projects/ffdshow-tryout/>

Cnet, 2012. *Where to find 3D movies to watch at home*. [Online]

Available at: <http://www.cnet.com/news/where-to-find-3d-movies-to-watch-at-home/>

Coles, O., 2009. *Nvidia Geforce 3D Vision Gaming Kit*. [Online]

Available at:

[http://archive.benchmarkreviews.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=276&Itemid=58](http://archive.benchmarkreviews.com/index.php?option=com_content&task=view&id=276&Itemid=58)

Dashwood, T., 2011. *A Beginner's Guide to Shooting Stereoscopic 3D*. [Online]

Available at: <http://www.dashwood3d.com/blog/beginners-guide-to-shooting-stereoscopic-3d/>

Dawson, R., 2010. *The 180s of filmmaking part 2*. [Online]

Available at: <http://daredreamermag.com/2010/11/07/the-180s-of-filmmaking-part-2-the-most-commonly-broken-rule/>

Developers, V., 2013. *Avisynth Wiki*. [Online]

Available at: [http://avisynth.nl/index.php/FAQ\\_loading\\_clips](http://avisynth.nl/index.php/FAQ_loading_clips)

Developers, V., 2015. *LibAV*. [Online]

Available at: <http://libav.org/>

DrT, 2008. *What is the best stereo base*. [Online]

Available at: <http://drt3d.blogspot.fi/2008/02/what-is-best-stereo-base.html>

Edwards, L., 2009. *Active Shutter 3D Technology for HDTV*. [Online]

Available at: <http://phys.org/news173082582.html>

ExposureGuide.com, 2015. *Focusing Basics / Aperture and depth of field*. [Online]  
Available at: <http://www.exposureguide.com/focusing-basics.htm>

FFMpeg, 2015. *FFMpeg Bug Tracker and Wiki*. [Online]  
Available at: <https://trac.ffmpeg.org/wiki>

Google, 2015. *Live encoder settings, bitrates and resolutions*. [Online]  
Available at: <https://support.google.com/youtube/answer/2853702?hl=fr>

Goss, T., 2013. *The Process of Shooting a Film in 3D*. [Online]  
Available at: <http://www.brighthub.com/multimedia/video/articles/126264.aspx>

Harry Butler, J. M., 2009. *Nvidia GeForce 3D Vision & How 3D Works*. [Online]  
Available at: <http://www.bit-tech.net/hardware/graphics/2009/01/09/nvidia-geforce-3dvision-review/1>

jcutton, 2015. *DVD-Video Information*. [Online]  
Available at: <http://dvd.sourceforge.net/dvdinfo/dvdmpeg.html>

KerryG, 2014. *Why Shutter Speed Matters With DSLR Video*. [Online]  
Available at: <http://cameradojo.com/2014/03/28/why-shutter-speed-matters-with-dslr-video/>

Klein, A., 2010. *Questions and Answers*. [Online]  
Available at: <http://www.stereoscopy.com/faq/index.html>

Kozamernik, F., Sunna, P. & Wyckens, E., 2005. EBU TECHNICAL REVIEW. *Phase 2 evaluations using SAMVIQ*, pp. 4-6.

Kshitij Education India Private Limited, 2015. *Optical Activity*. [Online]  
Available at: <http://www.kshitij-iitjee.com/Optical-Activity>

Langley, H., 2014. *Vive la résolution! Assassin's Creed dev thinks industry is dropping 60 fps standard*. [Online]  
Available at: <http://www.techradar.com/news/gaming/viva-la-resoluci-n-assassin-s-creed-dev-thinks-industry-is-dropping-60-fps-standard-1268241>

Larry E., H., Thomas A., B., James C., C. & Diane, K.-P., 2009. *The effects of age on sensory thresholds and temporal gap detection in hearing, vision, and touch*. [Online]  
Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2826883/>

Netflix, 2015. *Netflix Help Center*. [Online]  
Available at: <https://help.netflix.com/en/node/306>

Niculescu, A., 2011. *Depth of field - A guide for beginners*. [Online]  
Available at: <http://www.media-division.com/depth-of-field-a-guide-for-beginners/>

Nvidia, 2010. *3DTV Play Overview*. [Online]  
Available at: <http://www.nvidia.com/object/IO-98478.html>

Nvidia, 2010. *How do I know if 3DTV Play supports my 3D TV?*. [Online]  
Available at: [http://nvidia.custhelp.com/app/answers/detail/a\\_id/2774/](http://nvidia.custhelp.com/app/answers/detail/a_id/2774/)

Nvidia, 2011. *3D Vision universal install guide*. [Online]  
Available at: <http://www.nvidia.com/content/3dvision/docs/3dvision-universal-install-guide-may11.pdf>

Nvidia, 2011. *NVIDIA 3D VISION STREAMING SUPPORT FOR HTML5 AND SILVERLIGHT*. [Online]  
Available at: [http://www.3dvisionlive.com/sites/default/files/WP-05840-001\\_v01.pdf](http://www.3dvisionlive.com/sites/default/files/WP-05840-001_v01.pdf)

Oculus VR LCC, 2015. *The All New Oculus Rift Development Kit 2*. [Online]  
Available at: <https://www.oculus.com/dk2/>

Power, L., 2013. *Shutter Speeds and the 180 degree rule*. [Online]  
Available at: <https://luispower2013.wordpress.com/2013/03/12/the-180-degree-rule/>

Rejhon, M., 2013. *High speed video of strobe backlight*. [Online]  
Available at: <http://www.blurbusters.com/zero-motion-blur/video/>

Ruiz, K., 1996. *The history of stereo photography*. [Online]  
Available at: [http://www.arts.rpi.edu/~ruiz/stereo\\_history/text/historystereog.html](http://www.arts.rpi.edu/~ruiz/stereo_history/text/historystereog.html)

Samsung, 2015. *Samsung SSG-P51002*. [Online]  
Available at: <http://www.samsung.com/uk/consumer/tv-audio-video/tv-av-accessories/tv-accessories/SSG-P51002/XC>



Seymore, M., 2008. *Art of Digital 3D Stereoscopic Film*. [Online]

Available at: [http://www.fxguide.com/featured/art\\_of\\_digital\\_3d\\_stereoscopic\\_film/](http://www.fxguide.com/featured/art_of_digital_3d_stereoscopic_film/)

Sony Computer Entertainment Europe, 2010. *Optimization for making stereoscopic 3D games on playstation 3*. [Online]

Available at:

<http://www.technology.scee.net/files/presentations/nordic/OptimizationforMakingStereoscopic3DGamesonPlayStationPS3.pdf>

Suhonen, M. & Vihiniemi, P., 2014. *Espoon Pultti*. [Online]

Available at: <http://www.espoonpultti.fi/>

Suto, M., 2014. *StereoPhoto Maker (English)*. [Online]

Available at: <http://stereo.jpn.org/eng/stphmkr/>

Thames, C., 2010. *Viewports: Blender Game Engine 2.6*. [Online]

Available at:

[http://www.tutorialsforblender3d.com/Blender\\_GameEngine/Viewports/Viewports\\_1.html](http://www.tutorialsforblender3d.com/Blender_GameEngine/Viewports/Viewports_1.html)

Wikipedia, 2015. *2D Plus Delta*. [Online]

Available at: [http://en.wikipedia.org/wiki/2D\\_plus\\_Delta](http://en.wikipedia.org/wiki/2D_plus_Delta)

Wimmer, P., 2015. *Stereoscopic Player*. [Online]

Available at: [http://www.3dtv.at/products/player/index\\_en.aspx](http://www.3dtv.at/products/player/index_en.aspx)

Windows, 2015. *Get Movie Maker*. [Online]

Available at: <http://windows.microsoft.com/en-us/windows/get-movie-maker-download>

Zyber, J., 2011. *No Easy Fix For 3D Crosstalk*. [Online]

Available at: <http://www.highdefdigest.com/blog/3d-crosstalk-artifacts/>

## **Bilder**

<http://www.kshitij-iitjee.com/Study/Chemistry/Part2/Chapter3/36>.