

En utvärdering av huvudmonterade displays – En ny uppväckning inom virtuell verklighet (VR)

Alexander Ostrow

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Informations- och medieteknik
Identifikationsnummer:	4181
Författare:	Alexander Ostrow
Arbetets namn:	En utvärdering av huvudmonterade displays – En ny uppväckning inom virtuell verklighet (VR)
Handledare (Arcada):	Johnny Biström
Uppdragsgivare:	
<p>Sammandrag:</p> <p>Tekniken bakom den virtuella verkligheten är nära att komma ut på marknaden igen på ett mer imponerande sätt än förr. Sedan tekniken misslyckades att övertyga publiken på 1990-talet, hade ingen lust att ta det mer på allvar, redan själva termen virtuell verklighet skrämde många och fick därför ett dåligt rykte. År 2012 förändrades allt, när bolaget med namnet Oculus utvecklade en apparat som kallades Oculus Rift. Apparaten var en så kallad huvudmonterad display, som används för att uppleva en virtuell verklighet med en mycket högre kvalitet än vad som någonsin hade gjorts förut. Efter det har Oculus haft en stor inverkan på andra bolag och flera utvecklare inom spelvärlden och har skapat en ny uppväckning av tekniken inom den virtuella verkligheten, som utvecklades redan på 1990-talet. Men denna gång kommer tekniken att få sitt verkliga genombrott. Denna avhandling är en litteraturstudie från källor på internet, som kommer att ta upp hur den virtuella verkligheten uppkom och varför den en gång misslyckades. Arbetet koncentrerar sig mer på den moderna tekniken i huvudmonterade displayer, hur tekniken fungerar och vad som krävs för att få en upplevelse av hög kvalitet i en virtuell verklighet. Jag tar upp de tre största och mest relevanta bolagen, som kommer att ge ut de första konsumentfärdiga huvudmonterade displayerna till marknaden inom ett år. De är Oculus Rift, HTC Vive (SteamVR) och Sony Project Morpheus. Jag gör en utvärdering av alla tre produkter och går igenom skillnaderna mellan dem, samt vad de har att erbjuda. En viktig observation är att eftersom konsumentversionerna ännu inte är ute på marknaden, har jag tagit information från de nyaste prototyperna som Oculus, Steam/HTC och Sony har producerat. Teknik och design kan ännu ändras för de slutliga versionerna. Till slut tar jag upp kort olika exempel vad en huvudmonterad display kan användas till inom olika industrin. Jag hoppas att denna avhandling kommer att väcka diskussion och intresse för dem som ännu inte har en klar överblick av vad en virtuell verklighet och huvumonterad display är, och varför den säkerligen kommer att bli en stor del i vårt vardagsliv i framtiden. För att fullständigt förstå den virtuella verkligheten, måste man pröva själv före man kan dra några slutsatser.</p>	
Nyckelord:	Huvudmonterad display, HMD, VR, Oculus, Virtuell verklighet, SteamVR, HTC Vive, Project Morpheus, Närvaro, Immersion
Sidantal:	
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Information and Media Technology
Identification number:	4181
Author:	Alexander Ostrow
Title:	An evaluation of headmounted displays – the new uprising of Virtual Reality (VR)
Supervisor (Arcada):	Johnny Biström
Commissioned by:	
<p>Abstract:</p> <p>Virtual reality is at the brink of showing its true power for the mainstream. Since the failure of getting virtual reality into the public eye in the 1990's, many dreaded the technology and left it alone. It all changed in 2012 when a company called Oculus developed a device called Oculus Rift, a head mounted display that allowed the user to experience virtual reality on a whole new level than ever before. Since then, the new head mounted display technology that Oculus presented, influenced many computer gaming developers and engineers around the globe and reignited the virtual reality hype that once was present in the 1990s. Only this time, virtual reality is here to stay. This thesis will acknowledge the history virtual reality and why it once failed to succeed, and then mainly concentrating on the three biggest and most relevant upcoming head mounted displays; Oculus Rift, HTC Vive and Sony Project Morpheus, who will all have their first consumer version out on sale latest in the second quarter of 2016. I will explain how the head mounted display works and what is required of the hardware to present a good quality virtual reality experience for the user. I will also be evaluating all three devices and their differences. Even though the main purpose of virtual reality and head mounted displays has leaned more to the entertainment industry, other industries could have massive benefits as well, in which I will shortly explain with a few examples. I will hope to bring more knowledge about virtual reality and head mounted displays and give a more clearer picture about the technology to people who are keen to know what the next big thing will be, and what we can expect of it in the near future. However, the most crucial thing about virtual reality is, that you have to experience it for yourself before forming a final opinion of it, and I hope this thesis will get people interested to try a head mounted display at least once.</p>	
Keywords:	Head mounted display, HMD, Virtual Reality, VR, Presence, Oculus, Steam, HTC Vive, Sony, Project Morpheus
Number of pages:	
Language:	Swedish
Date of acceptance:	

INNEHÅLL

1	Inledning.....	7
1.1	Syfte och mål	8
1.2	Metoder.....	9
1.3	Avgränsningar	9
2	Bakgrund	10
2.1	Vad är en virtuell verklighet?.....	10
2.1.1	<i>Huvudmonterade displays</i>	11
2.2	VR:s historia - sammanfattning.....	14
3	Uppkomst av nya huvudmonterade displays - Den virtuella verklighetens nya uppväckning	20
3.1	Oculus Rift	20
3.1.1	<i>Oculus Rift – versioner</i>	22
3.1.2	<i>Development Kit 1 (DK1) (2012)</i>	22
3.1.3	<i>Crystal Cove Prototype (2014)</i>	23
3.1.4	<i>Development Kit 2 (DK2) (2014)</i>	24
3.1.5	<i>Crescent Bay Prototype (2014)</i>	25
3.1.6	<i>Samsung Gear VR (Mobil) (2014)</i>	26
3.1.7	<i>Oculus Rift CV1 (2016)</i>	27
3.2	HTC Vive (SteamVR).....	28
3.3	Sony Project Morpheus.....	29
4	Tekniken bakom huvudmonterade displays – Vad krävs för att få en övertygande känsla av närvaro i en vr miljö	30
4.1	Hur människan tolkar verklighet.....	30
4.1.1	<i>Människans visuella system</i>	30
4.1.2	<i>Kroppssinnet</i>	31
4.1.3	<i>VOR</i>	31
4.1.4	<i>Hur olika sinnen samarbetar med varandra</i>	31
4.2	Vad krävs av en bra HMD?.....	32
4.3	De viktigaste elementen i en HMD.....	33
4.3.1	<i>Field of View (FOV)</i>	33
4.3.2	<i>Resolution</i>	34
4.3.3	<i>Kort pixel uthållighet (Low pixel persistence)</i>	35
4.3.4	<i>Uppdateringsfrekvens (Hz)</i>	36
4.3.5	<i>Optiken</i>	37
4.3.6	<i>Spårning av rörelse</i>	38

4.3.7	Låg latens	40
4.3.8	Specifikationer för en färdig konsumentversion av HMD.....	41
5	Oculus, HTC Vive och Project Morpheus – Specifikationer och SKILLNADER	41
5.1	Oculus Rift	42
5.1.1	Hårdvara och specifikationer	43
5.1.2	Användbarheten.....	44
5.1.3	Konkurrensfördelar	45
5.2	HTC Vive (SteamVR).....	45
5.2.1	Displayen	45
5.2.2	Spårningssystemet Lighthouse.....	46
5.2.3	SteamVR Kontroller	48
5.2.4	Användbarheten.....	49
5.2.5	Konkurrensfördelar	50
5.3	Sony Project Morpheus.....	50
5.3.1	Specifikationer	51
5.3.2	Användbarheten.....	52
5.3.3	Konkurrensfördelar	53
6	Användningen av en HMD - Möjligheter inom VR.....	54
6.1	Spel.....	54
6.2	VR-användning i konst och film	55
6.3	Exempel på användning av VR i andra industrier och utbildning	57
7	Resultat.....	60
8	Diskussion.....	61
Källor	64

Figurer

Figur 1. Forte VFX1, en av de många HMD modeller som dök upp under 1990-talets VR-mani. (vrtifacts 2010).....	12
Figur 2. Nintendo Virtual Boy från 1995, blev en stor flopp inom spelmarknaden. (Wikipedia 2011).....	12
Figur 3. HTC Vive, 2015. (techradar 2015)	13
Figur 4. Sensorama Entertainment System, av Morton Heilig. (Heilig 1960).....	14
Figur 5. The Ultimate Display (Sword of Damocles). (Sutherland 1968)	16
Figur 7. PVC Magazine, utgiven av Joe Gradecki och hans fru, gav ut 17 nummer av VR baserat material. (Gradecki 1993).....	18
Figur 8. Ben Delaney skrev tidskrifter som handlade massvist om VR med namnet CyberEdge Journal från 1991 till 1996. År 2014 publicerade Delaney alla de bästa tidskrifterna i bokform, ”Sex Drugs and Tessellation”. (CyberEdge 2014).....	19
Figur 9. Oculus Rift DK1. (Stabinger 2013)	22
Figur 11. Oculus Rift DK2 med kamera som används för spårningssystemet. (Oculus VR 2014c).....	24
Figur 12. Oculus Rift Crescent Bay Prototype. (PCWorld 2014)	25
Figur 13. Samsung Gear VR Innovator Edition, Powered by Oculus. (Samsung 2014) 26	
Figur 14. Den första bilden av Oculus Rift CV1. (Oculus VR 2015)	27
Figur 15. HTC Vive Developer Edition. (HTC 2015).....	28
Figur 16. Sony Project Morpheus. (Sony Playstation 2015)	29
Figur 17. Exempel på skillnader i FOV i en spelvärld. (RoadKillGrill 2007)	33
Figur 18. Skillnader mellan låg och hög pixeltäthet. (BBC 2015)	34
Figur 22. Oculus Crescent Bay. IR-LED markörerna är tydligt synliga på fram- och baksidan av HMD:n. (Oculus VR 2014d)	39
Figur 23. Vänster upp Sony Morpheus (Sony Playstation 2015), till höger upp Oculus Rift CV1 (Oculus VR 2015) och nedanför HTC Vive (HTC 2015).	42
Figur 24. Insidan av en basstation, som Lighthouse använder sig av för att spåra rörelse. (Buckley 2015)	47
Figur 25. SteamVR kontroller för HTC Vive. (Tested 2015)	48

1 INLEDNING

Ett hopp av att se intressanta tekniska innovationer komma till liv har levt i våra tankar i många decennier, mest p.g.a. vår förbrukning av science fiction noveller och filmer. Allt från flygande bilar, teleportering och servicerobotar, till en teknik där man själv kan välja en miljö och omständighet, och sedan kunna uppleva den och agera i som om det vore en verklig värld, en virtuell verklighet.

Virtuell verklighet (VR, "Virtual Reality") kan sägas vara en av de mest hajpade teknikerna inom datavetenskapen. VR är ännu ett mycket nytt medium, som betar sig anorlunda än de medier som vi har anpassat oss att använda idag, såsom television och mobiltelefoner. Idag lever tekniken bakom VR spännande tider. För att uppleva den virtuella verkligheten, krävs det hårdvara med hög kvalité i kombination av felfri mjukvara, som får dig att glömma den verkliga världen och uppleva en fantasivärld, som om det var verkligt. Den mest relevanta och intressantaste hårdvaran till VR är en display som sätts på huvudet som kallas som en huvudmonterad display (HMD – head mounted display). HMD var en teknik, som en gång i tiden förväntades bli något stort, men misslyckades på grund av många skäl. Tack vare Oculus bolagets egna producerade huvudmonterade display, Oculus Rift, fick tekniken en ny uppväckning.

Mitt val att forska i detta ämne kommer från mitt långvariga intresse i dator- och videospel. Speciellt spel som kan ge en kraftig "uppslukande" effekt genom att erbjuda en audiovisuell erfarenhet, som ger en känsla av närvaro i en virtuell värld. Utvecklingen av sådana datorspel har blivit mer och mer allmänt och har startat en global trend i spelvärlden efter att den första Oculus Rift versionen kom ut på Kickstarter-webbsidan. HMD:er är i ännu allmänhet okänd för de flesta, bara de mest entusiastiska i teknik- och spelvärlden är sannolikt mer medvetna om ämnet än de andra. Ännu finns det inte en färdig konsumentversion av en HMD på marknaden, men det kommer snart att ändras.

Med hjälp av detta arbete hoppas jag att förtydliga och ge en bättre uppfattning om hur en huvudmonterad display fungerar och varför VR kommer att bli en verkligt stor del av människornas vardag i framtiden.

1.1 Syfte och mål

Målet med denna avhandling är att väcka intresse och ge en helhetsblick av VR och huvudmonterade displays. De huvudsakligaste forskningsfrågorna är:

1. Varför VR, tillsammans med användning av en huvudmonterad display, är ett nytt tänkbart medium och hur uppkom den?

För att få en klarare förståelse av huvudmonterade displayer och dess teknik, måste man först ta upp VR-konceptet, vad det är och hur tekniken i VR uppkom och hur det har gått framåt. VR är ännu en modern teknik för oss fastän historien för VR började redan många decennier sedan. Till VR-tekniken hör också andra delar än HMD, som tas kort upp.

2. Vad krävs det för att utveckla en färdig, konsumentvänlig version av en huvudmonterad display för marknaden, och vad måste tas till hänsyn vid utvecklingsprocessen när det gäller människans fysiologi?

För att få en bra upplevelse i VR, måste en HMD fungera felfritt. Här går jag igenom den allmänna tekniken och vad som är viktigt då man utvecklar en HMD. Före tekniken dock, måste man förstå människans fysiologi, som har en stor del att göra med hur den rätta tekniken för en HMD skall utvecklas.

3. Vilka är de mest relevanta huvudmonterade display-produkterna som är på kommande och hur skiljer de med varandra, samt vad finns det för prototyper som redan har tagits i bruk och vad för andra möjliga användningssätt kan de ha förutom spelande?

Jag tar upp de tre mest relevanta huvudmonterade displays, gjorda av tre olika bolag med en mycket lika bakgrund. Jag går igenom hur de olika bolagen började med utvecklingen och sedan själva tekniken och respektive skillnaderna mellan dem tre. Till slut berättar jag kort om vad de moderna huvudmonterade displayerna kan användas, med några exempel från olika industrier.

1.2 Metoder

Jag använder mig mest av tidskrifter, artiklar, bloggar och andra examensarbeten från internet, samt kolla upp YouTube-videon (t.ex. recensioner, reportage, intervjuer och presentationer från olika VR-evenemang). Jag går igenom de mest aktuella rapporteringarna som finns för att erbjuda den nyaste informationen som är tillhands, Jag går igenom den allmänna åsikten om VR hos VR-entusiaster och spelutvecklare genom att läsa recensioner och allmänna tankar som de har om tekniken från Oculus egna diskussionsforum, reddit och dylika. Motiveringen till användning av dessa källor är att de utstår mest av kända medier som utger det mest relevantaste nyheter och rapporteringar inom datorteknik och spelvärlden. Andra medier, som har en speciell koncentration mot virtuell verklighet, tas också till hänsyn som det mest viktigaste. Bloggar, som är skrivna av kända VR-entusiaster som länge har forskat om ämnet, har också påverkat till motiveringen att använda dem som källa. Samma gäller det med intervjuer och presentationer av utvecklare inom VR-branschen, som har publicerats av olika relevanta teknikmedier på YouTube.

1.3 Avgränsningar

Jag kommer endast att koncentrera mig på HMD-tekniken som används i VR, men nämner kort andra aktuella projekt som har gjorts eller är på gång. Jag kommer också att avgränsa mig till VR och inte gå in på "Augmented Reality" (AR) såsom Microsofts HoloLens produkt och Google Glass. Jag går inte heller djupt på användningsmöjligheter. I tekniken avgränsar jag mig till de viktigaste huvuddelarna som hör till en HMD. Jag väljer också att inte ta upp de mindre bolagen som utvecklat HMD-produkter utan koncentrerar mig till de bolagen, som är mest relevanta. Jag går inte djupt detaljerat in på hur ett VR-spel och annat VR-innehåll fungerar, inklusive mjukvaran, utan bara nämner några få exempel på speldemonstrationer.

2 BAKGRUND

Före tekniken av de nyaste HMD-produkterna tas upp, går jag igenom vad som menas med termerna som virtuell verklighet och en huvudmonterad display. Jag går igenom historien om början av dessa två samt varför tekniken misslyckades att bli populärt på 1990-talet.

2.1 Vad är en virtuell verklighet?

Med en virtuell verklighet menar man en virtuell värld som omfattas som om den vore verklig. På mer tekniskt sätt sagt är VR en integrering av datorgrafik med varierande input enheter och displayer som sedan skapar en illusion av närvaro i en datorgenererad verklighet. (NSA 1993)

VR baserar sig mest på tre huvuddelar: Spåra användarens rörelse genom att använda ett så kallat spårningssystem, som mäter personens rörelser och position i den riktiga världen. Skapa den rörelsen i VR genom att uppdatera ("rita om") innehållet i den virtuella miljön man befinner sig i, t.ex. när man rör sig framåt mot ett virtuellt träd, antingen med användning av en keyboard/spelkontroller eller av spårningssystemet som matar in användarens position i den riktiga världen till den virtuella miljön, uppdateras bilderna så, att trädet kommer närmare och närmare användaren. Samtidigt skickar man ny perceptuell information till ögonen (huvudmonterad display) och om ljud används, till öronen (t.ex. hörlurar), då innehållet i den virtuella miljön ändras. (Bailenson 2014)

När en person befinner sig i en virtuell omgivning, upplever hon en känsla av vad som kallas immersion, en så kallad uppslukande effekt. Med detta menar man en effekt, var man känner en så stark närvaro i den virtuella omgivningen, att man blir omedveten om sin riktiga omgivning och har istället en stark fokus på vad som händer i den virtuella världen. Det är en av de mest kritiska delarna för att få VR-erfarenheten att fungera ordentligt, eftersom det orsakar en mycket mera intensiv känsla än i någon annan form av underhållning, och kan bara upplevas i en virtuell verklighet. För att förstå mera, måste man gå djupare på hur vi uppfattar den riktiga världen omkring oss, och hur våra per-

ceptuella sinnen tolkar att en virtuell värld också kan uppfattas som verklig. (Se kapitel 4.1)

Som ett exempel kan man ta skillnaden mellan videofilm och VR. I filmer ges liknande bild, men utan någon återkoppling till huvudrörelse. Som resultat ser vi filmen fast innesluten i den riktiga världen som rörliga bilder på en platt yta, medan jämfört med VR uppfattar vi inte det som bilder alls, utan ersätter den riktiga världen med en helt annan, en virtuell värld. (Abrash 2015)

De flesta normala persondatorer vi har idag är tillräckligt avancerade för att köra den vanligaste VR-hårdvaran och -mjukvaran. Dock krävs det ett tillräckligt bra grafikkort för att t.ex. bygga upp och köra de mera avancerade VR-miljöerna som skapats för att få den bästa prestationen. (Strickland 2007)

De två viktigaste systemen som associeras ofta med VR är den audiovisuella delen, vilket man kan uppfylla med olika huvudmonterade displays, och den interaktiva delen, var man kan använda sig av t.ex. en handske, som tillåter användaren att interagera med den virtuella miljön, eller med rörelsestyrning, som Microsoft Kinect använder i sin teknik. (Robertson & Zelenko 2014)

2.1.1 Huvudmonterade displays

En huvudmonterad display (“Head mounted display”, ofta förkortat som HMD) används för att uppleva den virtuella verkligheten framför ögonen. Huvudmonterade displayer har genom tiden blivit den mest kändaste symbolen för VR. De äldre versionerna liknade mera hjälmar, medan de modernare modellerna som vi har idag liknar mera skidglasögon.

Exempel på äldre och nyare versioner:



Figur 1. Forte VFX1, en av de många HMD modeller som dök upp under 1990-talets VR-mani. (vrtifacts 2010)



Figur 2. Nintendo Virtual Boy från 1995, blev en stor flopp inom spelmarknaden. (Wikipedia 2011)



Figur 3. HTC Vive, 2015. (techradar 2015)

En typisk HMD har ett par skärmar monterad framför användarens ögon. På skärmarna visas två separata bilder med en aning olika perspektiv för varje öga för att producera en 3D-effekt. Skärmarna på en HMD har varierats från LCD (liquid crystal display), CRT (katodstrålerör) till OLED (organisk ljus-emitterande diod), men de nyaste modellerna använder OLED. HMD:n innehåller komponenter i sig som hjälper med spårning av huvudrörelse som är väsentligt för en bra VR-upplevelse, men det är ändå datorn/spelkonsolen som har det tyngsta jobbet att köra grafiken och programvaran. På så sätt hålls de huvudmonterade displayerna lätt i vikt och PC hårdvaran hålls uppgraderad (Winchester 2015a). (NSA 1993)

Trots att det ännu inte finns en färdig HMD-konsumentversion ute på marknaden, är det tre bolag som har lyckats väcka intresse inom teknikvärlden och orsaka en enorm hajp hos VR-publiken. De är Oculus Rift, Sony Project Morpheus och HTC Vive (SreamVR) (Se kapitel 3 och 5.).

2.2 VR:s historia - sammanfattning

Historien om VR och den huvudmonterade displayen börjar redan år 1943 i USA, när Henry J DE N. McCollum patenterade idén av en så kallad stereoskopisk television apparat. Dock finns det inte bevis för att McCollums apparat skulle någonsin ha byggts. (Shumaker 2013 s.374)



Figur 4. Sensorama Entertainment System, av Morton Heilig. (Heilig 1960).

På 1960-talet dök HMD-tekniken på nytt upp, då filmskaparen Morton Heilig uppfinner världen första HMD-prototyp, "Telesphere Mask", en stereoskopisk television, patenterat år 1960. Samtidigt arbetade han på ett annat VR-system: "Sensorama" år 1957 (patenterat år 1962). Sensorama är nöjessystem med 3D-display, vibrerande stol och lukt producerare. Systemet fick dock inte finansiering eftersom de flesta finansörer var ovilliga och för kortsynta att ge Sensoraman en möjlighet. Morton Heilig är ansedd som fadern till VR. (Eric 2008)

År 1961 planerades den första egentliga HMD, som liknar mera den teknik som vi har idag med ett så kallat "telepresence" system. "Headsight", utvecklad av Comeau och

Bryan från Philco Corporation, var den första HMD som använde sig av ett magnetiskt spårningssystem och en CRT monterad på en hjälm. Den visar en videobild enligt vart huvudet är riktat. (Kiyokawa 2007)

Ivan Sutherland, en vetenskapsman som är mest känd av sin revolutionära uppfinning ”Sketchpad” (som var en början till datorgrafiken och GUI som vi har idag) och publikationen av essän ”The Ultimate Display” år 1965, utvecklade år 1968 en huvudmonterad 3D display, som kallades The Ultimate Display (också med namnet ”The Sword of Damocles”), tillsammans med sin student, Bob Sproull. Sutherlands HMD var en stor, klumpig metallisk display som hängde från taket eftersom den var så tung. (NSA 1993) ”The Sword of Damocles” hade ett par av CRT-baserade optiska system med genomskinliga linser för varje öga, som tillät vardera ögat att se syntetiska bilder och den omgivande miljön samtidigt från olika synvinklar. (Kiyokawa 2007) Efteråt uppfann man en stav som tillät användaren att gripa och röra syntetiska objekt. Med denna stav, som kallades ”Sorcerer’s Apprentice”, fick man en mera realistisk effekt för illusion i en virtuell verklighet vilket erbjöd en metod för ett system input. (NSA 1993) Av alla de tidigare HMD, som utvecklades på 1960-talet, var det Sutherlands HMD som fått mest uppmärksamhet eftersom den var den första som använde huvudspårning och datorgenererad 3D-bild i realtid (Kiyokawa 2007).

Sutherland påpekade, att hans ultimata display kunde vara ett rum inom vilket datorn kontrollerar existensen av all materia. En stol i sådant rum skulle vara tillräckligt bra att sitta på, ett skott från ett vapen i sådant rum kunde vara livsfarligt för en. Med den rätta programmeringen kunde denna display bokstavligen vara ett likadant Underland som det vart Alice gick. (Sutherland 1965)



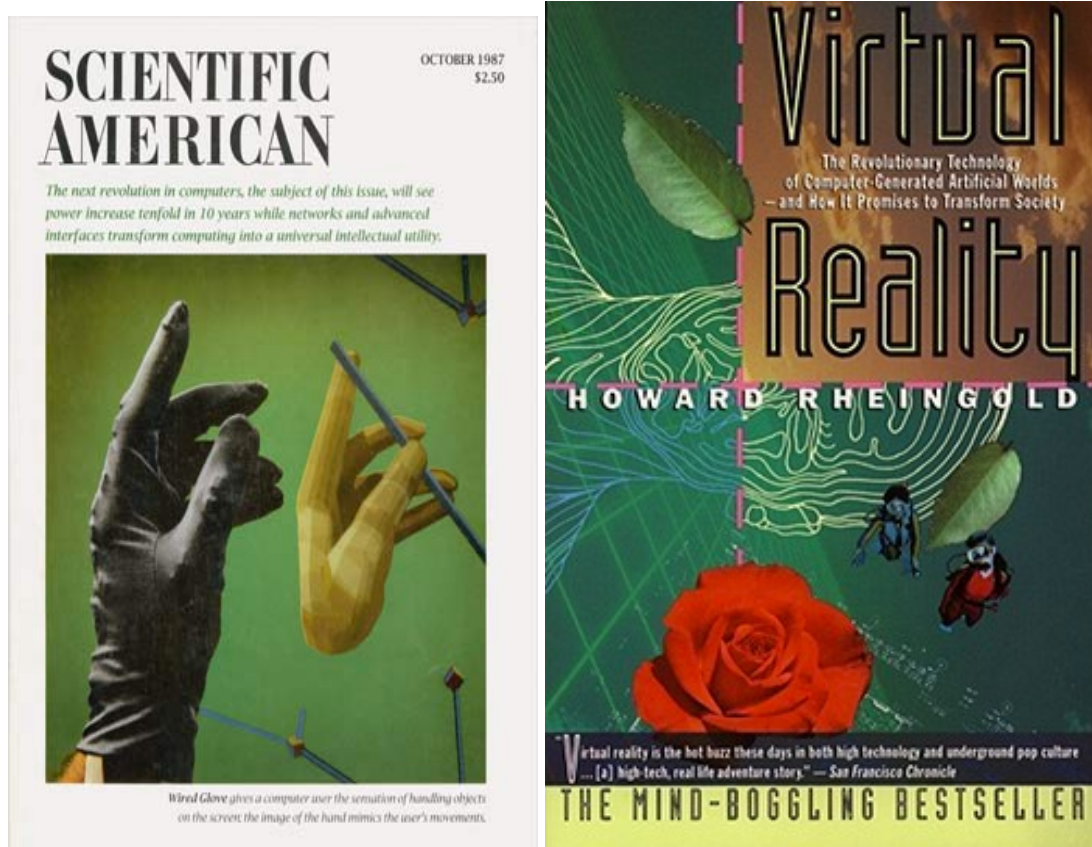
Figur 5. The Ultimate Display (Sword of Damocles). (Sutherland 1968)

En demonstration på hur stark effekt av närvaro Sutherlands HMD gav, gjordes med hjälp av en kamera som var fästad på ett tak av en byggnad med en vy mot två personer på marknivå som kastade boll med varandra. Inne i byggnaden använde en person Sutherlands HMD och betrakta rörelsen av bollen mellan de två andra personerna utanför. Med hjälp av betraktarens huvudrörelser kunde han kontrollera kamerans rörelser på taket. Plötsligt kastas bollen mot taket och betraktaren inne i byggnaden får insikten att ducka. När kameran panorerade mot horisonten, fick betraktaren en panoramisk vy av silhuetten. När kameran tittade neråt, avslöjades det att kameran stod på en plankan som var utsträckt från taket. Det fick betraktaren att panikera. (Carlson 2003)

Samtidigt på 1960- och ända fram till 2000-talet var forskningen bakom huvudmonterade displayer i USA en samverkan bakom applikationsorienterade miljöer inom industrins och militärens egna projekt. Med hjälp av finansiering från regeringen, fick dessa projekt en grundläggande fokus på tekniken inom VR, mest inom uppdragsorienterade militära projekt samt andra liknande. De största namnen som fokuserade sig på VR-tekniken var NASA Ames, Armstrong Aerospace laboratoriet för medicinsk forskning, Wright-Patterson Air Force Base och Bell Laboratories (skapad av Alexander Graham Bell). (Carlson 2003)

Dock av de alla olika VR-projekt som gjordes från 1960- till 1980-talet, hade VR inte slagit igenom i medierna till den stora allmänheten. Men sedan i slutet av 1980-talet

började det dyka upp massvis med nya innovationer från VR-entusiaster, och speciellt på 1990-talet. VR fick en stor uppmärksamhet i medier tack vare av olika skrifter, filmer, månadstidningar som alla hanterade nya intressanta idéer av den virtuella verkligheten. Spelföretaget Atari, som hade skapat en stor mängd av olika arkadspel på 70- och 80-talet, och den legendariska Atari 2600 konsolen, hade skapat en ny generation av forskare som blev intresserade av VR, och efter den stora videospelkraschen år 1983 gick Atari i konkurs. Därmed började en del av de gamla Atari-anställda utveckla nya idéer inom VR. Två av dem var Jon Lanier och Thomas G. Zimmerman, som tillsammans grundade VPL Research. De två viktigaste produkterna som dök upp från VPL i slutet av 1980-talet var ”DataGlove” handsken och ”EyePhone”, den huvudmonterade displayen.



Figur 6 Till vänster, Zimmermans hand i "Scientific American". Tidskriften introducerade "DataGlove" handsken till publiken. (Scientific American 1987) Till höger, Howard Rheingolds bestseller "Virtual Reality". (Rheingold 1992)

Magazine

PCVR Magazine


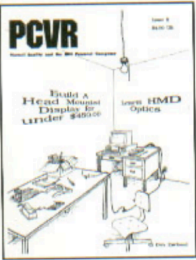
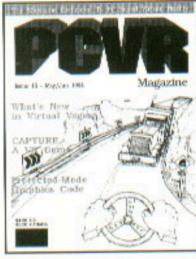
PCVR Magazine is your information source for PC-Based Virtual Reality. We provide our readers with the most up-to-date information about the hardware and software necessary to achieve VR on their own PC. Each issue of the magazine gives the reader three levels of information: Beginner, Intermediate, and Expert. In addition, informative and practical columns give the reader knowledge about VR in specific areas.

US/Canada Subscription \$26.00
Overseas Subscription \$38.00

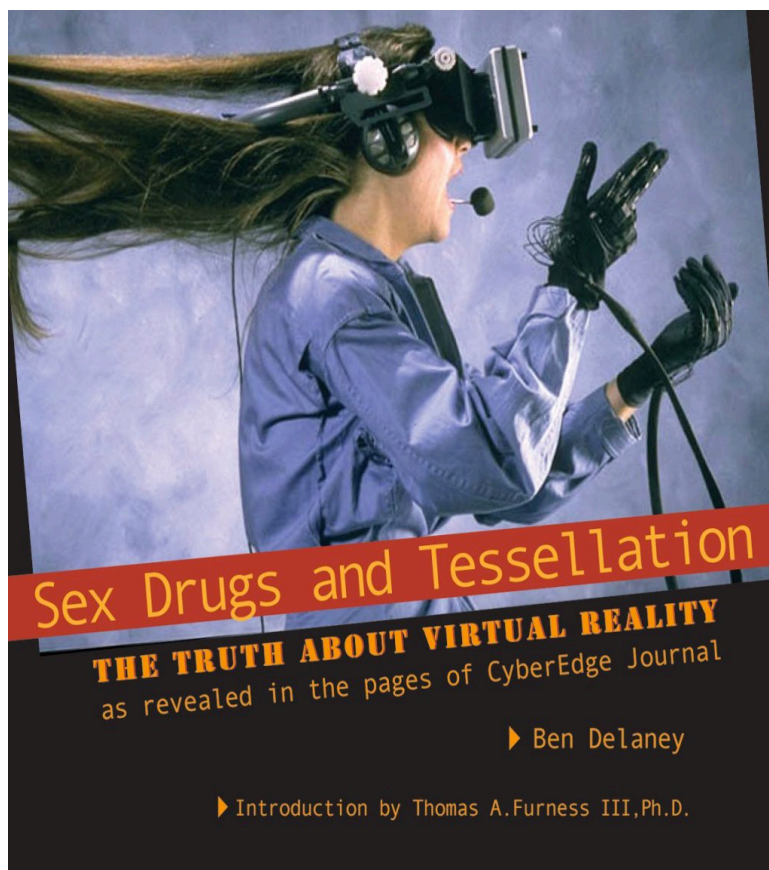
Don't miss a single exciting moment of the Virtual Reality Movement. Purchase back issues of **PCVR Magazine Today!**

Issue	Main Theme
1	Power Glove Interface
2	PG Software/Shutter Glasses
3	Shutter Glasses Software
4	REND386 Version 3.0
5	Head Tracking
6	3D Sound
7	VR Motion
8	PCVR Renderer
9	Build a Head Mounted Display
10	Voice Recognition
11	Connectivity - Shared VR
12	Input Devices
13	Head Tracking
14	Feedback
15	Arcade Systems
16	Glove Technology

US/Canada Back Issues \$4.50 each
Overseas Back Issues \$6.50 each

Figur 7. PVCR Magazine, utgiven av Joe Gradecki och hans fru, gav ut 17 nummer av VR baserat material. (Gradecki 1993)



Figur 8. Ben Delaney skrev tidskrifter som handlade massvist om VR med namnet *CyberEdge Journal* från 1991 till 1996. År 2014 publicerade Delaney alla de bästa tidskrifterna i bokform, ”*Sex Drugs and Tessellation*”. (CyberEdge 2014)

DataGlove, en handske med vars hjälp man kunde röra handen i en virtuell värld som syntes på datorn, användes också som grund för Nintendos egen ”PowerGlove” för deras NES-konsol (men som aldrig blev populär). Tillsammans med en annan ex-Atari-anställd Scott Fisher, som arbetade som forskare i NASA, samarbetade han med VPL Research för att utveckla en handske för NASA vars hjälp man kunde utbilda astronauter att fixa upp satelliter i en VR-miljö. VPL Research gick år 1992 i konkurs och patenterna skaffades senare av Sun Microsystems. (Robertson & Zelenko 2014)

Andra stora VR-bolag som dök upp på 1990-talet var W Industries (som senare bytte namn till Virtuality) av Jon Waldern från England, ”Telepresence Research” som Scott Fisher från NASA Ames grundade tillsammans med en annan ex-Atari-anställd, Brenda Laurel, och Fakespace Labs som grundades av Mark Bolas. (Robertson & Zelenko 2014)

I mitten av 1990-talet började VR hypen att minska. De flesta problemen var tekniska och finansiella. Trots att olika HMD modeller dök upp då och då, blev det aldrig någon stor succé av dem. (Robertson & Zelenko 2014) Priserna på huvudmonterade displays varierade från 6 000 dollar ända till en miljon, beroende på hur avancerad hårdvara man ville ha. (Holloway & Lastra 1993)

Några av VR företagen fortsatte dock med forskningen inom VR, men med mycket lägre profil. Militären blev så småningom den största förespråkaren för den virtuella verklighetens nytta. Den stora allmänheten och teknik-entusiaster började koncentrera sig på ett nytt uppkommande fenomen istället, som var The World Wide Web. (Robertson & Zelenko 2014)

3 UPPKOMST AV NYA HUVUDMONTERADE DISPLAYS - DEN VIRTUELLA VERKLIGHETENS NYA UPPVÄCKNING

I detta kapitel tas upp vilka de tre viktigaste och aktuellaste huvudmonterade displays är och när de uppkom, med en större hänsyn till Oculus eftersom de utvecklade mera färdiga prototyper till utvecklare än de andra. Tekniken och skillnaderna mellan dessa tre tas upp mera detaljerat i kommande kapitel.

3.1 Oculus Rift

I nästan två decennier hann det vara tyst inom VR och huvudmonterade displayer, men sedan, år 2012 i augusti, dök det upp på crowdfunding-sajten Kickstarter en HMD med namnet Oculus Rift till ett pris av \$300. Palmer Luckey, då en 19-årig självlärd teknik-entusiast och storförbrukare av litteratur om VR, hade i sin egen källare hållit på med att bygga huvudmonterade displayer sedan han var en tonåring. (Clark 2014)

Enligt Luckey var det inte på grund av tekniska problem som man inte hade intresse att utveckla en bra HMD. ”Man hade möjlighet att bygga Riften år 2007 för några tusen

dollar, och man kunde ha utveckla den år 2008 för ca \$500. Ingen bara hade tillräckligt intresse för det.” Luckey var också den första som erkände att hårdvaran för den första Riften han utvecklade var inget tekniskt genombrott utan mera en kompilation av de rätta komponenterna med det rätta priset (Lang 2014a). (Luckey 2014a)

År 2011 kontaktade Luckey VR-veteranen Mark Bolas på ICT (Institute for Creative Technologies), angående en HMD av Fakespace Labs (som Bolas var grundare för) som han hade köpt på internet. Luckey fick ett jobb på ICT som lagerarbetare, men fick senare en chans att jobba med många olika VR HMD-hårdvaror, speciellt med Skip Rizzo, som var ansvarig för ett projekt av vård för posttraumatiskt stressyndrom med hjälp av VR. Samtidigt byggde Luckey på sin första version av Riften som senare nästa år blev hans prioritet. Därmed lämnade han ICT för att koncentrera sig fullt på Oculus. (Robertson & Zelenko 2014)

Före Kickstarter-kampanjen började, hade Luckey lyckats imponera Nate Mitchell, Brendan Iribe och Michael Antonov med sin första version av ”Riften” (”The Rift”, som man ofta kallas Oculus Rift HMD:n för), som sedan tillsammans med Luckey grundade Oculus-bolaget. Deras mål med Kickstarter kampanjen var att samla ihop \$250,000 för att kunna bygga upp och skicka sina första Oculus Rift Development Kit produkter för entusiastiska utvecklare som hade intresse att utveckla spel och mjukvara för VR. Intresset för Oculus Rift blev dock enormt och kampanjens slutliga resultat blev \$2,4 miljoner. (Clark 2014)

Två år senare smällde Oculus ut nyheten att Facebook köpt bolaget för \$2 miljarder. Enligt Facebook-grundaren Mark Zuckerberg, är ”[Oculus Rift] en helt ny plattform för kommunikation. När man känner sig starkt närvarande, kan man dela obegränsat olika utrymmen och upplevelser med människorna i sitt liv. Tänk på att inte bara kunna dela viktiga stunder, men hela upplevelser och äventyr med dina vänner online. De är bara få potentiella användningsmöjligheter. Vi kan tillsammans utveckla mycket mera genom att jobba tillsammans med andra utvecklare och medspelare i industrin.” (Zuckerberg 2014)

Oculus började växa. Professionella spelutvecklare såsom John Carmack, som var med i att utveckla de första First Person Shooter (FPS) spelen (DOOM, Quake mm.), beslöt att hoppa med Oculus som deras CTO (Chief Technical Officer). (Lang 2013) Andra nämnbara utvecklare som hoppade med är Atman Binstock och Michael Abrash, som tidigare hade jobbat med VR-projekt på Valve spelutvecklarföretaget, och som också tidigare hade samarbetat med John Carmack. (Lang 2014b)

Varför var det just Oculus då som startade hajpen på nytt? Vilken som helst jättekorporation i elektronik hade resurser för att göra samma som Oculus gjorde. Men det tog istället en kollektiv insats av några tusen utvecklare, entusiaster och spelare för att få VR på nytt i gång med Oculus egna Kickstarter år 2012. Palmer Luckey påbörjade elden medan andra utvecklare och entusiaster kastade mera ved in. Oculus har sedan från början deltagit i många konferenser, där publiken har kunnat pröva deras HMD. Oculus Rift blev så småningom en symbol för VR:s nya uppkomst.

3.1.1 Oculus Rift – versioner

Oculus har producerat en hel del olika prototyper, här tas det alla kort upp utan att vidare gå intill själva tekniken, som tas upp senare.

3.1.2 Development Kit 1 (DK1) (2012)



Figur 9. Oculus Rift DK1. (Stabinger 2013)

DK1 var den första Oculus Rift versionen som kom ut. För \$300, endast tillgänglig från Oculus hemsida, fick man produkten hemskickad. DK1 är avsedd för utvecklare som

vill skapa VR innehåll för den kommande konsumentversionen av Oculus. Tillsammans med displayen fick man också Oculus SDK (Software Development Kit), som innehöll källkod, dokumentation och olika exempel av speldemon som hjälpte utvecklare att få en lämplig början. DK1 är nuförtiden slutsåld. (Oculus VR 2014a)

3.1.3 Crystal Cove Prototype (2014)



Figur 10. Oculus Rift Crystal Cove Prototype. (Digital Spy 2014)

På den årliga CES (Consumer Electronics Show) konferensen i januari 2014, avslöjade Oculus sin nya HMD prototyp, Crystal Cove. Denna HMD var mer bekväm och gav en mera starkare känsla av närvaro i VR-miljön än DK1, tack vare den nya avancerade positionsspårningen och låg pixel uthållighet (höjer skärpan i rörelsen, mera om tekniken i kapitel 4). Crystal Cove var en stor succé på konferensen och väckte än en gång ett stort intresse för VR. Den fick priset som bästa showen i CES. Trots det var Crystal Cove bara en prototyp och var inte till salu. (Oculus VR 2014b)

3.1.4 Development Kit 2 (DK2) (2014)



Figur 11. Oculus Rift DK2 med kamera som används för spårningssystemet. (Oculus VR 2014c)

Ett par månader efter CES, kom DK2 ut. Den var en klar förbättring från den tidigare DK1. Tog specifikationerna från Crystal Cove prototypen och tillsatte några finesser. Den största förändringen från DK1 är positionsspårningen som nu förbättras med hjälp av en skräddarsydd kamera som fästes mot personen som spelar för att spåra bättre användarens huvudrörelser. DK2 använder en OLED display med 1080x960 för varje öga (jämfört med DK1 800x640) med låg uthållighet för att minska på rörelseoskärpa och ”skakning” i bilden, samma som i Crystal Cove prototypen. Kittet innehåller också en USB-port för att t.ex. fästa andra tillbehör (t.ex. Leap Motion Controller, se kapitel 2.1.2) för att stärka interaktiviteten. Såsom DK1 har DK2 samma princip, en produkt för utvecklare som vill producera VR innehåll. Pris \$350, bara tillgänglig från Oculus egna hemsidor. DK2 har sedan dess sålt över 100 000 stycken (Iribe 2015). (Gilbert 2014)

3.1.5 Crescent Bay Prototype (2014)



Figur 12. Oculus Rift Crescent Bay Prototype. (PCWorld 2014)

Oculus annonserade en ny prototyp Crescent Bay på Oculus Connect 2014 konferensen i september. Den var en klar förbättring till de tidigare modellerna och är mycket närmare den kommande konsumentversionen. Crescent Bay innehåller nya egenskaper såsom en ny display-teknik, integrerad audio i hög kvalitet, 360 graders huvudspårning, utökad volym i positionsspårningen som gör det lättare att röra på sig utan att oroa sig för räckvidden av kameran. Förbättrad ergonomi med kabeln och minskad vikt. Med de förbättringar bjuder Crescent Bay på en helt ny realistisk känsla av närvaro som är omöjligt att uppnå i de äldre versionerna. (Oculus VR 2014d)

Crescent Bay är just nu den nyaste versionen av Oculus Rift som de har att presentera i konferenser för publiken och pressen. Den närmaste versionen av konsumentversionen CV1, som kommer nästa år.

3.1.6 Samsung Gear VR (Mobil) (2014)



Figur 13. Samsung Gear VR Innovator Edition, Powered by Oculus. (Samsung 2014)

Medan Oculus har ett stort intresse i framtidens datorspel, har de också expanderat till att undersöka och utveckla VR i mobil-sammanhang. I september 2014 avslöjade Samsung att de i samarbete med Oculus har skapat en VR-apparat för deras telefon GALAXY Note 4. John Carmack är den ledande teknikern bakom Gear VR och har givit ett antal presentationer av tekniken och hur framtiden för VR i mobilvärlden kan se ut. De största faktorerna varför VR kan bli en succé för mobil är att mobil plattformen är framtidens plattform, med redan miljarder användare. Det är inte heller bara spelande som kan få VR-mobil att få intresse, utan det presenterar också ett helt nytt sett att titta på bilder och video, som kan få massvis med människor att bli intresserade. (Carmack 2015)

Tekniken bakom Gear VR jämfört med Riften är olika. Där DK-versionerna har specialbyggda små skärmar och en helt annan styrprogramvara, är Gear VR mer driven av telefonens egen grafik. Man kan inte egentligen kalla Gear VR en HMD, utan mera som en VR-headset för mobiltelefonanvändning eftersom displayen som här används är telefonens egen display och inte en inbyggd display. Det trådlösa Gear VR headsetet kan bara användas med Samsungs GALAXY Note 4. Telefonen fästs på framsidan av Gear VR-headsetet, där en sensor sedan känner igen apparaten och startar Oculus-appen med VR-innehållet. De två linserna i Gear VR tar sedan hand om att ge den 3D-effekten som behövs för immersionen. Synfältet är 96 grader och användarens huvudrörelser spåras med hjälp av olika sensorer som hittas på Gear VR. På sidan av headsetet finns det

knappar med vilka man kan navigera i menyer och använda i spel. Samsung har också kommit ut med en kontroll som kan användas i sammanhang med Gear VR.

I december 2014 släpptes Gear VR ut i begränsad form (priset i Finland ca 250€). Precis som Oculus DK produkterna, är också Gear VR menat för utvecklare som kan använda Gear VR för att producera VR-innehåll för mobiltelefoner (Android för tillfället), och är ännu inte färdig för en större marknad. Det viktigaste enligt Carmack är att Gear VR får synlighet och väcker intresse och positiva reaktioner hos människor fastän tekniken är ännu i tidigt fas. (Carmack 2015)

I april 2015 publicerades en ny version av Gear VR för Samsungs GALAXY S6 och S6 Edge. Den nya versionen (som Samsung kallar för "Gear VR Innovator Edition for S6") är dock samma som den äldre, en Innovator edition med flera nya förbättringar i designen av headsetet. (Lang 2015a)

3.1.7 Oculus Rift CV1 (2016)



Figur 14. Den första bilden av Oculus Rift CV1. (Oculus VR 2015)

Den kommande konsumentversionen av Oculus Rift. Hittills finns det inte mycket information, bara ett par exempelbilder av designen och en tidsplan för lanseringen av CV1 som Oculus har sagts vara i början av 2016. Mera information bör komma i den årliga E3-konferensen i juni. (Oculus VR 2015)

3.2 HTC Vive (SteamVR)



Figur 15. HTC Vive Developer Edition. (HTC 2015)

Det var ingen hemlighet att Valve, ett av de största spelföretagen i världen och skaparen av Steam spelservicen, hade hoppat med i VR manin tillsammans med Oculus. Valve och Oculus hade samarbetat och delat på information med varandra redan från början. Före Michael Abrash och Atman Binstock hoppa till Oculus, var de med i Valve i utvecklingen och forskningen av möjligheterna i VR. Valve hade utvecklat prototyper med en simpel design i flera år med mindre uppmärksamhet än Oculus. De presenterade en prototyp i konferenser för utvalda personer. Därför kom det med en stor överraskning i årets GDC (Game Developers Conference) konferens i mars, att mobiljätten HTC hade parats upp med Valve och skapat med en HMD, HTC Vive (som också kallas SteamVR) med exklusiva demospel som visning. HMD:n väckte ett stort positivt intresse bland alla dem som fick prova systemet. Enligt många, var SteamVR hittills det bästa VR-systemet som de upplevt.

SteamVR introducerade en annan sort av spårningssystem jämfört med Oculus, två så kallade basstationer som tillsammans kallas "Lighthouse". De fästs mittemot varandra i rummet så att användaren kan utnyttja hela rummet. SteamVR hade också tänkt på en lösning till hur man får händerna med i VR-miljön med hjälp av två trådlösa kontroller för var sin hand. Tillsammans med själva HMD:n, Lighthouse spårningssystemet och kontrollerna får man SteamVR systemet (mer om tekniken i kapitel 4). (Valve Corporation 2015)

För tillfället är SteamVR tillgänglig gratis som en Developer Edition för valda utvecklare och företag, som vill utveckla VR-innehåll. HTC och Valve har annonserat att en färdig konsumentversion av SteamVR kommer ut på marknaden i slutet av 2015.

3.3 Sony Project Morpheus



Figur 16. Sony Project Morpheus. (Sony Playstation 2015)

Sony hade redan på 1990-talet utvecklat HMD:n, ”Visotron” år 1993 och ”Glasstron” år 1996, men som många andra VR-manicker som gjordes på den tiden, blev det ingen succé. (Sony 1997)

År 2014 presenterade Sony på GDC sin första version av Project Morpheus HMD:n, exklusivt för Playstation 4. Det som gjorde Sonys presentation mera speciell var att Sony blev nu den första av de stora elektronikföretagen som tog itu med VR. Sony avslöjade senare att de hade börjat experimentera med VR sedan Oculus fick uppmärksamhet i Kickstarter år 2012. Fastän Project Morpheus var bara en prototyp som man fick bara pröva vid konferensen, fick den en relativt bra uppmärksamhet. Till exempel hade några amerikanska talk-shows gjort ett kort reportage om GDC där de prövade Project Morpheus.

Samtidigt väckte Sonys presentation av Morpheus oro hos VR-gemenskapen. Det behövs bara en dålig, halvfärdig HMD-produkt ut på konsumentmarknaden för att igen få

VR att bli slopad tillbaka till 1990-talet. Eftersom Sony är en stor korporation, kan de välja att fara sina egna vägar och utveckla en generisk Oculus-kopia för att få de flesta konsumenterna på sin sida på grund av Sonys välkända märke, och inte associera med sina konkurrenter. Lyckligtvis visade Sony på GDC 2014 med Morpheus att de menar allvar att utveckla en bra, konsumentvänlig HMD och meddela öppet att Oculus varit en stor inspiration för dem. (Lang 2014a)

I årets GDC presenterade Sony sin nya, förbättrade prototyp av Project Morpheus med nya VR demospel för PS4. En annan viktig annonsering var ett publiceringsdatum för konsumentversionen av Project Morpheus, som ser ut att ske under den första hälften av 2016. (Webster 2015)

4 TEJNIKEN BAKOM HUVUDMONTERADE DISPLAYS – VAD KRÄVS FÖR ATT FÅ EN ÖVERTYGANDE KÄNSLA AV NÄRVARO I EN VR MILJÖ

Före tekniken tas upp, måste man förstå en del bakgrund av människans perceptuella minne och närmast hur människans visuella system fungerar. Med perception menar man varseblivning, som är den grundläggande funktion vilket håller oss informerade om de aspekter som är relevanta i vår omgivning och vår egen relation till dessa. Vi vet överraskande lite om det perceptuella systemet, ännu mindre om hur vi egentligen använder det. (Abrash 2015)

4.1 Hur människan tolkar verklighet

4.1.1 Människans visuella system

Människans visuella insikt är en aktiv process, där hjärnan använder 50 % av sin kraft. Hjärnan litar mera på syn än känsel. Därför kan VR vara ett starkt redskap, eftersom man med en huvudmonterad display kan ersätta människans visuella systems huvudsakliga visuella input. (Yao 2014)

4.1.2 Kroppssinnet

Till Kroppssinnet hör det vestibulära systemet (balanssinnet) som består av balansorgan i innerörat som berättar hjärnan om accelerationsrörelse, gravitationens acceleration då man är stilla och vad som är nedåt och uppåt. Det andra är det proprioceptiva systemet (egenrörelsesinnet), som berättar hjärnan i vilken position din kropp är.

4.1.3 VOR

Vestibulo-okulära reflexen (VOR) är en annan viktig del att känna till gällande forskning av VR. Det är styrelsesystemen som rör på ögonen då man vill fästa blicken på någonting. VOR gör en motarbetning för kroppen då man vill fästa blicken på en viss sak (huvudet står stilla men ögonen rör på sig) för att kroppssinnet driver ögonmusklerna. (Yao 2014)

4.1.4 Hur olika sinnen samarbetar med varandra

Tillsammans kombinerar sinnen all information och för den till hjärnan som sedan bygger upp den slutliga tolkningen om vad som händer runt om. Därför är det viktigt att förstå principen om hur de olika sinnen kan, och inte kan, stimuleras till att skicka de rätta signalerna till hjärnan. Den mindre tydliga delen är att förstå vad det krävs att hjärnan skall dra den önskade slutsatsen. (Abrash 2015)

När du rör på ditt huvud i en VR-miljö, uppfattas rörelsen av ditt vestibulära organ, samtidigt som parallaxen (vinkeln mellan de riktningar i vilka föremålet syns från två olika punkter) uppfattas i ditt visuella system. De stämmer ihop med de motoriska signaler som skickats till nackmusklerna och till egenrörelsesinnet. Allt det händer med låg latens (väntetid), under vilken tid hjärnan sedan ”blandar ihop” alla datapunkter till en sammanhängande modell av världen. (Abrash 2015)

En upplevelse är verklig ända tills det perceptuella minnet slutar att övertyga hjärnan. Upplevelserna är ingenting mer eller mindre än vad ditt sinne uppfattar från det data som den tar emot. Vårt perceptuella minne gör automatiskt en härledning oberoende vad

vi medvetet uppfattar. Det betyder att en virtuell verklighet som är skapad på rätt sätt, kan sannerligen kännas som en riktig verklighet. (Abrash 2015)

4.2 Vad krävs av en bra HMD?

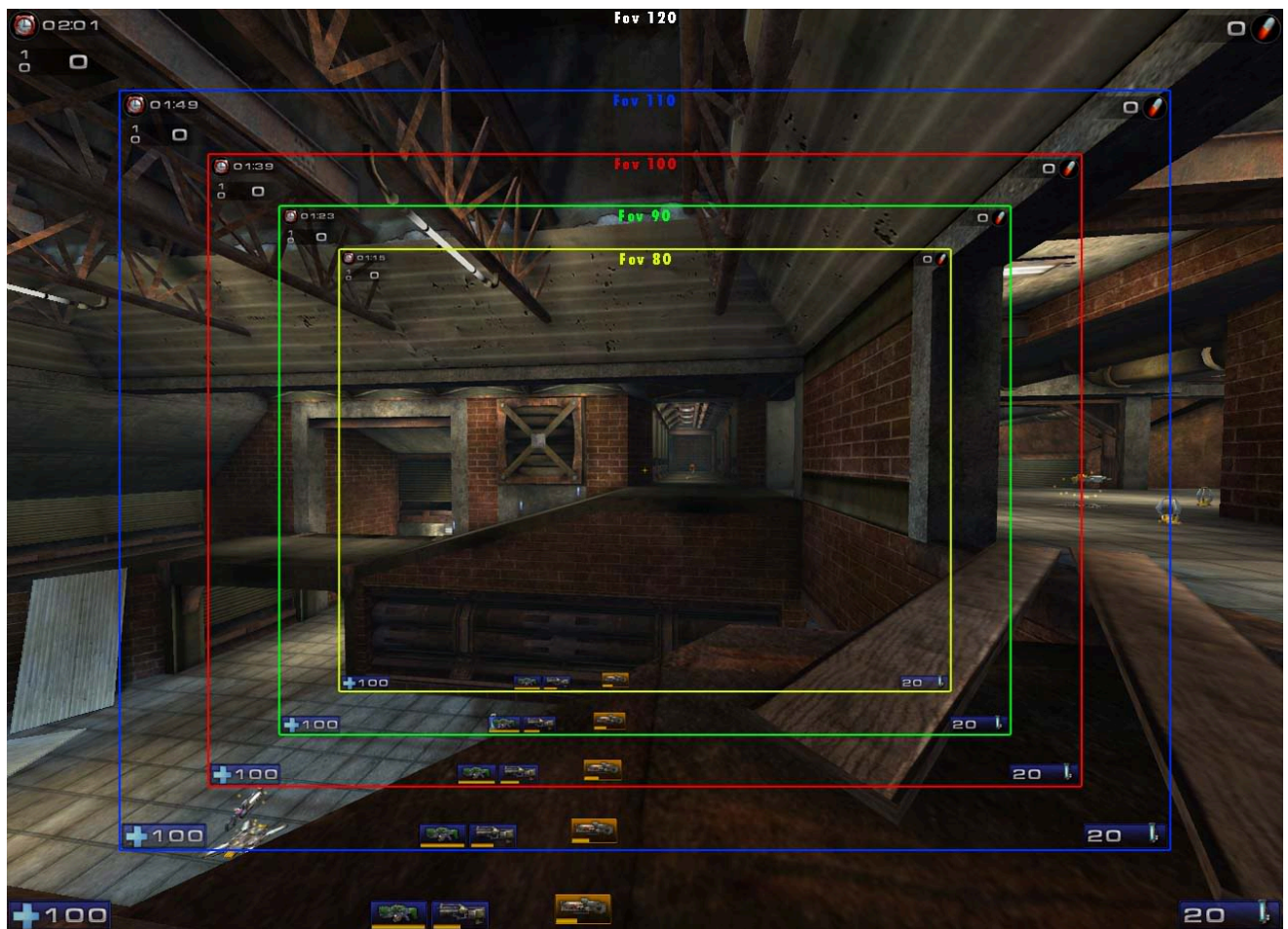
Lösningen för att göra VR unikt och användarvänlig är att övertyga de olika delarna i människans perceptuella system, som fungerar på en mycket lägre nivå än vår medvetenhet, att de uppfattar verklighet. För att lyckas med det, måste man hindra motstridigheter, som uppkommer då vi uppfattar en virtuell verklighet. Den huvudsakliga motstridigheten är en så kallad sensorisk konflikt, då ögonen och balanssinnet ger olika information och kan orsaka åksjuka (motion sickness). Andra vardagliga exempel av konflikter är tåget på spåret bredvid, ditt vestibulära system berättar dig att du rör dig fastän du är stilla, du känner det i magen. I VR är det omvänt. Din syn berättar att du är i rörelse medan det vestibulära systemet berättar att du står stilla. Acceleration av rörelse är också ett centralt problem. Det vestibulära systemet reagerar till acceleration i verkligheten, men i VR reagerar det inte alls. En lösning är att hålla hastigheten konstant då man rör sig i VR. Då behöver det vestibulära systemet inte reagera och man känner inte obehaglighet. Det är dock inte en perfekt lösning. Ett annat viktigt begrepp gällande framåtrörelse är optic flow. Ju mera bevis hjärnan får att man gör en framåtrörelse i en virtuell värld, desto bättre optic flow man får, t.ex. snabbroliga stjärnor som flyger emot på en svart bakgrund.

Uppdateringen av den visuella informationen som du uppfattar i VR måste vara exakt för att kunna imitera en verklig värld. Du tittar på ett träd i VR och vänder huvudet mot höger, trädet måste röras då åt vänster på displayen utan fördröjning. Också små huvudrörelser till sidorna och framåt/bakåt lutande måste iaktas. Om renderingen av bilderna inte uppdateras korrekt, känns det som om världen skulle röra med dig vilket förstör effekten av närvaron.

4.3 De viktigaste elementen i en HMD

4.3.1 Field of View (FOV)

Med FOV menas man synfältet som man ser framför sig. Människans synfält är grovt 180 grader rakt framåt och ca 270 grader när man tar ögonrörelsen med. Begreppet FOV är mer bekant i spelvärlden.



Figur 17. Exempel på skillnader i FOV i en spelvärld. (RoadKillGrill 2007)

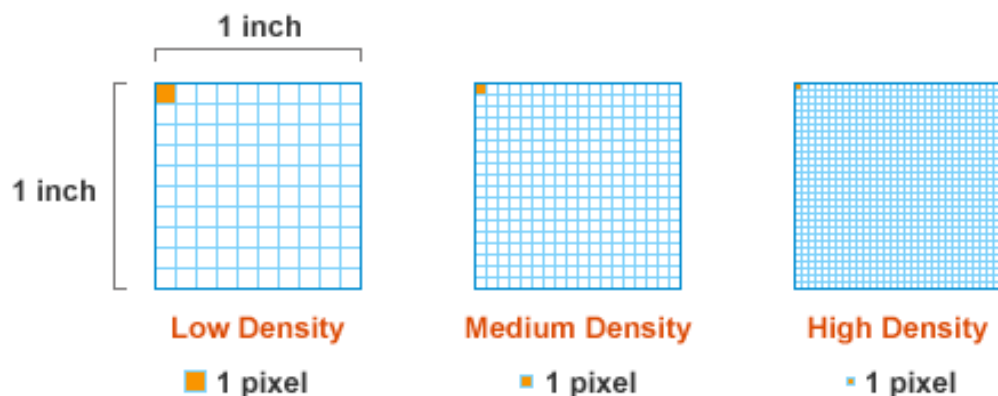
FOV i VR är mera utmanande än i normala spel som spelas på en monitor/TV. Synfältet skall vara åtminstone 90 grader i en HMD. Ju bredare FOV är, desto bättre blir immersionen i VR. Förbättring av FOV är en svår utmaning på grund av begränsningarna som den moderna tekniken i optik har. Det bästa som man kan nå till i dagens läge är från 100-150 grader. Får att nå över 180 grader måste man ta hänsyn till det perifera

synfältet, som är den största utmaningen. En lösning är att använda större linser, men storleken och vikten av HMD:n skulle öka rejält, vilket minskar på bekvämligheten. (Luckey 2014b)

4.3.2 Resolution

De kommande HMD konsumentversionerna kommer högst antagligen vara 1920x1080, det vill säga 960x1080 per öga. 1920x1080 är den mest användbara resolutionen för dagens HMD teknik som är passlig för att rymmas in i en användarvänlig HMD. Jämförelse mellan resolutionen i VR mot dagens PC-grafik är klara, eftersom PC-grafiken är mycket mera avancerad än i VR, vilket kan hindra folk att bli entusiastiska. Det tyder ändå inte att VR-upplevelsen skulle vara bristfällig. Om VR ger en tillräckligt lockande och unik upplevelse, kan man lätt förlåta de stora skillnaderna som VR har jämfört med PC.

Resolutionen blir däremot en problematisk del eftersom bred FOV förstör och sprider pixlarna lätt utåt. Den totala mängden av pixlar gör skillnad, men också pixeltätheten är ett faktum, och i det område har VR enastående problem. Som ett exempel kan man ta en HMD med en FOV av 90 grader, som med 960x1080 resolution per öga ger aningen mindre än 11 pixlar per horisontell grad, som kan jämföras med PC-spel som gjordes på 1980-talet. Den vertikala pixeltätheten är den samma, och med kombination av den horisontella är pixeltätheten av HMD:n en tjugondel av en tvådimensionell pixeltäthet i en bordsdators monitor. (Abrash 2012a)



Figur 18. Skillnader mellan låg och hög pixeltäthet. (BBC 2015)

Det betyder dock inte att de kommande HMD-produkterna blir misslyckade eftersom resolutionen inte är helheten av upplevelsen som man kan få via VR. Man har ändå kommit stora steg framåt från de äldre versionerna. En äldre versions HMD med 640x800 jämfört med de nyare 960x1080 är redan en stor förbättring. Utmaningen för förbättring av resolutionen i HMD kommer att vara svår eftersom man dagligen möter på förbättringar av högre pixeltätheter i datorskärmar, bärbara datorer och telefoner än i de huvudmonterade displayerna. (Abrash 2012a)

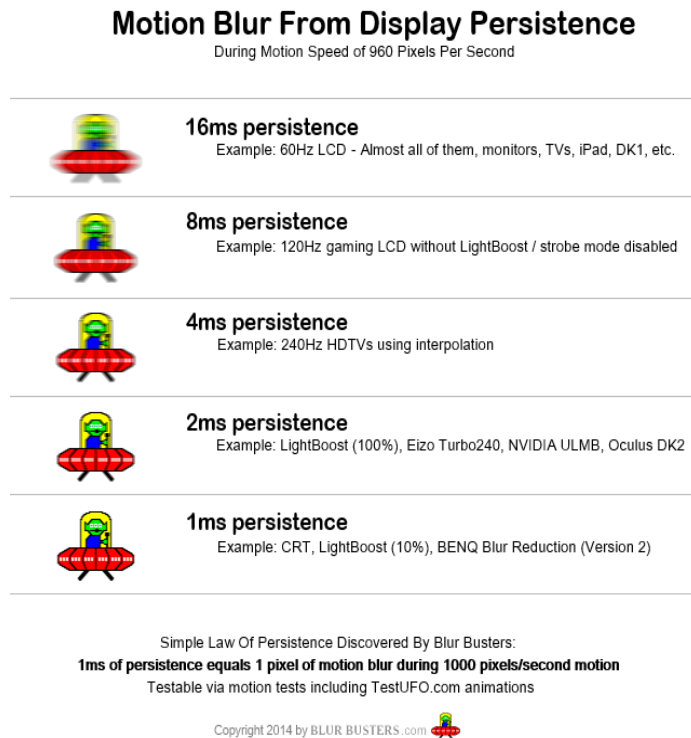
Den perfekta resolutionen som VR-industrin kunde sträva till är en sådan som i de monitorer som vi har idag. 4K resolution är redan nära, och 8K skulle överträffa det. Men den moderna tekniken är ännu inte nära att skapa en lösning till den perfekta resolutionen. Det finns inte tillräckligt kraftfull hårdvara för sådan massa av pixlar, utan att glömma bristen på tillräckligt utvecklade paneler och små projektorer för en HMD. Om VR-industrin för uppväckt en genomförbar marknadsvärde, kan de sträva 3D-grafik industrin att få en ny konkurrenskraftig marknad till att driva resolutionen högre också i VR-industrin, inte att glömma de andra tekniska aspekterna i VR som behövs förbättring. (Abrash 2012a)

4.3.3 Kort pixel uthållighet (Low pixel persistence)

Med ”low pixel persistence” antyder man till tiden som varje pixel är upplyst. Som ett exempel kan man ta ett objekt på en skärm som rör sig med 1000 pixlar per sekund med en 60 Hz full uthållighet, $1/60 \text{ s.} = 16,7$ millisekunders uthållighet som betyder att en stillastående bildruta är upplyst 16,7 millisekunder. $1/60$ av 1000 pixlar/sekund är egentligen 16,7 pixlar per uppdateringsperiod, det vill säga att ögonen har rört sig 16,7 pixlar mellan början och slutet av en uppdateringsperiod, vilket gör en så kallad ”suddande” effekt till ögonens retina. (Rejhon 2014)

När man tittar på en vanlig TV-skärm till exempel, behöver man inte använda snabba ögonrörelser för att se händelser som sker. Det är mest på grund av att TV-skärmar inte har en bred FOV såsom en HMD har. Även en 30 tums skärm har mindre än 60 graders FOV från en normal distans jämfört med en HMD med 100 graders FOV. Pixel uthålligheten är alltså mindre viktig för TV-skärmar och datormonitorer än för en HMD, på grund av att ögonrörelserna måste reagera med mera hastighet då man tittar på en hu-

vudmonterad display på grund av den breda FOV. Ju längre pixeln är upplyst, desto mera blir bilden suddigt när ögat rör sig, vilket betydligt minskar detaljerna. För att VR ska fungera på rätt sätt, måste tiden av kort pixel uthållighet vara minimal. Till exempel en HMD med 1K resolution och 100 graders FOV, är 3 ms. eller mindre nödvändigt för kort pixel uthållighet, och ännu mindre krävs i högre pixeltätheter. (Abrash 2013)



Figur 19. Exempel på den suddande effekten ("pixel smearing") i kort och lång pixel uthållighet. (Rejhon 2014)

4.3.4 Uppdateringsfrekvens (Hz)

Uppdateringsfrekvensen är den hastighet som datorskärmen kan rita upp bilden på skärmen. En skärm med en uppdateringsfrekvens på 60 Hz kan till exempel rita upp bilden 60 gånger per sekund. I VR, med en tillräckligt hög uppdateringsfrekvens, minskar suddigheten i bilden och föremålen rör sig med mer smidighet. Vid 60 Hz, flimrar bilden märkbart, men 95 Hz är redan tillräckligt bra för en nöjaktig upplevelse i VR. Kvalitén av VR-upplevelsen lider märkbart när bildrenderingen inte följer med bildhastigheten (frame rate). Utmaningen är att uppehålla en 95 Hz hastighet speciellt om resolutionen höjs. Till skillnaden av en skärm som t.ex. uppdaterar pixlar i 90 Hz hastighet i korta stötar, mottar människan fotoner kontinuerligt från den verkliga världens ytor och

ljuskällor till ögonens näthinna med omkring 20 millisekunders hastighet. Det fungerar i princip på samma sätt, eftersom strukturen är likadan när fotonerna når fram i korta stötar eller kontinuerligt som de gör från den verkliga världens ytor och ljus. Genom att använda människans visuella systems fysiologi till godo och med tillräckligt snabb uppdateringsfrekvens, kan man lyckas att "lura" hjärnan och producera de önskade signalerna för att möjliggöra en kvalitetsmässig VR-upplevelse. (Abrash 2013)

4.3.5 Optiken



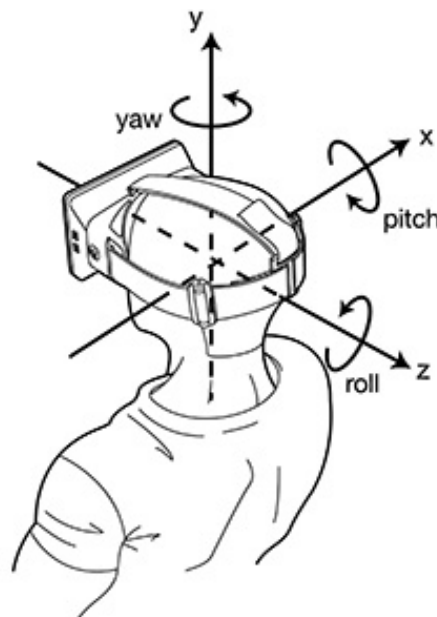
Figur 20. Linserna på en Oculus Rift DK1. (Goddard 2014)

Det huvudsakliga problemet med optiken är att då ett problem har lösts inom det, kan det uppkomma ett annat problem i någon annan teknisk del. I dagens läge finns det inte linser med tillräckligt bred FOV för minimala displayer. Därför används paneler som de moderna mobiltelefonerna har, och med hjälp av förstörande linser får man en duglig lösning. Det finns inte ett tekniskt sätt att evaluera optiken, det måste göras av människan själv eftersom man måste använda ögonen för att få den rätta optiska kalibreringen. Många problem kan uppstå om den optiska kalibreringen inte är i skick. Därför är det väsentligt att noggrant välja de korrekta linssorterna för att få tillräckligt skarpa renderande bilder. (Abrash 2013)

4.3.6 Spårning av rörelse

De föregående kapitlen berättar om de huvudsakliga komponenterna som krävs för att få en bra visuell kvalitet till VR-upplevelsen. Alla delar måste fungera lika bra för att få en felfri upplevelse med en HMD. Men det är ändå inte tillräckligt.

För att man ska få den rätta känslan av närvaro, krävs det ett spårningssystem som spårar dina rörelser i den verkliga världen. Bilderna måste presenteras på ett sådant sätt att det perceptuella minnet accepterar de rörelseändringar som görs i VR. Därför behövs det ett ordentligt spårningssystem för huvudet för varje axel (X, Y och Z).



Figur 21. Yaw (y-axeln), pitch (x-axeln) och roll (z-axeln) är väsentliga att ta i beaktande då man utvecklar spårningssystemet för huvudrörelserna. (LaValle 2013)

Ett av de största problemen som VR och HMD har och som tidigare kom fram i kapitel 4.2, är ”motion sickness”, känslan av åksjuka. Ett bristfälligt spårningssystem är den huvudsakliga delen som kan orsaka konflikt mellan vad du ser med dina ögon och vad ditt balanssinne rapporterar. Som exempel på hur ett spårningssystem fungerar kan man ta Oculus egna utvecklade systemet, Oculus VR™ sensorn. Den består av en gyroskop, magnetometer och en accelerometer, vilka tillsammans tar upp information av användarens huvudrörelser i den verkliga världen och synkroniserar användarens virtuella perspektiv i realtid. Processen, var alla tre apparater kombinerar sin information, kallas

”sensor fusion”. Accelerometern mäter den lineära accelerationen och magnetometern mäter styrkan och riktningen av det magnetiska fältet. Gyroskopen, som rapporterar rotationsrörelsen (vinkelhastigheten) runt X, Y och Z i radianer/sekund, ger den viktigaste informationen för spårningen av huvudrörelser. (LaValle 2013)

Ett annat exempel är optisk spårning var man använder en eller flera videokameror för att detektera IR-LED (Infraröd ljusdiod) markörer som har fästs på HMD:n.



Figur 22. Oculus Crescent Bay. IR-LED markörerna är tydligt synliga på fram- och baksidan av HMD:n. (Oculus VR 2014d)

Videokameran söker ständigt efter markörerna och använder olika algoritmer för att söka positionen av objektet på vilket markörerna finns. Algoritmen matchar sedan med markörens position av vad kameran spårar som sedan gör ett beslut av positionen och orienteringen. Markörerna kan vara passiva eller aktiva. IR-dioder som blinkar med jämna mellanrum är typiska aktiva markörer. Det blir lättare att blockera ut andra IR-dioder i spårningsområdet genom att synkronisera den tid som dioderna är på med kameran. De passiva markörerna är så kallade retroreflektorer, som reflekterar IR-ljuset tillbaka mot ljuskällan. Kameran är utrustad med en IR-blixt som reflekteras från markörerna. Skillnaden mellan användning av passiva och aktiva beror på många olika variabler såsom avstånd, typ av yta, siktlinjens riktning, med mera. Olika föremål kan spåras samtidigt om markörerna har olika uppställningar (t.ex. markörer på händerna eller på ett föremål såsom ett vapen). (Boger 2014)

4.3.7 Låg latens

Latensen är en grundläggande faktor då man pratar om att skapa en bra upplevelse i VR. Alla delar i en HMD måste fungera tillräckligt bra för att få så låg latens som möjligt. På samma sätt som man uppfattar den verkliga världen, måste de virtuella objekten hållas på samma ställe då man vänder och rör på huvudet. Om det går alltför mycket tid mellan tidpunkten då huvudet börjar vända och tiden då den nya bilden ritas om, kommer den virtuella bilden att glida på ett tydligt darrande sätt åt respektive håll. Nittionio procent räcker inte eftersom människans visuella system har skapats för att märka även de minsta tillfälliga avvikelser, som man stöter på. Därför måste latensen vara så låg som möjligt för att få en immersiv effekt i VR. (Abrash 2014)

Vad är då en tillräckligt låg latens för människan att det inte märks? Som referens kan man ta vanliga PC-spel vars musrörelse till bilduppdatering är generellt 50 millisekunder eller högre. Men i VR är högre 20 ms alltför mycket, och många forskningar antyder till att 15 ms är gränsen eller även 7 ms. VR är mycket mera känslig för latens. Såsom redan tidigare nämnts, förväntar man sig mera stabilitet när man rör sig i VR i avseende till den verkliga världen, medan då man tittar på vanliga PC-spel vet ögonen och hjärnan att man tittar på en rörlig bild. Latensen är också starkt kopplad till känslan av åksjuka, och ju högre latensen är, desto värre känns det. (Abrash 2012b)

Följande steg krävs i rätt ordning för att bilden ska bli ordentligt registrerad i VR utan värre latens: Först måste spårningen fastställa den exakta ställningen och placeringen av var HMD:n befinner sig i den verkliga världen. Sedan, från denna ställning tittat, måste programmet rendera scenen i stereo, där ”anti-aliasing” dvs. kantutjämning kan vara till hjälp, men är inte nödvändigt. Sedan måste grafikhårdvaran flytta över den renderade scenen till HMD:s display. Det kallas ”scan-out”, och består av sekventiell behandling genom ”frame buffern” som rör sig från höger till vänster uppifrån ner inom varje sveplinje, som sedan skickar scenens pixeldata vidare över en koppling såsom en HDMI till displayen. Efter det emitteras fotoner från displayen för varje inkommande pixel som registreras. Till sist måste displayen sluta att emittera fotoner, antingen för att pixlarna inte är i full uthållighet (såsom i laserskanning), eller för att nästa bildruta måste bli visad på displayen. (Abrash 2012b)

4.3.8 Specifikationer för en färdig konsumentversion av HMD

Tillslut en kort sammanfattning av specifikationer som behövs för att få en bra upplevelse i en VR-miljö:

- Högst 20 ms i latens
- 3 ms i pixel uthållighet
- 90 – 95 Hz uppdateringsfrekvens
- Åtminstone 110 graders FOV
- 1k x 1k resolution per öga
- Bra kalibrerad optik med hög kvalitet.
- Spårningen inom återgivning av resolution måste vara med en millimeters noggrannhet, en fjärdedels grad noggrannhet i spårning av rotation och ca 2 kubikmeter i spårning av volym.

Inom den existerande tekniken behövs det inte mera något större underverk eller genombrott, bara små justeringar och stark ingenjörsvetenskap för att få en tillräckligt bra HMD-produkt ut på marknaden. (Abrash 2014)

5 OCULUS, HTC VIVE OCH PROJECT MORPHEUS – SPECIFIKATIONER OCH SKILLNADER

I kapitel 3 behandlades kort de tre största bolagens huvudmonterade displayer som kan resultera i en färdig produkt i nära framtiden. Detta kapitel handlar om de tre apparaternas specifikationer, användbarhet och skillnader. I användbarheten måste man ta hänsyn till att exemplen och rapporteringarna är bara från ett fåtal konferenser som publiken och pressen har haft tillträde till, (Oculus Crescent Bay har varit på ett par fler konferenser än Morpheus och HTC Vive) och där de tre företagen har presenterat sina egna spel-demonstrationer som man har kunnat testa med en bestämd tidsgräns som de själv angivit. Det kan konstateras att alla de nämnda tre HMD:n är ännu prototyper av de kommande konsumentversionerna, ingen av dessa kan sägas vara en 100 % fullständig produkt för marknaden. De är ändå de närmaste versionerna till konsumentprodukterna, som publiken har fått pröva hittills.



Figur 23. Vänster upp Sony Morpheus (Sony Playstation 2015), till höger upp Oculus Rift CV1 (Oculus VR 2015) och nedanför HTC Vive (HTC 2015).

5.1 Oculus Rift

Eftersom det ännu inte finns tillräckligt mycket information om Oculus Rift CV1 och för att Crescent Bay är den närmaste produkten till CV1 som lanseras i början av nästa år, är det mer praktiskt att tala om Crescent Bay-prototypens och DK2:ans specifikationer och användning i detta kapitel. Som nämnts i kapitel 3.1.5, har Oculus marknadsfört Crescent Bay vid de senaste konferenserna och den har tagits upp i flertal artiklar och recensioner på webben och kommer högst antagligt ha mycket samma specifikationer som den kommande konsumentprodukten.

5.1.1 Hårdvara och specifikationer

Crescent Bays spårningssystem fungerar med IR-LED-markörer som är inneslutna i headsetet som sedan spåras av en liten webbkamera som placeras i närheten av användaren. Till skillnad från den föregående versionen DK2, bjuder Crescent Bay på 360 graders perspektiv tack vare IR-LED-markörer som fästs på baksidan av headsetet. Oculus använder i sitt spårningssystem sina egna komponenter - en "Adjacent Reality Tracker" som består av en magnetometer, accelerometer och en gyroskop, vilka nämndes i föregående kapitel. (Winchester 2015a)

Skärmen i den föregående Rift-versionen DK2 var huvudsakligen bara Samsung Galaxy Note 3-telefonens skärm med alla smarttelefonens delar borttagna. DK2 har 960 x 1080 display per öga (tillsammans 1920 x 1080 HD resolution), med uppdateringsfrekvensen 60 Hz och 100-graders FOV. Oculus har hållit Crescent Bays specifikationer hemliga, men det har kommit fram att resolutionen och uppdateringsfrekvensen (troligen 90 Hz) har definitivt höjts och att det är officiellt att CB använder sig av två displayer. Enligt Oculus egen VD Nate Mitchell, var det meningen att använda bara en skärm i CB, men till slut visade sig två skärmar vara ett bättre val. Oculus använder sig av Fresnel-linser, som är tunnare än de traditionella linserna, och som är typiska för film- och TV-ändamål samt overheadprojektorer. (Winchester 2015a)

Vid sidan om själva Oculus DK HMD:n, kom också Oculus egna programvara, Oculus Software Development Kit (SDK) (för både DK1 och DK2) för att kalibrera HMD:n för användarens egna behov till exempel sin egen längd och pupilldistans (IPD), kontrast och ljus med mera. Oculus SDK innehåller också färdiga demon för testning av HMD:n och verktyg för utvecklare för att skapa VR-spel och demon. Manualer för inställningar och mer information om tekniken av DK2 har publicerats på Oculus hemsidor som PDF-filer vilka är tillgängliga för alla. Input-möjligheter har Oculus ännu inte. För själva spelandet har använts tangentbord och mus eller en fastsluten spelkontroll till datorn.

För ljud kan man använda högtalare, men närvaroeffekten förbättras betydligt då man använder sig av hörlurar med 3D spatial audio, det vill säga 3D-ljud, som Oculus har

utvecklat med sin egen Oculus Audio SDK. Den använder sig av ”Head-Related Transfer Function (HRTF) -tekniken som kombinerat med Riftens huvudspårning kan skapa en känsla av 3D-ljud runt användaren. Ett exempel: en helikopter flyger ovanför dig, det hörs från hörlurarna att ljudet kommer uppifrån. Enligt Oculus, simulerar HRTF ändringarna av ljudet, då det från en viss punkt i rummet når till användarens huvud. Den använder som referens data som representerar ändringar i ljudet som kommer från den riktningen. Det finns data från hundratals punkter runt användarens huvud, som programvaran sedan använder för att jämna ut ljudet mellan punkterna så att de uppstår en naturlig ljudeffekt, oberoende vilken position huvudet eller ljudkällan har. (Winchester 2015a)

5.1.2 Användbarheten

Fastän Oculus har presenterat sina Crescent Bay-demonstrationer stående vid olika konferenser, har de nämnt att Riften har utvecklats för att vara en sittande upplevelse. Spårningen har sagts vara utmärkt.

Crescent Bay används med en HDMI-kabel för datorer, med en valfri DVI-adapter för bärbara datorer och för nyare grafikkort. Också en USB ingår som håller reda på data och ström. Den ca 3 meters kabeln har rätt längd för att hantera en bra konstant signal utan någon degradering av data samt gör det lätt att röra huvudet fritt utan att det känns som man vore fastbunden. Med DK2-produkten kommer också en USB-port som gör det möjligt att fästa en kontroll eller USB-hörlurar. Med Crescent Bay och de tidigare versionerna har också de som använder glasögon en möjlighet att justera avståndet mellan ögonen och displayen, med hjälp av skruvar i sidan av headsetet. Oculus rekommenderar dock att använda kontaktlinser istället. (Winchester 2015a)

Crescent Bay är mycket lätt till vikten och känns nästan fragil, och det minskar på hållbarheten vilket är en viktig aspekt för konsumenten. Ännu är det oklart hur CV1 kommer att vara till vikten. Priset för CV1 väntas bli mellan 200 € och 400 €.

5.1.3 Konkurrensfördelar

Största fördelen är förstås hajpen av VR som Oculus Rift själv startade. Oculus var ändå det första bolaget av alla tre som startade det hela. Skulle VR ha kunnat få en så stort hajp utan Oculus vet man inte. Steam och Sony hade säkerligen planerat länge VR, men Oculus var den som satte mera fart på VR-manin. Därför är namnet Oculus känt för de flesta, och när Facebook köpte Oculus, väckte det ännu mer uppmärksamhet. Oculus har också bra finansiell ställning på grund av Facebook. Tack vare Kickstartern och Oculus DK-versionerna har de genom åren förvärvat många entusiastiska utvecklare, som syns på deras egen diskussionsforum. Samtidigt ger Oculus mer flexibilitet till utvecklarna, som har fria händer att använda Oculus egna SDK för utveckling av innehåll.

De mest kändaste datorspelskommentatorerna på YouTube med miljontals efterföljare har använt sig av en Oculus Rift i sina videoklipp. Oculus har också värvat många kända namn såsom John Carmack och Michael Abrash, vilket säkerställer att Oculus kommer att producera VR-produkter med hög kvalitet. Med sin Gear VR, är Oculus också den enda som har börjat, sakta men säkert, styra VR mot mobilanvändning tillsammans med Samsung. Vad de sociala medierna kommer att göra med VR kan man ännu bara gissa, men Facebook kommer säkerligen att ta all nytta av Oculus-tekniken.

5.2 HTC Vive (SteamVR)

HMD är delen som kallas Vive, och tillsammans med Steam-bolagets två inputkontroller och Lighthouse-spårningssystem kallas helheten SteamVR. Trots att HTC har mera marknadsvärde på mobiltelefonmarknaden, kommer HTC Vive inte att försöka erövra VR-mobilmarknaden såsom Samsung och Oculus med Gear VR. HTC Vive, liksom Oculus Rift, är avsedd för en bordsdator.

5.2.1 Displayen

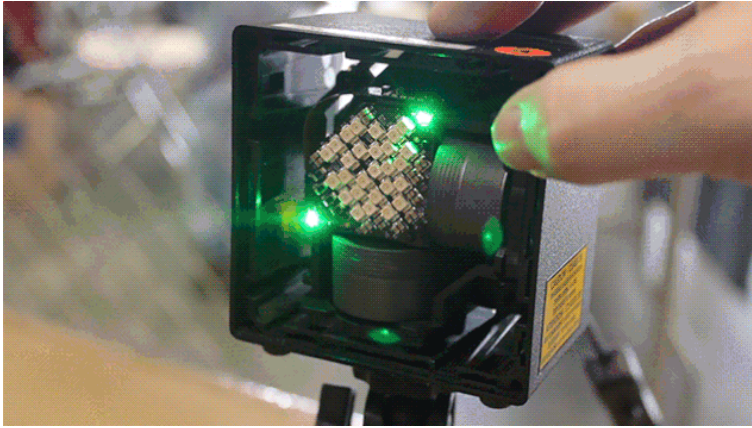
Såsom Riften, använder också Vive sig av Fresnel-linser och av två displayer. Resolutionen är 1200 x 2160 (1200 x 1080 per öga), som är den högsta av alla tre HMD:n hittills. Uppdateringsfrekvensen är 90 Hz, samma som i Oculus. Headsetet kopplas till dator med en HDMI-kabel, men konsumentversionen kommer att ha en singel HDMI-

kabel. Det väcker frågan, kommer det bli möjligt att koppla andra USB-tillbehör till den versionen? HMD:n har också en plats för en 3,5 mm:s jack för hörlurar. (Winchester 2015b)

Hårdvaran för Vive innehåller en gyrosensor, accelerometer och en laser position sensor, vilka jobbar tillsammans för att spåra huvudrörelser. Det är ändå datorn som gör det tyngsta jobbet med att köra grafiken och programvaran. HTC och Valve har ännu inte publicerat systemkraven för att köra HTC Vive, men sannolikt är att Valves kommande ”Steam Machine” speldatorsystem kommer att utvecklas från början till att använda SteamVR. (Winchester 2015b)

5.2.2 Spårningssystemet Lighthouse

Den största skillnaden och fördelen som Vive har jämfört med Oculus och Project Morpheus är Steams eget spårningssystem, Lighthouse. Det ger användaren möjlighet att röra sig fritt omkring i rummet med Vive-headsetet på. Området är dock begränsat till ca 4,5 x 4,5 meter, men det ger ändå nya intressanta alternativ för spelutvecklande. Valves verkställande direktör Gabe Newell har jämfört Lighthouse-tekniken med USB-tekniken och tror att Lighthouse är ett grundläggande element som kommer att ändra vår interaktivitet inom virtuell verklighet. Newell har förklarat Valves filosofi bakom Lighthouse-utvecklingen: ”Den första prototypen av hårdvaran har retro-reflektiva punkter som fungerar bra när användaren sitter. Men om man verkligen vill ha 10 personer som rör sig omkring i ett rum, behöver man ett sådant system som Lighthouse. Det ger den krävda noggrannheten; det är inte bara specifikt för en HMD. Vi använder det också för kontroller, men man kan använda det för vad som helst: det kan användas genom att fästa den till surfplattor eller smarttelefoner. Det är huvudsaken i spårningen – VR tycker om att använda spårning och är tekniskt beroende av det.” (Newell 2015)



Figur 24. Insidan av en basstation, som Lighthouse använder sig av för att spåra rörelse. (Buckley 2015)

Det nuvarande Lighthouse-systemet består av två så kallade ”basstationer” i form av små lådor som placeras i rummets hörn, vilka sedan spårar HMD:n, eller någon annan typ av element såsom en spelkontroll, med hjälp av ca 30 sensorer (mängden av sensorer på Vives HMD har varierat vid olika demonstrationstillfällen, men har varit mellan 30-40 sensorer), som har fästs på dem. Den huvudsakliga funktionen av Lighthouse är att utgöra referenspunkt för t.ex. HMD:ns spårning för att få information om dess position i det verkliga utrymmet genom att fylla rummet med osynligt ljus. Till skillnad från Oculus kamera som ”ser” sensorerna på HMD:n, ser Lighthouse-basstationerna ingenting alls, utan istället skjuter de ut ljus till utrymmet för HMD:na att finna och sedan navigera till, såsom en riktig fyr (eng. ”lighthouse”) fungerar för att hjälpa båtarna att navigera rätt med hjälp av ljus. Men i VR-sammanhang kommer ljuset från stationerade LED-lampor och ett par aktiva laserutgivare som snurrar runt med en hög hastighet. LED-lamporna avfyrar en blixtnär 60 gånger per sekund, därefter skickar laserutgivarna ljus, som är osynligt för ögat, över rummet med en svepande rörelse. Samtidigt upptäcks blixterna och laserljuset av de små fotosensorer som har fästs på mottagaren (t.ex. HMD:n). När en blixtnär avfyras börjar sensorerna på HMD:n räkna, som ett stoppur, ända tills de upptäcker vilken av de ca 30 fotosensorerna som blev träffad av laserljuset, och använder sambandet mellan var fotosensorn ligger på headsetet, och när sensorn blev träffad av strålen för att matematiskt räkna den exakta positionen i relation till basstationerna som finns i rummet. När fotosensorerna blir samtidigt tillräckligt många gånger träffade, bildar de en slags 3D-formad ”pose”, som informerar var headsetet befinner sig och i vilken riktning det är. Ingen optisk spårning behövs, allt händer genom en rätt ti-

ming. Enligt Valves huvudarkitekt Alan Yates, är strålarna 100 % ovillkorligt säkra för ögonen (Yates 2015). (Buckley 2015)

Enligt Gabe Newell är Lighthouse ett steg närmare att lösa problemen med input. När spårningen har lösts och utvecklats till sin fulla kapacitet, kan man börja använda input-element på nästan vad som helst på vad man fäster sensorer så att Lighthouse-basstationerna spårar upp dem på rätt sätt utan latens. Kostnaderna för att utveckla Lighthouse-tekniken har sagts vara låga, och Valve har lovat att ge ut tekniken fritt till alla. Valve vill göra Lighthouse till den nästa USB:n. Alla i PC-samhället får utnyttja tekniken hur de vill, till monitorer, TV, datormus etc.

5.2.3 SteamVR kontroller



Figur 25. SteamVR kontroller för HTC Vive. (Tested 2015)

Sist, men inte minst, har Valve utvecklat två kontroller för användning i VR-miljön. På samma sätt som Vive HMD:n, har bägge kontroller också sensorer som basstationerna upptäcker. Kontrollerna syns i VR-miljön framför dina ögon som en visualisering av vad som helst man vill använda sig av, beroende på sammanhanget. Kontrollerna har en klickbar knapp på vardera sidan och en startknapp som är behändigt placerad på en naturlig plats för pekfingeret. Styrplattan (touchpad), har en 1:1 kontroll över tummens rörelser och position på styrplattan. Det betyder att när man t.ex. använder en markör i en

VR-demo, med hjälp av styrplattan som används med tummen, är markören exakt på samma position i VR-miljön som tummen på styrplattan. Denna lösning är viktig med tanke på VR:s framtid eftersom det bara är en kort väg till utvecklingen av andra olika typer av spårningssystem som kan spåra användarens hela kropp och föremålen runtom. Kontrollerna kommer att bli trådlösa i konsumentversionen. (Chan 2015)

5.2.4 Användbarheten

Den nyttigaste delen i HTC Vive är Lighthouse-systemet. Spårningen lär vara utmärkt gällande huvudrörelserna och användningen av kontrollerna. Dessutom använder Lighthouse ett så kallat ”skyddsnät”, ett tunt rutnät som dyker upp då man närmar sig en vägg i den verkliga världen, och som blir tydligare ju närmare väggen man kommer. Rutnätet har även sagts markera bokhyllorna där basstationen är ställd, och även bord och stolar. Valve har också nämnt möjligheten att upptäcka även kablarna som är fästa vid HMD:n, för att undvika snubblande. Vilket leder till en av de huvudsakliga utmaningarna som är att fixa kablarna på rätt sätt, speciellt när de används i bredare områden, såsom ett helt rum, för spårning. Alla kommer ändå inte ha en möjlighet att använda ett rum med 4,5 x 4,5 m:s räckvidd. Medan de som har möjlighet kommer också att ställa utmaningar till utvecklarna. Till exempel långdistansgående i spel är något som kräver en vettig lösning. HMD:n kommer sannolikt att vara ansluten med kabel till PC:n eftersom en trådlös HMD i det här skedet skulle orsaka brist i latensen. Minimikraven har inte heller ännu publicerats. Noggrannheten i kontrollerna har visat sig vara utmärkt, tack vare Lighthouse. Det finns även ett exempel på jonglering av flera föremål under benen och bakom ryggen i VR med perfekt noggrannhet. (Buckley 2015)

Själva HMD:n har enligt testare känts obekvämare än Crescent Bay och Morpheus, mest på grund av vikten som känns på näsryggen. Också tryck på tinningen har rapporterats och huvudvärk hos de känsligaste användarna, men inte lika mycket som i Oculus DK1. Den visuella kvalitén är dock imponerande och FOV är en aning bredare i Vive än i Crescent Bay, men det kan dock bero på illusionen som Vives rundformade FOV ger till skillnad från Crescent Bays mera fyrkantiga FOV. Färgerna och djupsvart var utmärkta, och suddande av bilden var inte märkbar, men det kan dock bero på innehållet

av Valves egna presentationsdemon. Ljudet i Vive är i 3D och under visningarna har använts standardhörlurar som är anslutna till HMD:n.. Priset har inte publicerats, men enligt HTC:s marknadsföringsansvarige kommer det att vara en aning högre än för de andra ur strategisk synvinkel. Priset kommer slutligen att bestämmas av industrin, och med tiden kommer priset säkerligen att sjunka då de andra HMD-produkterna utkommer på marknaden (HTC Vive är den första av de tre) (Rougeau 2015). (Feltham 2015)

5.2.5 Konkurrensfördelar

Såsom Oculus, har Valve också en imponerande mängd av utvecklare och efterföljare. De har också länge varit med i spelbranschen, vilket deras Steam-system tydligt bevisar. Med tanke på deras Steam-system, har de också kallat hela sitt VR-system SteamVR, som lätt kan kopplas till deras stora speldatabas där utvecklare lätt kan distribuera VR-spel till alla. Enligt de flesta VR-entusiasterna kommer den virtuella verkligheten mest att utvecklas inom PC-användning, där både Valve och Oculus har fördel. Valve har med sitt Lighthouse-system och sina SteamVR-kontroller ändå visat sig gå i en mera interaktiv riktning än Oculus, vilket är en av deras största fördelar. Alla kommer ändå inte ha en chans att använda Lighthouse fullständigt eftersom det behöver mera utrymme än Riften och Morpheus.

HTC Vive kommer ut redan inom detta år, vilket betyder att den är den första av de tre. Där Oculus satte igång VR-hajpen igen mellan utvecklarna och entusiasterna, kommer Valve och HTC med deras första HMD-konsumentversion att visa hur populärt VR kommer egentligen att bli. Allt kan också vara beroende av priset. De största fanatikerna vill säkerligen få tag på Vive genast, medan andra väntar på de konkurrenternas produkt. Spelmässigt kommer Vive och Oculus ha mera vinst i indie-spel än Sony Playstation, och utvecklarna får mera fria händer att publicera VR-innehåll för allas användning.

5.3 Sony Project Morpheus

Sony är den första av de stora spelkonsoltillverkarna som hoppat med i VR-manin. Det har sagts att konsolerna kommer ha mycket mera utmaningar i att skapa innehåll för VR

eftersom deras hårdvara uppdateras mer sällan och har därför mera begränsningar än PC:n. Men Sony har ändå lyckats imponera med sin HMD och dess VR-speldemonstrationer som de har visat för publiken.

5.3.1 Specifikationer

Morpheus HMD:n använder sig av en 14,5 cm:s OLED display som är 1920 x 1080 Full HD, med 100 graders FOV. Den använder sig också av en ”RGB subpixel” metod, var pixlarna jämnas med hjälp av en röd-grön-blå (RGB) matris, som gör bilderna smidigare. Den största uppgraderingen och skillnaden till de andra HMD:erna är uppdateringsfrekvensen som är 120 Hz jämfört med Vives och Riftens 90 Hz. Alla spel kommer dock inte att kunna köras med så hög uppdateringsfrekvens, vilket gör det till en utmaning för spelutvecklarna. Ett alternativ är att rendera spelen med 60 FPS via mjukvaran och sedan skicka ut i 120 FPS till Morpheus display, med hjälp av en så kallad "asynchronous reprojection" var mellanliggande bilder skapas i situationer där spelet inte kan hålla den rätta bilduppdateringsfrekvensen, för att förbättra jämnningen av bilden. Det är dock inte den perfekta lösningen eftersom bilderna på nära håll orsakar mera fel i renderingen än bilderna på längre distans när man t.ex. skakar för hastigt på huvudet. Därför behövs det en tillräcklig flexibel hårdvara med multitrådning. (Lang 2015b)

Sony Playstation 4 används som hårdvaran till Morpheus, vars AMD grafikprocessor hanterar bearbetningen av stereoskopisk 3D-bild till HMD:n. Sony har också utvecklat en tilläggslåda som kopplas till PS4:an via USB och HDMI för att hantera specifika operationer som Morpheus behöver. Ett bra tillägg är också en HDMI-ut, till vilken man kan koppla in t.ex. televisionen för att se vad användaren av Morpheus upplever i VR utan någon distorsion av bilden. (Lamkin 2015)

Spårningen fungerar på ganska samma sätt som med Oculus. Sony Playstation använder sin egen ”Playstation Eye” kamera för att spåra de nio sensorerna, som har fästs på Morpheus HMD:n, tre på vardera sidan, en ovanför och en nedan, en i mitten och två bakom. Det har skett en klar förbättring jämfört med förra årets version som orsakade illamående för ett flertal testare. (Volpe 2015a)

Morpheus använder Playstations egen trådlösa PS4 Move-spelkontroller, på samma sätt som HTC Vive, för interaktiviteten i VR. De är dock simplare än Steams spelkontroller med sina finesser eftersom Steam-kontrollerna gjordes med tanke på deras HMD medan Move-kontrollerna redan funnits på marknaden tidigare för PS4, men handlar med bra spårning från Eye-kameran och med dem förbättrar upplevelsen till de speldemonstrationer, som Sony hade att förevisa. Det går också att använda PS4:ans egen spelkontroll, som är/kommer att vara nödvändig i vissa spel.

5.3.2 Användbarheten

Bekvämligheten för Morpheus HMD:n har sagts vara lätt och väl balanserad för huvudet, och man kan också bra ha glasögonen på. Headsetet känns mera som en krona än skidglasögon, det vill säga mindre tryck på näsan än hos andra HMD:n. I HMD:er och andra huvudmonterade utrustningar har det länge använts en balanserad viktfördelning för att lätta känslan i nacken. Oculus gör det också med sin HMD till en viss grad, men med Morpheus känns det som om de har flyttat på vikten ännu mer mot baksidan av HMD:n, vilket resulterar i att den känns lättare på huvudet än när man håller den i händerna. Remmen på HMD:n är säkrare än på de andra, och till det är svårare att placera Morpheus på huvudet, men den hålls ändå stadigt på. FOV var mera rund än kantig, mera jämförbar med Vive än Crescent Bay, men optiken var annorlunda. Bilden i Morpheus var mycket klar och platt på mitten men med en plötslig minskning av fokus i periferin. Det mittersta området var stort med lite distorsion, vilket antyder användning av asfäriska linser för optik. Som helhet klarar Morpheus kvalitén i bilderna mycket bra. Bildkvalitén är mycket mera annorlunda på sitt eget sätt än hos Vive och Crescent Bay, men ändå mycket behaglig. Pixlarna verkar vara mindre märkbara i Morpheus än i Vive, fastän Vive har högre resolution (Vive 2160 x 1200 mot Morpheus 1920 x 1080). Det kan bero på att Morpheus använder sig av en annorlunda pixeldistribution kombinerad med deras RGB-matris som fyller pixlarna för att jämna ut dem, vilket dramatiskt förbättrar den uppfattade pixeldensiteten. Fastän Morpheus har samma resolution och FOV som Oculus DK2, har den ändå inte någon förarglig ”nätdörr”-effekt (pixlarna blir synliga på den projekterade bilden, liknar en nätdörr med pixelrutorna synliga). Den 120 Hz uppdateringsfrekvensen märktes ändå inte så mycket, men Sony hade dock bara en speldemo som kördes med full 120 FPS. (super_bland 2015)

Spårningen av rörelsen är precis och utan latens, med samma nivå som Vive och Crescent Bay, men spårningen av position är snäppet svagare hos Morpheus, som kan bero på Eye-kameran för Playstation 4:an. Det kan lösas med framtida uppdateringar av mjukvaran. (super_bland 2015)

Användbarheten och upplevelsen har alltså förbättrats betydligt sedan förra versionen av Morpheus, som uppvisades på våren 2014. Utmaningarna är dock många och svårare på grund av hårdvaran för Playstation 4-spelkonsolen jämfört med PC-hårdvaran. Sony presenterade ändå mest aktivt sitt mycket omfattande VR-innehåll på konferenserna. Priset på Morpheus är ännu bara gissningar, men Shuhei Yoshida, som är verkställande direktör för Sony Computer Entertainment Worldwide Studios, har meddelat att eftersom Project Morpheus är en produkt för PS4-konsolen, vill de presentera hårdvaran så billigt som de bara kan. (Lamkin 2015)

5.3.3 Konkurrensfördelar

Medan de flesta tror på VR som ett mer PC-inriktat system, har Sony Morpheus ändå visat att de menar allvar när det gäller VR-konkurrensen. Sony är den största av de tre bolagsmässigt och har flera studion för film- och television-produktioner, vilket kan hjälpa dem få mera publicitet i filmindustrin. Inte ändå att glömma Oculus, som har väckt stor uppmärksamhet på Sundance-filmfestivalen till exempel. Sony kan producera en stor del av sitt eget VR-innehåll, inte bara spel, på grund av bolagets storlek, jämfört med Oculus och Vive som har gett ansvaret till utomstående utvecklare. Valve är känd för att producera spel, men inte med så stor volym som Sony. Morpheus är avsedd för Playstation 4, vilket ökar konsolfanatikernas intresse. Morpheus vill göra en produkt som är färdig att användas genast när man köpt den, medan Riften och Vive kommer att kräva mera tålamod. Såsom Vive, använder också Sony två kontroller, vilket gör Oculus den enda som ännu inte har en klar lösning till input. Designen på Sony Morpheus HMD:n visar sig också vara mera genomtänkt jämfört med Vive och Rift.

Project Morpheus kommer enligt deras nuvarande plan att utkomma sist av de tre. Medan Oculus och Valve strider om vem som tar vinsten av PC-användarna, behöver Sony ännu inte oroa sig för vem som tar hem vinsten för konsolerna.

6 ANVÄNDNINGEN AV EN HMD - MÖJLIGHETER INOM VR

VR kommer synnerligen att förändra vår uppfattning i vardagslivet i många kategorier, mest på nöjessektorn inom film, foto och spel. För att inte glömma de olika möjligheterna inom utbildning och arbete såsom arkitektur, psykologi och sjukvård. Det är ändå inte en ny sak inom utbildning och sjukvård där man t.ex. har utnyttjat VR förut. Redan före den nya VR-manin började år 2012, hade det gjorts ett flertal experiment i t.ex. rehabilitering av patienter som lider av posttraumatiskt stressyndrom (PTSD). Med den nya tekniken och kommande HMD-produkterna, presenteras det igen nya möjligheter inom många områden med bättre noggrannhet och bättre användbarhet. Om VR-manin denna gång lyckas väcka större intresse hos allmänheten, kommer den säkerligen att väcka intresse också inom andra industrier än bara spelindustrin.

6.1 Spel

Ännu är det osäkert vilka slags spel som kommer att slå igenom inom VR. Många spelutvecklare har nu chansen att göra det nästa genombrottspelet såsom Angry Birds var för smarttelefonerna och DOOM var för PC som det allra första ”first person shooter”-spelet (FPS). Tänkesättet inom design av spel måste ändras mycket för att göra den mera användarvänlig i syfte att få en tillräcklig bra närvaroeffekt så att man inte lider av åksjuka. Känslan av stark närvaro utan illamående är en kritisk del för att få den rätta, uppslukande effekten som är avgörande för en bra VR-upplevelse.

De intressantaste spelen som gjordes för Oculus DK1 och DK2 var oftast skräckspel, i vilka man styr sig själv med ett vanligt tangentbord och mus FPS-stil, men utan vapen. Ljud och mörkret spelar också en viktig roll för att ge den rätta effekten av närvaro. Andra spel som har fungerat bra i VR är racingspel och simulatorspel med ett rymdskepp, mest för att de sker i en miljö där man sitter stilla i en cockpit eller inne i en bil,

vilket gör effekten mera realistisk med tanke på immersionen. Andra bra spel som fått beröm är av typen ”sitta och titta omkring”, men de fungerar relativt bra beroende på vad för innehåll spelet har. ”Sightline: The Chair” är ett bra exempel på kreativitet och är närmare en VR-upplevelse och som introduktion till vad som är möjligt i VR än ett spel var man själv styr genomgången. Ett annat exempel är ”Deep Echo”, där du sitter i en ubåt som tar dig på 1200 meters djup i havet för att utforska ett sjunket skepp. HTC Vive hade som exempel en demo där man är i ett kök var man kan t.ex. hacka grönsaker och knäcka ägg genom att använda SteamVR-kontrollerna. Sony hade som exempel ett mer action-baserat spel där man duckar från sina fienders skottlossning i ett museum. Där kunde man skjuta tillbaka med hjälp av Playstations egna Move-kontroller som visades som dina händer. Då man i normala FPS-spel har en siktningsfunktion genom att klicka på musen, måste man själv sikta med kontrollerna och titta genom siktet. ”Lucky’s Tale”-speldemonstrationen visar att plattformsspel sett från tredje person kan också fungera med en HMD. Utvecklarna av ”Lucky’s Tale” har informerat att deras spel kommer att vara ett av de första spelen för Oculus konsumentversion. Alla nämnda exempel har gjorts exklusivt för VR. Andra spel, såsom ”GTA 5” och ”Alien: Isolation” som utvecklats mera med tanke på PC och konsoler, har man också fått en chans att pröva i VR med en Oculus DK2 och medan det kan fungera bra en stund, kan det kännas tungt för användaren eftersom rörelserna av karaktären i spelen inte gjorts med tanke på VR, vilket orsakar illamående och förvirring i spelandet. Spel med snabbt tempo och med icke-interaktiva mellansekvenser (cutsscenes) där det används en statisk kamera, kommer inte att fungera i VR. Likaså rörelseoskärpan, som har använts i årtal för att simulera hastighet och minska på GPU-belastningen, kan inte längre användas på grund av att ögonen märker det lättare då man gör snabba rörelser med en HMD, vilket stör effekten av närvaro. (Winchester 2015a)

6.2 VR-användning i konst och film

Virtuell verklighet spelade redan i början en stor roll för kreativa tänkare som var intresserade av att kombinera interaktiviteten mellan datorn och människan. En viktig person inom den mera kreativa sidan av VR-historien är Myron Krueger, en artist och programmerare, som redan i slutet av 60-talet experimenterade med interaktiv konst. Krue-

ger projicerade videobild över deltagare som befann sig i ett mörkt rum, vilket skapade en illusion av artificiell verklighet. Den drömlika typen av VR drog till sig andra artister som var intresserade av de mera psykedeliska upplevelserna. Kruegers arbete skapade en ny generation av artister på 80-talet och 90-talet, som ville kombinera mera experimentella projekt med VR och interaktiv konst. Exempel på projekt där den tidens HMD-teknik användes är Nicole Stengers film "Angels"(som gjordes mellan 1989 och 1992), Char Davies interaktiva virtuella omgivning "Osmose" (1995) och folklöre inspirerade "Placeholder" (1993) av Brenda Laurel, som också var en av de före detta Atari-ställda, som fortsatte att jobba med VR efter Atari-crashen. (Robertson & Zelenko 2014)

År 2012 hade VR-filmen "Hunger in LA" av Nonny De la Peña premiär på Sundance Film Festival på "New Frontier", en utställning inom filmfestivalen som koncentrerade sig på konst i kombination med teknologi och filmskapande. De la Peñas film fungerade som en introduktion till hennes immersiva journalism, och är en sann historia om en diabetiker som kollapsar på grund av svält i en matkö i Los Angeles. Filmen debuterade nio månader före den första Oculus-produkten kom igång på Kickstarter. Det som gör "Hunger in LA" mera speciellt för VR-historien är att Palmer Luckey, grundaren av Oculus, var praktikant hos Nonny de La Peña. Efter sin debut har hon fortsatt att skapa andra VR-filmer med känslomässiga, politiska teman. (Volpe 2015b)

New Frontier-utställningen har därefter väckt ett stort intresse hos andra artister, som blivit påverkade av de La Peñas verk. I årets Sundance Festival fanns flera intressanta verk med VR-tema som väckte mångas uppmärksamhet. Exempel på VR-experiment var en helkroppsupplevelse som en fågel som flyger ovanför San Francisco. Man flög allt högre ju mer man flaxade sina armar som vingar. I De La Peñas nyaste verk, "Project Syria", är tittaren med en HMD en åskådare mitt i en raketattack. Tyvärr var inte alla upplevelser imponerande. Som i datorspel, måste man också vid filmskapande tänka på ett helt annat sätt då man gör en film exklusivt för VR-sammanhang. Samma trick som fungerar i en vanlig bioupplevelse fungerar annorlunda i VR. Det betyder inte att artisterna skulle skrämmas av den ännu tidiga VR-tekniken. Tvärtom, människorna börjar bli mer och mer bekväma med VR, hårdvaran förbättras varje år, många företag

och filmstudion investerar i tekniken. VR är färdig att bli kommersiellt i filmvärlden och 2015 är startåret. (Newton 2015)

6.3 Exempel på användning av VR i andra industrier och utbildning

Ett av de första exemplen på till vad man använde VR inom utbildning var i flygövningar för piloter. Runt samma tid då Ivan E. Sutherland hade utvecklat sin första HMD, hade Thomas A. Furness, en vetenskapsman på Wright-Patterson Air Force Base i Ohio, börjat utveckla bättre cockpitteknologi för piloter. Han ville lösa problemen med interaktiviteten mellan människan och den komplexa tekniken i flygplan, speciellt för piloter som flyger stridsflygplan. Flygen hade med åren blivit mer komplicerade på grund av den stora informationsmängden som krävdes för att kunna hantera flygplanet. Lösningen var en cockpit som gav sensorisk information i 3D till piloten, som sedan kunde flyga med hjälp av huvudrörelser i väg igenom det simulerade landskapet nedanom. I september 1981 sattes den virtuella cockpitprojektorn på för första gången av Furness och hans team. Tekniken är nuförtiden en kritisk del i stridsflygplan, där VR ersätter det som piloten inte ser med sina egna ögon, eftersom luftkrig huvudsakligen förs på natten. (Carlson 2003)

Andra experiment där HMD:n användes, var i ”Bell Helicopter Company”, där helikopterpiloterna använde en hjälmlik HMD som tog input av en servo-kontrollerad infraröd kamera som var fäst på botten av helikoptern. Kameran rörde sig då pilotens huvud rörde sig, och pilotens FOV var samma som kameran hade. Systemet var avsett för militära helikoptrar som hade förmågan att landa på natten i svår terräng. Experimenten demonstrerade att en människa kunde vara fullständigt närvarande i en miljö, som bara var synlig via kameran. (Carlson 2003)

NASA var också ett av de stora bolagen som tidigt tog VR i användning. I början av 1984 utvecklade Michael McGreevy NASAs första jobbstation med en virtuell miljö för forskning av människo-dator gränssnitt. Tillsammans med andra NASA-vetenskapsmän utvecklades det första VIVED-systemet (Virtual Visual Environment Display system),

som var låg i kostnad, hade bred FOV, stereo, huvudspårning, huvudmonterad display. Samtidigt utvecklades också hårdvaran och mjukvaran för systemet. Den första demonstrationen av NASAs VR-system introducerades år 1985 för lokala forskare och företagsledare, men också för personer från militären och universitetet. Efter det har NASA fått över två dussin nya tekniska medarbetare för att hjälpa utveckla VR för användning i till exempel utforskning av terräng och robotik för rymdstationer. (Carlson 2003)

Utveckling och användning av VR för människor med mentala hälsoproblem har också forskats. Skip Rizzo har genom åren blivit en expert i VR-terapi (VRT). Rizzo, som har bakgrund i utveckling av VR-mjukvaran "Virtual Iraq" för krigsveteraner som lider av posttraumatiskt stress, utvecklade ett VRT-program som finansierades av USAs militär. Som tidigare nämnts, jobbade Palmer Luckey med Rizzo, som sedan fick en DK1, ca sex veckor före DK1 skickades ut till andra utvecklare. På grund av den tidiga tillgången till DK1, hade Rizzo fått testa Oculus mera omfattande än de andra, vilket gjorde honom den första person som kunde värdera Oculus potential i en icke-underhållningsomgivning. Flera studier har visat att Rizzos VRT har producerat en betydande minskning i PTSD-symptomen hos människor, och den nuvarande forskningsmetodens effektivitet jämförs med andra terapeutiska metoder. Förutom PTSD, har experter i branschen använt eller evaluerat VRT för missbruk, fobier, ångeststörningar och andra mentala hälsoproblem. VRT verkar på olika sätt, beroende på vad för problem den används för. Terapin är typiskt utformad att efterlikna scenarion i det verkliga livet som patienten har svårigheter med. Vid krigsrelaterade PTSD till exempel, har patienterna återupplevt en stridssituation som ett försök att lindra de känslor som kommit upp i samband med de traumatiska minnena. Vid missbruk är patienterna konfronterade med olika retmedel såsom alkohol eller en cigarett, och man har sedan försökt bearbeta och styra en strategi enligt deras behov. Den huvudsakliga delen i dessa terapimetoder är att få patienterna att tro att det virtuella är verkligt. Trots att tekniken ännu är begränsad, tror Rizzo på att ju bättre VR-tekniken utvecklas med tiden, desto lättare kommer man att kunna lösa många problem inom den mentala sjukvården. (Drummond 2013)

VR som en utbildningsmetod har potential att få massiv framgång. Utbildningsmetoderna har inte ändrats på länge, mest på grund av att utbildningen är en av de sista sektorerna som man kan vänta sig att förändra sin inställning till nya strategier, mest inom

teknologi. Men som nya millenniet har visat, har människor blivit snabbt bekväma med nya metoder såsom instruktionsvideon på YouTube, distanslärande med hjälp av ny videoteknologi och nyligen programmering, ett nytt tillägg till grundskolornas läroplan i Finland. Den tydliga uppföljaren till dem är såklart användning av virtuell verklighet, som redan nu har fått ett fåtal skolor och högre gradens institutioner runt världen att påbörja utveckling av utbildningsmetoder, tack vare den nya VR-tekniken.

”MissionV” är ett av de bolag som är redo att ta det nästa steget inom utbildning med hjälp av VR. De erbjuder en kreativ och immersiv, spelbaserad utbildningsmiljö för skolor och industrin, och tillåter elever att utveckla, samarbeta och associera i en 3D-värld som är fullständigt skapad av eleverna själv. Grundskolorna i Irland är bland de första som använt sig av MissionV. Eleverna återskapade en historisk omgivning i 3D med ”OpenSim” programmet och utforskade världen med en Oculus Rift. Lärarna rapporterade att de 11-12-åriga eleverna var mycket entusiastiska och mer motiverade att arbeta med MissionV, eftersom VR ändå är en ganska rolig och cool grej för dem. Även elever som lider av inlärningssvårigheter eller som har problem hemma, har visat positiva resultat i utbildningen. Spelbaserad undervisning har alltså visat, att barnen lär sig bäst när de gör eller när de är något. Istället för att läsa om arkeologi till exempel, ska de ”bli” arkeologer. På det sättet introducerar man ett praktiskt sätt för undervisning utan att lämna klassrummet. (Corbett 2014)

VR erbjuder också möjligheter för andra industrier, såsom militär-/polisbaserade utbildningar. Militären har redan länge använt sig av VR som ett mer praktiskt sätt att utbilda soldater för farliga och hektiska situationer i en säker miljö. Ju mer VR-tekniken går framåt, desto bättre kan man göra situationerna mer realistiska och praktiska, vilket ökar utbildningsmöjligheterna.

7 RESULTAT

Historien av VR har visat att människan har sedan från 1950-talet velat uppfinna en sorts alternativ till att uppleva en annan verklighet. Redan på 1960-talet hade Morton Heilig en idé av en apparat som tog nytta av människans varje sinne. Idag är den största koncentrationen lagd på synsinnet, vilket de nyaste HMD-produkterna har hoppats att hitta den perfekta lösningen till.

VR har tagit ett stort steg framåt till att bli ett stort medium på allvar. Medan VR-hajpen ännu håller sig i bakgrunden, har det visat sig bli mer och mer aktuell inom teknikvärlden. Många har stora hopp och de flesta är ännu skeptiska, men nu verkar det som om ingenting kan stoppa VR att blomstra till liv. Sedan 2012 när Oculus producerar sin första HMD till salu som en DK, har många blivit imponerade av tekniken med en snöbollseffekt. Oculus-utvecklarna har med andra utvecklare gjort samarbete och gett råd till varandra på webben, vilket visar att fastän bolagen strävar för att vinna konkurrensen, vill de ändå försäkra att VR görs på rätt sätt.

Forskningens roll inom historien av VR är en sak som lätt glöms. Oculus dök inte bara upp från ingenting. Även efter att VR-hajpen dog på 1990-talet, fortsatte flera industrier att forska vidare om VR, med hjälp av finansiering av regeringen. Speciellt NASA, militären och sjukvården, var det användes av t.ex. träningssimuleringar, som är aktuella även idag mer än förut. Själva VR-teknologin dog inte ut på 1990-talet, den dog bara inom underhållningsindustrin.

Det sägs att dagens VR-teknologi är på samma nivå som mobiltelefonerna var år 2007 då den första Apple iPhone-modellen dök upp och revolutionerade mobiltelefonmarknaden. Datorkraften kommer högst antagligen fortsätta att öka på grund av Moores lag, vilket betecknar ett fenomen där datorkraften dubblar sin effekt vartannat år. Moores lag har bevisats i många år att fungera, vilket tyder till att VR kommer också att bli bättre varje år, bara utvecklarna har tillräckligt med motivation att producera bra VR-innehåll med de kommande HMD-modellerna, medräknat att den stora allmänheten välkomnar VR tillbaka. Tillräcklig bra finansiering behövs också för att förstärka VR som det nästa stora medium inom underhållningsindustrin, vilket visar sig att inte vara ett problem,

speciellt med Sony och den nu Facebook-ägda Oculus. Facebook-grundaren Mark Zuckerberg har själv sagt att tro på VR som den nästa medium inom det sociala nätverket, var han har presenterat sin vision om en framtid där människor har möjligt att socialisera med andra runt världen med användning av en HMD, var de kan träffas i en virtuell-miljö. Som det redan nämndes gällande spelindustrin, måste den allmänna uppfattningen om hur ett spel skall fungera tänkas om, eftersom det värsta problemet som VR kan ha är känslan av illamående för användaren. Därför måste HMD-tekniken också vara i skick på alla områden. VR-spel som kommer bäst att fungera för VR är ännu bara gissningar som hoppningsvis kommer att klargöras när de färdiga HMD-versionerna är ute på marknaden. Flera nya alternativ för användning av VR kommer också att dyka upp för film- och musikindustrin. Till exempel ett nytt sätt att filma live konserter, där artister som Paul McCartney och Coldplay har redan tagit initiativ genom att publicera en egen livekonsert som en VR-upplevelse. VR kommer att ge artister ett helt nytt sätt att uttrycka sig själv genom experimentering med olika alternativ, var det sen en film menat för meditation eller en stark politisk åsikt som de vill uppvisa.

Oculus, Valve/HTC och Sony har visat att producera bra funktionsbara HMD-prototyper som har väckt mycket glädje hos VR-entusiaster. Ännu är det svårt att säga vilken av de tre kommande HMD-produkterna kommer att bli vinnaren för konsumenterna. Alla tre har lovat att få de allmänna problemen såsom rörelsesjukan lösta tills den färdiga konsumentversionen kommer ut. Ju närmare de kommer publikationsdatumet, desto tuffare kommer konkurrensen att bli. Alla tre bolagen väntas att publicera mer information då årets största spelmässa E3 startar i Los Angeles i juni.

8 DISKUSSION

VR har minsann blivit en hajpad teknik inom de tre gångna åren. Historien av VR har visat sig vara intressant då man tänker sig av hela dator teknikens historia. Det har varit imponerande att forska om de huvudmonterade displayernas utveckling när det redan på 1960-talet byggdes de första, funktionsbara versionerna. VR-entusiasterna och utvecklarna har genom åren bildat en stark förbindelse till varandra. Nästan som ett släkträd där rötterna för VR byggdes upp av utvecklare såsom Heilig, Sutherland och Krueger.

Till mitten av trädet hamnar det flera som blev inverkade av deras verk och fortsatte att forska vidare. Ett bra exempel är Atari-spelbolagets anställda, som senare fortsatte till att starta egna bolag, eller sökte arbete till NASA eller militärindustrin för att fortsätta utvecklingen för VR-tekniken som sedan leder ända till toppen av trädet, var Oculus Rift utvecklaren Palmer Luckey befinner sig. Den virtuella verklighetens släkträd har nu en bra chans att börja blomstra. För att lyckas med det, måste de kommande HMD-produkterna gå åt till konsumenterna och VR-innehållet göras på rätt sätt för att motivera den stora allmänheten till att använda en HMD. Oculus och Valve/HTC har ändå övertaget eftersom de är menat för PC där tekniken uppdateras oftare än i konsoler. Utvecklarna har också mer frihet i att producera innehåll eftersom de kan lättare testa och modifiera med hjälp av Oculus SDK och Valves SteamVR-system. Sony kommer att ha det tufft, men de har ändå visat sig vara en duglig motståndare mot Oculus och Valve, såsom förbättringen i användbarhet och hårdvara i skillnad till förra årets version visar. Däremot har Oculus ett kritiskt problem med den frånvarande input-delen som måste lösas. Var Valve och Morpheus har utvecklat spelkontroller för att användaren har möjligt att använda sina händer i en VR-miljö, har Oculus ännu visat sig att inte ännu gå mot den vägen. Mycket kan ännu hända på ett år, och man hoppas att Oculus får input i skick. Den mest meningsfulla processen i utvecklingen av bättre VR kommer inte från att utveckla en ny HMD. Nästa steg är att få VR-upplevelsen mer interaktivt genom att utveckla VR mera än bara själva displayen.

När konsumentversionerna tillslut kommer ut på marknaden, är det kritiskt att det finns en bra mängd av VR-innehåll redo för användning. Därför har Oculus och Valve producerat prototyper för spelutvecklare för att de ska lyckas producera VR-baserade spel på rätt sätt. Det blir en intressant tävling för alla tre bolag, men den största vinnaren i VR-tävlingen är till sist, användaren själv.

Själv har jag alltid haft ett intresse på hur de framtida datorspelen kommer att se ut. VR-hajpen var ändå ett frågetecken till mig, men efter jag fick prova en Oculus DK1 för första gången, började jag förstå. Fastän DK1 gav ännu rörelsesjuka, fick jag en bra bild på hur stark en VR-upplevelse kan kännas. Efter det har jag fått prova Oculus DK2, vilket var redan en klar förbättring till DK1, tack vare det nya spårningssystemet. Ett exempel var en berg-och dalbana demo som gav mig en obehaglig känsla med DK1, men

med DK2 var känslan av åksjukan tydligt borta. Det pirrade ändå i magen för mig på samma sätt som det alltid har gjort för på en riktig berg-och dalbana, och det var den stunden då jag kändes den perfekta immersionen av en virtuell verklighet. Fastän jag bara har upplevt korta stunder i en VR-miljö, vågar jag påstå att VR verkligen kan bli en succé. Redan den stora förbättringen mellan DK1 och DK2 ger mig troende till att VR-utvecklarna vet vad som är kritiskt att förbättra, för att få en bra upplevelse i VR. I framtiden kommer jag högst antagligen att skaffa en HMD. Kanske också pröva på att utveckla en egen VR-miljö. Till sist är det ändå konsumenten som avgör, VR är säkert inte till alla, och det ända sättet att förstå en VR-upplevelse som bäst, är att pröva själv.

KÄLLOR

Abrash, Michael. 2012a, *When it comes to resolution, it's all relative* [www] Tillgänglig: <http://blogs.valvesoftware.com/abrash/when-it-comes-to-resolution-its-all-relative/> Hämtad: 17.5.2015.

Abrash, Michael. 2012b, *Latency – the sine qua non of AR and VR* [www] Tillgänglig: <http://blogs.valvesoftware.com/abrash/latency-the-sine-qua-non-of-ar-and-vr/> Hämtad: 17.5.2015.

Abrash, Michael. 2013, *Down the VR rabbit hole: Fixing judder* [www] Tillgänglig: <http://blogs.valvesoftware.com/abrash/> Hämtad: 14.5.2015.

Abrash, Michael. 2014, *What VR Could, Should, and Almost Certainly Will Be within Two Years* [youtube] Tillgänglig: <https://www.youtube.com/watch?v=G-2dQoeqVV0> Hämtad: 15.5.2015.

Abrash, Michael. 2015, *Michael Abrash Keynote from F8 2015* [youtube] Tillgänglig: <https://www.youtube.com/watch?v=XVCthGEFwHw> Hämtad: 15.5.2015.

Bailenson, Jeremy. 2014, *Infinite Reality: The Dawn of the Virtual Revolution* [youtube] Tillgänglig: <https://www.youtube.com/watch?v=1jbxR8bCb4> Hämtad: 26.5.2015.

Boger, Yuval. 2014, *Overview of Positional Tracking Technologies for Virtual Reality* [www] Tillgänglig: <http://www.roadtovr.com/overview-of-positional-tracking-technologies-virtual-reality/> Hämtad: 18.5.2015.

Buckley, Sean. 2015, *This Is How Valve's Amazing Lighthouse Tracking Technology Works* [www] Tillgänglig: <http://www.gizmodo.com.au/2015/05/this-is-how-valves-amazing-lighthouse-tracking-technology-works/> Hämtad: 15.05.2015.

Carlson, Wayne. 2003, *A Critical History of Computer Graphics and Animation* [www] Tillgänglig: <https://design.osu.edu/carlson/history/lesson17.html> Hämtad: 17.3.2015.

Carmack, John. 2015, *The Dawn of Mobile VR with John Carmack - GDC 2015* [youtube] Tillgänglig: <https://www.youtube.com/watch?v=CqdexZJFHQE> Hämtad: 20.4.2015.

Chan, Norman. 2015, *HTC Vive vs. Oculus Crescent Bay: My 10 VR Takeaways* [www] Tillgänglig: <http://www.tested.com/tech/concepts/504521-htc-vive-vs-oculus-crescent-bay-my-10-vr-takeaways/> Hämtad: 14.05.2015.

Clark, Wayne. 2014, *How Palmer Luckey Created Oculus Rift* [www] Tillgänglig: <http://www.smithsonianmag.com/innovation/how-palmer-luckey-created-oculus-rift-180953049/?no-ist> Hämtad: 23.4.2015.

Cowen, Nick. 2015, *Gaming Trends in 2015: What's happening in gaming tech this year?* [www] Tillgänglig: <http://www.trustedreviews.com/opinions/gaming-trends-in-2015-what-s-happening-in-gaming-tech-this-year> Hämtad: 2.3.2015.

Corbett, James. 2014 *5 ways virtual reality will change education* [www] Tillgänglig: <http://www.hypergridbusiness.com/2014/09/5-ways-virtual-reality-will-change-education/> Hämtad: 2.6.2015.

CyberEdge. 2014, *Sex Drugs and Tessellation* [www – pämbild] Tillgänglig: http://www.cyberedge.com/images/sd&t_cover-sml.jpg Hämtad: 12.4.2015.

Digital Spy. 2014, *The Crystal Cove prototype of Oculus Rift* [www] Tillgänglig: http://i2.cdnds.net/14/02/618x411/_dsc2673.jpg Hämtad: 24.4.2015.

Drummond, Katie. 2013, *Virtual Rx: how Oculus Rift could revolutionize mental health* [www] Tillgänglig: <http://www.theverge.com/2013/4/22/4251926/oculus-rift-virtual-reality-therapy-mental-health> Hämtad: 2.6.2015.

Evan-Amos. 2011, *Nintendo Virtual Boy* [www] Tillgänglig: http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_Boy#/media/File:Virtual-Boy-Set.png Hämtad: 19.3.2015.

Gilbert, Ben. 2014, *The new Oculus Rift costs \$350 and this is what it's like* [www] Tillgänglig: <http://www.engadget.com/2014/03/19/oculus-rift-development-kit-2/> Hämtad: 23.4.2015.

Gradecki, Joe. 1993, *PCVR Magazine* [pdf] Tillgänglig: <http://www.gradecki.com/joe/pcvr/catalog.pdf> Hämtad: 12.4.2015.

Heilig, Morton. 1960, *Sensorama* [www] Tillgänglig: <http://www.mortonheilig.com/sensorama-1.jpg> Hämtad: 19.3.2015.

Holloway, Richard & Lastra, Anselmo. 1993, *Virtual Environments: A Survey of the Technology* [pdf] Tillgänglig: <http://www.macs.hw.ac.uk/~ruth/year4VEs/Resources/holloway93virtual.pdf> Hämtad: 13.4.2015.

HTC. 2015, *HTC's Re Vive* [www] Tillgänglig: http://cdn.arstechnica.net/wp-content/uploads/2015/03/HTC-Vive_White.jpg Hämtad: 24.4.2015.

Iribe, Brendan. 2015, [Twitter] Tillgänglig: <https://twitter.com/brendaniribe/status/565888922362728449> Hämtad: 24.4.2015.

Kiyokawa, Kiyoshi. 2007, *An Introduction to Head Mounted Displays for Augmented Reality in Emerging Technologies of Augmented Reality: Interfaces and Design*, eds Haller, M, Thomas, B & Billinghamurst, M, s. 22-34.

Lamkin, Paul. 2015, *Sony Project Morpheus: 2016 release date confirmed - here's all you need to know* [www] Tillgänglig: <http://www.wareable.com/project-morpheus/sony-project-morpheus-release-date-price-games> Hämtad: 20.5.2015.

Lang, Ben. 2013, *John Carmack Joins Oculus VR Inc. as Chief Technical Officer* [www] Tillgänglig: <http://www.roadtovr.com/john-carmack-joins-oculus-vr-inc-as-chief-technical-officer/> Hämtad: 23.4.2015.

Lang, Ben. 2014a, *Thoughts On Sony's Project Morpheus* [www] Tillgänglig: <http://www.roadtovr.com/thoughts-sonys-project-morpheus-ps4-vr-headset/> Hämtad: 23.4.2015.

Lang, Ben. 2014b, *Valve's Michael Abrash Joins Oculus as Chief Scientist—Breaking* [www] Tillgänglig: <http://www.roadtovr.com/valves-michael-abrash-joins-oculus-chief-scientist-breaking/> Hämtad: 24.4.2015.

Lang, Ben. 2015a, *New Gear VR for Galaxy S6 and S6 Edge Goes on Sale May 8th in U.S, Pre-orders Start Tomorrow* [www] Tillgänglig: <http://www.roadtovr.com/new-gear-vr-for-galaxy-s6-and-s6-edge-goes-on-sale-may-8th-in-u-s-pre-orders-start-tomorrow/> Hämtad: 24.4.2015.

Lang, Ben. 2015b, *Hands-on: Sony's 120Hz Morpheus Demo, 'Magic Controller', and 'Bedroom Robots'* [www] Tillgänglig: <http://www.roadtovr.com/sony-120hz-2015-morpheus-demo-vr-bots-magic-controller-bedroom-robots/> Hämtad: 20.5.2015.

LaValle, Steve. 2013, *Sensor Fusion: Keeping It Simple* [www] Tillgänglig: <https://www.oculus.com/blog/sensor-fusion-keeping-it-simple/> Hämtad: 17.5.2015.

Luckey, Palmer. 2014a, i *Voices from a virtual past – An oral history of a technology whose time has come again* [www] Tillgänglig: http://www.theverge.com/a/virtual-reality/oral_history/ Hämtad: 24.4.2015.

Luckey, Palmer. 2014b, *Oculus Rift's Founder Palmer Luckey at CES 2014 | Engadget* [www] Tillgänglig: <https://www.youtube.com/watch?v=kY6JqMVKOpc> Hämtad: 10.5.2015.

NSA. 1993, *Virtual Reality* [pdf] Tillgänglig: https://www.nsa.gov/public_info/files/cryptologic_quarterly/Virtual_Reality.pdf Hämtad: 17.3.2015.

Newell, Gabe. 2015, *Valve is solving virtual reality's input problem* [www] Tillgänglig: <http://www.engadget.com/2015/03/04/valve-vr-input/> Hämtad: 15.05.2015.

Newton, Casey. 2015, *How virtual reality ate the Sundance Film Festival* [www] Tillgänglig: <http://www.theverge.com/2015/1/24/7882339/sundance-film-festival-2015-virtual-reality> Hämtad: 1.6.2015.

Oculus VR. 2012, *Developer kit for the Oculus Rift - the first truly immersive virtual reality headset for video games*. [www] Tillgänglig: <https://www.kickstarter.com/projects/1523379957/oculus-rift-step-into-the-game> Hämtad: 2.3.2015.

Oculus VR. 2014a, *Next-Gen Virtual Reality* [www] Tillgänglig: <https://www.oculus.com/rift/> Hämtad: 19.4.2015.

Oculus VR. 2014b, *Crystal Cove Debut, CES Recap, and Steam Dev Days* [www] Tillgänglig: <https://www.oculus.com/blog/crystal-cove-debut-ces-recap-and-steam-dev-days/> Hämtad: 24.4.2015.

Oculus VR, 2014c. *Oculus Rift DK2* [www] Tillgänglig: <https://dbvc4uanumi2d.cloudfront.net/cdn/4.4.12/wp-content/themes/oculus/img/order/dk2-product.jpg> Hämtad: 23.4.2015.

Oculus VR. 2014d, *Oculus Connect 2014* [www] Tillgänglig: <https://www.oculus.com/blog/oculus-connect-2014/> Hämtad: 24.4.2015.

Oculus VR, 2015, *First Look at the Rift, Shipping Q1 2016* [www] Tillgänglig: <https://www.oculus.com/blog/first-look-at-the-rift-shipping-q1-2016/> Hämtad: 7.5.2015.

PCWorld. 2014, *The Oculus Rift Crescent Bay prototype* [www] Tillgänglig: <https://cms-images.idgesg.net/images/article/2014/09/oculus-crescent-bay-100447250-large.jpg> Hämtad: 24.4.2015.

Rheingold, Howard. 1992, *Virtual Reality: the revolutionary technology of computer-generated artificial worlds and how it promises to transform society*. Simon & Schuster. [pärmbild]

Robertson, Adi & Zelenko, Michael. 2014, *Voices from a virtual past – An oral history of a technology whose time has come again* [www] Tillgänglig: http://www.theverge.com/a/virtual-reality/oral_history/ Hämtad: 10.3.2015.

Rougeau, Michael. 2015, *HTC Vive VR headset could be pricier than you like* [www] Tillgänglig: <http://www.techradar.com/news/wearables/htc-vive-vr-headset-could-be-pricier-than-you-like-1288871> Hämtad: 2.6.2015.

Samsung. 2014, *Samsung Gear VR* [www] Tillgänglig: http://www.samsung.com/global/microsite/gearvr/images/features/imagination_1.jpg
Hämtad: 24.4.2015.

Scientific American. 1987, *VPL DataGlove* [www] Tillgänglig: <http://media-1.web.britannica.com/eb-media/28/93228-004-27A7B30F.jpg>
Hämtad: 12.4.2015.

Sony. 1997, *Annual Report 1997* [pdf] Tillgänglig: http://www.sony.net/SonyInfo/IR/financial/ar/qfhh7c000000g7td-att/ar_sony_1997.pdf
Hämtad: 25.4.2015.

Sony Playstation. 2015, *Project Morpheus* [www] Tillgänglig: [https://psmedia.playstation.com/is/image/psmedia/ps4-accessories-morpheus-headset-two-column-ps4-eu-07oct14?\\$TwoColumn_Image\\$](https://psmedia.playstation.com/is/image/psmedia/ps4-accessories-morpheus-headset-two-column-ps4-eu-07oct14?$TwoColumn_Image$) Hämtad: 25.4.2015.

Stabinger, Sebastian. 2013, *Oculus Rift - Developer Version – Front* [www] Tillgänglig: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oculus_Rift_-_Developer_Version_-_Front.jpg Hämtad: 24.4.2015.

Strickland, Jonathan. 2007, *How Virtual Reality Works* [www] Tillgänglig: <http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/other-gadgets/virtual-reality.htm>
Hämtad: 17.3.2015.

Sutherland, Ivan. 1968, *A Head -Mounted Three-Dimensional Display* [www] AFIPS Conference Proceedings, Vol. 33, Part I, 1968, s. 757-764. Tillgänglig: <https://design.osu.edu/carlson/history/tree/images/hmd.JPG>
Hämtad: 19.3.2015.

super_bland. 2015, *The Big 3: a comparison of HTC Valve Vive, Oculus Crescent Bay, and Sony Morpheus at GDC 2015* [www] Tillgänglig: http://www.reddit.com/r/oculus/comments/2yad4l/the_big_3_a_comparison_of_htc_valve_vive_oculus/ Hämtad: 10.5.2015.

Techradar. 2015, *Hands on: HTC Vive review* [www] Tillgänglig: [http://cdn.mos.techradar.com/art/Wearables/HTC/Vive/HTC%20Vive%20hands%20on/HTC%20Vive%20review%20\(3\)-970-80.JPG](http://cdn.mos.techradar.com/art/Wearables/HTC/Vive/HTC%20Vive%20hands%20on/HTC%20Vive%20review%20(3)-970-80.JPG) Hämtad: 19.3.2015.

Valve Corporation. 2015, *SteamVR* [www] Tillgänglig: <http://store.steampowered.com/universe/vr> Hämtad: 25.4.2015.

Volpe, Joseph. 2015a, *State of VR: Sony's Project Morpheus in 2015* [www] Tillgänglig: <http://www.engadget.com/2015/03/06/state-of-vr-sony-project-morpheus-2015/> Hämtad: 21.5.2015.

Volpe, Joseph. 2015b, *The Godmother of Virtual Reality: Nonny de la Pena* [www] Tillgänglig: <http://www.engadget.com/2015/01/24/the-godmother-of-virtual-reality-nony-de-la-pena/> Hämtad: 20.5.2015.

Vrtifacts. 2010, *Retrospective photo review of FORTE VFX1 Virtual Reality system* [www] Tillgänglig: http://vrtifacts.com/wp-content/gallery/vfx-helmet/helmet_2.jpg Hämtad: 18.3.2015.

Walker, Alex. 2015, *Five gaming trends you're likely to see in 2015.* [www] Tillgänglig: <http://www.abc.net.au/technology/articles/2015/01/16/4163337.htm> Hämtad: 2.3.2015.

Webster, Andrew. 2015, *Sony's Project Morpheus VR headset will launch in 2016* [www] Tillgänglig: <http://www.theverge.com/2015/3/3/8136121/sony-project-morpheus-release-date> Hämtad: 25.4.2015.

Winchester, Henry. 2015a, *How Oculus Rift works: Everything you need to know about the VR sensation* [www] Tillgänglig: <http://www.wareable.com/oculus-rift/how-oculus-rift-works> Hämtad: 12.05.2015.

Winchester, Henry. 2015b, *HTC Vive: Everything you need to know about the new SteamVR headset* [www] Tillgänglig: <http://www.wareable.com/vr/htc-vive-vr-headset-release-date-price-specs-7929> Hämtad: 12.05.2015.

Yao, Richard. 2014, *Oculus Connect: The Human Visual System and the Rift* [youtube] Tillgänglig: <https://www.youtube.com/watch?v=6DgfiDEqfaY> Hämtad: 17.5.2015.

Yates, Alan. 2015, Lighthouse tweetstorm [twitter] Tillgänglig:
<https://twitter.com/DShankar/timelines/573754329598857217> Hämtad: 16.05.2015.

Zuckerberg, Mark. 2014, *Status update* [Facebook] Tillgänglig:
<https://www.facebook.com/sharer/sharer.php?u=https%3A%2F%2Fwww.facebook.com%2Fzuck%2Fposts%2F10101319050523971&display=popup&ref=plugin> Hämtad:
23.4.2015.