



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Benny Holmström

EN KARTLÄGGNING AV STEREOSKOPISK 3D

Företagsekonomi och turism

2011

VASA YRKESHÖGSKOLA

Företagsekonomi och turism

ABSTRAKT

Författare	Benny Holmström
Lärdomsprovets titel	En kartläggning av stereoskopisk 3D
År	2011
Språk	svenska
Sidantal	63
Handledare	Christer Karlsson

Det här lärdomsprovet är en genomgång av ett av den moderna tidens största modeord – stereoskopisk 3D och syskontermen autostereoskopisk 3D. Kort sagt de tekniker som går ut på att leverera en bild till vardera av människans två ögon och därmed simulera djup i tvådimensionella bilder. Det här kan göras på en mängd olika sätt, och i detta examensarbete går jag igenom de vanligaste teknikerna och förklarar dem kortfattat, en och en. Utöver tekniken analyserar jag även dagens marknad, teknikernas största hinder och intressanta trender.

Skälet till att jag valde det här ämnet är främst mitt personliga intresse, men även för att jag tror att det inte forskats sönder och samman, då den moderna stereoskopiska 3D:n fortfarande är ett någorlunda nytt påfund. Efter att ha sett 3D-filmen ”Avatar” på bio blev jag intresserad av att få reda på hur det hela fungerar i praktiken, och förklara det på ett simpelt sätt så att även andra människor som är intresserade kan förstå.

Ämnesord 3D, Stereoskopi, Autostereoskopi,

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Business economy and tourism

ABSTRACT

Author Benny Holmström
Title A survey of stereoscopic 3D
Year 2011
Language Swedish
Pages 63
Name of Supervisor Christer Karlsson

This thesis is a survey of one of the biggest buzzwords of the modern age – stereoscopic 3D and the related term auto stereoscopic 3D. In short, the techniques that are used to deliver one image per human eye, and thus simulate depth in two dimensional pictures. This effect can be achieved in many different ways, and in this thesis I give a brief walkthrough of the most popular ones. In addition to the technique I will also analyze the marketplace of today, the biggest obstacles for stereoscopic 3D and interesting trends.

The reason for choosing this topic was first and foremost my personal interest, but also because the subject in question hasn't been researched to death as the modern stereoscopic 3D has only been around for a couple of years. After seeing the 3D movie "Avatar" in the cinema, I got interested in finding out how stereoscopic 3D actually works, and explain it in a simple way that other interested people could understand.

Keywords 3D, Stereoscopy, Autostereoscopy

INNEHÅLLSFÖRETECKNING

1	FÖRORD	5
1.1	Avgränsning	5
1.2	Olika betydelser	6
2	ORDLISTA.....	7
3	VAD ÄR STEREOSKOPISK 3D?	11
3.1	Den biologiska betydelsen.....	11
3.2	Den tekniska betydelsen	12
3.3	Läckage och spökbilder – en begreppsförklaring.	13
4	OLIKA STEREOSKOPISKA TEKNIKER	15
4.1	Anaglyf 3D	15
4.1.1	Fördelar	17
4.1.2	Nackdelar.....	17
4.1.3	Läckage	18
4.2	Polariserad 3D.....	19
4.2.1	Linjärpolariserat ljus	19
4.2.2	Cirkulärpolariserat ljus	20
4.2.3	Fördelar	22
4.2.4	Nackdelar.....	22
4.2.5	Läckage	23
4.3	Sekventiell 3D.....	24
4.3.1	Fördelar	25
4.3.2	Nackdelar.....	26
4.3.3	Läckage	26
4.4	Avbrottsfilter.....	27
4.4.1	Fördelar	28
4.4.2	Nackdelar.....	29
4.4.3	Läckage	29
4.5	HMD.....	30
4.5.1	Fördelar	30

4.5.2	Nackdelar.....	31
5	AUTOSTEREOSKOPISKA TEKNIKER	32
5.1	Varför LCD?.....	32
5.2	Tre olika typer.....	33
5.2.1	En betraktningvinkel.....	33
5.2.2	Tittarspårning.....	33
5.2.3	Flera betraktningvinklar.....	34
5.3	Tekniska lösningar	35
5.3.1	Parallaxbarriär.....	35
5.3.2	Rörformade linser	36
5.4	Problemen med autostereoskopiska tekniker.....	37
5.4.1	Upplösningen.....	37
5.4.2	Konkurrensen.....	39
5.4.3	Läckage	40
6	3D I FRAMTIDEN	41
6.1	Biofilmer.....	41
6.2	Stereoskopiska skärmar	44
6.2.1	Blu-ray 3D	44
6.2.2	Aktiv eller passiv 3D?.....	46
6.3	Autostereoskopiska skärmar	47
6.4	TV- och datorspel.....	48
6.4.1	”Äkta” 3D.....	49
6.4.2	”Fusk”-3D.....	50
6.4.3	Bärbar 3D	51
6.5	TV-sändningar	52
7	AVSLUTNING.....	54
8	BILAGOR.....	56
9	KÄLLFÖRTECKNING	57

1 FÖRORD

”3D” är ett av det tidiga 2010-talets största modeord. Sedan filmen “Avatar” slog rekord på bioograferna under hösten 2009 har de flesta experter varit överens om att 3D verkligen är framtiden, inte bara i bioograferna utan även i hemmet. I framtiden kommer all vår underhållning att levereras i tre dimensioner.

Eller? Kommer tekniken att fortsätta vara lika populär när nyhetens behag lagt sig? Bjuder 3D på tillräckligt många faktiska fördelar för att konkurrera ut 2D? Kommer 3D-skärmar någonsin vara standard i vardagsrummet, eller är de enbart en entusiastvara? Dessa frågor har jag ämnat leverera potentiella svar på samtidigt som jag utforskar 3D-fenomenet på djupet – hur det fungerar och dess plats i framtidens samhälle.

Skälet till att jag valde att forska om stereoskopisk 3D i mitt examensarbete är att det just nu är ett av världens hetaste samtalsämnen, alla kategorier. Gigantiska företag som Sony satsar helhjärtat på att tekniken ska slå igenom på bred front och riskerar stora finansiella problem om så inte sker. Stereoskopisk 3D är inte en nisch längre – under de närmaste åren kommer konsumenterna att behöva bestämma sig; är framtiden tredimensionell, eller klarar vi oss med två dimensioner?

1.1 Avgränsning

Ett av mina mål med detta examensarbete är att det ska vara lättfattligt. Ingenting ska förklaras mer avancerat än vad jag anser är nödvändigt. Därför kommer jag att utelämna alla matematiska formler (som används för att bland annat kalkylera det optimala avståndet till skärmen och visningszoner) och ge mer handgripliga förklaringar.

I övrigt ska arbetet kunna ses som en heltäckande bild av det mesta som relateras till stereoskopisk 3D, vilket förståeligt nog resulterar i att jag inte kommer att gräva ner mig helt och hållet i någon specifik gren. Läsaren ska ha en god uppfattning om vad begreppet ”stereoskopisk 3D” är och innefattar när han eller hon läst igenom detta arbete.

Jag har utelämnat mer ”gimmickartade” tekniker som inte har någon större kommersiell potential den närmaste tiden, såsom hologram och klumpiga spegelkuber. Inget säger att dessa tekniker inte kan komma att spela roll i framtiden, men inom de närmaste tio åren ser jag inte hur det ska kunna hända. Marknaden är på tok för upptagen med att få vind i seglen med de verktyg den redan har för att kunna ödsla tid på högst experimentiella tekniker.

Vi bör även notera att människor upplever 3D på väldigt olika sätt – vissa kan inte ens se effekten, medan andra får huvudvärk och/eller svindel. Eftersom dessa biverkningar är individuella har jag till största delen utelämnat dem från det här examensarbetet, då de helt enkelt inte nyttar till särskilt mycket. Det enda sättet att veta hur man reagerar på olika stereoskopiska tekniker är att prova på dem själva.

1.2 Olika betydelser

3D har en rad olika betydelser. De flesta tänker på tredimensionell grafik när de hör ordet – dator- och TV-spel som är uppbyggda av polygoner vari man kan navigera fritt, och även datoranimerade filmer.

Detta arbete behandlar endast stereoskopisk 3D – de tekniker som går ut på att förse användarens båda ögon med unika tvådimensionella bilder, och därmed skapa en tredimensionell illusion. Den andra betydelsen kommer att nuddas vid i valda kapitel men aldrig vara i fokus.

2 ORDLISTA

2D	Ett objekt som bara har två dimensioner: höjd och bredd. En traditionell oljemålning är 2D.
3D	Ett objekt som även har den tredje dimensionen: djup. Tavelramen som omger oljemålningen är 3D.
Stereoskopi	Betraktning av stereobilder, stereogram eller 3D-bilder som består av ett bildpar, två bilder, en för vardera ögat, som tillsammans ger ett intryck av djup.
Polygon	En polygon är en rätvinklig, sluten geometrisk figur. Används för att bygga upp den mesta av den tredimensionella grafiken i datorspel och datorrenderade filmer.
Binokulär syn	En organism (förslagsvis människan) som har två ögon riktade framåt som arbetar tillsammans. Ögonens två bilder smälter sedan samman till en, och därmed kan organismen uppfatta djup.
Monokulär syn	En enögd organism, men även en människa som är blind på ena ögat. Endast en bild når hjärnan, och därmed går djupledsuppfattningen om intet.
Aktiva glasögon	3D-glasögon som kräver en strömkälla för att fungera. Hit räknas slutarglasögon och HMD. Ofta dyra av just den här anledningen.
Passiva glasögon	3D-glasögon som fungerar utan strömkälla. Hit räknas anaglyfa glasögon, polariserade glasögon och avbrottsfilter. De simplaste varianterna kostar knappt någonting alls.

Dubbelexponering	En bildteknik där en filmruta exponeras två gånger, till två olika bilder, ovanpå varandra. Används för att skapa spöklika effekter eller lägga till något som inte fanns på den ursprungliga bilden.
Pixel	Det minsta elementet som en grafisk bild är uppbyggd av. I skärmväg kan en pixel betraktas som en punkt med viss färg och placering. Ju fler pixlar en skärm har, desto bättre möjligheter att återskapa bilder så exakt som möjligt.
LCD	Skärmar bestående av flytande kristaller med manipulerbar optisk genomträngningsförmåga. Används ofta i dagens skärmar, då de är både billiga att producera och väger litet i jämförelse med konkurrenterna.
CRT	Katodstrålerör, som var det populäraste sättet att bygga en skärm på innan LCD slog igenom. CRT-skärmar är mycket tyngre än LCD-diton, men samtidigt billigare och hade under ett bra tag ett stort övertag i uppdateringfrekvensens överlägsna hastighet.
OLED	En konkurrent till LCD, vars främsta fördel är att den kan göra skärmarna ännu tunnare. Används idag främst i mindre storlekar, såsom mobiltelefondisplayer.
Hertz	En måttenhet för antalet händelser per sekund. I skärmväg används ordet för att beskriva hur många gånger en skärm uppdateras (blinkar) varje sekund. 120 hertz innebär alltså att skärmen uppdateras 120 gånger per sekund. Ska inte förväxlas med faktisk bildhastighet.

HDMI	<p>Ett gränssnitt (sladdkontakt) för överföring av okomprimerade ljud- och bildsignaler i samma kabel. HDMI-standarden har uppdaterats ett flertal gånger, och bild- och ljudkvaliteten förbättras ständigt. Blu-ray-spelare använder HDMI-kontakter.</p>
Realtidsrendering	<p>Tredimensionell grafik som körs i realtid på hårdvaran. Alla datorspel renderas i realtid (i alla fall de flesta element) vilket möjliggör annars ouppnåelig interaktivitet. Dagens datoranimerade filmer renderas inte i realtid.</p>
PDLC	<p>Kort för ”polymer dispersed liquid crystal”, en blandning av polymer och flytande kristaller. Det resulterande materialet är en ”schweizerost” vars hål fylls av flytande kristaller. Genom att ändra vinklingen (vilket görs med elektriska fält av varierande styrka) på de flytande kristallerna kan man variera intensiteten på ljuset som släpps igenom.</p>
Blu-ray	<p>Ett optiskt lagringsformat som i mångt och mycket efterträtt DVD. Skivorna är av samma fysiska dimensioner, men lagringsstorleken flera gånger större (beroende på antalet lager). Dagens högupplösta köpfilmer släpps uteslutande på Blu-ray.</p>
HDTV	<p>TV-apparater med betydligt högre upplösning än gamla SD-apparater (upp till fem gånger fler pixlar). För att se någon skillnad på en Blu-ray-film och en DVD-film krävs mer eller mindre en HDTV.</p>

Grafikkort	Den komponent i en dator som förmedlar bilden till skärmen. Ett kraftfullt grafikkort är en förutsättning för att kunna spela moderna datorspel.
1080p	En populär synonym för 1080p bland TV-tillverkare är ”full HD” vilket vanligtvis innebär en TV-apparat med 1920 pixlar (bredden) gånger 1080 pixlar (höjden).
720p	Steget under 1080p, vanligtvis handlar det om 1280 pixlar (bredden) och 720 pixlar (höjden). Lite sämre upplösning än 1080p, men räknas fortfarande som HD.
Kantutjämning	En teknik som används för att utjämna kanter på 3D-modeller i datorspel och filmer, utan att öka det faktiska antalet polygoner.
Z-buffer	Z-buffern eller djupledsbuffern lagrar en bilds djupledskoordinater i datorspel eller datoranimerade filmer. Rangordningen i Z-buffern beslutar vilka objekt som syns ur vilken vinkel – vad som blockeras av vad.

3 VAD ÄR STEREOSKOPISK 3D?

Vad innebär egentligen ”stereoskopisk 3D”? Trots det här examensarbetets teknikfokus tar vi avstamp i den naturliga världen – människan själv. För att förstå imitationen måste man först förstå originalet.

3.1 Den biologiska betydelsen

Vår värld är tredimensionell. Den har ett djup som vi kan röra oss inom. Tack vare människans två ögon kan vi uppfatta det djupet. Blunda med det ena ögat och du får genast svårigheter med att bedöma avstånd och djup. Ta en tillräckligt djup klunk ur en kaffemugg och du märker hur du ser två stycken handtag trots att det bara finns ett. Detta beror på att hjärnan faktiskt tar emot två bilder samtidigt, men på det här avståndet skiljer de sig åt för mycket för att kunnas smältas samman till en. [1]

Pupillerna i människans ögon är placerade ungefär 6,5 centimeter från varandra, och ser därmed inte exakt samma saker ur exakt samma vinkel. Hjärnan mottar två olika bilder, smälter samman dem till en, varpå vi utan svårigheter kan uppfatta djup och avstånd. Det är detta vi kallar ”stereoskopisk syn” eller ”binokulär syn”. Två bilder blir en. [3]

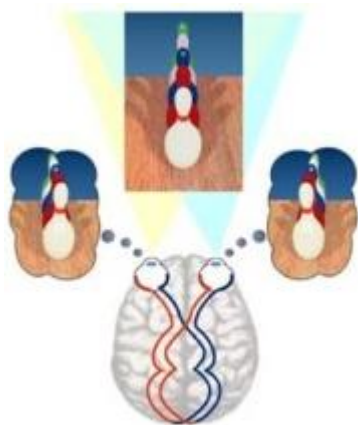


Bild 1. Stereoskopisk syn. [3]

När vi ser tvådimensionella föremål – fotografier och TV-sändningar i 2D – samlar varje öga i stort sett samma information. Det finns inget djup att ta i beaktande, eftersom det helt enkelt inte finns. Men trots att bilden faktiskt är platt förstår vi att den representerar saker som är tredimensionella i verkligheten. Vi kan avgöra objekts närhet beroende på hur ”stora” de är (en bil som är nära framstår som ”större” än en som är längre bort). Vi kan rangordna de olika objektens position beroende på vad som skymmer vad, och även naturligt läsa av saker som solljus, var det faller i förhållande till källan. Tack vare dessa monokulära djupsignaler kan även människor som är blinda på ett öga lära sig att navigera i djupled. Men någon sann stereoskopisk syn uppnår de aldrig. [4 s. 4] [1]

3.2 Den tekniska betydelsen

För att skapa en bild i 3D måste man utgå från den biologiska faktan. Man måste återskapa människans ögon. En vanlig kamera är monokulär. Då den bara har en lins kan den aldrig fånga en tredimensionell bild. [4 s. 4]

Problemet är löst – använd två kameror. För att skapa den 3D-effekt vi eftersträvar bör kamerorna placeras med samma avstånd mellan varandra som våra ögon, 6,5 centimeter, och registrera ett objekt samtidigt. Därefter är det bara att projicera respektive bild på respektive öga (de olika teknikerna för att göra detta går vi igenom i nästa kapitel) och vips har vi tredimensionella bilder. Det är inte mer avancerat än så. [4 s. 9]

Till och med kamerorna som användes för att filma ”Avatar” bygger på den här enkla principen. ”Pace fusion 3D” användes av regissören James Cameron. Den har två linser med justerbart avstånd. Det här avståndet är avgörande för filmernas 3D-kvalitet, då ett för långt avstånd mellan linserna skapar svårigheter för hjärnan att smälta samman de två bilderna (eftersom de skiljer sig för mycket från varandra) och ett för kort avstånd gör att djupet i bilden blir lidande. De mest avgörande kvalitetsbristerna med 3D uppstår redan under produktionsstadiet. [2]



Bild 2. Digitalkameran ”Pace fusion 3D”. [2]

3.3 Läckage och spökbilder – en begreppsförklaring.

Innan vi börjar behandla specifika stereoskopiska tekniker vill jag passa på att förklara en term vi kommer att stöta på ofta – ”crosstalk”. ”Crosstalk” är närvarande vid användningen av de flesta stereoskopiska tekniker. Den mest korrekta svenska översättningen av ordet är ”läckage”, och det är så jag kommer att hänvisa till fenomenet i fortsättningen.

I korthet uppstår läckage när den vänstra eller högra bilden läcker över till fel öga. Resultatet blir genomskinliga artefakter som förvränger den avsedda bilden. Observationen av läckage kallas därför ”ghosting”. På svenska kommer vi att använda ordet ”spökbild”. En spökbild ser ut som ett dubbelexponerat foto, men till skillnad från dessa är spökbilder inte önskvärda, och anses förstöra tittarens 3D-upplevelse. Användningen av termerna ”crosstalk” och ”ghosting” kan variera i olika verk – det finns ingen absolut definition av någotdera ordet – men det är så här de kommer att användas i det här examensarbetet. [5 s. 1]



Bild 3. Så här kan en spökbild uppfattas av tittaren. En bild ovanpå en annan, i en annorlunda position. [6]

En av de största utmaningarna för de flesta stereoskopiska tekniker är sålunda att begränsa läckaget så gott det går. Läckaget är matematiskt mätbart. Genom att visa vitt för det ena ögat och svart för det andra kan man mäta ljusmängden som läcker över till fel öga via en optisk sensor. Skälet till att just vitt och svart är de föredragna färgerna är att de i mångt och mycket är varandras raka motsatser, och att läckaget mellan dem är större än mellan några andra färger. Det finns även andra metoder för att uppnå samma resultat. I sekventiell 3D använder man sig av två gråa bilder av olika intensitet för att mäta LCD-pixlarnas responstid. [5 s.2-3]

I nästa kapitel går vi igenom de mest populära stereoskopiska teknikerna, och jag kommer även att klargöra vad läckage innebär för var och en av dem.

4 OLIKA STEREOSKOPISKA TEKNIKER

“Stereoskopisk 3D” är något av en paraplyterm. Den innefattar alla tekniker som simulerar människans ögon med hjälp av diverse glasögon. I det här kapitlet går vi igenom de mest allmänna teknikerna. Anaglyf 3D är mest intressant ur ett historiskt perspektiv, medan HMD är extremt nischat. Avbrottsfiltret är ett relativt nytt påfund som kan komma att bli riktigt stort i framtiden. Det är mellan polariserad 3D och sekventiell 3D den främsta kampen utspelar sig idag, och vi kommer därför att koncentrera oss mest på dem.

4.1 Anaglyf 3D

Anaglyfa bilder är det mest klassiska exemplet på stereoskopisk teknik. De introducerades så tidigt som 1858 av fransmännen Joseph D’Almeida och Louis Du Hauron, men slog igenom först på 1920-talet i samband med de första 3D-filmerna på bio. De flesta av oss har sannolikt stött på anaglyfa bilder i något skede, exempelvis i serietidningar eller i reklamblad. De är enkla och billiga att producera, samtidigt som de fortfarande besitter en grundläggande ”wow”-faktor. [7 s. 2]

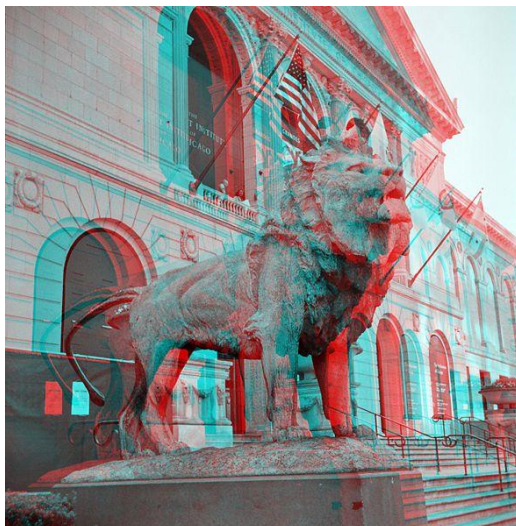


Bild 4. En anaglyf bild som den uppfattas utan anaglyfa glasögon. Notera nyanserna i rött och cyan. [8]

Anaglyfa bilder avkodas med olikfärgade filter, fästa i glasögonbågar. En anaglyf bild innehåller två olikfärgade bilder, en för varje öga som motsvarar filtrens färg. Den vanligaste färgkombinationen är röd och cyan. Eftersom cyan är en blandning av blått och grönt, är ett cyanfärgat filter det enda sättet för oss att se alla tre grundfärgerna (rött, grönt och blått) utan att använda ett tredje öga. Rött fungerar utmärkt som kontrast mot samtliga färger, då den inte är besläktad med vare sig grönt eller blått. [7 s. 2]

När man ser i det röda filtret släpps endast det röda ljuset igenom. Ögat som täcks av det röda filtret ser den röda bilden. På samma sätt släpper cyanfiltret endast igenom cyanljuset, så ögat som täcks med cyanfiltret ser endast cyanbilden. De två bilderna som utgör den anaglyfa bilden är placerade med samma proportionsenliga avstånd som människans ögon, och därmed ser vi en bild med simulerat djup. [7 s. 2]

Man skulle kunna tro att färgblinda har problem med anaglyfa bilder, men det är i själva verket tvärtom. Färgerna används enbart för att styra rätt bild till rätt öga, det är glasögonens filter som sköter grovjobbet. Människor som inte är färgblinda kan dock börja må illa eftersom hjärnan kan bli förvirrad av att se samma objekt i olika färger samtidigt. [10] [11]



Bild 5. En väldigt simpel variant av anaglyfa glasögon. [12]

4.1.1 Fördelar

Anaglyfa bilder är lätta att producera. Allt man behöver är två bilder av samma motiv som simulerar en persons två ögon. Sedan behöver man bara öppna bilderna i bildbehandlingsprogram som Adobe Photoshop och följa de guider man kan hitta på internet. [9]

Anaglyfa glasögon är generellt sett oerhört billiga, de simplaste varianterna består inte av mer än färgat plast och provisoriska bågar. Den anaglyfa metoden är också en av de få som möjliggör permanenta och fysiska stereoskopiska bilder. En anaglyf serietidning är lika läsbar idag som om 20 år, förutsatt att den förvarats bra så att färgerna inte har degraderats. Anaglyfa glasögon klassas som passiva, då de inte kräver någon strömkälla för att fungera.

Anaglyf 3D kräver heller inte någon speciell, dyr TV-apparat eller skärm för att fungera. Allt som behövs är glasögon med rätt färgnyanser, som kan avkoda de anaglyfa bildparen och skicka dem till rätt öga. [7 s. 2]

4.1.2 Nackdelar

Anaglyfa bilder är väldigt svåra att producera i färg. Detta eftersom rött, grönt och blått är vanligt förekommande färger i vårt samhälle. Därmed plockar anaglyfa filter upp för mycket färg och framställer en förvrängd bild. Tekniken anses idag vara underlägsen modernare tekniker, då färgförlusten helt enkelt är för stor. Även om det skett framsteg i att minimera färgförlusten kommer den alltid att finnas där, så länge de anaglyfa glasögonparen är färgkodade.

Anaglyf 3D har till stora delar spelat ut sin roll i storföretagens värld, även om varianter fortfarande är i bruk, främst som lågprisalternativ eller inkörningsportar till mer kostsam och avancerad 3D. Grafikkortstillverkaren Nvidia skeppar många av sina grafikkort tillsammans med anaglyfa glasögon kallade 3D Vision Discover. Detta för att kunder ska kunna prova på 3D utan väsentlig extra kostnad, och sedan uppgradera till den sekventiella och dyrare varianten 3D Vision. [7 s. 2] [13]

4.1.3 Läckage

Graden av läckage i anaglyfa glasögon avgörs av kommunikationen mellan bild/skärm och glasögon, hur väl de överensstämmer med varandra. Gradera av rött och cyan måste vara nära nog identiska för att de helt ska elimneras från de motsatta bilderna (ett cyanfilter plockar inte helt och hållet upp en blå bild till exempel). Den bästa metoden för att minimera anaglyft läckage är därför att välja monitorer och glasögon som passar med varandra, vanligtvis genom att inskaffa båda från samma tillverkare och följa rekommenderade färginställningar. Generellt påverkas inte läckaget av tittarens position, förutom i de fall där skärmens färger förvrängs om de betraktas ur fel vinkel. [5 s. 9]

4.2 Polariserad 3D

Polariserade glasögon består av två ljusfilter fästa i ett par enkla glasögonbågar. De släpper endast igenom ljus som är på väg i en förutbestämd riktning, och blockerar eller försvagar det övriga ljuset. Vanliga solglasögon använder ofta polariserade filter för att vi inte ska bländas av ljus som återspeglas av blanka ytor som snö, vatten och asfalt. Man kan jämföra polariserade filter med persennier – bara ljuset som har rätt vinkel slipper igenom springorna. Eftersom polariserade glasögon inte innehåller någon teknik, endast optik, klassas polariserad 3D som passiv 3D. Anaglyf 3D klassas också som passiv 3D av samma anledning, men i nio fall av tio hänvisar man just till polariserad 3D när man använder ordet. [7 s. 2] [37]

I biosalen uppnås den polariserade 3D-effekten genom att man projicerar två bilder med olika betraktningvinklar på samma yta – en för varje öga, antingen samtidigt eller i snabb hastighet efter varandra (sekventiellt). Vanligt ljus (som färdas i mängder av olika riktningar) slussas genom ett polariserat filter i en projektor och släpper igenom det ljus som är på väg i en riktning, samtidigt som det blockerar det som är på väg åt motsatt håll. Restrerande ljus försvagas i viss mån. Polariserat ljus indelas i två huvudsakliga gupper – linjärpolariserat ljus och cirkulärpolariserat ljus. [15] [16]

4.2.1 Linjärpolariserat ljus

Linjärpolariserat ljus är väldigt lägeskänsligt. Det räcker med att glasögonens position är marginellt fel (det vill säga att tittaren lutar på huvudet) för att någotdera ögat ska blockera en del eller allt ljus. Detta beror på det linjära ljusets natur – det sprider sig alltid mellan vänster och höger (horisontellt) eller upp och ner (vertikalt). Även glasögonen använder horisontella eller vertikala springor, vilket ställer ytterligare krav på vinklingen. Springorna i glasögonen måste vara i linje med de polariserade springorna i projektorn (och därmed på bioduken) för att man ska ta emot den avsedda bilden. Tredimensionella biofilmer i IMAX-formatet använder linjärpolariserat ljus. IMAX möjliggör mycket större bilder med högre upplösning än konkurrerande filmformat och används främst i naturfilmer, även

om kommersiella biofilmer delvis filmats i IMAX. Hittills finns ingen IMAX-biograf i Finland, men det finns en i Sverige. [7 s. 2] [15] [16] [38]

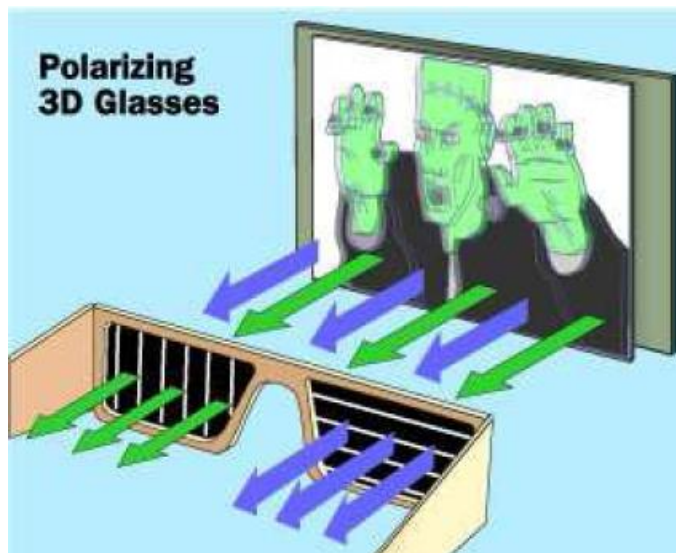


Bild 6. En demonstration av linjärpolariserade glasögon. Det vänstra ögat mottar bilden med vertikalt polariserat ljus, och det högra mottar horisontellt ljus. [7 s. 3]

4.2.2 Cirkulärpolariserat ljus

Cirkulärpolariserat ljus har betydligt färre lägesbegränsningar än linjärpolariserat ljus. Detta eftersom det polariserade ljuset rör sig som en spiral och täcker en betydligt större areal än linjär polarisering. Tittaren behöver med andra ord inte hålla sitt huvud rakt för att se på filmen utan att bilden förvrängs, även om alltför kraftig vinkling av huvudet (och glasögonen) fortfarande ställer till med problem. Cirkulärpolariserat ljus föredras i biograferna eftersom det är mindre begränsat än linjärpolariserat ljus, och bjuder besökarna på en mer bekväm upplevelse.

Världens mest populära 3D-format för biofilmer just nu är RealD, som bygger på cirkulärpolariserat ljus. Tekniken visar 144 bilder i sekunden, och alternerar mellan höger- och vänsterstyrda bilder, vilket alltså innebär 72 bilder till vardera ögat i sekunden. RealD kräver en aluminium- eller silverduk för att fungera korrekt, men i gengäld är glasögonen väldigt billiga. Hittills finns inga RealD-biografer i Finland. [15] [16] [38]



Bild 7. Ett par trendiga polariserade 3D-glasögon från RealD. [15]

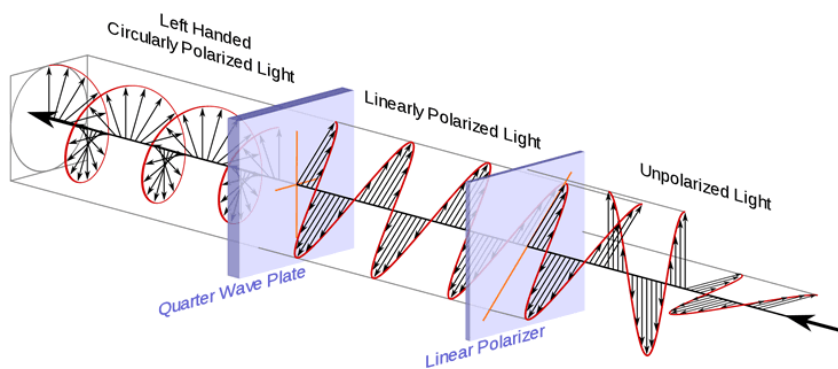


Bild 8. En demonstration av cirkulärpolariserat ljus. Det spridda originalljuset linjärpolariseras först, innan det cirkulärpolariseras i önskad riktning. [38]

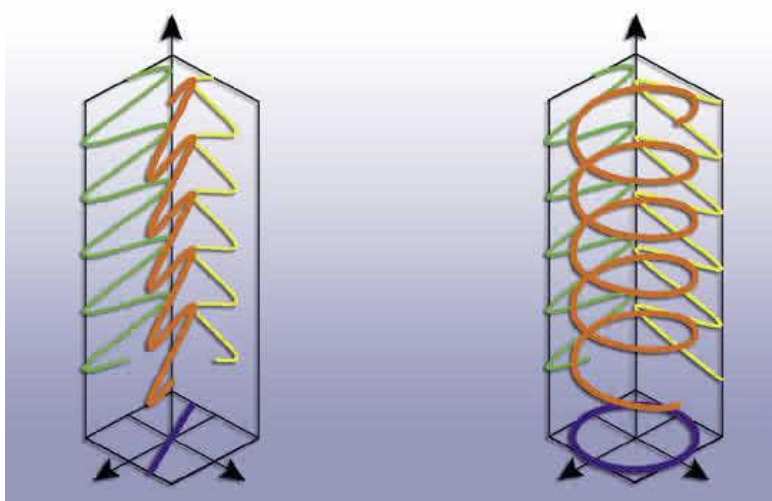


Bild 9. Linjärpolariserat ljus till vänster, och cirkulärpolariserat ljus till höger. Notera hur det cirkulärpolariserade ljuset sprids över en större areal. [17]

4.2.3 Fördelar

Polariserade glasögon har rönt stora framgångar tack vare deras utformning – de ser ut som vanliga solglasögon, trendiga, lätta och bekväma, och därmed tar man kål på de flesta människors fördomar gentemot 3D-glasögon. De är dessutom billiga eftersom de är passiva, de innehåller inte någon elektronik. Speciellt för biograferna är polariserade glasögon attraktiva, eftersom svinn inte resulterar i alltför stora ekonomiska förluster. [15] [16]

4.2.4 Nackdelar

Biofilmer som använder polariserat ljus lider ofta av en viss förlust i ljusstyrka, på grund av de polariserade filtrens blockeringar. Men samtidigt förminskas också själva biografens belysning, så kontrastförlusten är egentligen inget stort problem i kontrollerade miljöer. Värre är situationen i hemmet där man inte alltid har kontroll över ljusförhållandena. [7 s. 2]

Polariserat ljus mår inte heller särskilt bra av att projiceras på en vanlig bioduk, eftersom bilderna gärna blir lite suddiga. För att förhindra detta använder man en silver- eller aluminiumduk (samma typ som används förr i biografen) eftersom ljuset polarisering bibehålls bättre mot en sådan yta. Detta slår hårt mot biografernas budget eftersom 2D-filmer lider av att alltför mycket ljus absorberas av en aluminiumduk. Därmed kräver den optimala bioupplevelsen skilda dukar för 2D- och 3D-filmer, något man även bör tänka på om man vill skaffa en projektor för hemmabruk. [7 s. 2]

Polariserade 3D-skärmar polariserar ljuset direkt, vanligtvis via filter framför den faktiska skärmen. Filtren fungerar ungefär likadant som polariserade linser i en projektor. De polariserade skärmarna är ofta dyra av samma anledning, eftersom mikrooptiken de innehåller inte producerats i samma skala tidigare. I jämförelse bygger sekventiell 3D på gammal men förfinad teknik. En annan stor nackdel för dagens polariserade 3D jämfört med sekventiell 3D är att två bilder ska visas

samtligt (sekventiell 3D visar bara en) och därmed får sig bildkvaliten en oundviklig smäll. [18]

En skärm som i 2D-läge kan visa bilder i upplösningen 1920 gånger 1080 pixlar (1080p) tvingas i 3D-läge skala ner upplösningen till 1920 gånger 540 pixlar, om pixelindelningen är vertikal. De vertikala pixlarna, som från början var 1080 stycken, delas på hälften för att skapa två bilder med samma upplösning. Kort sagt är antalet pixlar som förser vardera öga med ljus 50 procent färre, och därmed blir även bilderna 50 procent mörkare. Experter menar dock att hjärnan – som uppfattar två bilder samtidigt, det vill säga 1080 vertikala pixlar – lurar oss att tro att bilderna ser bättre ut än de faktiskt gör. Vi märker inte att bildkvaliteten har halverats, bara en viss försämring. [18]

4.2.5 Läckage

Mängden läckage i en polariserad biofilm påverkas av de polariserade filtrens optiska kvaliteter, såväl som biodukens egenskaper (vi har redan varit inne på att aluminiumdukar är optimala för polariserad 3D). Mikrooptiken måste vara rätt vinklad för att bilden ska vara korrekt – så lite högerstyrt ljus som möjligt ska synas i det vänstra synfältet, och tvärtom.

Polariserade skärmar påverkas av samma saker. ”Springorna” måste överensstämma med pixelraderna så noga som möjligt för bästa resultat, och optiken i både skärmen och glasögonen bör matcha varandra. [5]

4.3 Sekventiell 3D

Till skillnad från de anaglyfa och polariserade glasögonen arbetar sekventiell 3D endast med en bild åt gången, inte två. Det är möjligt tack vare två små LCD-skärmar, fästa i glasögonbågar, som med hjälp av en infraröd signal turas om med att visa bilder åt tittaren. Dessa glasögon kallas slutarglasögon. Skärmarna skiftar mellan att vara transparenta eller svarta i takt med TV:ns eller skärmens uppdateringsfrekvens, samtidigt som perspektivet matchar det högra eller vänstra ögat för att skapa en tredimensionell bild. Alltså – ett öga blockeras medan det andra tar emot sin bild och vice versa. [7 s. 3]

Uppdateringsfrekvensen måste vara mycket hög för att tittaren inte ska utsättas för flimmar. En skärm på 120 hertz – som får anses vara minimum för att sekventiell 3D ska fungera korrekt - uppdateras hundratjugo gånger per sekund, varav 60 bilder dirigeras till det högra ögat, och 60 till det vänstra. Notera att skärmens uppdateringsfrekvens inte är samma sak som den faktiska bildhastigheten i filmer, spel och applikationer. Samma bildruta kan visas flera gånger om bildhastigheten i filmen inte är hög nog. Utan slutarglasögonen ser det ut som att två bilder visas samtidigt, ovanpå varandra, som spökbilder. Men i själva verket alterneras de högra och vänstra bilderna med varandra så snabbt, att vi uppfattar det som att båda visas samtidigt. Likadeles hinner vi aldrig märka mörkläggningen i glasögonen utöver den minskade ljusstyrkan – det känns som att vi ser igenom båda glasögonen hela tiden. [18] [19]

Finlands största biografkedja Finnkino använder det sekventiella formatet XpanD i sina 3D-filmer. Enligt kedjans tekniske direktör Ari Saarinen valde man XpanD framför RealD tack vare den 20 procent bättre ljusstyrkan, och för att man inte är nöjda med RealD:s disponibla passiva glasögon. ”I USA produceras det avfall i tusentals ton enbart på grund av RealD-glasögonen” säger han. ”XpanD-glasögonen håller i åtta år, och de tvättas mellan varje användning”. Även Kino Citys biografier i bland annat Vasa och Jakobstad använder XpanD-systemet. I början av 2010 fanns det 34 XpanD-biografier i Finland, en klar majoritet av totalt 43 3D-biografier i landet. [39] [43]

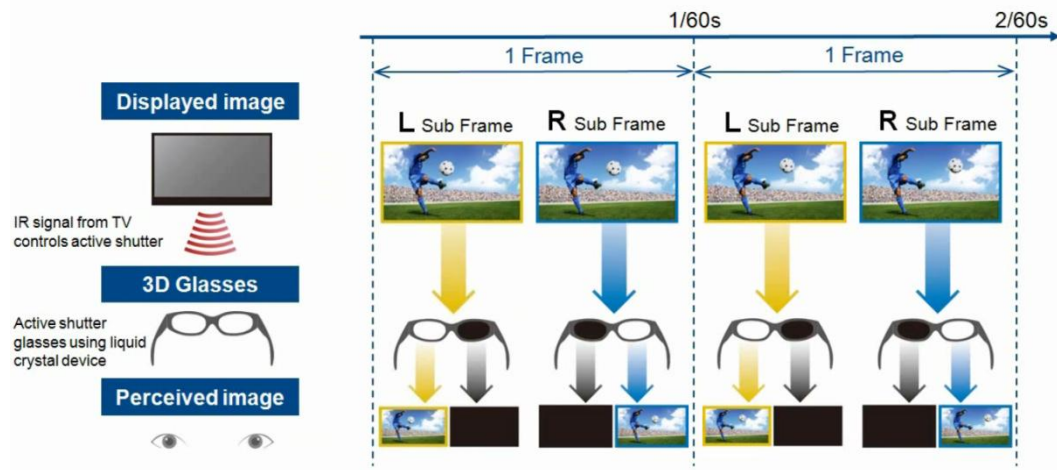


Bild 10. En demonstration av slutarglasögon. Notera mörklaggnen av glasen.
[19]

4.3.1 Fördelar

Den stora fördelen med sekventiell (aktiv) 3D jämfört med polariserad (passiv) 3D är att bildkvaliteten är högre, varje bild har tillgång till samtliga pixlar i skärmen. Eftersom sekventiell 3D inte visar två bilder samtidigt kan de bibehålla exakt samma bildkvalitet som 2D-material hade haft. Sekventiella skärmar erbjuder de mest högupplösta bilderna av alla 3D-skärmar på dagens marknad, det är den här tekniken som Blu-ray 3D fungerar bäst med för tillfället. [19]

För att en skärm ska klara av sekventiell 3D behövs egentligen bara en hög uppdateringsfrekvens (120 hz), en infraröd sändare och ett par glasögon som arbetar tillsammans. Själva skärmen beter sig i övrigt precis som en 2D-skärm - men det här innebär inte att man kan köpa vilken skärm man vill, och förvänta sig 3D bara för att uppdateringsfrekvensen är 120 hertz. Funktionen måste fortfarande stödjas av tillverkarna med hjälp av kompatibla slutarglasögon. Håll utkik efter orden ”3D ready” i produktinformationen för att vara på den säkra sidan, och även att skärmen stöder HDMI 4.1 eller senare, annars räcker bandbredden inte till för att de färskaste 3D-filmerna eller -spelen ska fungera. [19]

Sekventiella skärmar är väldigt toleranta sett till tittarnas positioner, här finns inga ”zoner” som hos de polariserade skärmarna. Så länge man sitter någorlunda

framför TV:n ser man 3D-effekten, och det samma gäller övriga tittare, så länge de har på sig kompitabla glasögon. [19]

4.3.2 Nackdelar

De aktiva slutarglasögonen är utrustade med LCD-skärmar och övrig teknik, och är därför väldigt mycket dyrare än polariserade glasögon. De är även skörare och tyngre, och ska laddas mellan varven. [7 s. 3]

Skärmarna må leverera lika högupplösta bilder som 2D-diton, men de mörkas fortfarande ner en hel del. Slutarglasögon tenderar också att vara gjorda för specifika TV-apparater, och därmed blir man ofrivilligt påtvingad varumärkeslojalitet om man inte vill köpa nytt. [18] [19]

4.3.3 Läckage

Slutarglasögonen och skärmen måste vara synkroniserade med varandra för att sekventiell 3D ska fungera. Det här är även avgörande för att förminska läckaget. Andra bidragande faktorer är de individuella LCD-cellernas prestanda, både i glasögonen och i skärmen (om det rör sig om en LCD-skärm, som ofta är fallet nu för tiden). De måste hinna med i den höga uppdateringsfrekvensen, annars blandas bilderna ihop med varandra. Samma krav ställs på de individuella komponenterna i skärmar byggda på annorlunda tekniker, exempelvis CRT som länge var det mest effektiva alternativet för sekventiell 3D.

4.4 Avbrottsfilter

Ett alternativ som visat sig vara populärt bland biografer är avbrottsfilter, eller Infitec ("interference filter technique") som tekniken ofta kallas efter det tyska företaget som skapat den. Dolby 3D är det största affischnamnet för den här tekniken i biograferna. I början av 2010 använde nio av 43 finländska 3D-biografer Dolby 3D-systemet. [40] [43]

Ett avbrottsfilter är precis vad det låter som – ett filter i projektorn som avbryter ljuset, i det här fallet ett hjulformat filter i färgerna rött, grönt och blått. Det filtrerar det ursprungliga, obehandlade ljuset i olika nyanser – två olika nyanser av rött, grönt och blått, fördelade på det vänstra och högra ögats bilder. Resultatet blir att vi – trots filtreringen – ser oförvanskade färger eftersom hjärnan slår ihop nyanserna igen när vi ser bilderna på bioduken. Av dessa anledningar har avbrottsfiltret fått smeknamnet "superanaglyf", då det i grund och botten bygger på samma idéer som anaglyf 3D, fast med eliminerad färgförlust. [40]

Glasögonen är passiva, men mycket mer avancerade än polariserade glasögon eller anaglyfglasögon. De använder mycket precisis våglängdsfilter som fördelats i 50 olika noggrant arrangerade lager ovanpå varandra. [40]

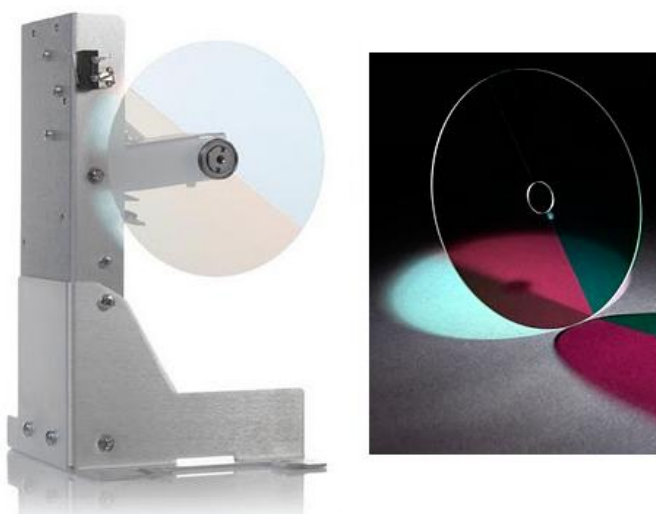


Bild 11. Till vänster: filterhjulet som det placeras inuti projektorn. Till höger ser vi tydligt filtrets indelning i rött och blått/grönt. [41]

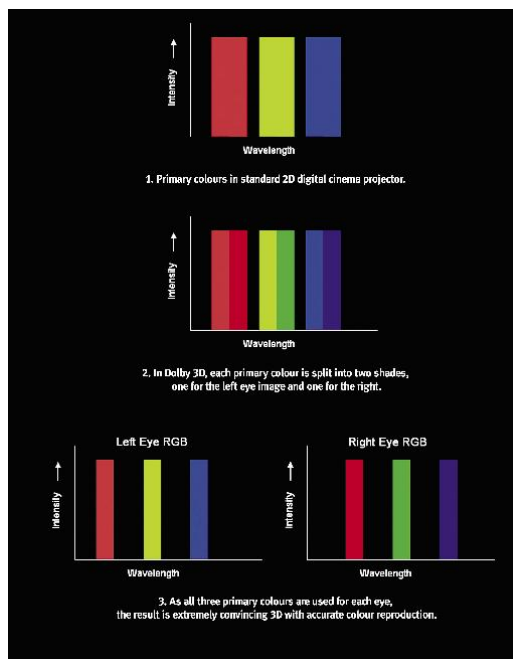


Bild 12. Överst ser vi de obehandlade färgerna för 2D-projicering. I mitten delar det cirkelformade filtret in färgerna i två olika nyanser. Nederst ser vi de nyanser som når vardera ögat, som sedan smältes samman på nytt av den mänskliga hjärnan. [40]

4.4.1 Fördelar

Den största fördelen med avbrottfiltret är att man kan flytta det ur vägen (ofta elektroniskt) och omedelbart byta mellan 2D och 3D i en och samma projektor. Eftersom filtret dessutom fungerar med helt vanliga biodukar i alla storlekar är det ett väldigt attraktivt alternativ för biografägare – man är inte begränsad till en eller ett par 3D-salar (som oftast är fallet med konkurrerande tekniker) utan kan visa 3D-filmer på alla dukar. [40]

Tekniken ska också – enligt Infitec – vara väldigt snäll mot ögonen, och förorsaka mindre illamående än konkurrerade tekniker. Beträkningsvinkeln är dessutom väldigt bred, och det är möjligt för tittaren att luta på huvudet utan att förvränga bilden. [45]

4.4.2 Nackdelar

Trots glasögonens passiva natur driver de komplexa filtren upp priserna, och Dolby är pessimistiska till att massproduktion ska minska priserna betydligt. Men å andra sidan byggs glasögonen för att hålla ett bra tag framöver, äkta glas framför billig plast som ofta är fallet med RealD:s glasögon. Tekniken är hittills begränsad till projektorer, men Infitec och schweiziska Optics Balzers håller på med att utveckla en skärm de kallar ”dual plex” som ska ärva avbrottsfiltrets fördelar. [40] [46]

4.4.3 Läckage

Jämfört med polariserade glasögon är läckaget väldigt litet med avbrottsfilter. Detta tack vare den kraftiga separationen i de olika färgnyanserna för vardera öga. Men även här gäller de gamla vanliga reglerna – filtren måste överensstämma med varandra, projektorn måste vara synkroniserad med avbrottfiltret för att varje bild ska styras till rätt öga, och glasögonens våglängdsfilter måste vara så exakta som möjligt. [40]

4.5 HMD

HMD ("head mounted display") skiljer sig väsentligt från tidigare nämnda tekniker. Någon extern skärm existerar inte, utan allt händer i apparaten man har på huvudet. HMD består av två skärmar – vanligtvis LCD, CRT eller OLED – som är fästa i antingen en hjälm eller ett par glasögonbågar. Man brukar ofta kalla HMD för "virtuell verklighet" då många modeller helt innesluter användarens synfält. [7 s. 4]

För att man ska uppnå något som kan kallas "virtuell verklighet" måste synfältet i hjälmen eller glasögonen överensstämma med människans, det vill säga ungefär 180 grader. Men breda skärmar har större mellanrum mellan pixlarna, vilket betyder att man i regel måste offra högre upplösning för bredare betraktningssvinkel och vice versa. [7 s. 4]



Bild 13. Addvisor 150 har en upplösning på imponerande 1280 x 1024 pixlar, men begränsas av synfältet på 60 grader. [20]

4.5.1 Fördelar

HMD har potential att bjuda på den bästa 3D-upplevelsen på marknaden, men för att så ska ske måste upplösningen bli högre samtidigt som betraktningssvinkeln hålls brett. Den kanske största konkreta fördelen med HMD är att läckage överhuvudtaget inte existerar i anordningar där vardera synfältet är klart fysiskt åtskilt. Bilderna har helt enkelt ingen fysisk möjlighet att läcka över till varandra. [5 s. 9]

4.5.2 Nackdelar

Det finns flera faktorer som påverkar användbarheten i HMD, inte minst ergonomin och utformningen. HMD-anordningar kommer i alla former och storlekar, vilket kan leda till olika bieffekter hos användarna såsom muskel- och ögonvärk. HMD-anordningar är även ruskigt dyra, och kraftigt begränsade i sin användning då det hittills inte funnits någon egentlig standard. [7 s. 4]

5 AUTOSTEREOSKOPIKA TEKNIKER

Stereoskopiska glasögon i all ära, men de är för många potentiella användare en avtändande faktor som får dem att avstå från allt vad 3D heter. Glasögonen är klumpiga – ofta dyra – tingester som man inte riktigt vill ha att göras med i sitt vardagsrum. Om man är en familj som vill se på 3D-TV krävs det att alla har varsitt par glasögon, något som bäddar för uppenbara problem. Om man vill ha en filmkväll med kompisarna måste alla ha egna glasögon som dessutom ska vara kompatibla med den aktuella skärmen. Det är här autostereoskopiska lösningar kommer in i bilden. Man behöver inte längre några dedikerade glasögon, utan allt 3D-hokus-pokus sker direkt i skärmen.

5.1 Varför LCD?

LCD (flytande kristallskärm) i kombination med ljusfördelande linser har blivit en standard för de få autostereoskopiska skärmar som finns. Flytande kristaller kan vara både solida och flytande, beroende på om de är upphettade eller nedskylda. Därför kan man - genom att manipulera temperaturen omkring kristallerna - modifiera deras form, och därmed ljusgenomträngningförmåga och hur ljuset styrs. Det här förklarar varför LCD-skärmar ofta kan börja bete sig lustigt i kalla eller varma temperaturer.

Utöver detta bjuder LCD också på god pixelpositionstolerans, pixelpositionsstabilitet och noggrant kontrollerad glastjocklek. Allt det här innebär att man med stor noggrannhet kan styra ljus genom en LCD-skärm, någonting som är ytterst vitalt för autostereoskopiska lösningar. [4] [22]

5.2 Tre olika typer

Man klassificerar autostereoskopiska tekniker i tre olika typer.

5.2.1 En betraktningvinkel

Skärmen är designad för att visa två bilder i fixerade positioner. Vardera bild är lika stor och av samma kvalitet, det vill säga de är uppbyggda av samma antal pixlar. Användaren måste sitta i en förbestämd zon för att vardera öga ska nå av rätt bild. Om man sitter fel kan det hända att man ser spökbilder där 3D-effekten inte fungerar som det är tänkt. Symptomen för felaktig användning inkluderar även flimmer. [7 s. 5]

En betraktningvinkel är praktiskt användbar för enbart en person åt gången. Eftersom betraktningvinkeln är så begränsad har man inte heller särskilt många fysiska positioner att välja bland. Det är därför en betraktningvinkel främst används i datorskrmar, eller skärmar i mindre handhållna enheter såsom mobiltelefoner. Skärmar som helt enkelt är avsedda för enbart en person åt gången. [7 s. 5]

5.2.2 Tittarspårning

En kamera spårar tittarens position och justerar betraktningvinkeln beroende på var man befinner sig. Fortfarande endast användbart för en enskild person, men man är inte längre begränsad till en bestämd position. Tittarspårning är det enda sättet att uppnå ”sann” 3D med autostereoskopiska skärmar, det vill säga låta tittaren fritt betrakta en scen ur olika vinklar, ungefär som att flytta runt själva kameran under en inspelning. [7 s. 5]

Det här är givetvis inget att rekommendera för traditionella filmmakare (eftersom man fortfarande skulle vara tvingade att filma ur alla tänkbara vinklar) men för realtidsrenderade datoranimerade filmer är en flyttbar kamera en lockande möjlighet, och något som säkert blir populärt i framtiden.

5.2.3 Flera betraktningvinklar

Ett flertal vanligtvis fixerade betraktningvinklar gör att flera personer kan se på en skärm samtidigt. Tittarna har större frihet att välja sina egna positioner då betraktningvinklarna är fler. Man är fortfarande begränsad – symptomen för felaktig användning är desamma som för fixerade betraktningvinklar – men eftersom antalet godtagbara zoner är fler till antalet har man ändå större utrymme att röra på sig. [7 s. 5]

Flera betraktningvinklar innebär dock att skärmen ”skärs” i ett flertal bitar – åtta stycken i en skärm ämnad för fyra personer, eftersom alla ska ha en unik bild till vardera öga – och upplösningen, kvaliteten på bilden, blir därefter. [7 s. 5]

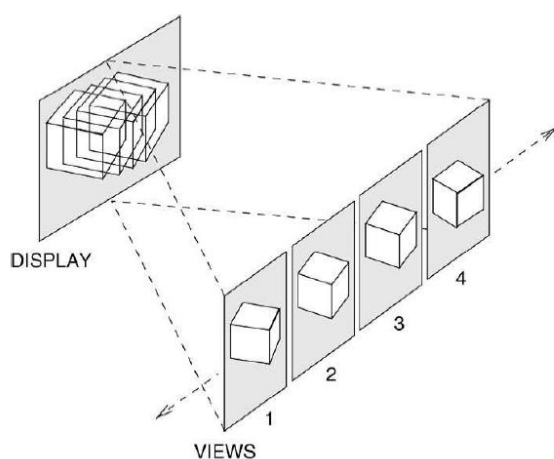


Bild 14. En teoretisk beskrivning av flera betraktningvinklar, i det här fallet fyra stycken. [7]

5.3 Tekniska lösningar

För att åstadkomma autostereoskopisk 3D rent tekniskt måste man implementera optiska lösningar direkt i skärmen. Dessa är de mest använda alternativen.

5.3.1 Parallaxbarriär

En parallaxbarriärskärm består av två olika skärmar ovanpå varandra. Den bakre visar den egentliga bilden, en vanlig 2D-skärm i princip, medan den främre styr ljuset. Den bakre skärmen kan jämföras med en fönsterruta, och den främre fyller samma funktion som en persienn. Den skymmer delar av det som visas på skärmen så att respektive öga bara uppfattar sin egen bild. Fungerar i praktiken likadant som polariserade glasögon, fast i större skala. [21] [7 s. 6]

Bilden ”strimlas” genom noga uttänkta springor som styr bestämda pixlars ljus till önskat öga. Det här innebär att bildupplösningen per automatik får sig en törn, eftersom en del av ljuset – och därmed de framföriggande pixlarna – inte når tittaren. Precis som en persienn förminskar en parallaxbarriär ljusstyrkan betänkligt. Genom att ”räta ut” springorna kan man enkelt skifta en parallaxbarriär mellan 2D- och 3D-läge. Nintendos bärbara spelkonsol Nintendo 3DS använder en parallaxbarriär för att förmedla 3D, och man kan justera effekten just genom att ”räta ut” barriären med hjälp av en simpel slider. [21] [7 s. 6]

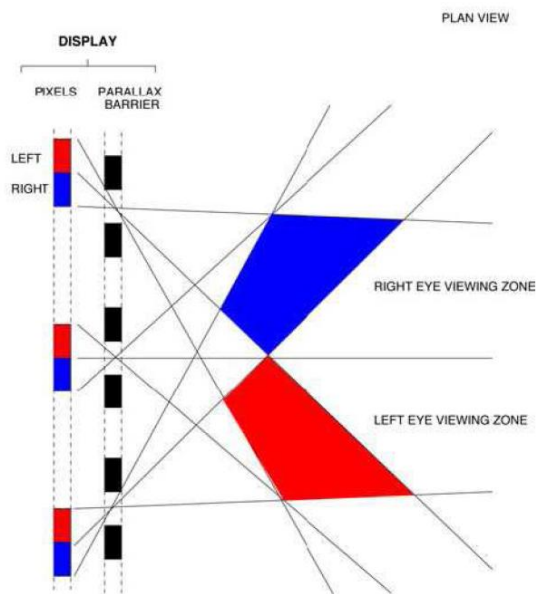


Bild 15. Parallaxbarriären styr ljuset i olika riktningar för att förse varje öga med korrekt information. [7]

5.3.2 Rörformade linser

Det mest allmänna exemplet på rörformade linser är små bilder som skiftar motiv beroende på hur man lutar dem. De flesta av oss har nog stött på dem någon gång. Rörformade linser i TV-apparater fungerar likadant, fast i större skala. En massa små rörformade linser är fästa bredvid varandra med hög precision, och de ”böjer” ljuset åt ett specifikt håll. Eftersom rörformade linser inte blockerar något ljus, endast styr det, tappar bilden ingen ljusstyrka. [7 s. 6]

Däremot är det svårt att växla mellan 2D- och 3D-läge, då detta kräver att ljuset undviker linserna. Med hjälp av PDLC kan man uppnå detta, då den flytande kristallen är genomskinlig i 3D-läget (ljuset når de rörformade linserna) men grumlig i 2D-läget, vilket förhindrar att den första omgången ljus når de rörformade linserna.. [4 s. 30]

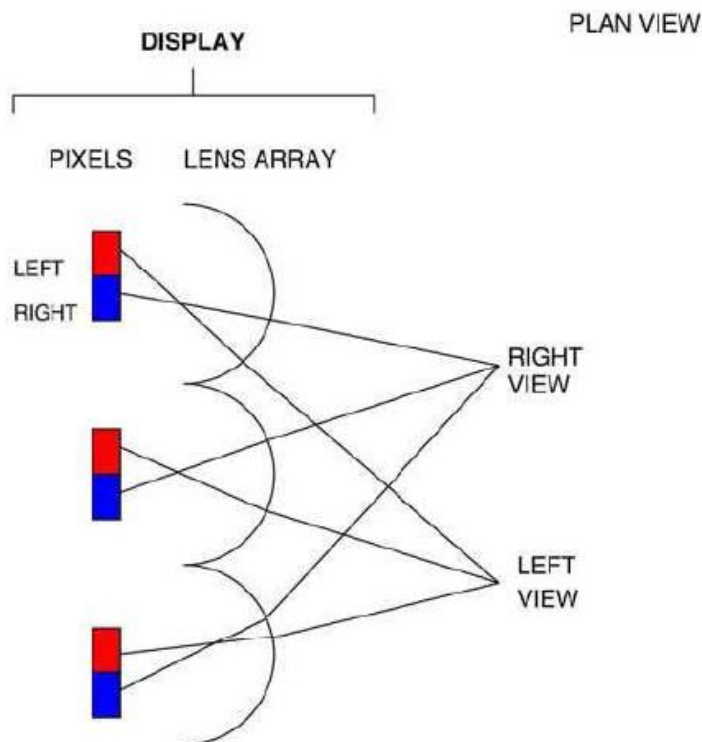


Bild 16. Rörformade linser. Notera hur ljuset böjs när det passerar genom linserna. [7]

5.4 Problemen med autostereoskopiska tekniker

Fördelarna med autostereoskopik är många. För de flesta av oss framstår det här som den självklara framtiden för tredimensionella skärmar. Men ännu finns många problem att övervinna innan en autostereoskopisk skärm på allvar kan matcha en stereoskopisk motsvarighet.

5.4.1 Upplösningen

Det överlägset största problemet för autostereoskopiska skärmar är upplösningen. Människor kommer inte att överge sina 2D-skärmar – eller ens stereoskopiska skärmar - innan den autostereoskopiska bildkvaliteten motsvarar vad vi är vana vid. De flesta som vant sig vid Blu-ray vill inte gå tillbaka till DVD.

En autostereoskopisk skärm delas i flera bitar – ju fler bitar desto färre pixlar per bit, alltså sämre upplösning. Skärmarna med flest betraktningvinklar är de som

ger tittarna sämst bilder. För att kontra dessa problem – eller åtminstone dämpa dem – har man tagit fram tvilling-LCD-konceptet. Man har helt sonika två LCD-element i en och samma TV-apparat, och slipper därmed skära bilden i onödigt många delar. Vardera bilden styrs ut till vardera ögats visningszon via noggrant arrangerade speglar. En skärm som enbart har en betraktningvinkel kan därför bibehålla full 2D-kvalitet, eftersom vardera ögat har en dedikerad LCD-skärm. Den uppenbara nackdelen är givetvis priset. Två LCD-element är dyrare än ett. [4 s. 17] [7 s. 7]

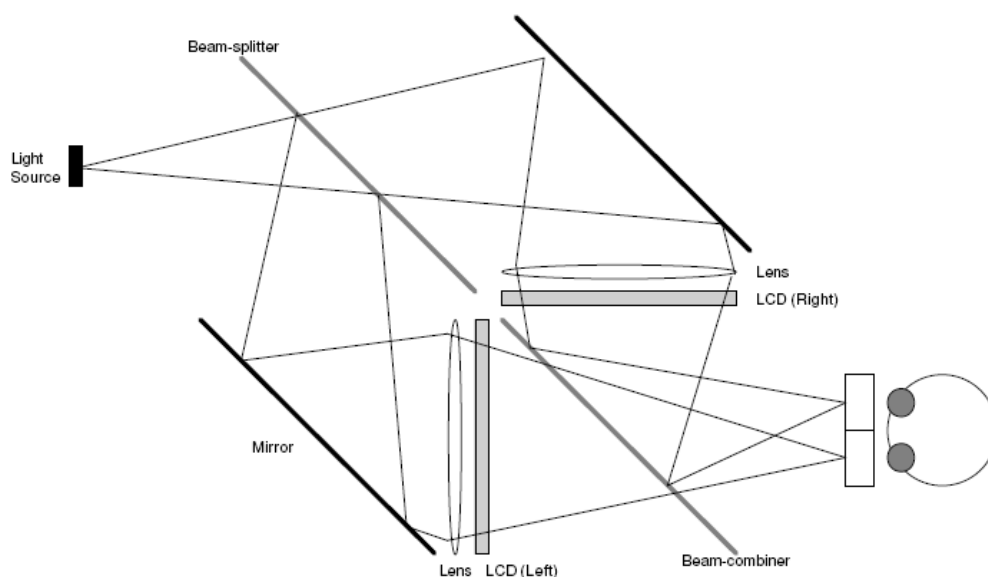


Bild 17. En teoretisk beskrivning av tvilling-LCD-konceptet med en betraktningvinkel.

På nästa sida följer en numerisk jämförelse mellan olika skärmkonfigurationer. ”Twin view” innebär en betraktningvinkel (två unika bilder) det vill säga en skärm skapad för en person. ”Twin-LCD” har två LCD-element och ”Single-LCD” ett.

Characteristic	Twin-LCD Twin View	Single-LCD Twin View	Single-LCD Multi (9) View	Human Vision
Total resolution	2x 1280(h)x1024(v)	1280(h)x1024(v)	1280(h)x1024(v)	
View resolution	1280(h)x1024(v)	640(h)x1024(v)	426(h)x341(v)	
View pixel width	0.3mm	0.6mm	0.9mm	
Viewing distance	750mm	750mm	750mm	
Voxel depth: 0 pixels disparity	7mm	14mm	21mm	0.84mm
Stereo resolution (in +/-100mm)	60 voxels	31 voxels	20 voxels	~240 voxels

The calculations for this table assume an observer eye separation of 65mm.

Bild 18. En numerisk jämförelse mellan olika skärmkonfigurationer. Tvilling-LCD:en är den uppenbara vinnaren sett till ren bildkvalitet. Notera hur upplösningen sågas i "single"-konfigurationerna medan den bibehålls i "twin". [4 s. 40]

I dagsläget är autostereoskopiska skärmar låsta till sina konfigurationer. Det innebär att man har ett val – antingen köper man en skärm åt sig själv, som endast producerar en betraktningvinkel. Eller så köper man en som producerar flera. Det senare alternativet tillåter att hela familjen kan samlas runt TV:n, men bildkvaliteten är lika dålig oavsett hur många som råkar se på skärmen vid ett givet tillfälle. Det finns inga mellanting. Antingen visar skärmarna en betraktningvinkel, hela tiden, eller så visar den flera. [23]

5.4.2 Konkurrenten

HDTV har nyligen blivit standard. Stereoskopisk 3D är i introduktionsstadiet. Autostereoskopiska skärmar kommer inte att vara ekonomiskt förmånliga på flera år ännu. Och när de väl blir det – kommer folk att vilja köpa dem? De har redan köpt HDTV för ett fåtal år sedan. Det är bara entusiasterna som vågat satsa på stereoskopiska varianter. Vilka finns kvar?

Autostereoskopi kan med fördel användas i reklamsyfte i tätbefolkade områden. Man kan göra breda betraktningvinklar för att så många människor som möjligt

ska kunna se reklamskyltarna i 3D. I dessa fall är 3D-effekten mer än nog för att fånga människors uppmärksamhet, men i det egna hemmet måste bildkvaliteten förbättras innan autostereoskopiska skärmar kan anses vara lönsamma att lansera i större mängder. [24]

5.4.3 Läckage

Som vi tidigare konstaterat kräver konstruktionen av autostereoskopiska skärmar ett oerhört noggrant detaljarbete. Inte bara för att tekniken överhuvudtaget ska fungera, utan även för att minska förekomsten av läckage så gott det går. Allting spelar roll – den optiska kvaliteten i alla enskilda linser, deras exakta placering, vinkeln i alla ”springor”, pixlarnas placering och tittarens placering. Man kan göra fel på väldigt många sätt. Där en enskild död pixel knappt märks på en 2D-skärm bryter den hela illusionen i en autostereoskopisk skärm. [5]

6 3D I FRAMTIDEN

“Vi har demonstrerat att 3D-marknaden är extremt lukrativ. 3D-marknaden är inte en fluga, den kommer inte att försvinna.” [26]

- James Cameron, regissören bakom ”Avatar”

Det är omöjligt att förutspå vad som kommer att hända i framtiden. Men man kan göra mer eller mindre kvalificerade gissningar. I detta kapitel undersöker jag den omedelbara framtiden för stereoskopisk och autostereoskopisk 3D, tekniska lösningar som kan tänkas beseгра nuvarande hinder och vad stora branschprofiler har att säga om saken.

6.1 Biofilmer

Biografen är det enda området där 3D verkligen fått fotfäste hittills. Enligt James Cameron var ”Avatar” kulmen av den första vågen, och hade en stor roll i marknadsföringen av 3D i biograferna.

”Vår roll under de senaste fem eller sex åren har varit att övertyga biografer om att utveckla infrastrukturen för att kunna visa de filmer vi skapar. Nu behöver vi en andra våg. Vi behöver film på film på film.” [26]

Men filmerna måste även uppfylla en viss standard. Filmer som ”Clash of the Titans” gör 3D en björntjänst menar Cameron.

”De [konkurrenterna] tänker ”vad lärde vi oss av ”Avatar”? Vi kan tjäna mer pengar med 3D.” De ignorerar faktumet att vi producerade filmen i 3D från början, och bestämmer sig för att korta ner flera års arbete till en åtta veckor lång postproduktion för ”Clash of the Titans”. Om folk producerar dålig 3D kommer de att hålla tillbaka eller till och med hota 3D:ns tillväxt. Folk kommer att förvirras av skillnaden i kvalitet.” [26]

Men hotbilden är inte begränsad till dålig 3D. Det finns även regissörer som inte är särskilt pigga på att filma i 3D. Christopher Nolan, regissören av ”The Dark Knight” och ”Inception” är en av de största profilerna i antifalangen, och då speciellt i kampen mot förlusten av ljusstyrka.

”Du märker det inte för att du är i ”den där världen”, ditt öga kompenserar, men efter att ha brottats med biograferna i årtal för att få dem att öka ljusstyrkan tänker vi inte stoppa polariserade filter i allting.”

”På en teknisk nivå är det [3D] fascinerande, men när jag väl upplever det finner jag förlusten i ljusstyrka extremt alienerande.” [27]

Men inget av det här säger någonting väsentligt om 3D:ns framtid i biograferna. James Cameron och Christopher Nolan är stora profiler, men de uttrycker bara sina åsikter. Christopher Nolan medger till och med att han kommer att göra 3D-filmer om marknaden kräver det. Om man vill göra någon sorts analys av nuvarande trender är sifferbaserad fakta det enda som duger, och Matthew Ellerbrock har sammanställt ett imponerande diagram (se bilaga) som innefattar 27 filmer från 2004 till 2010 och hur deras 3D- respektive 2D-versioner har presterat i USA. Filmer som enbart lanserades i 3D exkluderades. [25] [27]

Det bör noteras att en films framgång avgörs av ett närmast oändligt antal variabler, och att en sådan här sammanställning oundvikligen presenterar en något förvrängd bild. Här har alla filmer samma utgångsläge (noll) men i verkligheten är det inte så. Saker som genre, samtida konkurrenter, de två versionernas kvalitet, lanseringsfönster, marknadsföring, allt sådant spelar roll. Med alla dessa variabler i bakhuvudet kan vi dock konstatera följande – 22 av de 27 filmerna drog in mer pengar på sina 3D-versioner. Utöver detta är det dock svårt att skönja något absolut mönster. Vinstprocenten från 3D-filmerna åker upp och ner som en jojo, och det är hyfsat omöjligt att göra några ordentliga förutsägelser om 3D:ns framtid i biografen. Den nedåtgående kurvan i premiärveckoslutets graf kan påstås börja med ”Clash of the Titans” (nummer tjugo) och dess hafsiga 3D-

version. Resultatet blev att folk blev misstänksamma mot 3D-versioner, och det är först nyligen man börjat lita på 3D igen, vilket synliggörs av senare filmers framgångar. [25]

Som vi tidigare konstaterat är RealD den nuvarande giganten på den stereoskopiska biomarknaden. I USA äger man 85 % av marknaden, och över hela världen har man installerat 15 000 biodukar. Men den här dominansen beror inte på att de levererar filmer av den bästa kvaliteten (för det gör de inte) utan mer på att man tidigt var ute på marknaden och slöt några väldigt lukrativa avtal med diverse biografkedjor. Man säljer nämligen inte systemen, istället får man en procentandel av varje filmbiljett som säljs hos den berörda biografen. Detta innebär väldigt lite risker från biografägarnas sida – de investerar inget kapital, och riskerar inte att gå på förlust om RealD plötsligt skulle gå in i väggen. De rider bara på framgångsvågen så länge den varar. En nackdel för biografägarna är dock att det oftast handlar om långtidskontrakt, så om intäkterna skulle börja minska kan man inte bara ersätta RealD-tekniken utan förvarning. [44]

Dolby 3D anses vara ett bättre alternativ i ren kvalitet, men smakar det så kostar det. RealD:s billiga engångsglasögon är mer attraktiva för biografkedjor som bara tittar på siffror, men Dolby 3D bjuder enligt många på den bättre bioupplevelsen. Till skillnad från RealD säljer Dolby sin utrustning – inte direkt till biografkedjor, utan till tillverkare av projektorer. Slutligen har vi XpanD som den tredje av dagens största aktörer. Deras aktiva glasögon är som regel dyrare än konkurrenternas passiva. Men det hela vägs upp med att hårdvaran i projektorerna är lite mindre avancerad. [44]

Bakom de tre giganterna rör sig Masterimage (liknar RealD-teknik), Panavision (som använder filter som liknar Dolbys variant) och nygrundade Oculus, som producerar eko-vänliga, passiva glasögon. Alla väntar på en möjlighet att sno åt sig en del av kakan. Kanske en del biografkedjor tänker om när deras långtidsavtal med RealD är över? Eller som Masterimages Peter Koplik formulerar det:

”RealD är Goliat, och vi är David, men vi blir allt skickligare med vår slangbella.”
[44]

6.2 Stereoskopiska skärmar

Stereoskopiska skärmar finns på marknaden. Folk köper inte nya TV-apparater vartannat år, så när man väl köper vill många förvissa sig om att apparaten är framtidssäker. Det är därför vissa väljer att köpa en 3D-kapabel skärm redan nu (det vill säga ”3D ready”-märkta skärmar) trots att utbudet för 3D-filmer och 3D-spel tillsvidare är väldigt begränsat.

“Det kommer att bli intressant med 3D-TV, för det kommer att förändra saker igen” menar James Cameron. ”Men TV-apparaterna kommer att ta lite tid på sig innan de blir populära på marknaden, för det finns inte tillräckligt mycket innehåll. Elektronikföretagen har nästan det motsatta problemet som vi hade med biofilmer. Vi skapade filmerna men 3D-biograferna fanns inte. I hemmet finns skärmarna redan, och folk kommer att fortsätta köpa dem för att de är framtidssäkra. Om de köper en 55- eller 65-tums skärm vill de fatta ett beslut som kommer att kännas rätt även om tre eller fyra år. Men just nu har vi brist på innehåll. Jag tror att konsumenterna kommer att acceptera 3D-TV. Introduktionskostnaden är inte så hög. Folk älskar 3D och eftersöker den bästa 3D-upplevelsen. Det stora frågetecknet är bristen på innehåll.” [26]

6.2.1 Blu-ray 3D

Genom åren har vi sett många formatkrig i TV-världen. Betamax mot VHS och HD-DVD mot Blu-ray är de två mest kända exemplen. Kampen mellan de olika formaten har varit hård, men till slut har alltid den kommersiellt svagare parten tvingats ge upp. VHS och Blu-ray blev de gällande standarderna, men inte av samma anledningar. VHS var underlägset Betamax ur en teknisk synpunkt, men vann kriget tack vare lägre priser och bättre marknadsföring. Blu-ray är – å andra sidan – både dyrare och tekniskt mer kapabelt än HD-DVD, men lyckades vinna kriget ändå. HD-DVD som format lades ner helt och hållet 2008. Så det går inte

att säga med säkerhet vilken sida som vinnar nästa krig – det billigare och sämre, eller det dyrare och bättre? [29] [32]

Slaget om lagringsmediet för 3D-filmer tycks å andra sidan vara över redan innan det börjat. Blu-ray 3D är i skrivande stund ett pinfärskt format – de första titlarna lanserades i november 2010 – men har stöd från de flesta av de största elektronikföretagen, bland andra LG, Panasonic, Samsung, Sony och Toshiba. Man undvek ännu ett formatkrig genom att komma överens om de tekniska specifikationerna väldigt tidigt. Våren 2009 satte Blu-ray Disc Association ihop ett team som hade uppgiften att utveckla en teknisk specifikation för 3D-filmer. Åtta månader senare var specifikationen klar och accepterad av industrin. [29]

”Jag tror inte jag någonsin sett en teknisk specifikation tas fram så här snabbt” säger Andy Parsons, ordförande för amerikanska Blu-ray Disc Association. ”Alternativet vore två eller tre andra sätt att göra 3D på en filmskiva – och det vore döden för ett format. Alla förstod att det kunde hända. Vi undvek en potentiellt ful och bölig situation.” [29]



Bild 19. Sonys spelkonsol Playstation 3 var en viktig anledning till varför Blu-ray gick vinnande ur striden mot HD-DVD. Liksom många andra Blu-ray-spelare har den uppdaterats via mjukvaruväg för att klara det nya formatet Blu-ray 3D (exempel på ett filmomslag till höger). [30] [31]

6.2.2 Aktiv eller passiv 3D?

Läget är med andra ord lugnt på lagringsfronten (även om online-baserade distributioner kommer att utgöra ett seriöst hot mot Blu-ray 3D vad det lider). Det är bland de faktiska skärmarna det finns oenighet i branschen. Kampen står mellan aktiva och passiva tekniker – sekventiell 3D och polariserad 3D. Av anledningar som vi redan avhandlat är slutarglasögonen dyrare än de polariserade motsvarigheterna, men samtidigt tekniskt överlägsna, i alla fall just nu.

Att förutspå den slutgiltiga vinnaren är en omöjlig uppgift, men de nuvarande förutställningarna är som följer: det enda som krävs av en skärm för att den ska kunna använda slutarglasögon är en tillräckligt hög uppdateringsfrekvens. De flesta high-end-skärmar som finns på marknaden idag klarar den här gränsen – 120hz – med lätthet. Man behöver inte hoppa på 3D-tåget direkt om man inte vill, men såvida TV-tillverkaren ger möjlighet är det bara att köpa ett par kompatibla slutarglasögon med tillhörande sändare, samt en 3D-kapabel Blu-ray-spelare och TV:n är klar för att visa Blu-ray 3D.

De polariserade glasögonen har det inte lika enkelt. Som vi var inne på i kapitel 3 innehåller polariserade skärmar en massa mikrooptik som styr ljuset som produceras. 2D-skärmar har inget liknande – de låter ljuset gå rakt fram - så det är inte möjligt att bara uppgradera en existerande skärm med extern hårdvara. Man måste köpa nytt. Polariserade skärmar brottas även med upplösningen, dagens polariserade skärmar kan inte visa bilder i full HD.

RealD har dock berättat att de kommer att lansera världens första passiva full HD-skärm under 2011. Detta är möjligt genom att kopiera slutartänkandet. Istället för att visa två bilder samtidigt – som polariserade skärmar gör idag – och därmed halvera upplösningen, visar man en högupplöst bild åt gången, precis som slutarskärmarna gör. Båda bilderna polariseras cirkulärt, men åt olika håll. Det vänstra ögats bild polariseras medsols och det högra ögats bild motsols eller vice versa. Detta betyder att de passiva glasögonen i all väsentlighet beter sig precis som de aktiva – fast utan all dyr elektronik. Tekniken ska även vara kompetabel

med Blu-ray 3D, och därmed kan slutarglasögonen anse sig ordentligt utmanade. [28]

De passiva glasögonen kommer onekligen att vara mer attraktiva för konsumenterna. De är lätta, snygga, behöver inte laddas, och framförallt ordentligt mycket billigare. Å andra sidan kan man förvänta sig att själva skärmarna kommer att vara dyrare, som fallet ofta är med färsk teknik. Kommer fördelarna vara nog för att besegra de redan hyfsat etablerade slutarglasögonen? Det kommer tiden att utvisa.

6.3 Autostereoskopiska skärmar

I kapitel fyra gick vi igenom de autostereoskopiska teknikernas största problem i dagsläget, nämligen upplösningen och hur den blir sämre ju fler betraktningvinklar som produceras. Jag tog dock inte upp de tänkbara lösningarna på dessa problem. Det taiwanesiska företaget AU Optronics utvecklar en så kallad ”smart-TV” som elektroniskt justerar betraktningvinklarna beroende på hur många personer som är i rummet (ska inte förväxlas med tittarspårning). Man skulle således inte behöva välja mellan att köpa en skärm för en eller flera personer, vilket givetvis skulle ha stor betydelse för de autostereoskopiska skärmarnas fortsatta utveckling. [23]

Med en sådan skärm skulle en ensam tittare få maximal bildkvalitet (960 pixlar per öga om skärmens totala upplösning är 1080 x 1920). När en andra person kommer in i rummet upptäcks han eller hon av skärmen som producerar ytterligare en betraktningvinkel. Men det här innebär inte att upplösningen nödvändigtvis halveras igen (från 960 pixlar till 480 pixlar per öga). [23]

AUO säger själva. ”Upplösningen halveras inte nödvändigtvis när en ny person börjar titta. Vi jobbar på att utveckla bättre prestanda än så. AUO strävar efter att leverera bättre maximal upplösningsskvalitet till tittarna.” Hur det här ska gå till är tills vidare en affärshemlighet, men en kvalificerad gissning är att låta flera tittare dela på samma pixlar. [23]

Autostereoskopiska storbildsskärmar ligger med stor säkerhet många år fram i tiden, men en marknad som redan nu håller på att blomma upp är personliga skärmar, det vill säga skärmar som bara är ämnade åt en tittare – datorskärmar, mobildisplayer och handhållna spelkonsoler. Eftersom det aldrig finns ett verkligt krav på att fler än en person ska kunna titta på skärmen åt gången kan man koncentrera sig på att leverera en högkvalitativ betraktningssvinkel. Skärmens förmodade närhet till tittaren gör också att den funktionella betraktningsszonen blir större – avståndet mellan ögonen är större i proportion till skärmens storlek, och därmed förminskas förekomsten av läckage. Det kommer fortfarande att finnas ett optimalt visningsavstånd för dessa skärmar, men det är betydligt lättare att justera avståndet genom att föra skärmen längre fram eller längre bak, än att flytta på en stor TV eller en tung soffa.

Hur man än vänder och vrider på saken kommer dock en autostereoskopisk skärm förmodligen alltid bjuda på sämre bildkvalitet än de stereoskopiska motsvarigheterna, så den rakaste vägen mot bättre bildkvalitet är helt enkelt att förbättra den totala upplösningen.

6.4 TV- och datorspel

Till skillnad från 3D-TV och den nya tidens biograf-3D har spelbranschen redan hunnit experimentera med 3D i många år, och tagit fram en mängd olika tekniker för att åstadkomma 3D-effekter. Den första vågen på hemdatormarknaden kom under 1990-talet när CRT-skärmarna var som mest dominerande. De hade uppdateringsfrekvensen som krävdes för sekventiell 3D. Men efter ett tag började de tunnare LCD-skärmarna äta upp allt större delar av marknaden, och eftersom de till en början hade mycket långsammare uppdateringsfrekvens gick 3D-spelandet lite i stå under en period. Nu har emellertid LCD-skärmarna kommit ikapp CRT-skärmarnas uppdateringsfrekvens, och därmed har 3D-spelandet vaknat på nytt.

6.4.1 ”Äkta” 3D

På datorsidan har grafikkortstillverkaren Nvidia varit en ständigt närvarande förespråkare för 3D sedan mitten av 1990-talet (AMD och Radeon har även varit med på ett hörn, men det är först på senare tid de engagerat sig på allvar) och jobbat hårt med sina drivrutiner, som via mjukvaruväg skapar en andra bild i mängder av datorspel. Det här kan jämföras med ”delade skärm”-lägen i 2D-spel – två realtidsrenderade bilder innebär att arbetsbördan för hårdvaran ökar (skuggor och ljuseffekter måste renderas specifikt för varje öga för att 3D-effekten ska fungera korrekt). Det gör dock inte så mycket i PC-världen, plattformen är öppen, och de flesta prestandaproblem löses genom att uppgradera hårdvaran. De flesta av dagens spel släpps på både konsoler och datorer, så en modern dator svettas knappt när den kör ett spel som utvecklats med fem år gammal konsolhårdvara i åtanke. [33] [34]

I konsolvärlden är saker och ting därmed inte lika enkla. Sony har plöjt ner mängder med resurser på att deras storspel till Playstation 3 ska ha så imponerande 3D-lägen som möjligt. Men eftersom hårdvaran är låst är prestandatappet ett mycket större problem än i PC-världen. Spelet ”Wipeout HD” var det första som fick en 3D-konvertering på Playstation 3, och resultatet blev att 2D-versionens 1080p och 60 bilder i sekunden fick bantas ner till 720p och 30 bilder i sekunden. Det här är mer än godtagbart för de flesta spelare, desto svårare blev det när man ville konvertera spelet ”Motorstorm: Pacific Rift” till 3D, som kördes i 30 bilder i sekunden redan i 2D-läget. Att använda en ännu lägre bildhastighet ansågs oacceptabelt. Därför utgick man från ”delad skärm”-läget – som fanns redan i 2D-versionen – och använde de mindre krävande (men även mindre detaljerade) bilmodellerna för att hålla kvar bildhastigheten runt 30 bilder i sekunden. 3D-bildernas lägre upplösning behandlas med kantutjämning för att lura det mänskliga ögat att tro att bilderna är mer högupplösta än de i själva verket är. [34]

Det här är det ”riktiga” sättet att skapa tredimensionella spel på, och även det som ger det mest imponerande och ”äkta” resultatet. Men prestandaförlusten är ett stort

pris att betala, och tekniken kommer inte att komma till sin rätt förrän nästa konsolgeneration, när hårdvaran är kraftigare och har 3D-spel i åtanke redan under konceptstadiet. Sonys metod kräver även att man har en TV som klarar sekventiell 3D.

6.4.2 "Fusk"-3D

Företag som Trioviz bjuder på en väldigt mycket billigare lösning än Sonys "sanna" 3D-spel. Tekniken fungerar på vanliga 2D-apparater – till och med gamla SD-burkar – och har en mindre dramatisk inverkan på spelets prestanda. Spelet "Batman: Arkham Asylum" användes för att sjösätta projektet. [35]

Principen bakom Trioviz är ganska simpel. Tekniken använder endast en tvådimensionell bild, men spelen renderas tredimensionellt inne i själva konsolen. Med hjälp av "Z-buffern" (även kallad djupbuffer) tilldelas objekt djupledskoordinater i den tredimensionella omgivningen. Tack vare den här informationen vet spelmotorn vilket objekt som är placerat framför ett annat, till exempel en karaktär som står framför en dörr. Vad Trioviz gör är att ta dessa objekt och färga dess kanter, för att sedan avkoda dem med de anaglyfa Trioviz-glasögonen. Alltså – Trioviz-glasögonen bestämmer i vilken ordning spelaren ser objekt, vilket som är framför vilket, och skapar därmed en illusion av djup. Problemet är att inte alla elements koordinater lagras i "Z-buffern", vilket gör att saker som transparenta effekter och explosioner börjar se platta ut i "Batman: Arkham Asylum". En billig lösning med stora brister, men som fungerar på en vanlig tvådimensionell skärm. Hundra procent av kunderna kan ta del av 3D-effekten. Glasögonen är även billigast tänkbara, och därmed kan de skeppas tillsammans med spelet, som var fallet med "Årets spel"-utgåvan av "Batman: Arkham Asylum". [35]

6.4.3 Bärbar 3D

Bärbara 3D-enheter är inte på något sätt begränsade till spelbranschen. Inom kort kommer vi sannolikt att se till exempel mobiltelefoner med 3D-skärmar. Men det är just inom spelbranschen som 3D:n utvecklas snabbast, och då främst i och med japanska Nintendos storsatsning – Nintendo 3DS. Konsolen lanserades i början av 2011, och är utrustad med två skärmar – en tvådimensionell pekskärm och en tredimensionell skärm. Det speciella med Nintendo 3DS är att 3D:n är autostereoskopisk, alltså glasögonfri. Storbildsskärmar är i dagsläget nästintill begränsade till stereoskopiska lösningar, eftersom bildkvaliteten inte är tillräckligt god med autostereoskopik. Rent tekniskt använder Nintendo 3DS en parallaxbarriär (se kapitel 4.3.1). [36]

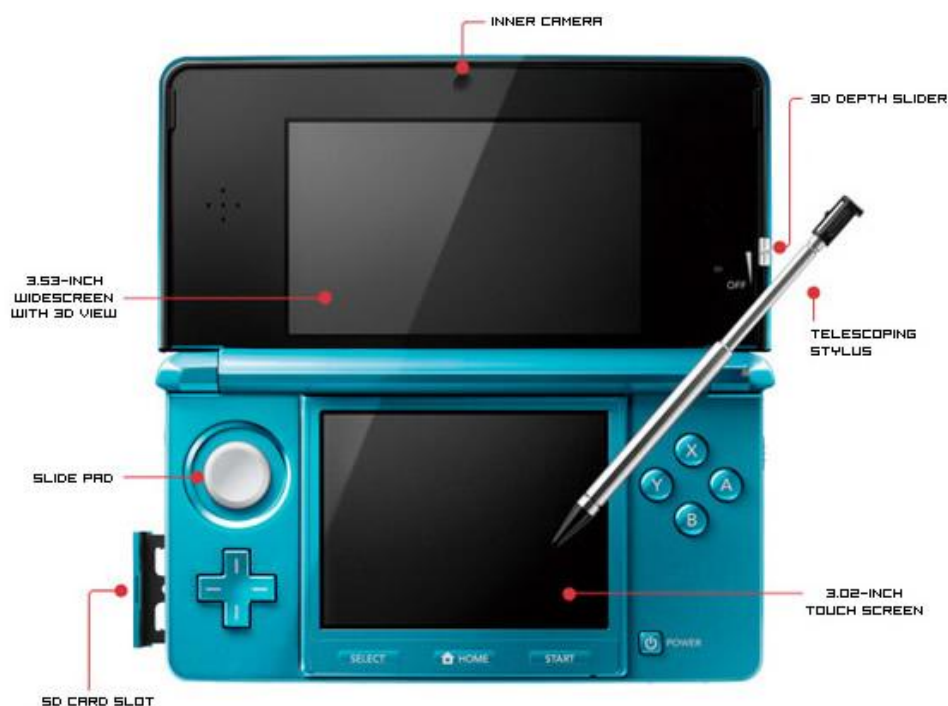


Bild 20. Nintendo 3DS är ett verkligt eldprov för autostereoskopisk 3D. [47]

Med bärbara skärmar slipper man ta hänsyn till flera tittare – eftersom fler personer än en sällan tittar på en sådan skärm åt gången – och behöver bara producera en betraktningvinkel, och därmed kan man avvara maximalt antal pixlar åt vardera öga. Av samma anledning kommer autostereoskopiska

datorskärmar bli aktuella tidigare än autostereoskopiska TV-apparater. Det enda den ensamma tittaren behöver oroa sig för är att placera vardera öga i rätt zon, vilket innebär att produkter som Nintendo 3DS har ett optimalt visningsavstånd (som förvisso kan justeras genom att manipulera parallaxbarriären via en slider på konsolen). Det här kan bli ett problem i lite mer obekväma situationer, som till exempel under bussresor där man inte har möjligt att justera avståndet hur som helst. Att förstora betraktningvinklarna – och därmed göra skärmarna mer toleranta till användarns position – är en av de största utmaningarna för autostereoskopiska bärbara skärmar.

6.5 TV-sändningar

Så vi har köpfilmerna och TV-spel. Men det räcker inte. För att 3D-TV på allvar ska övervägas av medelklassen måste även TV-sändningarna ta steget till 3D, något som inte skulle ställa till med alltför stora problem på produktionssidan enligt James Cameron.

”Att producera livesändningar i 3D är väldigt billigt. Föreställ dig kostnaden för en produktion, ett sportevenemang eller en konsert, den ökade kostnaden för att filma i 3D jämfört med 2D försvinner nästan i bruset av den totala budgeten. Att lägga till visuella effekter är betydligt dyrare.” [26]

Så 3D-sändningar är inga större problem från produktionsens sida. Men bilderna måste distribueras också. Två bilder kräver mer bandbredd än en, och tills vidare får 3D-TV finna sig i att använda samma kanaler som 2D. HDTV har trots allt nyss slagit igenom, och bolagen har problem med att hinna med i utvecklingen. Har man verkligen lust att uppgradera utrustningen igen, bara för att leverera högkvalitativ 3D-TV? [18]

Med andra ord – de högupplösta 3D-bilderna som slutligen når våra TV-apparater via kanaler ämnade för HDTV är inte längre lika högupplösta när de kommer fram. Och då bör man även ta i beaktande den vanliga resolutionsförlusten som

våra skärmar förorsakar. TV-bolagen räknar kallt med att ”wow”-effekten i 3D-sändningarna ska vara nog för att väga upp den faktiska förlusten i bildkvalitet.

Det här problemet kommer att försvinna av sig själv när 3D-sändningarna kommer igång på allvar, när TV-bolagen känner sig tvungna att öka bandbredden för att hänga med i konkurrensen. Men nu i början kan vi räkna med många billiga lösningar. [18]

7 AVSLUTNING

Under det här examensarbetets gång har jag gett en så gott som heltäckande överblick av fenomenet vi kallar ”stereoskopisk 3D”. Jag har förklarat de grundläggande principerna bakom de dominerande teknikerna anaglyf 3D, polariserad 3D, sekventiell 3D, HMD och avbrottsfilter. Jag har grundligt gått igenom var och en av teknikernas för- respektive nackdelar och på ett lättfattligt sätt förklarat vad som skiljer dem åt. Utöver stereoskopisk 3D har jag även behandlat autostereoskopisk 3D, 3D helt utan glasögon. Olika tekniker som parallaxbarriärer och rörformade linser har undersökts.

Jag har även blickat framåt, försökt förutspå vad den tredimensionella framtiden för med sig. Stora branschprofiler har samsat om utrymmet med oberoende marknadsanalytiker och storföretags pågående projekt. Även spelbranschen har förärats ett generöst antal tecken.

Jag tycker att arbetet har varit intressant, inte minst eftersom jag personligen är intresserad av det som behandlats. I det här examensarbetets första kapitel ställde jag tre frågor, och nu ska jag dela med mig av de svar jag kommit fram till.

Kommer tekniken att fortsätta vara lika populär när nyhetens behag lagt sig?

Ja, men det kommer inte att röra sig om samma tekniker. 3D utvecklas ständigt, och vi kommer att få ta del av mer och mer bekväma och naturliga tekniker. Barnsjukdomar som läckage kommer på sikt att minska betydligt (eller utrotas helt) och alla kommer att finna lösningar de själva är bekväma med.

Bjuder 3D på tillräckligt många faktiska fördelar för att konkurrera ut 2D?

3D behöver inte konkurrera ut 2D, de kommer att samexistera. Framtida skärmar kommer vara utrustade för båda lägena, oavsett om det handlar om stereoskopi eller autostereoskopi. Olika material kommer att lämpa sig för de båda. 2D kommer att fortsätta dominera den snabba och enkla underhållningen, medan 3D kommer att vara dedikerad till de där gångerna man vill ha något extra.

Kommer 3D-skärmar någonsin vara standard i vardagsrummet eller är de enbart en entusiastvara? 3D-skärmar kommer att bli standard väldigt snart. Alla vanliga 2D-skärmar som släpps idag som har en uppdateringsfrekvens på över 120 hertz är tekniskt kapabla till sekventiell 3D, och i framtiden kommer de populäraste teknikerna att medfölja oavsett om vill det eller inte, utan att nödvändigtvis komma i vägen för traditionell 2D.

Om det är något jag lärt mig under skrivandet av det här examensarbetet är det att 3D inte är här för att ersätta 2D. Det är ett alternativ. Ett alternativ som på sikt kan växa sig större än 2D, men det är helt och hållet upp till marknaden, vad vi konsumenter vill ha.

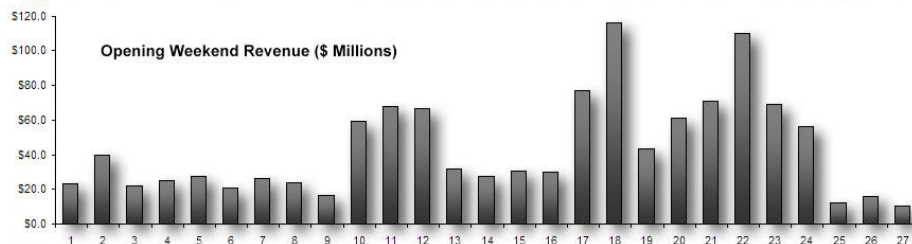
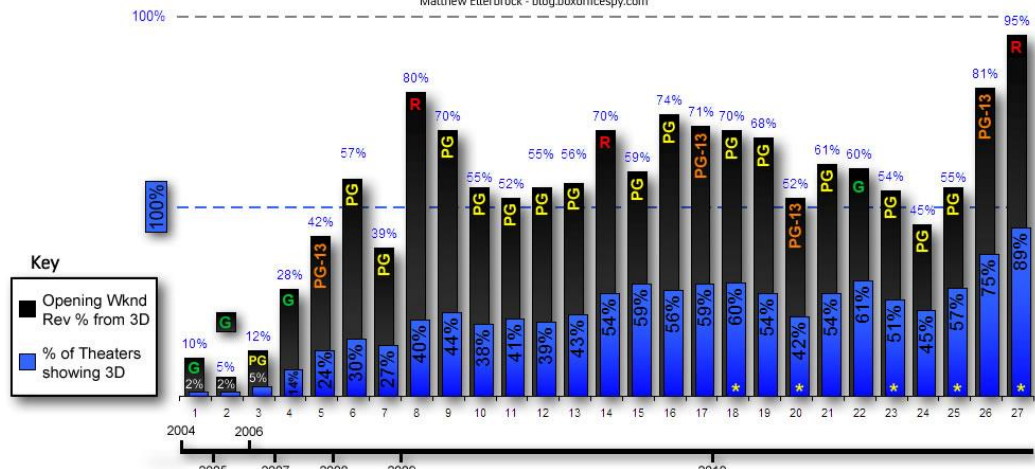
Och jag har bestämt mig. Jag vill ha 3D. Kanske inte morgon, middag, kväll – dygnet runt – men när det passar mig, och passar den upplevelsen jag vill ha. Min egen erfarenhet av 3D är att det blir lite jobbigt efter ett tag, men jag är helt övertygad om att det rör sig om barnsjukdomar. Tids nog kommer vi att få ta del av 3D som är lika naturlig som världen runt omkring oss.

Jag hoppas bara att den framtiden kommer förr än senare.

8 BILAGOR

Opening Weekend 3D Analysis

Matthew Ellerbrock - blog.boxofficej.com



Movie Title	Release Date	Opening Wknd Rev % from 3D	Number of Theaters w/ 3D Screens	% of Theaters with 3D	3D Rev % minus 3D Theater %	MPAA Rating	Opening Weekend (millions)	Filmed in 3D, Post or Animated	Production Company	Distributor
1 The Polar Express	11/10/2004	10%	59	2%	8%	G	\$23.3	Animated	ImageMovers	Warner Bros.
2 Chicken Little	1/14/2005	5%	79	2%	3%	G	\$40.0	Animated	Buena Vista	Walt Disney
3 Monster House	7/21/2006	12%	163	5%	7%	PG	\$22.2	Animated	ImageMovers	Sony Pictures
4 Meet the Robinsons	3/30/2007	28%	484	14%	14%	G	\$25.1	Animated	Walt Disney Animation	Buena Vista
5 Beowulf	11/16/2007	42%	742	24%	18%	PG-13	\$27.5	Animated	ImageMovers	Paramount
6 Journey to the Center of the Earth	7/11/2008	57%	854	30%	27%	PG	\$21.0	3D Camera	Walden Media	New Line
7 Bolt	11/21/2008	39%	982	27%	12%	PG	\$26.2	Animated	Walt Disney Animation	Walt Disney
8 My Bloody Valentine 3D	1/16/2009	80%	1033	40%	40%	R	\$24.1	3D Camera	Lionsgate	Lionsgate
9 Coraline	2/6/2009	70%	1005	44%	26%	PG	\$16.8	Animated	Laika Entertainment	Universal
10 Monsters vs. Aliens	3/27/2009	55%	1550	38%	17%	PG	\$59.3	Animated	DreamWorks Animation	Paramount
11 Up	5/29/2009	52%	1534	41%	11%	PG	\$68.1	Animated	Pixar Animation	Walt Disney
12 Ice Age: Dawn of the Dinosaurs	7/1/2009	55%	1606	39%	16%	PG	\$66.7	Animated	Blue Sky Studios	20th Century Fox
13 G-Force	7/24/2009	56%	1604	43%	13%	PG	\$31.7	Animated, Post	Jerry Bruckheimer	Walt Disney
14 The Final Destination	8/28/2009	70%	1678	54%	16%	R	\$27.4	3D Camera	New Line	Warner Bros.
15 Cloudy with a Chance of Meatballs	9/18/2009	59%	1828	59%	0%	PG	\$30.3	Animated	Sony Pictures Animation	Columbia
16 A Christmas Carol	11/6/2009	74%	2045	56%	18%	PG	\$30.1	Animated	ImageMovers	Walt Disney
17 Avatar	12/18/2009	71%	2038	59%	12%	PG-13	\$77.0	3D Cam., Anim.	Lightstorm Entertainment	20th Century Fox
18 Alice in Wonderland	3/5/2010	70%	2251	60%	10%	PG	\$116.1	Post	Walt Disney	Walt Disney
19 How to Train Your Dragon	3/26/2010	68%	2178	54%	14%	PG	\$43.7	Animated	DreamWorks Animation	Paramount
20 Clash of the Titans	4/2/2010	52%	1602	42%	10%	PG-13	\$61.2	Post	Legendary Pictures	Warner Bros.
21 Shrek Forever After	5/21/2010	61%	2373	54%	7%	PG	\$70.8	Animated	DreamWorks Animation	Paramount
22 Toy Story 3	6/18/2010	60%	2483	61%	-1%	G	\$110.3	Animated	Pixar Animation	Walt Disney
23 The Last Airbender	7/1/2010	54%	1606	51%	3%	PG	\$69.3	Post	Nickelodeon Movies	Paramount
24 Despicable Me	7/9/2010	45%	1551	45%	0%	PG	\$58.4	Animated	Illumination Entertainment	Universal
25 Cats and Dogs 2	7/30/2010	55%	2130	57%	-2%	PG	\$12.2	Post	Village Roadshow	Warner Bros.
26 Step Up 3D	8/6/2010	81%	1826	75%	6%	PG-13	\$15.8	3D Camera	Summit Entertainment	Walt Disney
27 Piranha 3D	8/20/2010	95%	2200	89%	6%	R	\$10.1	Post	Dimension Films	Weinstein Co.

Notes

Blue = first release in a given year Green = highest per category Red = lowest per category Asterisk (*) Designates live-action movies upconverted to 3D in post-production.

- The Polar Express was the first movie to open in IMAX 3D at the same time as its regular 35mm release.
- Chicken Little was the first Disney Digital 3D presentation.
- My Bloody Valentine 3D opened on MLK Weekend (4-day opening).
- G-Force opened on Wednesday of Independence Day Weekend (5-day opening).
- The Last Airbender opened on Thursday of Independence Day Weekend (5-day opening).

► It should be noted that some films, particularly from DreamWorks Animation, although not explicitly including "3D" in the title, make 3D a central part of their marketing campaigns, while other films, such as Toy Story 3 and Despicable Me, do not.

► Movies with no clear 3D revenue reported: Hannah Montana/Miley Cyrus: Best of Both Worlds Concert Tour (2008), Fly Me to the Moon (2008), Michael Jackson's This Is It (2009).

► Movies released exclusively in 3D: Ghosts of the Abyss (2003), Spy Kids 3D: Game Over (2003), Aliens of the Deep (2005), Deep Sea 3D (2006), Tim Burton's The Nightmare Before Christmas in 3D (2006), Tim Burton's The Nightmare Before Christmas in Disney Digital 3D (2007 re-issue), U2 3D (2008), Dolphins and Whales: Tribes of the Ocean 3D (2008), Under the Sea 3D (2009), Jonas Brothers: The 3D Concert Experience (2009), Toy Story / Toy Story 2 (3D) (2009), Hubble 3D (2010).

sources: boxofficej.com, imdb.com, realorfake3d.com, slashfilm.com

By Matthew Ellerbrock - blog.boxofficej.com

9 KÄLLFÖRTECKNING

1. Stereoscopy.com. FAQ. [Uppdaterad 4.5.2005].[hänvisning 12.3.2011].
Tillgänglig i form av www-dokument: <URL:
<http://www.stereoscopy.com/faq/whatis.html>>.
2. Cnet Asia. The technology behind 3D movies. [Uppdaterad
12.10.2007].[hänvisning 12.3.2011]. Tillgänglig i form av www-dokument:
<URL: <http://asia.cnet.com/the-technology-behind-3d-movies-62033134.htm#2>>
3. Philips. What is 3D?. [Uppdaterad okänt].[hänvisning 12.3.2011]. Tillgänglig
i form av www-dokument:<URL: <http://www.business-sites.philips.com/sites/philipsbs/3dsolutions/3dcontentinterfaceformats/whatis3d/index.page>>
4. Dr. Nick Holliman, 2005. 3D display systems. [Uppdaterad
2.2.2005].[hänvisning 12.3.2011] Tillgänglig i form av pdf-dokument:<URL:
<http://www.dur.ac.uk/n.s.holliman/Presentations/3dv3-0.pdf>>
5. Andrew Woods, 2010. Understanding crosstalk in stereoscopic displays.
[Uppdaterad 2010].[hänvisning 12.3.2011] Tillgänglig i form av pdf-
dokument:<URL: http://cmst.curtin.edu.au/local/docs/pubs/2010-23_understanding_crosstalk_woods.pdf>
6. GraYoshi2x, Wikipedia commons. Ghosting interference. [Uppdaterad
16.10.2009].[hänvisning 15.03.2011] Tillgänglig i form av www-
dokument<URL:
http://en.wikipedia.org/wiki/File:TV_ghosting_interference.jpg>

7. Loris Fauster, 2007. Stereoscopic techniques in computer graphics. [Uppdaterad 10.1.2007].[hänvisning 12.3.2011] Tillgänglig i form av pdf-dokument:<URL:
<http://www.cg.tuwien.ac.at/research/publications/2006/Fauster-06-st/Fauster-06-st-.pdf>>
8. Kim Scarborough, Wikipedia commons. Institute of Chicago lion statue (anaglyph stereo). [Uppdaterad 2.7.2006].[hänvisning 12.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL:
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Art_Institute_of_Chicago_Lion_Statue_%28anaglyph_stereo%29.jpg>
9. Open tutorial. How to make 3D images. [Uppdaterad 31.1.2011].[hänvisning 12.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL:
http://www.opentutorial.com/Make_3d_images>
10. Stereoscopy.com. FAQ anaglyphs. [Uppdaterad 4.5.2005].[hänvisning 12.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL;
<http://www.stereoscopy.com/faq/anaglyphs.html>>
11. NCBI. Colour bombardment. [Uppdaterad okänt].[hänvisning 12.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7167763>>
12. Dimensions 3, Anaglyph glasses. [Uppdaterad okänt].[hänvisning 17.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL:
<http://www.dimensions3.net/3dsite/anaglyph-glasses.php>>
13. Nvidia. 3D vision discover FAQs. [Uppdaterad okänt].[hänvisning 12.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL:
<http://www.nvidia.com/object/3d-vision-discover-faq.html>>

14. Midori Iro, Wikipedia commons. RealD. [Uppdaterad 9.12.2007].[hänvisning 13.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL:
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/47/REALD.JPG>>
15. David Latchman, Suite101. Circular polarization and RealD 3D movies. [Uppdaterad 6.6.2010].[hänvisning 13.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL:<http://www.suite101.com/content/circular-polarization-and-reald-3d-movies-a245549>>
16. Cinetechgeek. 3D glasses – polarizing. [Uppdaterad 10.2.2009].[hänvisning 13.3.2011] Tillgänglig i form av video<URL:
<http://www.cinetechgeek.com/2009/02/10/3d-glasses-polarizing/>>
17. Peter Miller, Satman Canada. Circular or linear polarization? [Uppdaterad nov 2006].[hänvisning 17.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL:
http://www.satmancanada.com/circular_or_linear_polorization.htm>
18. Rodolfo La Maestra, HDTV-magazine. Auto-stereoscopic 3DTV (3D without glasses) Part 3 [Uppdaterad 11.10.2010].[hänvisning 13.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL:
<http://www.hdtvmagazine.com/articles/2010/10/autostereoscopic-3dtv-3d-without-glasses-what-else-to-lose-for-stereoscopic-3d-part-3.php>>
19. Sony converginer. Sony 3D – How 3D LCD active shutter technology works. [Uppdaterad 29.1.2010].[hänvisning 13.3.2011] Tillgänglig i form av video<URL: <http://www.youtube.com/watch?v=LAIiA0jOgTk>>
20. Vrealities. AddVisor 150. [Uppdatarad okänt].[hänvisning 13.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL:
<http://www.vrealities.com/addvisor150.html>>

21. Paul Cameron, Sony Professional. The future of 3D. [Uppdaterad 5.10.2010].[hänvisning 13.3.2011] Tillgänglig i form av video<URL: <http://www.youtube.com/watch?v=01qY5kQ43vA>>
22. Jeff Tyson, Howstuffworks. How LCDs work. [Uppdaterad okänt].[hänvisning 14.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL: <http://electronics.howstuffworks.com/lcd.htm>>
23. Rodlfo La Maestra, HDTV-magazine. Auto-stereoscopic 3DTV (3D without glasses) Part 1 [Uppdaterad 1.9.2010].[hänvisning 19.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL: <http://www.hdtvmagazine.com/articles/2010/09/autostereoscopic-3dtv-3d-without-glasses-display-taiwan-2010-hinted-sooner-than-you-think-part-1.php>>
24. Rodlfo La Maestra, HDTV-magazine. Auto-stereoscopic 3DTV (3D without glasses) Part 2 [Uppdaterad 7.9.2010].[hänvisning 19.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL: <http://www.hdtvmagazine.com/articles/2010/09/autostereoscopic-3dtv-3d-without-glasses-going-backwards-in-image-quality-for-the-sake-of-depth-part-2.php>>
25. Matthew Ellerbrock, Boxofficespy. The future of 3D movies at the box office. [Uppdaterad okänt].[hänvisning 14.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL: <http://blog.boxofficespy.com/2010/09/future-of-3d-movies-at-box-office-3d.html>>
26. Edward C. Baig, USA today. Avatar director James Cameron: 3D promising but caution needed. [Uppdaterad 11.3.2010].[hänvisning 14.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL: <http://content.usatoday.com/communities/technologylive/post/2010/03/james-cameron/1>>

27. Geoff Boucher, Hero complex. Christopher Nolan's dim view of a Hollywood craze. [Uppdaterad 13.7.2010].[hänvisning 24.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL: <http://herocomplex.latimes.com/2010/06/13/christopher-nolan-inception-3d-dark-knight-hollywood/>>
28. Kevin Parrish, Tom's guide. RealD bringing full HD passive 3D in 2011. [Uppdaterad 23.9.2010].[hänvisning 14.3.2011] Tillgänglig i form av ww-dokument<URL: <http://www.tomsguide.com/us/RealD-3DTV-Active-shutter-Resident-evil,news-8097.html>>
29. Carolyn Giardina, McClatchy-tribune news service. [Uppdaterad 13.1.2011].[hänvisning 15.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL: <http://www.vancouversun.com/business/technology/makes+peaceful+debut/4102594/story.html>>
30. Playstation 3 slim, Pricerunner. [Uppdaterad okänt].[hänvisning 15.03.2011] Tillgänglig i form av bild<URL: <http://images.pricerunner.com/product/image/65140418/Sony-Playstation-3-Slim-%28250GB%29.jpg>>
31. Resident Evil: Afterlife, CDON. [Uppdaterad okänt].[hänvisning 15.03.2011] Tillgänglig i form av bild<URL: http://cdon.se/media-dynamic/images/product/movie/3d_blu-ray/image0/resident_evil_afterlife_3d_blu-ray_nordic-12247031-frntl.jpg>
32. Dave Owen, Mediacollege. The Betamax vs VHS format war. [Uppdaterad 1.8.2008].[hänvisning 19.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL: <http://www.mediacollege.com/video/format/compare/betamax-vhs.html>>

33. Neil Schneider, MTBS 3D. The history of stereoscopic gaming. [Uppdaterad 2.6.2010].[hänvisning 19.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL: http://www.mtbs3d.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1412%3Athe-history-of-stereoscopic-3d-gaming&catid=40&Itemid=57>
34. Digital Foundry, Eurogamer. The making of Playstation 3D. [Uppdaterad 19.4.2010].[hänvisning 19.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL: <http://www.eurogamer.net/articles/digitalfoundry-making-of-ps3-3d-article>>
35. Digital Foundry, Eurogamer. Trioviz 3D: Too good to be true? [Uppdaterad 1.4.2010].[hänvisning 19.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL: <http://www.eurogamer.net/articles/digitalfoundry-trioviz-batman-goty-article>>
36. Justin McCulloch, Loot-ninja. How the Nintendo 3DS screen works. [Uppdaterad 22.7.2010].[hänvisning 19.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL: <http://loot-ninja.com/2010/06/22/how-the-nintendo-3ds-screen-works/>>
37. Jeff Tyson, How stuff works. How sunglasses work. [Uppdaterad okänt].[hänvisning 24.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL: <http://science.howstuffworks.com/innovation/everyday-innovations/sunglass5.htm>>
38. Martin, 3D TV technology. 3D TV technology. [Uppdaterad okänt].[hänvisning 26.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL: <http://www.3dvtvtechnology.org.uk/>>
39. Petri, Saitti. Vierailu Finnkinon 3D-teatterissa. [Uppdaterad 4.9.2008].[hänvisning 28.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL: <http://www.saitti.org/2008/09/04/360/>>

40. Jim Slater, Cinema technology. Cinema technology. [Uppdaterad mars 2008].[hänvisning 31.3.2011] Tillgänglig i form av pdf-dokument<URL: http://www.edcf.net/edcf_docs/dolby-3d.pdf>
41. John Sokol, Video technology. Video technology. [Uppdaterad 15.12.2010].[hänvisning 31.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL:<http://videotechnology.blogspot.com/2010/12/dolby-digital-3d-vs-real-d-master-image.html>>
42. Filmikamari. SEOL uutisarkisto. [Uppdaterad 12.10.2010].[hänvisning 31.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL: http://www.filmikamari.fi/page.php?id=13&news_id=765>
43. Tero Koistinen, Mediasalles. Digital cinemas in Finland. [Uppdaterad 17.2.2010].[hänvisning 31.3.2011] Tillgänglig i form av pdf-dokument<URL: http://www.mediasalles.it/training/dgt10/speaker_docs/2010_Mediasalles_Tero_Koistinen.pdf>
44. Karen Idelson, Variety. 3D technology war. [Uppdaterad 30.3.2011].[hänvisning 31.3.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL: <http://www.variety.com/article/VR1118034654?refCatId=3764>>
45. Infitec. What means Infitec? [Uppdaterad okänt].[hänvisning 2.4.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL: <http://www.agentur-best.de/grobritannien-uk/history/about-infitec/index.php>>
46. Darren Quick, Gizmag. New 3D technology. [Uppdaterad 15.8.2010].[hänvisning 2.4.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL: <http://www.gizmag.com/dualplex-display-3d/16038/>>
47. 3DS Lib. Welcome to 3DS wiki. [Uppdaterad okänt].[hänvisning 2.4.2011] Tillgänglig i form av www-dokument<URL: <http://www.3dslib.com/>>