



**CHALMERS**



# Hur industrin kan dra nytta av den digitala tvillingen

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Ekonomi och produktionsteknik

ALEX LARSSON  
OSCAR WESTER

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

---

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, 2024  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



# Hur industrin kan dra nytta av den virtuella tvillingen

ALEX LARSSON  
OSCAR WESTER

INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP  
Avdelning för Produktionssystem  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2024

Hur industrin kan dra nytta av den digitala tvillingen

ALEX LARSSON  
OSCAR WESTER

© ALEX LARSSON, 2024  
© OSCAR WESTER, 2024

Industri- och Materialvetenskap  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
Sverige  
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Göteborg, Sverige 2024

## Förord

Denna rapport är resultatet av en undersökning om hur industrin kan dra nytta av den digitala tvillingen samt för vilka intressenter den kan skapa värde. Rapporten har skrivits på Chalmers tekniska högskola på institutionen Industri- och Materialvetenskap. Detta är ett examensarbete motsvarande 15 högskolepoäng och det är utfört av två studenter som går programmet Ekonomi och Produktionsteknik.

Arbetet är utfört tillsammans med företaget Prodtex och utan dem så hade arbetet inte varit möjligt. Vi vill rikta ett stort tack till hela teamet på Prodtex men framför allt till våran handledare Henrik Kihlman, även CTO på Prodtex för all hjälp med arbetet. Vi vill tacka för den hjälp han har erbjudit under arbetsgången, både i form av att bolla idéer, input på hur vi kan förbättra arbetet samt för det kontaktnätverk som han har erbjudit. Utan detta hade detta arbete inte varit möjligt.

Slutligen vill vi tacka de företag som har ställt upp på intervjuer och hjälpt oss att besvara våra frågeställningar. Utan er expertis och hjälp hade detta arbete inte blivit av samma kvalitet.

# Sammanfattning

Produktionsindustrin är en industri som ständigt utvecklas och som är väldigt konkurrenskraftig. På grund av detta har flera företag i Sverige börjat använda moderna program likt 3DEXPERIENCE för att öka deras effektivitet. Detta genom att hantera deras produktlivscykel för deras arbetsprocesser gällande fabriksdesign digitalt.

Arbetet omfattar därför en kvalitativ undersökning angående hur industrin kan dra så stor nytta av den virtuella tvillingen som möjligt samt för vilka intressenter den kan skapa värde. För att besvara dessa frågor har en litteraturstudie och tre intervjuer av semistrukturerad karaktär genomförts. Två av intervjuerna är med företag som tillverkar produkter för att sedan sälja till kunder, medan det tredje företaget jobbar med att bland annat bygga virtuella tvillingar åt dessa tillverkande företag. Utöver detta har även våra egna observationer av användandet av programmet 3DEXPERIENCE vävas in.

En av slutsatserna man kan konstatera efter genomförandet av denna undersökning är att den virtuella tvillingen kan skapa värde för intressenter både i och runt om företaget. Den kan bland annat skapa värde för arbetarna, leverantörerna, slutkunden och företaget som helhet. Dock är det företaget som helhet som gynnas mest av implementeringen av den virtuella tvillingen.

En annan slutsats som dras är att industrin kan dra mycket nytta av den virtuella tvillingen på många olika plan. De främsta fördelarna som framkom från denna undersökning var de ekonomiska samt tidsbesparande aspekterna. Detta främst genom att kunna optimera och effektivisera flödet bättre och snabbare innan det byggs eller ändras fysiskt med hjälp av en virtuell tvilling i ett 3D-simuleringsprogram. Dessutom på grund av att all data samlas på ett och samma ställe i molnet, där alla parter kan ta del av och dela sin egna data, förenklas kommunikationen och förkortar "time to market".

Nyckelord: virtuell tvilling, 3DEXPERIENCE, kvalitativ undersökning, semistrukturerad, "time to market"

# Abstract

The production industry is an industry that is constantly developing with a lot of competition. Following this, Swedish companies have started using modern software such as 3DEXPERIENCE to increase efficiency. This helps them handle their product life cycle for their processes regarding factory design digitally.

This work includes a qualitative study on how the industry can benefit from the use of a digital factory as much as possible as well as for which stakeholders it can create value. To answer these questions a literature study has been performed and also three interviews of semi-structured nature. Two of the interviews were conducted with companies that produce their own products and the other one with a company that helps the first two create virtual twins of their production systems. In addition to this we have incorporated our own observations of the use of 3DEXPERIENCE.

One of the conclusions that can be confirmed after the completion of this study is that the virtual twin can create value for parties both in and around the company. It can for example create value for the workers, the suppliers, the end customer and the company. However, it is the company as a whole that receives the biggest benefits from the implementation of the virtual twin.

Another drawn conclusion was that the industry can make good use of the virtual twin in many ways. The main advantages that arose from the study were the economical as well as the time saving aspects. This through the possibility to optimize the flow more efficiently and in less time before the system is built or changed in the real world with the help of a virtual twin in a 3D simulation program. Additionally, because of the cloud-based data where all parties can share their data and look at others data, it is easier to communicate and shortens the time to market.

Key words: virtual twin, 3DEXPERIENCE, semi-structured, qualitative study

## Förkortningar

PLM - Product Lifecycle Management

BOM - Bill of Material

EBOM - Engineering Bill of Material

MBOM - Manufacturing Bill of Material

CAD - Computer Aided Design

MES - Manufacturing Execution System

APS - Advanced Planning and Scheduling

PDM - Product Data Management

ERP - Enterprise Resource Planning

MRP - Material Requirements Planning

TPS - Toyota Production System

OEM - Original Equipment Manufacturer

NC - Numerical Control

TTM - Time to Market

## Innehåll

1. Introduktion .....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte.....	1
1.3 Avgränsningar .....	1
1.4 Frågeställning .....	2
2. Teori.....	3
2.1 Digital fabrik (källa oklart hur den ska refereras till) .....	3
2.2 Virtuellt tvilling.....	3
2.3 Robotindustrin och den industriella roboten.....	5
2.4 Virtuellt Driftsättning .....	6
2.5 3DEXPERIENCE .....	7
3. Metod .....	8
3.1 Kvalitativ metod .....	8
3.2 Egna observationer i 3DEXPERIENCE .....	8
3.3 Litteraturstudie .....	9
3.4 Intervjuer .....	9
3.4.1 Företag 1.....	10
3.4.2 Företag 2.....	10
3.4.3 Prodtex.....	10
4. Resultat.....	11
4.1 Företag 1.....	11
4.2 Företag 2.....	12
4.3 Prodtex.....	15
5. Slutsats och Diskussion .....	17
5.1 Hur kan industrin dra nytta av den virtuella tvillingen? .....	17
5.2 För vilka intressenter kan den virtuella tvillingen skapa värde?.....	20
6. Framtida forskning.....	23
7. Källförteckning .....	24
8. Bilagor.....	26
Bilaga 1 - Intervju med företag 1 .....	26
Bilaga 2 - Intervju med företag 2 .....	27
Bilaga 3 - Intervju med Prodtex.....	28

# 1. Introduktion

I detta kapitel kommer en bakgrund till arbetet att ges, syftet att presenteras, samt de avgränsningar vi har gjort för att specificera våra frågeställningar.

## 1.1 Bakgrund

För att öka effektiviteten, har flera stora företag i Sverige som Volvo lastvagnar, SAAB, Ericsson, Scania och SKF (OEMs) påbörjat implementering av program likt 3DEXPERIENCE för att hantera produktlivscykelhantering (PLM) i deras arbetsprocesser för fabriksdesign. De fokuserar på att skapa en 3D modell av en fabrik, en så kallad factory virtual twin. Detta skulle göra det möjligt för dem att utvärdera sin existerande eller framtida design, så att de kan använda det för att utveckla nya koncept för design eller omdesign av en fabrik. De kan simulera maskiner inuti fabriken och det gör det möjligt för dem att förbereda sig för nästa produkt som ska tillverkas.

## 1.2 Syfte

Uppdraget är att genomgå en litteraturstudie och genomföra intervjuer för att undersöka hur industrin kan dra nytta av den virtuella tvillingen och vilka potentiella intressenter som skulle kunna ha användning av den.

Arbetet görs ihop med Prodtex och två av deras nuvarande kunder. Då dessa kunder är i två olika marknader men båda är inom tillverkningsindustrin har frågeställningarna utformats efter detta. Intervjuer kommer att genomföras med båda dessa företag för att få en utökad förståelse för hur 3DEXPERIENCE och hur den virtuella tvillingen kan skapa värde för dess användare samt hur industrin som helhet kan dra nytta av den. En intervju med Prodtex kommer även att ske för att få information från personer som är specialiserade i 3DEXPERIENCE och som dagligen arbetar med det.

## 1.3 Avgränsningar

De avgränsningar som kommer att göras under arbetet är att vi inte kommer diskutera andra plattformar än 3DEXPERIENCE som tillåter en att bygga en virtuell tvilling.

## 1.4 Frågeställning

- Hur kan industrin dra nytta av den virtuella tvillingen?
- För vilka intressenter kan den virtuella tvillingen skapa värde?

## 2. Teori

I detta kapitel kommer den teori som resultat, slutsats och diskussion kommer att baseras på att presenteras.

### 2.1 Digital fabrik

Idén om en digital fabrik började under 1980-talet i bilindustrin med syftet att reducera produktionstiden (Dassault Systèmes, u.å.). Anledningen till behovet av detta var att systemen hade växt sig väldigt komplexa och variationen ökade med fler personliga produkter som gjorde systemen svåra att effektivisera. Det som möjliggör användandet av en digital fabrik i dagens industri är till exempel bättre IT-teknologi, 3D-visualisering, simuleringar, datahanteringssystem och molnbaserade tjänster. Anledningen till att den digitala fabriken är så användbar är till exempel på grund av att simulering av flera robotar samtidigt och samarbete i en 3D-miljö är möjligt. De olika parterna som är inblandade i ett projekt som använder sig av en digital fabrik kan alla lägga in sin data och interagera i ett och samma program. Den appliceras inte enbart i fabriker där någonting produceras, utan även inom logistik och marknadsföring. Även produktionsutvecklingen och produktionsplaneringen har tidigare behövt göra stora ansträngningar, men med hjälp av detta förenklas deras interaktioner.

I planeringen av en fabrik och dess produktion behöver många parter säga sitt, till exempel arkitekterna, produktionsplanerarna, produktutvecklingen, arbetarna i produktionen och så vidare (Dassault Systèmes, u.å.). Genom en digital fabrik kan alla flika in med sin in- och utdata genom olika industriella mjukvarusystem, exempelvis genom CAD-, BOM-, EBOM-, MES-, APS-, PDM- och PLM-system. Även Enterprise Resource Planning system (ERP) som MRP och MBOM är exempel på dessa mjukvarusystem. Indatan kan sedan användas för processplanering, tidsplanering, layoutplanering, materialflödes simulering, virtuell ergonomi, robotik och maskinbearbetning.

Den digitala fabriken har flera väsentliga fördelar såsom ökad effektivitet, reducerad produktionstid och ökad kvalitet (Dassault Systèmes, u.å.). Det kan också förbättra standardisering, kommunikation och bevarandet av kunskap inom företaget. De största fördelarna med en digital fabrik är dock möjligheten att göra och testa ändringar innan de utförs i verkligheten vilket reducerar kostnader rejält.

### 2.2 Virtuellt tvilling

Industri 4.0 är ett viktigt tekniskt steg som företag genomgår för att förbättra och effektivisera deras produktion (Tao m.fl., 2019). Användningen av den digitala tvillingen är ett bra sätt för fabriker att ta det steget. Den akademiska världen har

erkänt dess betydelse för produktioner att kunna integrera det digitala med det fysiska. Konceptet digital tvilling myntades för första gången 2003 av Grieves i hans kurs om PLM och idag används det i många delar av industrin. Det finns inte en exakt definition på vad en digital tvilling innebär, men det finns flera tolkningar som liknar varandra. Enligt Gabor i artikeln är den digitala tvillingen en speciell simulering som är baserad på expertis, data från ett verkligt system eller kombinerat båda två för att få en mer precis simulering i tid, utrymme och prestation. Maurer uttrycker att en digital tvilling är en digital framställning av en produktionsprocess och produktens kvalitet.

Tao m.fl. (2019) anser att det finns fem dimensioner i en komplett digital tvilling: den fysiska, virtuella, anslutningen, datan och tjänsten. Den fysiska delen är den virtuella delen grundar sig i och den virtuella delen stödjer simuleringen, beslutsfattandet och kontrollen av den fysiska delen. En förutsättning för en digital tvilling är datan eftersom det är från den som ny kunskap erhålls. Den digitala tvillingen leder till att nya tjänster uppstår som kan underlätta kommunikationen, öka pålitligheten och öka effektiviteten av ett system. Till sist sammankopplas dessa av den så kallade anslutningen.

Enligt Dassault Systèmes (2020) finns det ett antal fördelar för små och medelstora företag att använda en digital tvilling. Den första fördelen är att man kan pröva oändligt många iterationer inuti den virtuella fabriken för att hitta den lösning som passar ens specifika behov bäst. Då detta sker virtuellt kan produktionsledare och ingenjörer utveckla ett förtroende för förändringslösning innan de bestämmer sig för att stanna produktionen och implementera förändringen. En annan fördel är att den digitala tvillingen ger en bättre insyn på hur effektiv produktionen är. Den kan bland annat simulera hur en människa kommer att interagera med en maskin och avgöra om människans arbetshastighet är den avgörande faktorn för stationens genomloppstid eller om det är maskinen. På grund av detta erbjuder den digitala tvillingen chefen möjligheten att köpa in maskiner med rätt hastighet för att balansera produktionen på ett optimalt sätt. Den tredje fördelen är att arbetarnas säkerhet och hälsa kan förbättras. Detta genom att man kan planera för hur arbetaren kommer röra sig i fabriken för att säkerställa arbetarnas sociala distans samt säkerställa att arbetsplatsen är utformad på ett ergonomiskt sätt. En ytterligare fördel är ökad flexibilitet i produktionen. Den digitala tvillingen erbjuder detta då den kan simulera förändringsprocessen och komma på ett optimalt sätt att genomföra förändringen för att minimera fabriken driftstopp. Den femte fördelen är att ingenjörer från olika delar av världen kan dela med sig av deras insyn och komma med förslag på hur fabriken kan bättre optimeras. Detta eftersom den digitala tvillingen kan finnas i en molnbaserad miljö. De två sista fördelarna är sensorintegration och kunskapsbevaring. Sensor integration är en fördel då den ger användaren möjlighet att integrera nutids data i den virtuella världen. Slutligen hjälper den digitala tvillingen till med kunskapsbevaring inom företaget genom att alla dess användare för in sin data och kunskap i den existerande digitala tvillingen. Detta betyder att om personen

går i pension eller byter företag finns deras kunskap fortfarande kvar i företaget, vilket har varit ett tidigare problem för små och medelstora företag.

3DEXPERIENCE tillåter ens användare att ta steget längre och skapa en virtuell tvilling och inte bara en digital tvilling (Dassault Systèmes, u.å.). 3DEXPERIENCE menar på att den digitala tvillingen bara är en digital kopia av en produkt. Den virtuella tvillingen är däremot en virtuell modell av ett fysiskt system som implementerar data från den verkliga världen direkt in i den digitala tvillingen (Dassault Systèmes, 2020).

## 2.3 Robotindustrin och den industriella roboten

Enligt Hägele m.fl. (2016, s. 1392) är definitionen av en industriell robot:

*“an industrial robot is an automatically controlled, reprogrammable, multipurpose manipulator, programmable in three or more axes, which can be either fixed in place or mobile for use in industrial automation applications”*

(Hägele m.fl., 2016, s. 1392)

En industriell robot är alltså inte bara en arm eller två som rör sig med hjälp av olika leder, utan de består även av “robot peripherals”, vilket är den utrustning som roboten är utrustad med. Detta kan till exempel vara en gripare, men det skulle även kunna vara säkerhetsutrustning eller sensorer (Hägele m.fl., 2016).

Robotindustrin är idag en gigantisk industri och som år 2014 omsatte hela 32 miljarder US dollar (Hägele m.fl., 2016). Idag används robotar inom många industrier men speciellt inom industrier som håller på med materialhantering som till exempel paketering och transporter, svetsning, montering, målning, slipning och borring. Då denna är en industri som rör många områden berör den även många människor, Hägele m.fl. (2016) skriver att IFR (The International Federation of Robotic) har beräknat att mellan år 2000 till 2008 kommer det att skapas omkring 8-10 miljoner högkvalificerade jobb och att ytterligare 4 miljoner jobb runt robotens ekosystem kommer att uppstå mellan 2012 och 2020. Men att roboten används inom många industrier och rör många människor har inte alltid varit fallet, när den industriella roboten patenterades år 1954 av George Devol dröjde det hela 7 år innan den första roboten fanns i bruk hos det amerikanska bilföretaget General Motors, detta då George först behövde slå ihop sig med Joseph Engelberger och skapa det första företaget som byggde industriella robotar.

Implementeringen av robotar i fabriker runt om i världen har sedan dess gått fort och Hägele m.fl. (2016) skriver att i början av 2014 fanns det 1.5 miljoner robotar och att det beräknades att ytterligare 171 000 nya enheter skulle installeras det året. Utav dessa 1.5 miljoner robotar håller hela 80% av dem på med massproduktion, detta då den industriella roboten passar bra i industrier som kräver stora summor pengar

investerade i förväg och som massproducerar varor som till exempel fordons-, elektronik- eller el-varuindustrin. I dagens samhälle är den största kostnaden för tillverkningen produktmonteringsprocessen, detta då den utgör upp till 80% av produktens kostnad och därför kan förbättringar inom detta område kan därför leda till stora fördelar. Snittpriset för en robot har dividerats med tre de senaste 24 åren, samtidigt som nya betalmetoder som till exempel leasing har kommit.

För tillfället är integrationen mellan olika robotstationer, kallade "workcells" en svårighet och utgör därför ungefär hälften av installationskostnaderna om man bortser från verktygen. Detta på grund av att det finns för många variationer för att en modell ska passa för varje situation (Hägele m.fl., 2016).

Trots att priset för en robotarm har minskat är det många småföretag som inte har råd att investera i en, detta då programmering av roboten är en komplicerad och tidskrävande uppgift som ofta kräver expertis (Heimann & Guhl, 2020). Detta betyder att programmering av roboten är en anledning till att småföretag som tillverkar små batcher inte kan dra nytta av den ökade kvaliteten och lägre genomloppstiden som robotarna erbjuder.

Enligt Heimann och Guhl (2020) finns det olika sätt att programmera en robot. Man kan bland annat använda sig av online-, offline- eller hybridprogrammering. För online-programmering krävs direkt åtkomst till roboten medan detta inte krävs för offline-programmering. Detta då offline-programmering kan göras externt i mjukvaruprogram som simulerar roboten i en virtuell 3D miljö. Hybrid-programmering beskrivs enligt Heimann och Guhl (2020) som:

*"These methods rely on offline programming to define the control flow and then set task specific parameters in an online environment. An example are application templates provided by most robotic manufactures that provide predefined behaviours which the user only parametrizes for the specific application"*

(Heimann & Guhl, 2020)

## 2.4 Virtuellt Driftsättning

Virtuell driftsättning är en ny modern metod inom systemintegrering och kan bäst beskrivas som att man simulerar och validerar systemet i en digital miljö innan det byggs i verkligheten (Vermaak & Niemann, 2017). Då detta sker i en digital miljö kan man enkelt göra förändringar i systemet samt programmera systemet innan det byggs. På grund av att systemet finns i en digital miljö kräver utvecklingsfasen inte ett fysiskt system. Vermaak och Niemann (2017) skriver även att några av fördelarna med virtuell driftsättning är att man kan optimera cykeltiden för systemet, validera hur utrustningen kommer att röra sig i fabriken och därigenom minska risken för skador, effektivisera planeringen samt att företaget inte behöver spendera pengar på material

innan systemet har validerats. Utöver detta ger även den virtuella driftsättningen kunden en möjlighet att komma med förslag på förändringar. Detta på grund av att användaren kan visa kunden en modell av systemet innan det byggs i verkligheten.

## 2.5 3DEXPERIENCE

3DEXPERIENCE är en plattform som är framtagen av Dassault Systèmes och erbjuder dess användare en rad olika funktioner, allt från en plattform som tillåter dess användare att arbeta med aktuell data tillsammans med andra till skapandet av den virtuella tvillingen och mycket mer (Dassault Systèmes, u.å.). 3DEXPERIENCE plattform kan erbjuda dess användare ett nytt sätt att se på sina värdeskapande processer och kan användas av företag för att skapa nya hållbara produkter för samhället. 3DEXPERIENCE erbjuder även en molnbaserad plattform (3DEXPERIENCE Cloud platform) vilket ger dess användare möjligheten att spara hela sin verksamhet på ett ställe och därigenom lätta på sina IT-begränsningar. Förutom detta kan även 3DEXPERIENCE sammankoppla dess användare med industriella tjänsteleverantörer genom en tjänst Dassault Systèmes kallar 3DEXPERIENCE Marketplace. Denna tjänst ger användaren tillgång till 3D komponenter skapade av kvalificerade leverantörer samt möjligheten att få offerter på sina uppladdade designers.

Några av fördelarna med denna virtuella tvilling är enligt Dassault Systèmes att produktionen både blir snabbare och av bättre kvalitet då man kan simulera produkten innan (Dassault Systèmes, u.å.). Man kan även minimera risktagandet och simulera olika planerings scenarier i förväg. En annan fördel är att man kan genomföra oändligt många iterationer till en minimal kostnad samt identifiera och lösa eventuella problem virtuellt. Slutligen så minskar även kostnaderna då man inte har ett lika stort behov av att ha en fysisk prototyp.

## 3. Metod

I detta kapitel kommer arbetsprocessen att kartläggas och de metoder som vi har valt att använda för insamling av information att presenteras. Kapitlet kommer även att presentera varför dessa metoder ger ett tillförlitligt resultat.

### 3.1 Kvalitativ metod

Undersökningar i forskningssyfte delas ofta in i två metoder: den kvalitativa och den kvantitativa (Tenny m.fl., 2022). Den kvantitativa metoden innebär att samla stora mängder data genom till exempel enkäter där resultaten tenderar att kunna representeras i statistik. Under arbetets gång kommer den kvalitativa forskningsmetoden att användas. Detta då den kvalitativa forskningsmetoden leder oss bättre till svaret på våra frågeställningar eftersom att det är svårt att sätta siffror, som i en kvantitativ undersökning, på det vi vill undersöka. Forskningsmetoden går ofta ut på att intervjuer genomförs där utformade frågor ställs för att erhålla åsikter och insikter av de kunniga inom ett område. Frågorna som ställs är ofta i stilen av "hur" och "varför" och därför är den kvalitativa forskningsmetoden sällan linjär som den kvantitativa är.

### 3.2 Egna observationer i 3DEXPERIENCE

För att få en bättre förståelse vad 3DEXPERIENCE är, vad man kan göra i det och vilka funktioner det erbjuder, kommer relevanta moduler som 3DEXPERIENCE själva har publicerat som inlärningsmaterial på 3DEXPERIENCE Edu att läsas och genomföras. Dessa moduler inkluderar både inläsningsmaterial, samt praktiska exempel på hur man använder programmet. Ett exempel från modulerna är bygget av en fabrik som tillverkar jetmotorer där man får lära sig hur man importerar material och hur man sedan placerar det i fabriken. Andra exempel är hur man skapar ett flöde i fabriken och hur man sedan simulerar det för att upptäcka eventuella flaskhalsar och problem. Dessa moduler rör inte bara skapandet av en fabrik utan ger även en inblick till andra funktioner som till exempel hur man kan skapa och prestera sitt arbete för andra, hur man designar något i CAD och hur man kan programmera en robot i programmet. Anledningen till varför denna källa av information kommer att väljas är att det är en förstahandskälla, detta då det är dem själva som har lagt upp informationen om hur deras plattform fungerar och hur det kan användas.

### 3.3 Litteraturstudie

För att samla information till arbetet kommer även en litteraturstudie att genomföras. Det görs för att lägga den teoretiska grunden till det som sedan resultat och slutsats kommer att grundas i. Litteraturstudien kommer att påbörjas genom inläsning av de artiklar som våran handledare har gett oss. Efter det kommer relevanta artiklar att letas reda på genom att använda sökmotorerna Chalmers Library och Google Scholar. Då litteraturstudien kommer att baseras på information hämtad från digitala webbplatser, kommer de att läsas källkritiskt. Anledningen till varför dessa sökmotorer har valts är att de artiklar som presenteras på dessa webbplatser är av vetenskaplig karaktär och är därför bättre anpassade till detta arbete (Tritonia, 2023).

Vi har även valt att inkludera information från 3DEXPERIENCE Edu träningsmoduler samt ett produktblad från Dassault Systèmes trots att informationen från dessa källor inte är av vetenskaplig karaktär och har granskats. Anledningen till varför vi har valt att inkludera denna information är för att det är intressant att se hur Dassault Systèmes ser på hur man kan använda den virtuella tvillingen samt vilka fördelar den medför. Eftersom dessa inte är vetenskapliga artiklar kommer inga slutsatser dras på detta material. Men då det är relevant och intressant fakta kommer det användas för att nyansera våra diskussioner och slutsatser.

### 3.4 Intervjuer

Utöver de tidigare nämnde informationsinhämtnings metoderna kommer även intervjuer att genomföras. De företag vi kommer att intervjua kommer nämnas Företag 1, Företag 2 samt Prodtex. Intervjuerna kommer att genomföras på ett semistrukturerat sätt. Detta eftersom detta sätt tillåter den intervjuade personen att prata kring och utveckla sina svar utan direkt vägledning samtidigt som intervjun håller sig på rätt spår (Adeoye-Olatunde & Olenik, 2021). Under intervjuerna kommer företagets intresse i arbetet, företagsrespondentens titel och det som sägs under intervjun att tas i hänsyn. Detta för att säkerställa att informationen inte är vinklad för att främja deras egna agenda och perspektiv.

### 3.4.1 Företag 1

För att få en djupare förståelse för hur företag 1 jobbar med den virtuella tvillingen och 3DEXPERIENCE idag, men även för att se hur de skulle kunna dra nytta av dess andra funktioner. Då detta företag även är i uppstartningsfasen av implementerandet av 3DEXPERIENCE kommer frågor angående hur de har implementerat det att diskuteras. Intervjun kommer att genomföras digitalt med tre av deras anställda där en jobbar med metodutveckling för ingenjörer mot plattformar, en med PLM system med inriktning mot konstruktionsdelen och en som jobbar som industrialiseringsprojektledare. Intervjun kommer att transkriberas i efterhand. På grund av de anställdas roller i företaget anser vi att dessa tre personer är kapabla att ge kompetenta svar för att undersöka frågeställningarna på djupet.

### 3.4.2 Företag 2

Intervjun med företag 2 kommer att ske för att få en djupare inblick i hur detta företag använder virtuella tvillingen och 3DEXPERIENCE, men även hur de kan dra nytta av dess andra funktioner. Då det inte är möjligt att träffas och genomföra intervjun i person på grund av geografiska skäl, kommer intervjun att genomföras digitalt för att sedan transkriberas i efterhand. Då personen vi har valt att intervjua jobbar som Manufacturing Technology Manager (Digital operation & VM) anser vi att personen är mer än kapabel att ge kompetenta och kvalitativa svar på de frågor vi ställer.

### 3.4.3 Prodtex

Intervjun med Prodtex kommer att genomföras med Michael Westergren vars titel är Managing Director & Sales och Håkan Theobald vars titel är CCO för att få en djupare inblick i deras arbete. Intressanta områden att fråga om är till exempel hur deras kundbas ser ut, vilka marknader som redan idag använder 3DEXPERIENCE samt den virtuella tvillingen, vilken marknad som använder den mest idag, dess för- och nackdelar och vad de tycker om programmet. Intervjun kommer att genomföras på plats hos Prodtex och transkriberas i efterhand.

## 3.5 Arbetsprocessen

Arbetsprocessen för detta arbete kommer att utformas på följande sätt, först kommer en litteraturstudie att påbörjas inom relevanta områden för att ge en bakgrund till hur industrin ser ut och vilka problem den står inför. Efteråt kommer inhämtning av information från 3DEXPERIENCE Edu påbörjas för att ge en bild av vad den virtuella tvillingen kan bidra med. Detta följs sedan upp med användandet av programmet 3DEXPERIENCE, för att se hur programmet kan användas och vilka funktioner programmet erbjuder. Därefter kommer intervjuer att genomföras med företag, där frågorna kommer att utformas på ett sådant sätt att de tillsammans med litteraturstudien kan besvara våra frågeställningar. Arbetet kommer att avslutas med att diskutera resultatet från dessa för att besvara arbetets frågeställningar.

## 4. Resultat

I detta kapitel kommer resultatet av våra två intervjuer av företag inom tillverkningsindustrin, representerade av kompetenta representanter inom dess 3D-verksamhet, att presenteras. Här kommer även intervjun med representanterna från Prodtex att presenteras.

### 4.1 Företag 1

Företag 1 ingår i en koncern och är verksam i många länder världen över. Detta företag är verksamt inom tillverkningsbranschen och på grund av att de vill vara anonyma har företags namn ersatts av "företag 1".

Företaget har tidigare designat och utvecklat fabriker med hjälp av offline-programmering tillsammans med stöd från ett annat specialiserat företag inom området. Detta arbete påbörjades runt 2014, 2015 och under det första ett, ett och ett halvt åren hade de stora utmaningar med att få värde ur produkterna som de använde från Dassault Systèmes. Förra året påbörjade företaget arbetet med en 3D-modell i 3DEXPERIENCE för deras planerade nya fabrik som lutar mot konceptet virtuell tvilling. Detta gjorde de tillsammans med det tidigare företaget genom att starta ett pilotprojekt där de hjälpte företag 1 att modellera en digital 3D-layout.

En anledning till att företag 1 började använda sig av ett 3D-simuleringsprogram likt 3DEXPERIENCE var för att efterfrågan på 3D data blivit större och större i nedströmsanvändare. Dessa nedströmsanvändare kan återfinnas hela vägen i processen från konstruktör till de som står vid NC-maskiner. Att göra rätt från början innan det testas i verkligheten var även en anledning till varför de började använda ett 3D-simuleringsprogram. Företaget nämner även att det var svårt att tolka 2D-ritningar och därmed var 3D-modeller en självklar övergång när det blev tillgängligt.

Företag 1 beskriver hur den virtuella tvillingen kan bidra till att öka värdet för deras kunder, genom att kvaliteten på deras produkter ökar. De största vinsterna återfinns dock genom besparingar i produktionen, vilket kan leda till ett lägre pris för kunden. Detta genom att företag 1 till exempel kan säkerställa att flödet funkar optimalt och att det uppstår färre störningar. Det är även lättare med hjälp av en virtuell tvilling att monitorera flödet på ett bra sätt och att identifiera när underhållsservice behövs. 3DEXPERIENCE och den virtuella tvillingen underlättar kommunikationen mellan de olika parterna i design av fabriken och dess flöde. Anledningen till detta är för att det inte kräver lika många loopbacks mellan varandra och att allt kan valideras digitalt. Kommunikationen med leverantörer blir även lättare eftersom de kommer åt samma data och kan dela deras data, vilket minskar ledtiden i processen mycket.

Företag 1 har upptäckt en utmaning med användandet av en digital fabrik, vilket är förändringsledningen. Företaget har gamla inarbetade processer och arbetssätt som behövs skrotas eller ändras. På grund av pilotprojektet med att modellera en digital 3D-layout har mycket data som funnits i 2D blivit utdaterad. Denna satsning kan bli dyr för företaget om det inte lyckas och en del av att minska risken är att få med sig intresset för tekniken i hela företaget. Detta är i vissa fall inte helt lätt eftersom det är nytt och oprövat i mångas ögon. Enligt företag 1 är en annan utmaning med implementeringen av en digital 3D-modell att man inte bara kan gå ut i fabriken och fixa till något med hjälp av en "vinkelslip", som en av respondenterna uttryckte det. Nu behöver man validera det i 3D innan man kan ändra det i verkligheten, vilket är en förändring mot tidigare. Trots att dessa förändringar är komplicerade ser företaget att ett stort intresse finns, på grund av att 3D är intressant och lättsmält som för med sig fler kompetensgrupper.

Företaget tror att den digitala fabriken kommer att hjälpa dem att snabbare anpassa sin produktion till förändrande marknadsförhållanden och kundkrav. Innan de jobbade med 3D-validering gjordes all prövning fysiskt, vilket krävde mycket tid och inköp av prylar. Med hjälp av den nya tekniken kan de göra kollisionsanalyser och se till att allting passar ihop virtuellt. Detta gäller även för säkerhets- och ergonomistudier angående olika skydd, belysningar, skyltar, säkra gångar och liknande som går att simulera i förväg.

## 4.2 Företag 2

Ett företag, som på grund av önskad anonymitet namngivits "företag 2", ingår i en av Sveriges största koncerner. Detta företag är aktivt inom tillverkningsbranschen och har ett antal fabriker runt om i Sverige, men även i andra länder i världen.

Innan företag 2 började använda 3DEXPERIENCE använde de sig av Dassault Systèmes gamla system PPR Hub. Då licenserna till detta system ska ha varit dyra medförde det att väldigt få personer på fabrikena hade tillgång till det och detta ihop med att systemet började bli gammalt togs beslutet att byta. De plattformar som de funderade på att byta till var Dassault Systèmes 3DEXPERIENCE, Siemens och PTC men då PTC inte erbjöd stöd för "body in white" så föll detta bort. Efter en utvärdering mellan Dassault och Siemens för valet på Dassault. Detta då denna plattform ansågs vara mer kompetent då den var betydligt mer intuitiv och lättanvänd för användaren. Företag 2 säger att de gör allt i 3DEXPERIENCE och använder det bland annat till att jobba med issues och tasks, skapa 3D layouter, offline robotprogrammering och tool design. Företag 2 nämner även att deras projektider för ett nytt projekt hela tiden blir kortare och kortare och att kraven på kvaliteten hela tiden höjs.

Företag 2 fortsätter med att säga att den största vinsten av att använda 3DEXPERIENCE egentligen inte är att det är ett bättre simuleringsverktyg än andra plattformar, utan att man gör mindre misstag, man vet att man tittar på korrekt samt att datan är uppdaterad. Detta minimerar risken för att man gör saker två gånger när man bara behöver göra det en gång samt att det är lätt att kommunicera kring det kontext man jobbar med. Företag 2 nämner även några fördelar med den virtuella tvillingen som till exempel att kommunikationen mellan olika parter inom företaget förbättras. Detta då i princip vem som helst, så länge man har tillgång till web-browsern, kan ta upp och titta på datan. En annan fördel är att man kan ta mindre risker när det kommer till installation av produkten för första gången, då kvaliteten på produkten är högre samt att man kan göra flödessimuleringar på det i förväg. Man kan även förbättra sin energikonsumtion genom att bland annat kika på mer effektiva banor för robotar, men de säger att de inte riktigt har kommit så långt i utvecklingen än. Den största vinsten menar företaget är att man arbetar snabbare och tidsvinsten av detta är en aspekt till hur de har lyckats öka sin effektivitet samtidigt som de har minskat deras kostnader. Förutom en ökad effektivitet och minskad kostnad för sin produktion så bidrar även den virtuella tvillingen till en minskad "time to market", en ökad kvalitet samt mer stabila processer och produktionsprocesser.

Företag 2 fortsätter med att nämna att allt det de gör digitalt är för att säkra kvalitet och att den virtuella tvillingen ska vara så lik som möjligt till den verkliga världen, då det är billigt att göra fel digitalt men väldigt dyrt i den fysiska världen. Men enligt företaget finns det några utmaningar med implementeringen av den virtuella tvillingen. En av dessa menar företag 2 är "change management", alltså att få folk att vilja utvecklas och ändra arbetssätt. Enligt företaget spelar ålder ingen större roll utan att det är personens personlighet som avgör hur fort förändringshastigheten är. Dock har företaget märkt att folk som snart ska gå i pension tenderar att vara svårare att ändra inställning på. För att lösa detta har företaget fokuserat på att försöka skapa ett behov av förändring genom att visa vilka fördelar förändringarna kan medföra istället för att tvinga på förändringarna till de anställda. En annan utmaning är enligt företaget integreringen av all insamlad nutidsinformation, då det är lätt att det blir två världar av det hela. Detta eftersom man först sitter och jobbar med simuleringar på hur man tror någonting kommer att funka, men sedan när man får den verkliga datan från sensorer och "big data" kan det bli två olika världar. Utmaningen ligger alltså i att få dessa att gå ihop. En tredje utmaning som företag 2 tar upp är skapandet av ett effektivt system som kräver få uppdateringar och menar på att det krävs mer support och stöd i mjukvarorna som hjälper användaren med till exempel fixturer och layouts.

Om 10 år tror företaget att de kommer att ha satt basen för implementerandet av den virtuella tvillingen samt att många steg kommer att ha förenklats. Företaget hoppas på att de stora plattformarna har utvecklat olika plugin-program som förenklar arbetet. Detta då så fort företaget idag tar ut datan för att använda i en extern mjukvara så är datan gammal, vilket för tillfället är ett problem. Respondenten tror

även att företaget kommer jobba mer digitalt och att de kommer ha mer automatiserade saker som hjälper företaget med placering av CAD mot scan, skapandet av layouter och liknande hjälpmedel.

De framgångsfaktorer och bästa praxis som företaget har upptäckt är två faktorer. Den första faktorn är att man inte ska försöka tvinga på och trycka ut förändringen. Istället ska man börja med att försöka skapa ett behov av förändringen, vilket som nämnt innan var en av utmaningarna med integreringen av den virtuella tvillingen. Den andra faktorn är att det är viktigt att ha en bas i sitt arbete. Respondenten tar upp ett exempel där han menar på att man inte kan börja med att bygga kyrktornet utan att man först måste bygga grunden.

Respondenten för företag 2 fortsätter med att berätta om hur 3DEXPERIENCE kan hjälpa till att öka hastigheten på de processer han jobbar med. Detta då 3DEXPERIENCE erbjuder möjligheten att koppla ihop de 4 olika träderna, EBOM, MBOM, processtegen och layouten. Respondenten fortsätter med att denna möjlighet ihop med spårbarheten som 3DEXPERIENCE erbjuder har lett till en extrem ökning i kvalitet och att värdet som detta skapar är högt. Utöver detta nämner även respondenten hur den digitala fabriken kan hjälpa företaget att anpassa produktionen efter förändrade marknadsförhållanden och kundkrav. Detta genom att de personer som är ansvariga för området, även om det nödvändigtvis inte är dem som gör förändringen, kan se sin layout, virtuella del samt processteg. Om dessa personer ser att förändringen är rätt, går det snabbare att genomföra förändringen eftersom då kan man ta ut en gren från projektet och göra tre olika förändringsförslag samtidigt. Utav dessa tre väljs det bästa förändringsförslaget och det andra två skrotas. Detta görs för att öka kvaliteten genom hela projektet och då man alltid lämnar ifrån sig en så bra förändring som möjligt till nästa team. Respondenten fortsätter med att säga att de inte riktigt är där än, men att de hela tiden tar små steg för att nå hit.

Företag 2 nämner även att de har kikat på virtuell driftsättning men att det i nuläget är för mycket jobb för att få det att funka. Respondenten fortsätter med att de ser att man kan dra jättestor nytta av det men att det först behövs göras en del förbättringar när det kommer till standardisering.

Avslutningsvis nämner respondenten att om man ska börja med något nytt bör man fundera på vilket värde man får ut av det, då inget är gratis. Respondenten fortsätter med att om man ska investera i en virtuell tvilling bör man göra det när man köper en ny lina eller bygger ett nytt område. Detta eftersom man då kan få in all rådata och göra det rätt från början, för att sedan få ut maximalt med värde. Som sista kommentar nämner respondenten att om man ska investera i detta, bör man veta vad man sysslar med samt att man frekvent måste arbeta med det.

## 4.3 Prodtex

Prodtex är ett företag som erbjuder mjukvarulösningar och konsulttjänster för att effektivisera sina kunders processer och procedurer (Prodtex, u.å). Detta gör dem genom sina fyra olika kontor som ligger i tre olika länder. Två av dessa 4 kontor ligger i Sverige, ett i Göteborg och ett i Olofströms. De andra kontoren är lokaliserade i Ulsteinvik i Norge och Bristol i England. Prodtex har mestadels alltid jobbat med 3D-layouter. Nuförtiden försöker de att sammankoppla processplaneringen med 3D-layouten samt utforma processplaneringen tillsammans med produkterna. Prodtex kunder är till exempel Jaguar, Land Rover och Minesto.

Företag som utvecklar och producerar sina egna produkter anser Prodtex kan dra stor nytta av att använda en virtuell tvilling eller 3D-simuleringsprogram. Företag med väldigt komplicerad tillverkning kan även dra nytta av tekniken och det är inte bara fordonsindustrin som det appliceras på. H&M, reseföretag, byggföretag och energiföretag är exempel på andra organisationer som har använt eller använder detta till sin fördel.

Prodtex nämner att man måste titta från början till slut vilka fördelar en virtuell tvilling medför för att skapa värde för sina kunder. Jaguar och Land Rover använde tidigare flera olika program där man behövde importera och exportera data mellan och då kunde information försvinna eller dupliceras. Ett program, likt 3DEXPERIENCE som Prodtex använder, sammanför allt på en plattform med samma data.

Kommunikationen med leverantörer underlättas med hjälp av en virtuell tvilling och 3D-simuleringsprogram, men om företagen inte använder 3DEXPERIENCE eller har gamla versioner så kan det bli problematiskt. Programmet kommer med en ganska stor kostnad, men idag kan man hyra mjukvaran istället för att köpa dyra licenser. Företaget anser dock att denna kostnad övervägs snabbt av de besparingar man gör genom hela processen och bidrar till att skapa värde för kunden genom ett billigare pris på slutprodukten. Den ansvarige för det kommersiella i Prodtex beskriver hur programmet även ökar försäljningen och inte bara minskar kostnaderna i produktionen.

Enligt Prodtex är de största fördelarna som den virtuella fabriken medför att när den faktiska produktionen är igång, kraschar systemet inte lika ofta. Att kunna testa och validera mer eller mindre allting i datasystemet innan sparar mycket pengar och tid. Företaget nämner även att den största fördelen med 3DEXPERIENCE är att den är molnbaserad och att man inte behöver importera och exportera data, vilket underlättar interaktionerna enormt.

En utmaning med att implementera och dra nytta av den virtuella tvillingen anser Prodtex vara att många företag fortfarande jobbar med 2D. Då kan de få det att funka, men att det inte är tillräckligt precist. En annan utmaning med implementeringen är organisationen och att människorna i dem har olika stora

intressen för att jobba i 3D. Det spelar inte så stor roll hur gamla de är, utan det handlar om människornas intresse och attityd till tekniken. Prodtex anser att man behöver träna alla till en grundläggande nivå och de nämner att många företag enbart har en liten andel som är kunniga inom området.

Avslutningsvis svarade Prodtex på frågan hur de tror att de kommer att jobba med det här om 10-15 år. De anser att det är extremt svårt att spekulera i det eftersom att teknikutvecklingen är så extrem idag. Samtidigt har programmeringen av simuleringsteknik inte ändrats på länge, vilket ytterligare försvårar spekuleringen. Till sist vill företaget tillägga att det enbart handlar om "när" företag går över till 3D-simulering om de ska hänga med i utvecklingen, annars blir det tufft att överleva i dagens tuffa konkurrens.

## 5. Slutsats och Diskussion

Efter genomförandet av våra litteraturstudier och intervjuer kan några intressanta diskussioner genomföras och slutsatser dras angående våra frågeställningar. Under undersökningens gång har det blivit klart att olika parter använder olika benämningar för den virtuella tvillingen. Tao m.fl., (2019) benämner den som den digitala tvillingen men beskriver den som en virtuell tvilling. Då den virtuella tvillingen är en digital tvilling som fått verklig data implementerad i sig och att alla respondenter under intervjuerna pratar om den virtuella tvillingen kommer härnäst allt att benämnas som den virtuella tvillingen, trots att både Tao m.fl., (2019) och Dassault Systèmes (2020) benämner den som den digitala tvillingen.

### 5.1 Hur kan industrin dra nytta av den virtuella tvillingen?

Efter att ha genomfört litteraturstudien blev det uppenbart att det finns många fördelar med att använda en virtuell tvilling som industrin kan dra nytta av.

Dassault Systèmes ( u.å.) skriver som nämnt innan att några av fördelarna är ökad effektivitet och kvalitet samt reducerad produktionstid. Utöver detta skriver de även att den kan leda till förbättrad standardisering, kommunikation både inom och utom företaget samt en bättre kunskapsbevarande i företaget. Detta eftersom den virtuella tvillingen lever i en virtuell värld och därför är tillgänglig för alla de olika parterna som är inblandade. De olika parterna kan även säga sitt och komma med förbättringar samt lägga in sin data i systemet, vilket medför att personens kunskap finns kvar även om personen slutar. Däremot är den största fördelen med användandet av den virtuella tvillingen att den erbjuder möjligheten att göra upprepade tester på de förändringar man vill genomföra innan de utförs i verkligheten. Detta gör att företaget kan reducera sina kostnader rejält då det är billigt att ändra i den virtuella tvillingen jämfört med i verkligheten.

Ytterligare fördelar är att man kan testa olika designar utan att behöva bygga en ny fysisk prototyp varje gång, vilket reducerar kostnader samt att man kan minimera sitt risktagande och planera sin produktion i förväg (Dassault Systèmes , u.å.).

Dassault Systèmes (2020) fortsätter detta med att säga att den virtuella tvillingen kan förbättra arbetarens arbetsförhållanden då den kan förbättra säkerheten och hälsan genom att simulera hur arbetaren kommer att röra sig. Detta medför att man kan designa arbetsplatsen på ett säkert och ergonomiskt sätt som säkerställer att arbetarens säkerhet och hälsa på arbetsplatsen. Den bidrar även till en ökad flexibilitet i produktionen då den kan simulera förändringsprocessen. Detta medför att den kan utveckla det mest optimala sättet att genomföra förändringen för att fabriken driftstopp ska vara så kort som möjligt. Den sista fördelen som Dassault Systèmes tar upp är möjligheten att använda sig av sensordata. Detta ger

användaren möjlighet att integrera nutidsdata från det verkliga systemet till den virtuella tvillingen i den virtuella världen. Tao m.fl. (2019) artikel stödjer många av de nämnda fördelarna då den säger att den kompletta virtuella tvillingen kan underlätta kommunikation, öka pålitligheten samt öka effektiviteten av systemet, då den kompletta virtuella tvillingen skapar nya tjänster.

Under intervjuerna beskriver samtliga tre respondenter att en av de största fördelarna med 3D-simuleringsprogram som 3DEXPERIENCE är att kunna planera hela produktionen i förväg. Detta leder till möjligheten att göra besparingar i produktionen på grund av att till exempel kunna säkerställa ett optimalt flöde med så få störningar som möjligt. Prodtex och företag 2 nämner även att stora tidsbesparingar är ett resultat av att kunna simulera och utveckla allt i 3D, vilket även leder till en lägre kostnad. Anledningen till dessa tidsbesparingar säger samtliga företag att det till stor del grundar sig i att all data finns på en och samma plats i molnet. Det eliminerar den långdragna importeringen och exporteringen av data som ofta kan leda till att den försvinner eller dupliceras. På grund av att all data finns på samma plattform förenklas även kommunikationen inom företaget och alla övriga parter som till exempel leverantörer, enligt samtliga respondenter. Speciellt eftersom 3DEXPERIENCE, i detta fallet, har kommunikationskanaler genom dess plattform och att mer eller mindre vem som helst i företaget med tillgång till datan kan se den när som helst. Kvaliteten på produkterna, framförallt vid första installation, ökar även enligt företagen, vilket minskar produktionstiden.

Det kom fram en del fördelar under intervjuerna som inte alla nämnde gemensamt, men som kan anses som relevanta. Till exempel nämner företag 1 hur de tidigare hade genomfört all dess prövning fysiskt, vilket kostade mycket i tid och i inköp. Att istället kunna validera allting digitalt och se att det passar ihop innan det byggs fysiskt gör att mycket redan är vunnet. Företag 1 belyser även hur det är lättare att tolka 3D-ritningar än 2D-ritningar, framförallt för de som inte är utbildade eller kunniga inom området. Därmed kan fler ge sin input och hjälpa till att optimera samtliga områden inom en organisation. Till sist beskriver de hur monitoreringen av flödet och att kunna identifiera när underhållsservice behövs underlättas med hjälp av en virtuell tvilling i ett 3D-simuleringsprogram. Företag 2 framför hur spårbarheten i 3DEXPERIENCE och en virtuell tvilling har lett till en extrem ökning i kvalitet. Avslutningsvis uppger Prodtex att med hjälp av programmet ökar även försäljningen och inte bara kostnadsreduceringar i produktionen.

Under intervjuerna blev det tydligt att det inte bara finns fördelar med implementeringen av den virtuella tvillingen utan att det även finns några potentiella utmaningar. Både företag 1 och företag 2 nämner under intervjuerna att de stött på motstånd i form av förändringsledning under implementeringen av den virtuella tvillingen. Företag 1 säger att detta beror på att de måste skrota inarbetade processer och arbetssätt samt att det finns mycket gammal 2D-data som blir utdaterad om de övergår till 3D-layouter. Denna satsning kan även bli dyr för

företaget om de inte lyckas att implementera den på ett effektivt sätt. Företag 2 säger att det i deras fall beror på att folk inte vill utvecklas och ändra sitt arbetssätt. De säger även att de inte spelar någon större roll vilken ålder personen har utan att det är dess personlighet som är avgörande. En annan utmaning enligt företag 1 är att man inte längre kan gå ut och ändra något i fabriken utan att man först måste validera det i 3D, vilket är ett nytt arbetssätt för dem. Två andra utmaningar med integreringen av virtuella tvillingen är enligt företag 2 att det lätt kan bli två olika världar. I den första världen är systemet som man tror de kommer att funka och den andra hur det faktiskt funkar med verklig data från sensorer och "big-data". Den andra utmaningen är att det är svårt att skapa ett effektivt system som kräver få uppdateringar. Förutom dessa utmaningar nämner även Prodtex att en nackdel är att licenskostnaden för 3DEXPERIENCE är dyr, men att nya moderna lösningar finns för att lösa detta problem. Man kan idag hyra mjukvaran istället för att behöva köpa den vilket reducerar kostnaden.

Industrin kan dra stor nytta av den virtuella tvillingen från de identifierade fördelarna och anses av Prodtex vara ett nödvändigt steg för att kunna konkurrera på marknaden. Företag 2 antyder att deras projektider hela tiden förkortas och att "time to market" minskas. Tillsammans med den påstådda konstanta förhöjningen av kvalitet som företag 2 nämner, kan man dra slutsatsen att även de ser den virtuella tvillingen som ett måste i denna industrin.

Intervjuerna och litteraturstudierna har alla belyst de tidsbesparingar företag i industrin kan göra med hjälp av en virtuell tvilling och detta är en viktig slutsats som dras. Detta på grund av både effektivisering av flödet i fabriken samt att kunna validera allting virtuellt, vilket samtliga källor av information har bekräftat. Till exempel understryker företag 1 den minskade ledtiden för en produkt och ett system genom att pröva det digitalt istället för fysiskt. Ytterligare ett exempel är att all data som behövs finns på samma plattform där alla parter, inklusive leverantörer, kan föra in deras senaste data. Detta förenklar och kortar ner kommunikationen med samtliga berörda parter i produktionen och bidrar till tidsbesparingarna. Alla tre intervjuer samt Tao m. fl. (2019) och Dassault Systèmes nämner även stabilare processer och färre misstag som ett resultat av den virtuella tvillingen, vilket leder till färre stopp i produktionen.

3D-simuleringar genom en virtuell tvilling leder enligt alla de intervjuade företagen samt Tao m. fl. (2019) och Dassault Systèmes till ett mer optimalt flöde och effektivare produktion. Detta minskar kostnaderna och ökar produktiviteten mycket, vilket tillför större vinster. Lägg till att enligt samtliga av dessa källor, som nämnts tidigare, blir systemet mer stabilt med färre produktionsstopp vilket ytterligare bidrar till större vinster. Ur detta kan man dra slutsatsen att industrin kan dra stor nytta ekonomiskt av att använda sig av en virtuell tvilling.

Att kunna planera hela produktionen i förväg, förenklad kommunikation både i och utanför företaget, ökad kvalitet samt möjligheten att kunna simulera systemet nämns i alla intervjuer. Därmed kan man dra slutsatsen att dessa fördelar är av väldigt stor betydelse för företagen i industrin och att dessa fördelar är de som gynnar dem mest.

En av de industrier som skulle kunna dra stor nytta av den virtuella tvillingen är robotindustrin. Detta då Hägele m.fl. (2016) skriver att en av deras största kostnader för tillverkningen är produktmonteringsprocessen, då den utgör upp till 80% av produktens totala tillverkningskostnad vilket nämndes tidigare i delkapitlet 2.3. Den virtuella tvillingen kan hjälpa till att minska dessa kostnader. Detta eftersom en av dess största fördelar enligt alla tre företag som vi intervjuat, är att man kan planera hela produktionen i förväg.

Som nämnts tidigare, skriver Hägele m.fl. (2016) även att denna industri har en utmaning angående integrationen mellan olika robotstationer, vilket är något som den virtuella tvillingen kan hjälpa till med. Detta då företag 1 nämner att en av fördelarna med den virtuella tvillingen är att man kan simulera och validera allting digitalt innan man bygger den fysiska stationen. Detta medför att man kan se om allting samspelar och om det inte gör det kan ändringar genomföras i den virtuella tvillingen, vilket enligt alla intervjuade företag är väsentligt billigare än att behöva göra det i verkligheten.

Som Heimann och Guhl (2020) beskriver är en svårighet för småföretag i denna industri robotprogrammeringen. Detta då programmeringen ofta kräver en expert då den är både komplicerad och tidskrävande. Företag 2 nämner dock i sin intervju hur detta problem kan förenklas. Respondenten nämner att företag 2 använder den virtuella tvillingen för att genomföra offline-programmering. Detta backas av Heimann och Guhl (2020) då offline-programmering, som nämnts innan, kan göras i en extern mjukvara som simulerar roboten i en virtuell miljö. Detta betyder att programmeringen av roboten kan påbörjas redan innan den fysiska roboten är byggd vilket kan reducera installationstiden

## 5.2 För vilka intressenter kan den virtuella tvillingen skapa värde?

När det kommer till att så ut maximalt värde av den virtuella tvillingen är det en aspekt som inte ska föraktas. Företag 2 nämner den under sin intervju och är, för att få ut maximalt värde av den virtuella tvillingen bör man investera i den antingen när man köper en ny lina eller bygger ett nytt område. Detta eftersom man då kan se till att göra rätt från början och lägga grunden för arbetet samt att man kan få in all den rådata som behövs.

Den virtuella tvillingen kan skapa värde för ett antal parter, både i och utanför företaget. Både företag 1 och Dassault Systèmes (2020) nämner att den virtuella tvillingen kan användas för att simulera hur arbetaren rör sig, vilket medför som nämnts innan att arbetsplatsen kan designas på ett ergonomiskt och säkert sätt. Då den virtuella tvillingen erbjuder denna möjlighet får den ett väldigt högt värde för arbetaren då den kan säkerställa att arbetaren inte skadar sig eller sliter ut sig på arbetsplatsen. Då företag 1 även nämner att många anställda anser att det är lättare att tolka 3D-ritningar framför 2D-ritningar kan även okunniga inom området vara med och ge förbättrings alternativ. Detta kan leda till en förhöjd arbetstillfredsställelse bland anställda samt att företaget gynnas då de kan få information som de kanske inte annars hade fått.

Ett annat sätt den virtuella tvillingen kan skapa värde genom, är att den erbjuder användaren möjligheten att planera hela produktionen i förväg, vilket leder till att stora besparingar kan göras i produktionen. Detta leder till att företaget kan sälja sin produkt till ett lägre pris, vilket skulle kunna medföra att de blir mer konkurrenskraftiga och därmed kan ta mer marknadsandelar. Om företaget skulle välja att gå den vägen skulle även deras kunder tjäna på implementeringen, men företaget skulle även kunna sälja produkten till samma pris som innan, men då produkten kostar mindre att tillverka skulle företaget tjäna mer pengar per produkt. Detta är en av de aspekter som alla tre intervjuade företag nämner som en av de största fördelarna med användandet av den virtuella tvillingen och detta backas även av Dassault Systèmes (u.å.). Utöver detta kan den ökade spårbarheten som företag 2 nämner att den virtuella tvillingen erbjuder hjälpa till att öka kvaliteten. Detta då man kan bevaka flödet och identifiera när underhåll på stationerna samt maskinerna bör genomföras. Detta leder till att kunden får en bättre produkt i slutändan samt att fabriken driftstopp kan minimeras.

Förutom detta bidrar även den virtuella tvillingen till att stora tidsbesparingar kan göras då den erbjuder möjligheten att simulera och utveckla systemet i 3D, vilket gynnar företaget. Anledningen till varför dessa tidsbesparingar kan göras är enligt Prodtex och företag 2 som nämnt innan, att all data finns tillgänglig i molnet för samtliga berörda parter både i och utanför företaget som till exempel deras leverantörer. På grund av att deras leverantörer kan se den virtuella tvillingen skulle de kunna uppdatera den med aktuell data som till exempel förändringar i produktspecifikationen. Prodtex nämner även att program som 3DEXPERIENCE som bygger på den virtuella tvillingen även kan öka försäljningen för ett företag och inte bara reducera kostnaderna för produktionen. Om försäljningen ökar behöver företaget producera mer produkter för att möta kundefterfrågan, vilket medför att de kommer behöva köpa in mer material från deras leverantörer. Detta medför att den virtuella tvillingen inte bara kan öka försäljningen för företaget som använder den utan även för företagets leverantörer.

Ytterligare en aspekt som bidrar till ett ökat värde i den virtuella tvillingen är det som företag 1 nämnde, att man kan validera systemet och se att alla komponenter i det samspelar med varandra innan man bestämmer sig för att fysiskt bygga det. Detta leder till att företaget kan spara in på massvis av tid och kostnader i form av inköp. Då företaget sparar in tid i utvecklingsfasen av bygget av fabriken eller systemet kan företaget börja producera tidigare, vilket betyder att de kan ta sin idé till färdig produkt snabbare. Detta kan i sin tur leda till att företaget lyckas ta mer marknadsandelar, speciellt om det är på en ny marknad eller om det gäller ny teknik. Då företaget även sparar in pengar i utvecklingen och produktionen av produktionslinan blir dessa kostnader inte lika stora, vilket medför att produkten kan säljas till ett minskat pris vilket både gynnar företaget i form av potentiellt större marknadsandelar samt kunderna i form av att produkten har ett lägre pris. Detta backas även av Dassault Systèmes (u.å.), då de säger att företaget kan reducera sina kostnader dramatiskt genom att utföra upprepade tester av systemet. Detta då det är väldigt billigt att göra förändringar i den virtuella tvillingen jämfört med vad det är i verkligheten.

Slutsatsen vi kan dra efter denna diskussion är att de intressenter som den virtuella tvillingen skapar värde för är företagets arbetare, företaget som helhet, företagets slutkund och företagets leverantörer. Dock finns det en intressent som gynnas mer än de andra och det är företaget som använder den virtuella tvillingen. Detta eftersom den skapar värde för till exempel leverantören och slutkunden, men att den skapar mer värde för företaget som använder den. De bestämmer i sin tur hur mycket de vill dela med sig av värdet till kunderna genom ett lägre pris eller liknande.

## 6. Framtida forskning

För framtida studier hade det varit intressant att kolla på hur virtuell driftsättning kan användas för att öka värdet för industrin. Detta då företag 2 säger i sin intervju att de ser att man kan dra väldigt stor nytta av den, men att det för tillfället är för besvärligt att åstadkomma. De fortsätter med att säga att de anser att det behövs göras en del förbättringar i standardisering för att göra den mindre besvärlig. Anledningen till varför det hade varit intressant att kolla på detta är på grund av fördelarna som Vermaak och Niemann (2017) nämner i sin artikel, som presenterades tidigare i delkapitel 2.4.

Ett annat område som hade varit intressant att undersöka är om den virtuella tvillingen kan användas för att minska på svinn i produktionen. Många av de källor samt alla respondenter under intervjuerna säger att den virtuella tvillingen bidrar till en ökad effektivitet, speciellt ur ett tidsperspektiv, så det hade varit intressant att undersöka om den virtuella tvillingen kan bidra till en mer effektiv materialanvändning.

## 7. Källförteckning

Adeoye-Olatunde, O. A., & Olenik, N. L. (2021). Research and scholarly methods: Semi-structured interviews. *Journal of the American College of Clinical Pharmacy*, 4(10), 1358-1367. <https://doi.org/10.1002/jac5.1441>

Dassault Systèmes. (2020). *BEYOND DIGITAL TWIN: Small and medium-sized manufacturers enjoy big-enterprise benefits and ROI with Virtual Twin Experience on the cloud* [Produktblad]. <https://dps-fr.com/wp-content/uploads/2023/07/3ds-2020-cloud-digital-twin-ebook-en.pdf>

Dassault Systèmes. (u.å.). *Perform as a Plant Layout Designer*. 3DEXPERIENCE Edu. [https://eduspace.3ds.com/CompanionManager/up/?&lexType=4&lang=en&lpld=923&cls\\_aud=s&utm\\_source=535\\_5\\_33&utm\\_medium=onl\\_lpt&utm\\_campaign=P923&index.html/#/lp-content](https://eduspace.3ds.com/CompanionManager/up/?&lexType=4&lang=en&lpld=923&cls_aud=s&utm_source=535_5_33&utm_medium=onl_lpt&utm_campaign=P923&index.html/#/lp-content)

Dassault Systèmes. (u.å.). *The 3DEXPERIENCE platform*. Hämtad 2024-04-16 från <https://www.3ds.com/3dexperience>

Dassault Systèmes. (u.å.). *Virtual Twins, Digital Twins and the Metaverse*. Hämtad 2024-04-16 från <https://www.3ds.com/virtual-twin/digital-twins-and-metaverse>

Dassault Systèmes. (u.å.). *Virtual Twin Experiences*. Hämtad 2024-04-16 från <https://www.3ds.com/virtual-twin>

Hägele, M., Nilsson, K., Pires, J.N., Bischoff, R. (2016). Industrial Robotics. I B. Siciliano., O, Khatib. (Red.), *Springer Handbook of Robotics* (s. 1385-1422). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-32552-1\\_54](https://doi.org/10.1007/978-3-319-32552-1_54)

Heimann, O., & Guhl, J. (2020). Industrial Robot Programming Methods: A Scoping Review. *2020 25th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, 1, 696-703. <https://doi.org/10.1109/ETFA46521.2020.9211997>

Tenny S., Brannan J. M., & Brannan, G. D. (2022). Qualitative Study. I *StatPearls*. StatPearls Publishing. <https://europepmc.org/article/NBK/nbk470395#free-full-text>

Vermaak, H., & Niemann, J. (2017). Virtual commissioning: A tool to ensure effective system integration. *2017 IEEE International Workshop of Electronics, Control, Measurement, Signals and their Application to Mechatronics (ECMSM)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ECMSM.2017.7945899>

Tritonia. (2024, 20 maj). *Några ord om Google Scholar*. Hämtad 2024-05-21 från [https://uva.libguides.com/informationssoeking/google\\_scholar](https://uva.libguides.com/informationssoeking/google_scholar)

Prodtex. (u.å.). *About us*. Hämtad 2024-05-01 från <https://www.prodtex.com/about-us/>

Tao, F., Zhang, H., Liu, A., & Nee, A. Y. C. (2019). Digital twin in industry: State-of-the-Art. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(4), 2405-2415. <http://doi.org/10.1109/TII.2018.2873186>

## 8. Bilagor

### Bilaga 1 - Intervju med företag 1

Vi började med att prestera vad vi arbetar med samt ge en kort presentation om vad vi är för personer. Efter det så presenterade respondenterna sig och gav en kort beskrivning om vad de arbetar med. Innan intervjun påbörjades frågade vi respondenten om företaget ville vara anonymt, samt om det var okej att vi spelade in intervjun.

#### **Generella frågor**

1. Hur har ni designat och utvecklat era fabriker tidigare?
2. Varför började ni använda 3DExp/virtuell tvilling?

#### **Frågor kopplade till för vilka intressenter kan den virtuella tvillingen skapa värde?**

1. På vilka sätt kan den virtuella tvillingen bidra till att öka värdet för era kunder?
2. Hur kan den virtuella tvillingen förbättra kommunikationen och samarbetet mellan olika avdelningar inom er organisation men även med externa parter?

#### **Frågor kopplade till hur kan industrin dra nytta av den digitala fabriken så mycket som möjligt?**

1. Vilka är de största för- och nackdelarna med att använda den digitala fabriken för er industri och era produktionsprocesser?
2. På vilka sätt kan den digitala fabriken öka effektiviteten och minska kostnaderna för er produktion?
3. Hur tror ni den digitala fabriken hjälpa er att snabbare anpassa er produktion till förändrade marknadsförhållanden eller kundkrav?

#### **Mer specifika:**

1. Vilka specifika utmaningar och möjligheter ser ni inom er bransch när det gäller att implementera och dra nytta av den virtuella tvillingen och den digitala fabriken?
2. Ser ni något annat användningsområde för den virtuella tvillingen/3D exp?
3. Hur jobbar ni med era leverantörer när det kommer till den digitala tvillingen för att dela ut information?
4. Hur tror ni att ni kommer att jobba med detta om 10-15 år?

#### **Avslutningsfrågor**

1. Är det något du tänker kan vara bra för oss att veta som vi inte har frågat om?

## Bilaga 2 - Intervju med företag 2

Vi började med att prestera vad vi arbetar med samt ge en kort presentation om vad vi är för personer. Efter det så presenterade respondenten sig och gav en kort beskrivning om vad respondenten arbetar med. Innan intervjun påbörjades frågade vi respondenten om företaget ville vara anonymt, samt om det var okej att vi spelade in intervjun.

### **Generella frågor**

1. Hur har ni designat och utvecklat era fabriker tidigare?
2. Varför började ni använda 3DExp/virtuell tvilling?
3. Vet ni någon mer del av ert företag som använder den virtuella tvillingen?

### **Frågor kopplade till för vilka intressenter kan den virtuella tvillingen skapa värde?**

1. På vilka sätt kan den virtuella tvillingen bidra till att öka värdet för era kunder?
2. Hur kan den virtuella tvillingen (3DExperience) förbättra kommunikationen och samarbetet mellan olika avdelningar inom er organisation?

### **Frågor kopplade till hur kan industrin dra nytta av den digitala fabriken så mycket som möjligt?**

1. Vilka är de största för- och nackdelarna med att använda den digitala fabriken för er industri och era produktionsprocesser?
2. På vilka sätt kan den digitala fabriken öka effektiviteten och minska kostnaderna för er produktion?
3. Hur kan den digitala fabriken hjälpa er att snabbare anpassa er produktion till förändrade marknadsförhållanden eller kundkrav?

### **Mer specifika frågor:**

1. Vilka specifika utmaningar och möjligheter ser ni inom er bransch när det gäller att implementera och dra nytta av den virtuella tvillingen och den digitala fabriken?
2. Hur har ni lyckats integrera den virtuella tvillingen och den digitala fabriken i era befintliga processer och system?
3. Vilka framgångsfaktorer och bästa praxis skulle ni rekommendera för andra företag som vill anta liknande teknologier och lösningar?
4. Hur använder ni den digitala fabriken, är det bara för layout planning eller använder ni den för virtuell driftsättning (virtual commissioning), visa för intressenter för att få feedback?
5. Hur jobbar ni med era leverantörer när det kommer till den virtuella tvillingen för att dela ut information?
6. Hur tror ni att ni kommer att jobba med detta om 10-15 år?

### **Avslutningsfrågor**

1. Är det något du tänker kan vara bra för oss att veta som vi inte har frågat om?

## Bilaga 3 - Intervju med Prodtex

### **Generella frågor**

1. Har ni designat och utvecklat era fabriker på något annat sätt tidigare? Eller har ni alltid använt 3DExperience?
2. Vilka typer av företag har ni idag som kunder/intressenter?

### **Frågor kopplade till för vilka intressenter kan den virtuella tvillingen skapa värde?**

1. Vilka intressenter, aktörer eller er bransch anser ni kan dra nytta av användningen av den virtuella tvillingen?
2. På vilket sätt kan den virtuella tvillingen bidra till att öka värdet för era kunder?
3. Hur anser ni att den virtuella tvillingen förbättrar kommunikationen och samarbetet mellan företagen ni jobbar med och dess leverantörer?

### **Frågor kopplade till hur kan industrin dra nytta av den digitala fabriken så mycket som möjligt?**

1. Vilka är de största för- och nackdelarna med att använda den digitala fabriken, både för företagen men även för industrin som helhet?

### **Mer specifika frågor:**

1. Vilka specifika utmaningar och möjligheter ser ni inom industrin men även de företag ni jobbar med när det gäller att implementera och dra nytta av den virtuella tvillingen och den digitala fabriken?
2. Hur tror ni att ni kommer att jobba med detta om 10-15 år?



INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP  
AVDELNINGEN FÖR PRODUKTIONSSYSTEM  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2024  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



**CHALMERS**