



CHALMERS



Virtual Reality för att simulera virtuella fabriker

Utforskning och validering av möjligheter till att skapa interaktiva miljöer i fabriker

Kandidatarbete inom Produktionssystem IMXS15-21-01

Cornelius Hägg
Derin Ismail
Endi Pavlovic
Martin Eriksson

**INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI OCH MATERIALVETENSKAP
AVDELNINGEN FÖR PRODUKTIONSSYSTEM**

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2021
www.chalmers.se

Förord

Ett examensarbete på kandidatnivå, våren 2021, har lett fram till denna rapport. Examensarbetet omfattar 15 högskolepoäng och genomförs av fyra civilingenjörstudenter inom Maskinteknikprogrammet på Chalmers Tekniska Högskola vid Institutionen för industri och materialvetenskap på avdelningen produktionssystem.

Ett stort tack till handledare Dr Henrik Kihlman som guidat projektgruppen genom avstämningsmöten, mailkontakt och telefonsamtal samtidigt som han givmilt har delat med sig av sin kunskap och erfarenhet från industrin såväl som använd programvara. Din entusiasm såväl som engagemang har varit en inspiration för projektgruppen under dessa veckor.

Terminologi

VR	Virtual Reality	Helomslutande datorgenererad miljö.
AR	Augmented Reality	Förstärker uppfattning om fysiska världen med hjälp av digitala element.
HMD	Head mounted device	Enhet placerad på huvud som möjliggör virtual reality.
DOF	Degrees Of Freedom	Grader av frihet användaren kan röra head mounted displayen i.
FOV	Field of View	Observerbara området användaren kan se genom dennes ögon eller via en optisk enhet.
CAD	Computer aided design	Digital baserad design
CE	Creative Experience	Applikation inuti 3DExperience som möjliggör virtual reality-miljöer genom programmering.

Sammanfattning

Detta kandidatarbete syftar på att explorativt undersöka vilka möjligheter det finns att implementera interaktivitet inom Virtual Reality sett ur en produktionskontext. Arbetet har genomförts i applikation Creative Experience på plattformen 3DExperience. För en grundläggande förståelse kring vilka möjligheter det finns med interaktivitet användes 3DExperience egna lärplattform samt diverse vetenskapliga texter inom produktion och Virtual Reality.

Resultatet består av en demonstration där användaren monterar ett rör och en GoKart i den virtuella miljön. I demonstrationen får användaren även starta och stoppa en produktionslina med produktionsrobotar. Utöver det har en laboration tagits fram där studenter, samt övriga intressenter, får lära sig hur interaktiva funktioner implementeras genom kod och erforderliga steg i plattformen. Laborationen avslutas slutligen med övningsuppgifter för utförare.

Slutsatser projektgruppen har dragit ifrån arbetet är att interaktivitet i VR är möjligt att skapa. Operatörer kan tränas i virtuella fabriker i arbetsuppgifter som exempelvis montering samt start och stopp av produktionsceller. Operatörer kan även få visuell- och auditiv återkoppling under processen, vilket underlättar inlärning. Det finns dock i nuläget begränsningar med möjliga implementeringar och kraven på erforderlig hårdvara är fortsatt stora. Tekniken utvecklas dessutom fort, vilket kan göra det svårt för tillverkande företag att hinna med i utvecklingen.

Nyckelord: VR, Virtual Reality, Virtuella fabriker, Virtuella montering, Virtuella Produktion

Abstract

This bachelor thesis aims to exploratively investigate what opportunities there are to implement interactivity within Virtual Reality seen from a production context. The work has been carried out in the Creative Experience application on the 3DExperience platform. For a basic understanding of the possibilities that exist with interactivity, 3DExperience's own learning platform was used, as well as various scientific texts in production and Virtual Reality.

The result consists of a demonstration where the user assembles a pipe and a GoKart in the virtual environment. The user can also start and stop a production line with production robots. In addition, a lab has been developed where students, as well as other interested, can learn how interactive functions are implemented through code and required steps in the platform. The lab ends with exercises for the user.

Conclusions the project group has drawn from the work is that interactivity in VR is possible to create. Operators can be trained in virtual manufacturers in tasks such as assembly and start and stop of production lines. Operators can also get visual and auditory feedback during the process which facilitates learning. However, there are currently limitations with enabling implementations and the requirements for hardware remain high. The technology is also developing rapidly, which can make it difficult for manufacturing companies to keep up with developments.

Keywords: VR, Virtual Reality, Virtual factories, Virtual assembly, Virtual production

Innehållsförteckning

Innehåll

1. Inledning	5
1.1 Bakgrund	5
1.2 Syfte	6
1.3 Problemformulering	7
1.4 Avgränsningar	8
1.5 Rapportöversikt	8
2. Teori	9
2.1 Beskrivning av Virtual Reality	9
2.2 Beskrivning av Head mounted display	10
2.3 Beskrivning av mjukvaran	12
2.4 Lärande för operatörer i VR	13
3. Metodik	14
3.1 Förstudie	14
3.2 Konceptframtagning	14
3.3 Demonstration	15
3.4 Laboration	16
4. Resultat	17
4.1 Resultat av demonstration	17
4.1.1 Välkomstrummet	17
4.1.2 Rörrummet	18
4.1.4 Produktionsrummet	21
4.2 Laboration	22
5. Diskussion och slutsats	23
5.1 Förflyttning inuti VR	23
5.2 Demonstrationens design	23
5.3 Samhälleliga och etiska aspekter	24
5.4 Fördelar och nackdelar	25
5.5 Ytterligare kunskap och framtida problemställningar	27
Referenser	30

Bilageförteckning

Bilaga A – Videolänk till delar av demonstrationen

Bilaga B – Länk för nedladdning av laboration.

1. Inledning

I dagsläget har Virtual Reality kommit till det stadiet att användaren blir imponerad första gången den använder sig av VR, men efter några användningstillfällen blir hårdvaran liggandes oanvänd [1]. Detta på grund av att användaren antingen tröttnar eller inte förstår dess användningsområden.

Ett stort område för VR-industrin har varit den digitala nöjesindustrin [2], exempelvis visar en intern rapport hos Facebook att närmare 10 000, en femtedel av arbetsstyrkan, i dagsläget jobbar med antingen AR eller VR [3].

Även inom andra branscher såsom hälso- och sjukvård, fastigheter, tillverkningsindustrin och byggbranschen kan stora fördelar ses. Det beskrivs exempelvis i byggbranschen fördelar med att kunder i förväg kan se den produkt som skall levereras och att möjlighet att förflytta sig runt i den virtuella miljön ger en bättre helhetsbild [4] och en mer preciserad visuell upplevelse - närmare det verkliga livet.

1.1 Bakgrund

Populariteten för att skapa en digital tvilling av fabriker har ökat exponentiellt under de senaste åren [5]. Den digitala tvillingen gör det möjligt att analysera, testa och utvärdera fabriken innan fabriken har börjat att byggas.

Den globala marknaden för virtuell verklighet inom tillverkningsindustrin har beräknats till 924,7 miljoner USD 2018 och förväntas att växa till 14 887 miljoner USD till 2026 [6]. Mer än en tredjedel av amerikanska tillverkningsföretag använder, eller planerar att använda inom VR- teknik från och med 2018 [7].

Möjligheten att skapa interaktivitet, att inte bara uppleva fabriken och dess storlek, i VR är förhållandevis nytt. Det finns ett behov av att kartlägga vilka möjligheter det finns för att skapa realistiska miljöer och interaktiva funktioner.

1.2 Syfte

Syftet med projektet är att utreda vilka möjligheter, sett ur en produktionskontext, det finns med VR i en tillverkande fabrik genom användandet av den molnbaserade plattformen 3DExperience. Projektet är således av explorativ karaktär.

Med hjälp av de erhållna möjligheterna ska en demonstration skapas och interaktiva funktioner implementeras. En laboration skall även skapas där implementering av funktionerna beskrivs med erforderlig kod och nödvändiga steg i plattformen. Detta ska tydliggöra användningen av plattformen 3DExperience för studenter och andra intressenter.

Projektets målformulering är följande:

Projektgruppen skall utforska och validera möjligheter till att skapa interaktiva miljöer i fabriker sett ur en produktionskontext. Målet är att skapa en demonstration som visar styrkorna med virtuell verklighet i tillverkande företag samt en laboration för att visa hur funktioner implementeras.

1.3 Problemformulering

Det huvudsakliga målet i detta projekt är att undersöka möjligheter kring interaktiva funktioner inom VR i fabriksmiljöer. För att genomföra detta behövs potentiella problem identifieras och analyseras. Dessutom behövs en kartläggning av frågeställningar kopplade till produktionskontext och projektets syfte genomföras.

Projektets övergripande problemformulering formuleras på följande sätt:

Vilka möjligheter finns det med interaktiva funktioner i en tillverkande fabrik och hur kan dessa påvisas genom demonstrationer?

Utifrån denna problemformulering bestäms arbetsfrågor som formar och lägger grunden till projektet:

- Vilka interaktiva funktioner är möjliga att implementera i virtuella fabriker?
- Hur kan användningen av VR träna operatörer i tillverkande fabriker?
- Hur ska demonstrationen skapas i syfte att påvisa teknikens styrkor samt svagheter?
- Vilka interaktiva funktioner är mest intressanta att visa?
- Hur skapar projektgruppen tillräckligt användarvänliga instruktioner till demonstrationerna så att användare som ej tidigare använt sig av programvaran eller VR kan fullfölja demonstrationen?
- Hur optimerar projektgruppen den virtuella upplevelsen bäst?

Problemformuleringen är uppdelad i två kategorier. Den första kategorin består av arbetsfrågor som behandlar potentiella interaktiva möjligheter vid simulering av en fabrik. Detta anses vara en väsentlig kategori eftersom de skapas tydliga mål och avgränsningar under arbetets gång, mer specifikt vid arbete inom simulering och datorstödd konstruktion.

Den andra kategorin behandlar hur projektets resultat och slutsatser ska demonstreras på ett effektivt, intressant samt icke komplicerat sätt vilket även det anses vara väsentligt att ha i åtanke under projektets fortlöpande. Båda dessa kategorier är centrala och formade projektet. Dessa var grundstenen till projektets framskridande.

1.4 Avgränsningar

I projektet existerar det diverse avgränsningar, varav den första är de verktyg som är tillgängliga för projektet. Detta projekt är begränsat till de verktyg och applikationer som återfinns på plattformen 3DExperience. Metoder och verktyg som existerar för att skapa interaktivitet i andra programvaror tillämpas således ej i detta projekt.

Endast HMD tekniken används i demonstration och laboration och därav implementeras inte annan teknik som möjliggör andra former av VR. Den HMD som används i projektet är en HTC Vive. Projektet har en tidsbegränsning på 16 veckor. Detta resulterar i en kompromiss mellan utforskandet av interaktiva funktioner på plattformen samt mellan framtagning av demonstration och laboration.

1.5 Rapportöversikt

I det inledande kapitlet presenteras projektets inledning och dess centrala beståndsdelar, nämligen arbetets bakgrund, syfte, problemformulering och avgränsningar. I kapitel två redovisas teori som beskriver grundläggande information kopplat till VR, nödvändig hårdvara och den mjukvara som projektgruppen använt sig av. En teoretisk bakgrund till lärande i VR för operatörer ges också. I kapitel tre beskrivs den metodik som använts och i kapitel fyra presenteras resultat. I kapitel fem fastställs slutsatser såväl som diskussion av genomfört kandidatarbete.

2. Teori

I detta kapitel presenteras den teori som används under projektets gång. Områden som behandlas är VR, beskrivning av erforderlig hårdvara, nyttjad mjukvara och lärande för operatörer i VR.

2.1 Beskrivning av Virtual Reality

Virtual Reality är en datorgenererad virtuell 3D-miljö som återges i realtid och styrs av användaren. Användare har möjlighet att interagera med objekt och uppleva en datorgenererad version av verkligheten [8]. Den virtuella verkligheten hjälper oss, vid korrekt uppbyggnad, att lägga till ett lager i vår upplevelse.

Det finns ett flertal olika tekniker för att möjliggöra visualisering och interaktivitet med det Virtuella systemet. Systemen kan klassificeras som:

- Stationära VR-system
- Wide-screens projektionssystem
- Immersivt VR system genom head mounted displays (HMD)

Stationära VR system använder bildskärmar som displayenhet och konventionella enheter som mus och tangentbord för att möjliggöra interaktivitet. Wide-screen projektion av VR kräver normalt flertalet projektionsskärmar, där varje skärm har ett 20-30 grader synfält. På detta sätt kan ett projektionsområde med över 100 graders synfält skapas [9], vilket medför att användaren upplever en högre känsla av närvaro i den virtuella miljön. Spårbara handskar och en styrenhet används vanligtvis som enheter för interaktion inom wide-screens projektionssystem.

Ett immersivt VR-system, se figur 1, erbjuder en mer flexibel installation med en spårbar HMD och två styrenheter, vilket framöver benämns som handkontroller. 3D bilder återges i realtid till de två skärmarna inuti HMD:en. Rörelsen för HMD:en, som spåras, processas för att i realtid uppdatera de renderade bilderna. Detta medför att användare upplevs vara närvarande i den virtuella miljön [9]. Det immersiva VR-systemet har fördel eftersom användaren upplever, till en högre grad, att de vore närvarande och integrerade med de verkliga modellerna i jämförelse med stationära VR-system och Wide-Screens projektionssystem. Detta innebär ett flertal fördelar för tillverkningsindustrin, exempelvis finns potential att redan i designfasen relativt enkelt kunna identifiera konstruktionsfel.



Figur 1: Immersivt VR-system. Sensorer för att spåra rörelser utplacerade i rummet.

2.2 Beskrivning av Head mounted display

Konceptet HMD introducerades redan på 50-talet, med en maskin kallad sensorama. Kort därefter, 1968, skapades den första HMD:en som liknar dagens HMD:er, kallad The Sword of Damocles. Med denna HMD:en kunde 3D-modeller ändra perspektiv när användaren förflyttade sitt huvud på grund av dess spårningssystem [10]. Denna användes dock endast i ett laborationsprojekt då enheten var för tung för att det skulle vara bekvämt för användaren samt var enheten fastkopplad i taket.

Sedan dess har tekniken utvecklats och idag återfinns utrustningen som krävs på de flesta elektronikdator på den svenska marknaden. Det finns ett flertal olika exempel på HMD:er som nyttjas idag, i en varierande prisklass, vilket självklart påverkar användarens upplevelse av VR.

De allra billigaste HMD:erna använder mobiltelefonen både som display såväl som processorenhet. En dator är således inte nödvändig. Dessa HMD:er utnyttjar ett vidvinkelperspektiv för att möjliggöra VR för användaren [11]. Mobiltelefonens sensorer spårar huvudets rörelser, vilket möjliggör orienteringen i VR. Mobil Vr erbjuder 3DoF, vilket hanterar rörlighet i tre axlar. Användaren kan nicka, vicka och vända på sitt huvud. De mer tekniskt avancerade varianterna erbjuder 6 DoF, vilket även tillåter användaren att luta sig uppåt, neråt eller åt sidan i den virtuella världen. Detta efterliknar därav mer verkligheten.

Med Oculus Quest 2 finns möjligheten att uppleva VR miljöer trådlöst [12]. Processorn är således inbyggd i HMD:en och en extern enhet med processor behövs därav inte. De mer tekniskt avancerade headseten använder även andra typer av skärmar inuti HMD:en. HTC VIVE 2 PRO använder exempelvis två stycken AMOLED-skärmar [13]. Dessa två högupplösta bildpaneler placeras några få centimeter ifrån brukarens ögon. En människas ögon klarar ej av att fokusera på ett avstånd mindre än ungefär sju centimeter [14]. Därav placeras ett par linser över bildpanelerna som möjliggör att användaren kan fokusera på detta avstånd.

På grund av att skärmen uppdateras väldigt snabb i VR uppstår ett fenomen kallat ghosting vid användandet av HMD-tekniken. Detta innebär att delar ifrån en skärmbild släpar efter och syns i den efterföljande skärmbilden. Med hjälp av tekniken inbyggd i de mer avancerade skärmarna, OLED - skärmar exempelvis, så kan pixlar lysas upp för att därefter släckas direkt efter [15], vilket medför att ghosting kan minimeras.

Erforderlig utrustning är krävande och ställer stora krav på datorns prestanda. Exempelvis när det gäller processorkraften, som processar tillgängliga data i den virtuella miljön på ett flytande sätt; då en fördröjning på endast 5 milli sekunder skapar obehag för användaren [16]. Både datorkraft såväl som VR-utrustningen fortsätter dock att kontinuerligt förbättras, vilket indikerar att allt fler kommer att ha möjlighet att använda sig av VR i framtiden.

2.3 Beskrivning av mjukvaran

3DEXPERIENCE plattformen är ett molnbaserat ekosystem bestående av nyckelapplikationer från Dassault Systèmes olika programvarumärken. De olika programvarumärken som är anslutna till ekosystemet är 3D-modelleringsapplikationer (CAD), simuleringsapplikationer, sociala- och samarbetsapplikationer och informationsintelligensapplikationer. Kända varumärken som återfinns inom plattformen är Catia, Solidworks, Delmia, 3DExcite och Simulia.

2.3.1 Beskrivning av applikationen Creative Experience

Creative Experience är designat för att kunna bygga interaktiva upplevelser i 3D från redan existerande innehåll. Applikationen tillhandahåller följande förmågor:

- Möjlighet att författa din upplevelse.
- Skapa och hantera olika interaktiva aktörer i upplevelser.
- Förbättra aktörer genom att lägga till och konfigurera:
 - Fördefinierade beteenden i biblioteket.
 - Anpassade beteenden som kan programmeras med JavaScript.
- Skapa scenarion med Natural language eller Javascript för att hantera interaktioner mellan aktörer.
- Spela upplevelsen genom att exekvera scenarion och beteenden. Upplevelsen kan spelas direkt i Creative Experience appen eller i cross-platform spelaren, 3Dplay.

Creative Experience kan användas i samarbete med andra applikationer som Experience Models Preparation. Detta medför till exempel att aktörer har möjlighet att referera till innehåll som redan återfinns i 3DExperience plattformen. Dock finns det fall där innehållet måste förberedas i applikationen Experience Models Preparation innan det återanvänds i upplevelsen.

2.4 Lärande för operatörer i VR

En inlärningsprocess består av tre delar, nämligen den kognitiva, associativa och autonoma fasen [17]. I den kognitiva fasen placeras mycket fokus och koncentration på utbildningen, mer ingående observeras många detaljer kring hur diverse arbetsuppgifter ska genomföras [18]. Den mest lämpliga metoden för denna fas är att observera en praktisk demonstration, samt att personen får genomföra arbetsuppgifterna. Den associativa fasen innebär att koncentrationen kring att ansamla ny information minskar och istället placeras fokus på att memorera den nya kunskapen, exempelvis memorera den med hjälp av muskelminnet. I den autonoma fasen är inlärningsprocessen över och personen som genomfört en viss utbildning genomför arbetsuppgifter på ett nästan omedvetet sätt.

I en studie [19] omfattande 20 personer undersöks effekterna av utbildning för en operatör i en VR-miljö i jämförelse med utbildning i en verklig miljö. Hälften av deltagarna fick utbildningen i en VR-miljö, medan den andra hälften fick utbildningen i den verkliga miljön. Efter avslutad utbildning var varje deltagares uppgift att göra tre produkter i ett verkligt produktionssystem.

Följande operationer var föremål för tidmätningar:

- Produktidentifiering (igenkänning av vilken produkt som är föremål för operationen) tillsammans med att hitta lämpliga monteringsanvisningar.
- Montering av den givna produkten (montering av första del till montering av den sista delen).

Kvalitetsfel för produkterna som härrör från operatörens monteringsoperation mättes också under testerna.

Resultaten av de genomsnittliga produktidentifieringstiderna och tilldelningen av lämpliga arbetsinstruktioner indikerar att deltagare som tränats i VR-miljön utfört denna uppgift snabbare för alla typer av produkter. Detta indikerar, enligt författarna, att utbildning i en virtuell miljö utan tvekan har bidragit till en ökad produktkunskap och uppmärksamhet åt dess karakteristiska designfunktioner.

Störst tidsdifferens uppmättes vid produkten med ett större antal monteringsdelar och därmed en större grad av komplexitet i monteringsuppgiften [19]. Detta kan, enligt författarna, indikera att träning i VR bidrar till bättre uppfattning och snabbare identifiering av konstruktions- och uppgiftsdetaljer.

3. Metodik

I detta avsnitt beskrivs projektets metod och de tillvägagångssätt som tillämpats. Avsnittet består av en förstudie som innefattar informationssökning och genomförande av kurser, konceptframtagning, implementering av demonstration och laboration.

3.1 Förstudie

Plattformen 3DExperience tillhandahåller föreläsningar och utbildningar. En väsentlig kurs var Experience the Digital factory [20], vilket är en förstudie som består av en introduktion till VR inom plattformen samt vilka möjligheter det finns för inläring i VR. Ytterligare en essentiell kurs var 3DExcite Marketing Experience Scripter [21] med fokus på implementering av funktioner genom JavaScript Extension, 3D UI Extension och VR Extension.

3.2 Konceptframtagning

Utifrån de arbetsfrågor som fastställdes under problemformuleringen, se kapitel 1.3, samt diskussion med handledare, skapas grundläggande koncept för projektets demonstration och laboration.

Det första konceptet som skapas är möjligheten att träna en operatör i montering av produkter med hjälp av handkontroller, samt att det ska existera kontinuerligt uppdaterade arbetsinstruktioner. Operatören ska även få direkt återkoppling kring monteringen i form av visuell- och auditiv återkoppling för att kunna åtgärda eventuella problem.

Det andra konceptet i demonstrationen är att användaren har möjligheten att starta, stoppa och simulera en produktionslinje inifrån den virtuella världen. Användaren ska alltså inte behöva plocka av sig sitt headset för att starta simulationen i programmet utan detta ska kunna göras inuti fabriken genom att användaren exempelvis klickar på en knapp med handkontrollerna.

3.3 Demonstration

Demonstrationens design skapas med hjälp av CAD, och interaktiva funktioner skapas med hjälp av scenario-programmering. I demonstrationen presenteras auditiva instruktioner där ljudfilerna kopplas till objekt som initieras med hjälp av scenario-programmering. I figur 2 ses ett exempel på kod som används för att starta ljudfiler genom scenarioprogrammering.

```
Act 1
Intro
  If Startknapp_Rum1 is clicked ... Do Nr_1_Welcome_sound plays sound ...
  If PP2 is visible ... Do Nr_2_PP_Firstpage plays sound ...
  If PP3 is visible ... Do Nr_3_PP_Secondpage plays sound Then Nr_4_Demonstration
  plays sound ...
```

Figur 2: Exempel på scenario-programmering som används för att starta personens röst.

Bilder importeras som objekt och placeras sedan ut som klickbara knappar. Dessa knappar placeras ovanpå varandra, men endast en av knapparna är synlig, de andra döljs i objektsträdet. Genom kod och interaktion av användare kan vilken knapp med tillhörande bild som är synlig i VR ändras, vilket gör att användaren upplever det som en presentation. Vid start av presentationer inuti demonstrationen har denna typ av kod, se figur 3, använts.

```
Room 1
  If PP1 is clicked ... Do PP1 hides And PP2 shows ...
  If PP2 is clicked ... Do PP2 hides And PP3 shows ...
```

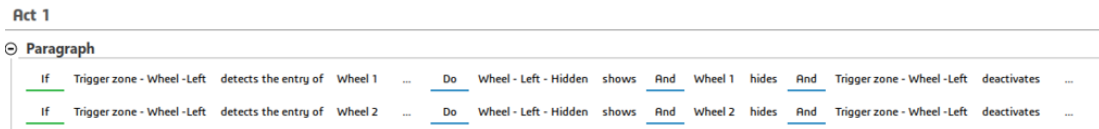
Figur 3: Exempel på scenario-programmering som används för att starta den inbyggda presentationen.

För att förflyttas mellan rum placeras actors ut till önskade koordinater. Därefter kan användaren klicka på knappar vilket förflyttar användarens syn genom HMD:en till fastställda koordinater. På samma sätt sker förflyttning inuti rummen. Ett exempel på denna typ av kod kan ses i figur 4.

```
Teleport mellan Rum
  If Förflyttningsknapp_Rum1_1 is clicked ... Do Vive Interaction Context teleports to 3D Actor_Room2
  ...
  If Förflyttningsknapp_Rum2 is clicked ... Do Vive Interaction Context teleports to 3D Actor_Room3
  And 3D Actor_Room3 plays sound ...
  If Förflyttningsknapp_Rum3_Mont 6 is clicked ... Do Vive Interaction Context teleports to
  Förflyttning_Rum4_Ljud And Förflyttning_Rum4_Ljud plays sound ...
```

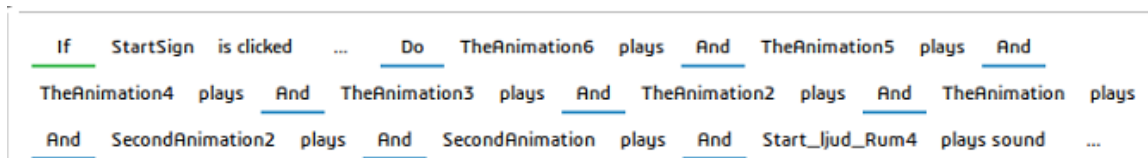
Figur 4: Scenario-programmeringen som tillämpats för förflyttning av användarens seende.

För att möjliggöra montering i VR behöver först en CAD:ad produkt (i formen assembly) importeras till upplevelsen. Därefter importeras de CAD:ade delarna (i formen parts) som skaparen vill att användaren ska montera ihop till upplevelsen. De ingående delarna i Assemblyn som skall monteras göms därefter i objektrådet. Trigger Zones som känner av objekts ingång placeras ut på de ställen montering ska ske. Ett exempel på hur kod därefter möjliggör montering ses i figur 5.



Figur 5: Scenario-programmeringen som tillämpats för montering av produkter.

I demonstrationen används robotar som utför specifika rörelser. Dessa rörelser skapas med hjälp av den inbyggda applikationen Robot programming. I denna applikation importeras en robot som skapas via 3D-modellering, sedan bestäms specifika rörelser som roboten ska utföra. Dessa rörelser sparas till en manöver, vilket benämns animation, och sedan importeras denna animation till demonstrationen i applikationen Creative experience. Därefter kopplas dessa animationer till interaktiva funktioner med hjälp av scenario-programmering. I figur 6 ses ett exempel på hur dessa animationer kan startas av användaren inuti VR.



Figur 6: Scenario-programmeringen som tillämpats för start av produktionslinan

3.4 Laboration

Utifrån den erfarenhet och dokumentation som erhållits från framtagning av demonstrationen skapades en laboration, med verktyget Powerpoint, för att undervisa framtida studenter och andra intressenter kring möjligheterna med VR i virtuella fabriker. Under laborationen tilldelas detaljerade beskrivningar över hur funktioner har skapats och hur dessa implementeras i plattformen. Laborationen utformas efter att den tänkta användaren saknar erfarenhet av applikationen såväl som VR sedan tidigare.

4. Resultat

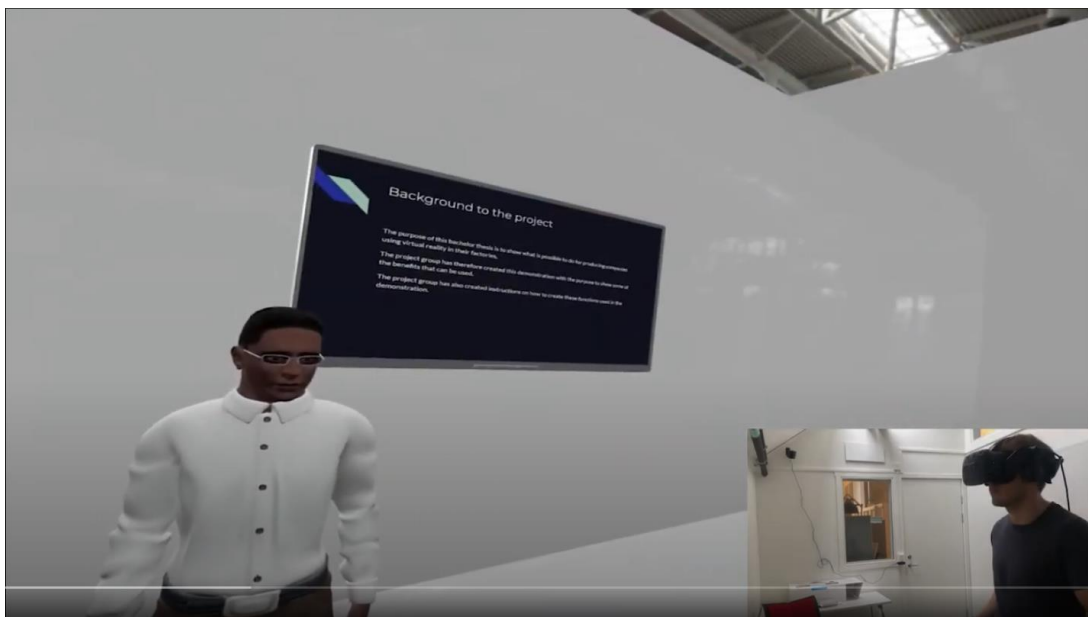
I följande kapitel presenteras resultatet av projektet med hjälp av beskrivande text samt tillhörande bilder. Tillsammans beskriver dessa den interaktiva fabriken och dess funktioner i demonstrationen samt framtagen laboration.

4.1 Resultat av demonstration

I demonstrationen finns fyra separata rum som representerar olika avdelningar i en tillverkande fabrik. Dessa avdelningar har olika användningsområden där användaren får inblick i möjligheterna med Virtual Reality i en virtuell fabrik. I bilaga A finns en videolänk till delar av demonstrationen.

4.1.1 Välkomstrummet

Demonstrationen startar för användaren i Välkomstrummet genom att användaren trycker på en grön knapp. Användaren blir därefter välkommen av fabrikschefen och tillhandahålls bakgrundsinformation om projektet via en röst såväl som en PowerPoint-presentation på en videoskärm, se figur 7.



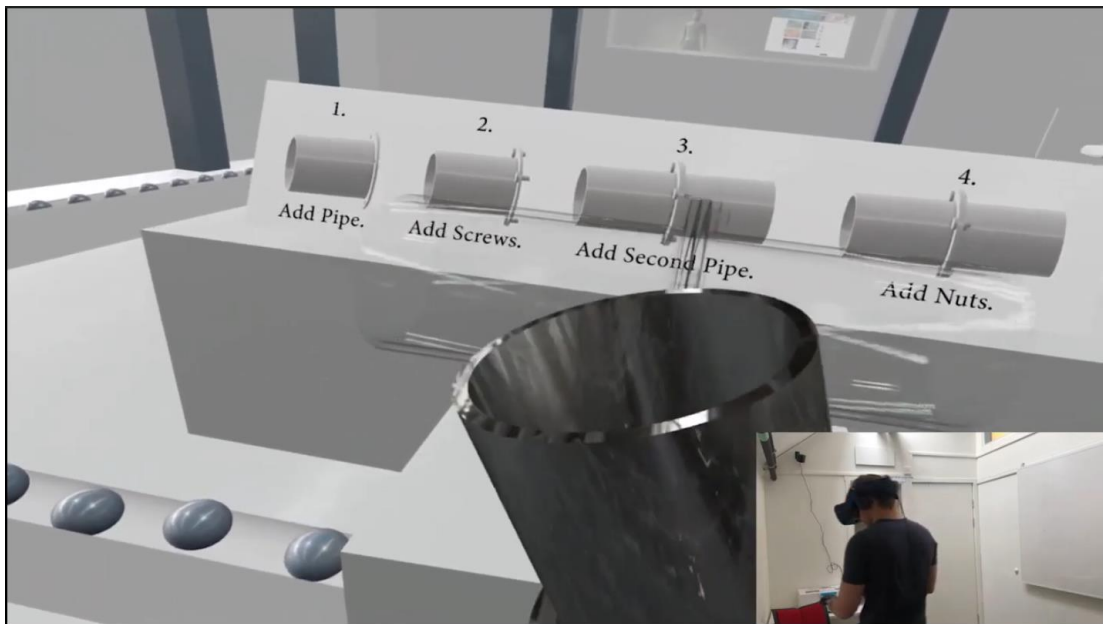
Figur 7: Figur ifrån demonstrationen i rum 1.

Efter att användaren har blivit välkommen av fabrikschefen ombeds användaren att klicka på förflyttningspilarna som tillhandahålls på fabriksgolvet. Genom att trycka på förflyttningspilarna med handkontrollen teleporteras användaren från Välkomstrummet till rörrummet.

4.1.2 Rörrummet

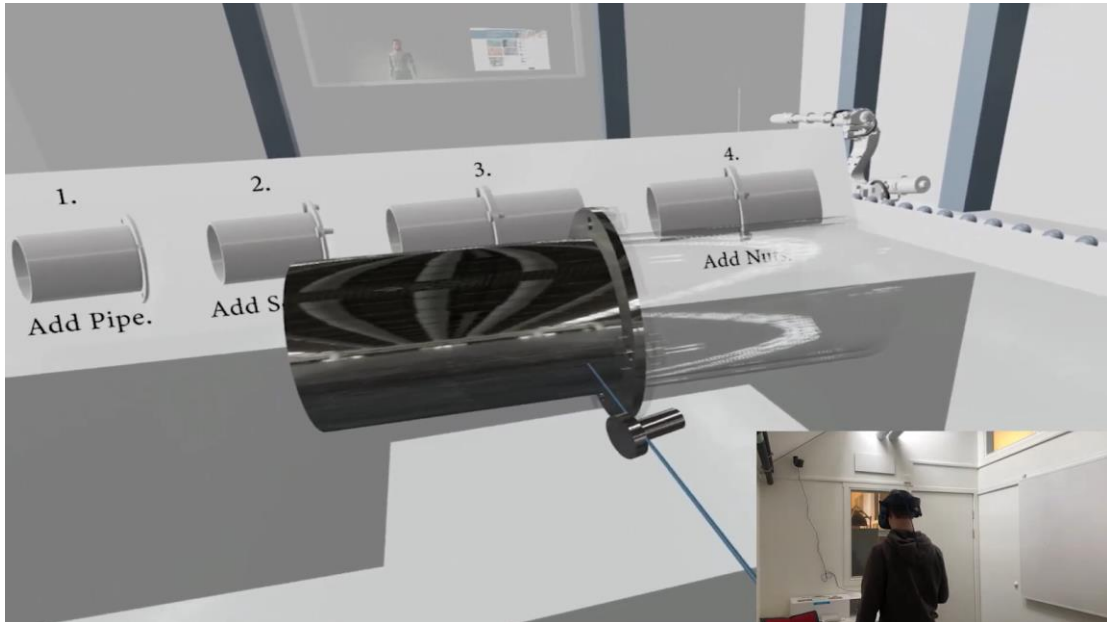
Efter teleporteringen blir användaren informerad, med samma röst som innan, kring rummets ingående delar och erhåller en beskrivning av uppgiften. I rummet ligger olika delar till ett rör placerade på ett bord på högersidan av användaren. Delarna består av: Två basdelar, fyra muttrar och fyra skruvar.

Genom att trycka på en startknapp transporteras ett transparent rör in i rummet på ett löpande band som stannar framför användaren, se figur 8. Det transparenta röret symboliserar varje del som ska monteras av användaren, med konturer för att underlätta för användaren hur montering skall ske.



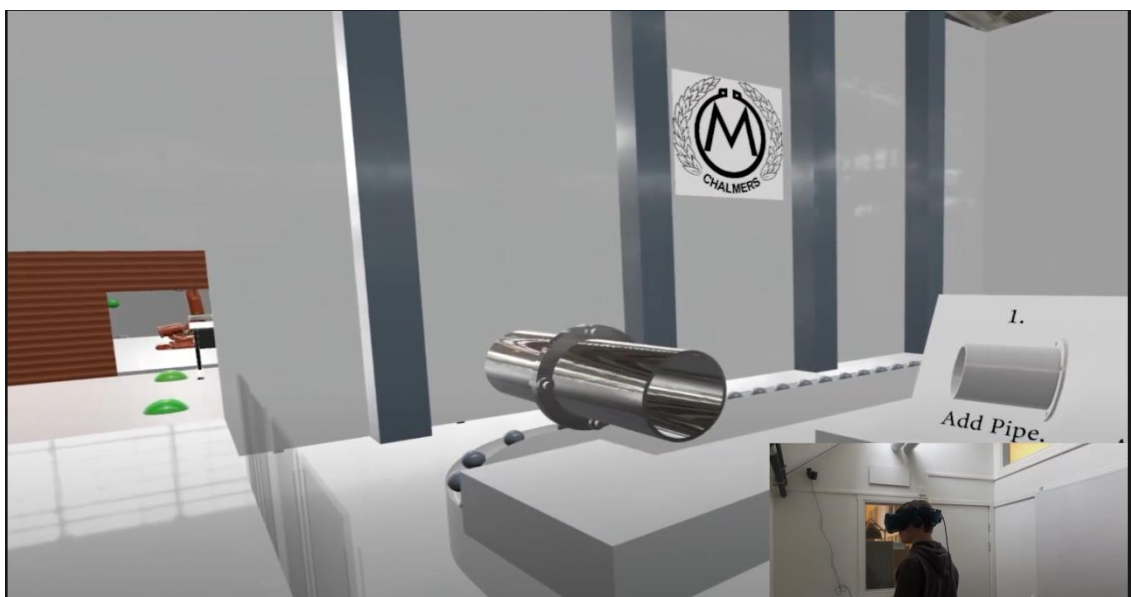
Figur 8: Montering av rör

Användaren plockar därefter upp delar från bordet och monterar dem på det transparenta röret. När användaren har monterat delen på en specificerad plats övergår den transparenta färgen till stål, se figur 9. Vissa ingående komponenter har ej en specificerad plats där de måste monteras, alla muttrar kan till exempel användas till alla skruvar.



Figur 9: Montering av rör

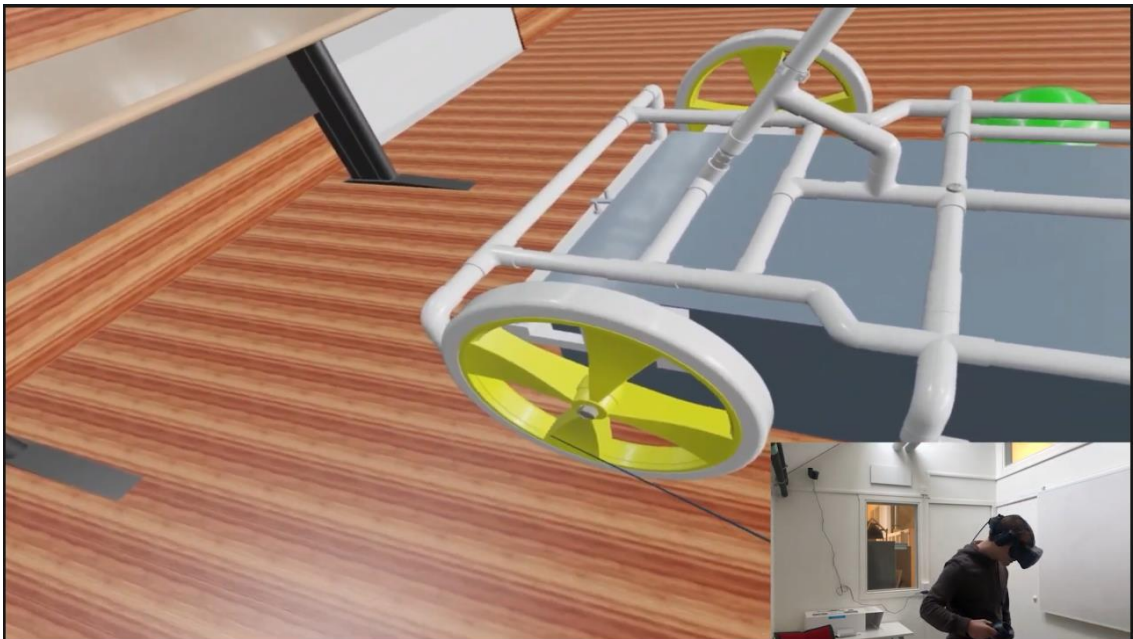
När röret är sammansatt trycker användaren på en grön knapp placerad till vänster om användaren. Detta innebär att monteringen anses vara sammansatt och fullbordad, sedan skickas produkten vidare på det löpande bandet som är sammankopplad till en port, se figur 10. Vid porten sker en kontroll om monteringen är godkänd, vid godkänt lyser en grön ljuskälla ovanför porten och vid underkänt lyser en röd ljuskälla. Användaren förflyttar sig sedan vidare till GoKart rummet.



Figur 10: Det monterade röret transporteras till porten

4.1.3 GoKart rummet

Efter förflyttning presenteras uppgiften för användaren genom röstinformation. Fyra hjul och ett säte finns tillgängligt för användaren att montera. Dessa är utplacerade på ett bord på vänstra sidan av rummet. Användaren behöver förflytta sig runt i rummet för att montera alla ingående komponenter, vilket sker genom att användaren trycker på fotavtrycken som är placerade på golvet. Det vänstra hjulet behöver inte monteras på den vänstra bakaxeln, utan användaren kan montera hjulet på valfri ledig axel, se figur 11. Efter att användaren har monterat klart GoKarten trycker användaren på förflyttningspilarna med handkontrollen och teleporteras därefter vidare till Produktionsrummet.



Figur 11: Denna figur presenterar utseendet på rum 3.

4.1.4 Produktionsrummet

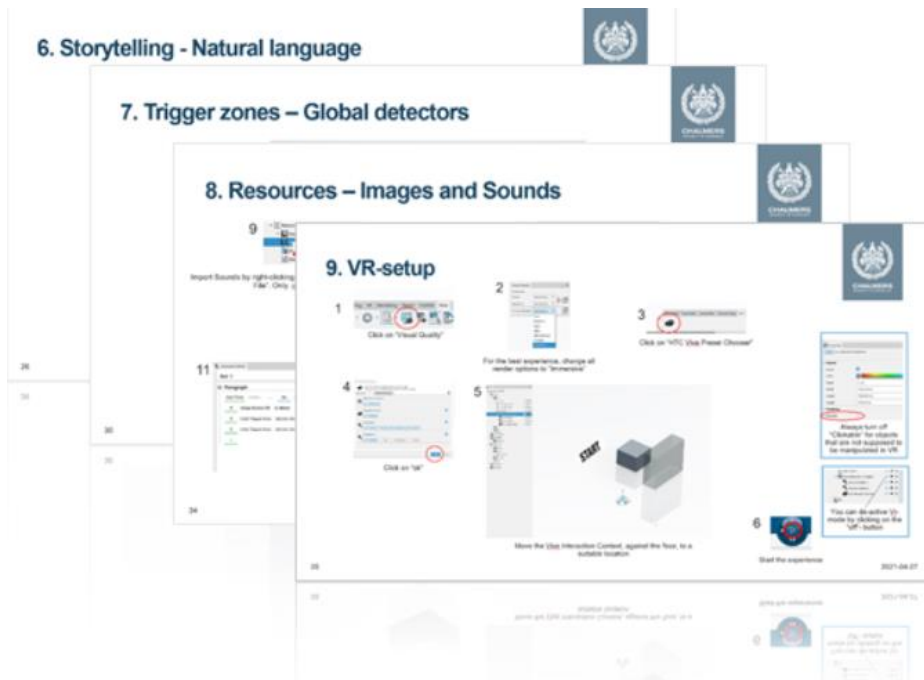
Användaren förflyttas till en digital panel med två olika knappar och får en beskrivning av rummets ingående funktioner. Den gröna knappen representerar en startknapp, och när användaren trycker på denna knapp startas alla robotar på produktionslinjen så att den automatiserade monteringen kan verkställas, se figur 12. Användaren får även berättat att produktionslinjen är aktiverad. När användaren vill stoppa produktionslinjen trycker användaren på den röda knappen, vilket är ett nödstopp. Därmed stoppas hela produktionslinjen, vilket innebär alltså att alla monteringsrobotar i Produktionsrummet stängs av. Användaren får även berättat att produktionslinjen är avaktiverad.



Figur 12: Denna figur presenterar utseendet på rum 4.

4.2 Laboration

Efter demonstration är avklarad existerar möjligheten att genomföra en laboration. Laborationen är 43 sidor lång och går först igenom basinformation som sedan trappas upp till en mer avancerad nivå. I slutet av laborationen får användaren möjlighet att utveckla sina kunskaper genom övningsuppgifter. Efter genomförd laboration kan användare återskapa demonstrationen. I figur 13 och figur 14 ses ett urklipp från laborationen. Laborationen i sin helhet finns att hämta via länken i Bilaga B.



Figur 13: Urklipp från laborationen.

Index

1. Start App
2. Navigation - Essential Knowledge
3. Insert objects and materials
4. Behaviors - Standard animations and functions for objects
5. Local animations – Advanced object animations
6. Storytelling - Natural language
7. Trigger zones – Global detectors
8. Resources – Images and Sounds
9. VR-setup
10. Exercise

Figur 14: Laborationens innehåll

5. Diskussion och slutsats

I detta kapitel presenteras diskussioner kring projektet samt samhällliga och etiska aspekter. Vidare redovisas även diverse slutsatser som dragits och detta genomförs i form av fördelar och nackdelar. Slutligen redovisas behov av ytterligare kunskap och förslag på framtida problemställningar ges.

5.1 Förflyttning inuti VR

Ett viktigt moment i demonstrationen var hur förflyttning mellan rum skulle ske när en användare tillämpade VR. Det existerade tre relevanta valmöjligheter, och dessa var följande:

- Användaren går i verkligheten för att förflytta sig inuti fabriken
- Användaren klickar med handkontroller för att kunna förflytta sig inuti fabriken.
- I demonstration finns färdiga knappar inuti fabriken för användaren att klicka på för att transportera sig vidare i upplevelsen.

Det första alternativet ansågs vara en olämplig lösning eftersom det kräver stort utrymme i verkligheten för förflyttning, vilket ökar risken för att användaren går in i saker i verkligheten då användaren inte ser detta. I framtiden tror projektgruppen att det på en stor skala kommer att existera möjligheter för tillämpning av ett gå-band med möjlighet att förflytta sig 360°, vilket vore ett alternativ som efterliknar verkligheten mest.

Det andra alternativet ger relativ flexibel förflyttning inuti fabriken, dock existerar möjligheten att demonstrationen blir icke smidig och det beror på att många knappar nyttjas i kombination med att det krävs en relativ hög precision hos användaren. Det sista alternativet är en lösning där enbart en knapp på handkontrollen används för att aktivera interaktiva funktioner. Detta ökade användarvänligheten och blev därmed det alternativ som tillämpades i demonstrationen.

Arbetsfrågan:

- Hur optimerar projektgruppen den virtuella upplevelsen bäst? anses därmed vara besvarad.

5.2 Demonstrationens design

Ett väsentligt moment i projektet var att bestämma den virtuella fabriken design och dess innehåll. Utifrån diskussion inom projektgruppen, samt kommunikation med handledare, fattades beslutet att det skulle vara relevant att demonstrera interaktiva funktioner kopplade till montering av produkter och hantering av en produktionskedja. Anledningen till detta är att sådana moment är vanligt förekommande inom tillverkande företag. Genom att skapa dessa inom 3DExperience i kombination med VR är det möjligt att tydligt visa relevanta styrkor med denna arbetsmetod.

Som tidigare nämnt består projektets demonstration av fyra rum, varav tre av dessa fyra rum innehåller interaktiva funktioner kopplade till montering och hantering av en produktionskedja. Anledningen till att två rum innehåller uppgifter kopplade till montering beror på att det demonstrerar två olika scenarion inom produktionskontext. Det första scenariot är montering av en mindre komplex produkt på ett löpande band, och detta speglar verkligheten i form av att det representerar en massproduktion där effektiv monterings-tid är en central faktor. Vidare är det andra scenariot montering av en mer komplex produkt, nämligen en GoKart, som demonstrerar hur montering av mer komplexa och potentiellt tidskrävande uppgifter kan se ut.

Arbetsfrågorna:

- Hur ska demonstrationen skapas i syfte att påvisa teknikens styrkor samt svagheter?
 - Hur skapar projektgruppen tillräckligt användarvänliga instruktioner till demonstrationerna så att användare som ej tidigare använt sig av programvaran eller VR kan fullfölja demonstrationen?
 - Vilka interaktiva funktioner är mest intressanta att visa?
- anses därmed till en viss uppfyllnadsgrad vara besvarad.

5.3 Samhälleliga och etiska aspekter

Planering och tillverkning av en fabrik är ett genomförande som kräver stora resurser i form av kapital, tid och material, därmed har det blivit väsentligt att analysera och utveckla ny teknik som underlättar detta arbete. Genom att tillämpa interaktiva funktioner är det möjligt att konstruera och simulera en fabrik, vilket gör det möjligt att minska förbrukningen av ovanstående resurser. Digitala redskap gör det möjligt att förebygga eventuella konstruktionsfel i god tid i form av detaljerad planering i kombination med simulation av produktionen. Dessa faktorer underlättar korrigering av problem eftersom dessa kan genomföras i tidiga stadier av ett projekt än om det skulle genomföras i senare faser.

Ytterligare en fördel som talar för införandet av VR för att träna operatörer är kopplat till säkerhet. Tillämpas VR för operatören i tränings-syfte kan operatören förberedas för eventuellt farliga moment i arbetet. Dessutom blir ergonomiska överväganden enklare att fatta beslut kring. Detta tror projektgruppen på sikt skulle kunna minska antalet arbetsskador.

Tillämpning av digital teknik kommer resultera i att efterfrågan på ny och förbättrad teknik ökar, vilket kan uppfattas som en negativ konsekvens i form av ökade alternativkostnader vid utveckling av denna teknik. Tillämpning av VR kommer även innebära en ökad användning av andra resurser, exempelvis elektricitet för att driva hårdvaran. Vidare består komponenterna i HMD:en bland annat av plast, elektronik samt andra material som kan vara svåra att återvinna.

Det kan finnas ökade säkerhetsrisker med att koppla upp sin tillverkningsprocess mot internet. Genom att skapa sin fabrik och använda sin tillverkningsprocess på exempelvis 3DExperience plattformen exponeras information om företaget till en tredje part, som kan vara av privat och konfidentiell karaktär. Detta ökar risken för intrång och företagsspionage, alltså är det viktigt att data hålls säkra.

Implementeringen av VR skulle på lång sikt kunna innebära att yrken och kunskaper som idag efterfrågas av marknaden förändras, vilket har en påverkan på samhället. I ett scenario där fabriken är helt uppkopplad till molnet och uppstart av exempelvis en fysisk produktionslina såväl som felsökning av maskiner kan ske virtuellt kommer arbetskraft behöva andra färdigheter än vad som i dagsläget efterfrågas. Stora tekniksiften har dock skett tidigare, och där vissa typer av arbetsuppgifter kan försvinna uppstår förhoppningsvis andra typer av arbetsuppgifter.

5.4 Fördelar och nackdelar

Utifrån det arbete som genomförts inom 3DExperience har diverse slutsatser dragits kring vilka fördelar och nackdelar som existerar inom programmet. Den första slutsatsen är att det är möjligt att utbilda människor inom produktion och industri, och denna utbildning blir mer lämplig om VR tillämpas. Genom att kombinera interaktiva funktioner med VR i den kognitiva fasen uppstår det en reducerad inlärningstid. Detta beror på att de personer som genomför utbildningen får uppleva hur en verklig produktion och monteringsprocess ser ut, samt detaljerna kring arbetsuppgiften. Personen som genomför utbildningen har möjligheten att misslyckas, vilket är viktigt då möjligheten att ta lärdom från misstag existerar utan att det uppstår produktionsfel som kostar stora summor pengar.

Under montering i den virtuella verkligheten är det möjligt att få både visuell och auditiv återkoppling under monteringsprocessen, vilket påvisas i både rum 2 och 3. Tillämpningen av animationer i rum 4 var en fördel eftersom det ger användaren möjligheten att observera hur en verklig produktionskedja kan se ut. Användaren har möjligheten att ansamla erfarenhet som efterliknar verkligheten och kan observera eventuella problem som kan uppstå. Detta skulle vara mindre effektivt utanför den virtuella verkligheten då verkliga produktionsproblem kan uppstå som orsakar kostnader.

Arbetsfrågorna:

- Hur kan användningen av VR träna operatörer i tillverkande fabriker?
 - Vilka interaktiva funktioner är möjliga att implementera i virtuella fabriker?
- anses därmed till en viss uppfyllnadsgrad vara besvarad, även fast fler interaktiva funktioner hade varit möjliga att implementera än tidigare beskrivna.

Vidare underlättar 3DExperience arbete inom planering och visualisering av fabriker. Genom att redan innan fabriken har byggts upp fysiskt kunna testa layouten av fabriken virtuellt har kostnadsfördelar. Desto senare förändringar sker desto dyrare är kostnaden. Genom att simulera fabriken kan dessa kostnader till viss del förflyttas till ett tidigare skede, vilket sänker totalkostnaden. Det finns även ergonomiska fördelar då höjder och arbetspositioner tydliggörs och påvisas i den virtuella verkligheten på ett helt annat sätt i jämförelse med att endast ha en tanke om vad som skall fungera. 3DExperience erbjuder även tydlig visualisering av skapade produkter. Genom att importera skapade produkter till applikation Creative Experience erhåller användaren en god förståelse för produkten. Detta beror på att produkten kan upplevas i både 3D och VR i jämförelse med om produkten endast är 3D-modellerad.

Trots fördelarna med 3DExperience och dess användning inom produktion existerar det även nackdelar. Den huvudsakliga nackdelen som upptäcktes under projektets gång är att det kan uppkomma tekniska svårigheter med 3DExperience i form av långsam prestationsförmåga. Dessa problem uppkom under senare skede av projektet, och slutsatsen dras att detta beror på att det huvudprogram som användes fylldes på med mycket digital information. Denna digitala information och dess interaktiva funktioner kräver en relativt stark dator som kan läsa in informationen på ett effektivt sätt. Vidare dras slutsatsen att det krävs en förbättring av tydlig handledning inom 3DExperience som vägleder nya användare. För tillfället är det svårt att hitta guider på internet som beskriver programmeringsspråket applicerat i 3DExperience, detta var en av anledningarna till varför scenario-programmering tillämpades under projektets gång.

Ett intressant och väsentligt område som utforskades under projektet var möjligheterna med samarbete mellan operatörer i samma virtuella verklighet. Diverse försök att koppla samman två användare samtidigt i Creative Experience applikationen misslyckades. Det ska däremot, teoretiskt, fungera för flera användare att koppla upp sig till applikationen Live Rendering för en Immersive Collaboration Experience vilken möjliggör samarbetes VR sessioner genom HMDs. Dock fungerar det endast att göra designrecensioner i dagsläget och inte att utföra de interaktiva funktionerna.

Fördelarna med att kunna koppla upp sig till samma objekt är dock stora. Deltagare kan koppla upp sig direkt ifrån sin arbetsyta utan att behöva resa till en annan plats. Detta medför att virtuella produktdesign möten kan ske oftare, med mindre förberedelser och utan kostnad för resa. Det ska dock tilläggas att operatörer kan koppla upp sig till samma fabrik i Creative Experience, men att separata sessioner kommer att råda. Således finns ingen begränsning på antal utövare som exempelvis tränas i en fabrik, men operatörerna kommer inte att se varandra virtuellt.

5.5 Ytterligare kunskap och framtida problemställningar

Under projektets gång framkom det tydligt att arbete med 3DExperience är någonting som kräver relativt hög kunskap inom virtuell produktion och teknik. Medlemmarna i projektgruppen har tidigare arbetat med teknik som delar likheter med applikationerna i 3DExperience, dock var detta inte tillräckligt under vissa moment. Ett konkret exempel är att det under vissa tillfällen uppkom svårigheter och problem vid uppkoppling och bearbetning av VR, exempelvis lästes inte knappar in som var kopplade till interaktiva funktioner i demonstrationen. Genom att ha en högre kunskap kring VR och dess funktion i 3DExperience kommer inte tekniskt tidskrävande problem att uppstå.

Det existerar utmaningar för företag som vill arbeta med förstärkta eller virtuella verkligheter. Utvecklingen inom AR och VR går fort, samtidigt som det kan ta lång tid att fatta beslut i stora bolag. Risken är då att man börjar använda ”gammal” teknik. Dessutom måste tekniken ofta integreras med befintliga system för att göra maximal nytta, vilket förbrukar både tid och pengar. Under detta projekt, vars tidsram är ungefär 16 veckor, adderades det nya funktioner och knappar vilket kan göra det svårt för företag att hålla sig uppdaterade eftersom teknikutvecklingen går så fort. Denna utveckling av tekniken är någonting som inte dokumenteras på ett relativt tydligt sätt, det saknas oftast goda och strukturerade modeller som beskriver den nya tekniken. Detta resulterar i att företag placerar mer resurser än önskat för att kunna utnyttja tekniken.

Vidare är mänskliga aspekter en framtida problemställning som kan vara lämplig att undersöka. Mänskliga faktorer kan sammanfattas som tillämpning av denna VR och hur användningen kan förenklas. I detta projekt var det enbart en av fyra gruppmedlemmar som tidigare använt sig av VR, vilket påverkade hur tekniken uppfattades och integrerades.

Sammanfattningsvis är VR och dess tillämpningsområden någonting som är relativt nytt och är i ständig utveckling. Därmed är det viktigt att ledande aktörer inom detta område, exempelvis 3DExperience, tillhandahåller digitala redskap som minskar tidskrävande tekniska problem. Vidare dras slutsatsen att en framtida problemställning är hur utvecklingen av ny teknik, samt nya metoder, kan presenteras på ett effektivt sätt. Genom att samla ny information och skapa strukturerade mallar kan mindre resurser förbrukas på att hitta information, utan kan istället placeras på andra projekt och områden. Vidare skulle det vara väldigt effektivt om ny teknik och metoder presenteras på ett strukturerat sätt som användare kan få tillgång till eftersom det underlättar uppfattning och integrering av tekniken. Även framtagning av teknik och metoder som minskar mänskliga belastningar, exempelvis åksjuka, desorientering och belastning av ögon, är gynnsamt att undersöka.

Bilaga A

Delar av demonstrationen finns tillgängligt att ses via denna länk:

https://www.youtube.com/watch?v=DqJBliZq0wg&t=1s&ab_channel=Hej

Bilaga B

Laborationen finns tillgängligt att ladda ner via denna länk:

<https://www.mediafire.com/file/3dptlkyg3p2u1pz/3DExperience - Creative Experience - Guide.pptx/file>

Referenser

- [1] K. W. Michelle Yan Huang, "www.businessinsider.com," 12 Mars 2021. [Online]. Available: <https://www.businessinsider.com/reason-virtual-reality-hasnt-taken-off-future-technology-2018-11?r=US&IR=T>. [Använd 11 05 2021].
- [2] T. Alsop, "Statista," 22 03 2021. [Online]. Available: <https://www.statista.com/topics/2532/virtual-reality-vr/>. [Använd 11 05 2021].
- [3] A. Heath, "Theinformation," 11 03 2021. [Online]. Available: <https://www.theinformation.com/articles/the-people-with-power-at-facebook-as-its-hardware-commerce-ambitions-expand>. [Använd 11 05 2021].
- [4] A. Siljevall, "Byggindustrin," 14 06 2017. [Online]. Available: <https://www.byggindustrin.se/innovation/digitalisering/tekniken-gar-framat-i-den-virtuella-verkligheten/>. [Använd 11 05 2021].
- [5] S. Galea-Pace, "Manufacturingglobal," 30 10 2020. [Online]. Available: <https://www.manufacturingglobal.com/procurement-and-supply-chain/transformation-digital-twins-manufacturing>. [Använd 11 05 2021].
- [6] F. B. Insights, "Fortune Business Insights," 12 2019. [Online]. Available: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/virtual-reality-vr-in-manufacturing-industry-101714>. [Använd 11 05 2021].
- [7] PWC, "PWC," November 2015. [Online]. Available: <https://www.pwc.com/us/en/industries/industrial-products/library/augmented-virtual-reality-manufacturing.html>. [Använd 11 05 2021].
- [8] J. Bardi, "marxentlabs," 26 03 2019. [Online]. Available: <https://www.marxentlabs.com/what-is-virtual-reality/>. [Använd 11 05 2021].
- [9] B. J. Z. W. T. B. Liang Gong · Jonatan Berglund · Åsa Fast-Berglund, "Development of virtual reality support to factory layout planning," International Journal on Interactive Design and Manufacturing (Springer), 2019.
- [10] D. Barnard, "Virtual Speech," 06 08 2019. [Online]. Available: <https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr>. [Använd 11 05 2021].
- [11] A. Gush, "Android Authority," 18 04 2017. [Online]. Available: <https://www.androidauthority.com/samsung-gear-vr-2017-review-764883/>. [Använd 11 05 2021].
- [12] Oculus, "Oculus," [Online]. Available: <https://www.oculus.com/quest-2/>. [Använd 11 05 2021].
- [13] Vive, "Vive," [Online]. Available: <https://www.vive.com/eu/product/vive-pro/>. [Använd 11 05 2021].
- [14] A. H. C. D. J. O. E. R. Howell, "Near visual function in young children," Ophthal. Physiol. Opt. 20 , 2002.
- [15] N. Johansson, "Immersivt," 2018. [Online]. Available: <https://www.immersivt.se/vr-glasogon-test-ultimata-guiden/>. [Använd 11 05 2021].
- [16] M. H. Joakim Larsson, "Virtuella miljöer inom tillverkningsindustrin," Chalmers tekniska högskola, Göteborg, 2017.

- [17] J. Wright, "mtnlifefitness," Maj 31 2019. [Online]. Available: <https://mtnlifefitness.com/blog/cognitive-associative-and-autonomous-the-three-stages-of-learning/>. [Använd 11 05 2021].
- [18] M. Barring, Skribent, *Learning in a virtual environment*. [Performance]. Chalmers University of Technology, 2020.
- [19] P. Zawadzki, K. Żywicki, P. Buń och F. Górski, "Employee Training in an Intelligent Factory Using Virtual Reality," IEEE, 2020.
- [20] 3DExperience EDU , "Experience the Digital Factory," Delmia, 2021.
- [21] 3DExperience Edu, "3DEXCITE Marketing Experience Scriptor," DS Portfolio, 2019.

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI OCH MATERIALVETENSKAP
AVDELNINGEN FÖR PRODUKTIONSSYSTEM
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2021
www.chalmers.se



CHALMERS