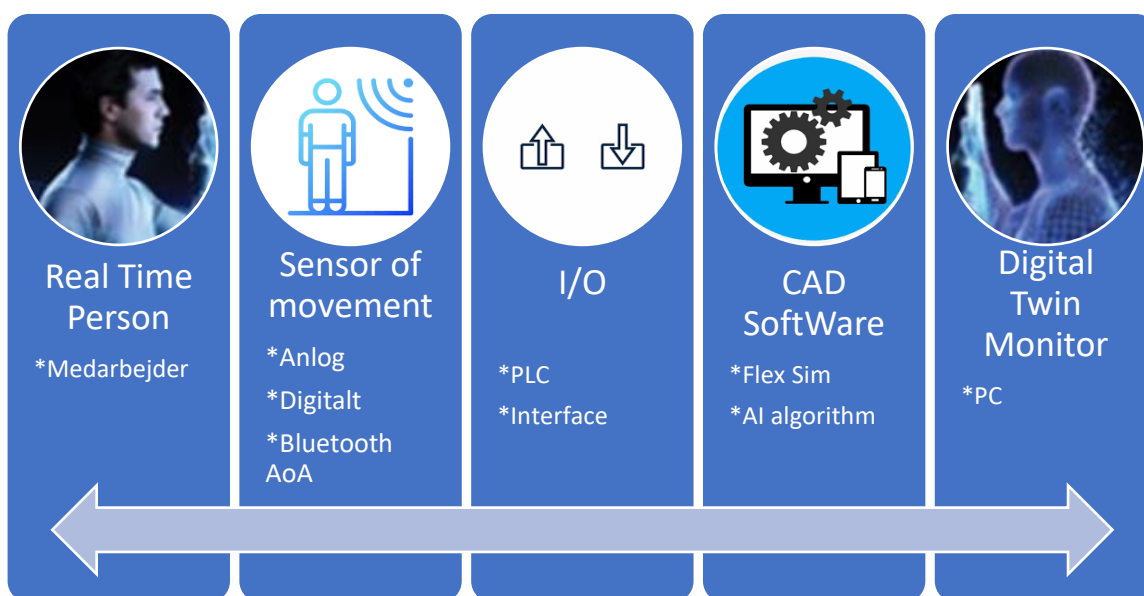


# Digital Twin

## Manuelproces med Digital twin

I en Industri 4.0 kontekst



**Forfatter:**

Henning Rosqvist

Adjunkt ved Zealand Slagelse

[hero@zealand.dk](mailto:hero@zealand.dk)

# Zealand

Dato. 21-12-2022

## Indhold

1. Introduktion.....	3
Samarbejdspartnere .....	3
Udgangspunkt for projektet i eksisterende viden og forskning:.....	3
Forskning- og undersøgelsesspørgsmål: .....	4
De overordnede resultater .....	4
2. Litteratur review / Faglig kontekst.....	5
3. Metode.....	7
4. Analyse.....	7
5. Konklusion .....	10
6. Referencer .....	11

# 1. Introduktion

Projektet skal be- eller afkræfte om det er muligt at etablere en Digital Twin (DT) af en manuel proces i dag. For at afdække dette spørgsmål skal elementer "basis" granskes dvs. Research "Litteratur Review" på, hvorvidt den nuværende teknologi og metode er i stand til at sammenkæde de enkelte "basis elementer" for at skabe en Manuel DT.

Vi forestiller os den ideelle produktionstekniske verden, hvor alt er digitalt "Industri 4.0". Vi sammenkører alle de digitale in -og output-systemer "IoT", og systemet handler på baggrund af dette "IA". Men er det muligt at skabe en digital platform med udgangspunkt i en menneskelig handling i fx en montagelinjeprocess.

Er en DT af mennesket svaret på dette, og er det muligt i dag?

Digital Twin (DT):

En digital tvilling er en virtuel repræsentation, der fungerer som det realtids digitale modstykke til et fysisk objekt eller en proces, dvs. som udgangspunkt maskiner og meget ofte Robotløsninger. Denne videnskabelige tilgang er udviklet tilbage i 2002, i 2010 blev DT anvendt af NASA. DT fra 2010 og frem til i dag er viden bred fx findes artikler under Science Direct.

Dette projekt handler om at afdække en DT med udgangspunkt i en manuel proces.

Dvs. at generelt estimeres manuelle procestider gennem erfaring eller sammenlignelige processer og skøn. En fremtid med Industri 4.0 siger DT med simulering.

## Samarbejdspartnere

Følgende samarbejdspartnere har være involveret i projektet:

**Leverandør af hardware og software:**

FlexSim: <https://www.flexsim.com/>

**Produktionsteknolog uddannelsen:**

Zealand \_ 3. semester studerende:

**Laboratorie i forbindelse med software test:**

Zealand Slagelse: <https://www.zealand.dk>

## Udgangspunkt for projektet i eksisterende viden og forskning:

Projektet skal be- eller afkræfte om det muligt at etablere en DT af en manuel proces.

For at afdække dette spørgsmål skal elementer "basis" granskes dvs. Research "Litteratur Review" på, hvorvidt den nuværende teknologi og metode er i stand til at sammenkæde de enkelte "basis elementer" for at skabe en Manuel DT.

Dvs. at projektet skal favne denne viden "Basis" og be- eller afkræfte teorien om 1:1 Manuel Digital DT

På baggrund af dette er der efterfølgende indsat artikler som findes relevant i forhold til denne Basis.

1. Jf. artikel:

***Design and management of digital manufacturing and assembly systems in the Industry 4.0 era***

**Published: 18 November 2019**

<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00170-019-04595-0>

Artiklen afdækker området for Industri 4.0, her uddybes forskellige tilgange til 4.0. Samtidig er der fokus på Assembly 4.0, det er netop her at dette projekt har inimpact. Jeg finder to henvisninger interessante [52],[57] i forhold til dette projekt.

[52] *VR applications in manufacturing*

*by integrating concepts and studies from training simulations, to the evaluation of assembly training effectiveness and transfer of training.*

[57] *present an assembly validation system that is independent of CAD packages, interoperable and implemented using relatively low-cost and commercially available hardware and software tools.*

Artiklerne behandler Basis for at arbejde digitalt med manuel assembly line.

Under denne research er der ikke consensus for, at dette projekt ikke omhandler en nyhedsværdi.

2. Jf. artikel:

***Assembly system configuration through Industry 4.0 principles: the expected change in the actual paradigms***

**IFAC PapersOnLine 50-1 (2017) 14958–14963**

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896317334754>

*"Industry 4.0 creates what has been called a "smart factory". The possibility to a wide data collection from industrial processes makes possible to act smart action related to the system changes."*

Artiklen behandler 4.0 Smart Factory. Her peges på fx omstillingsparathed, kost-reduktion og hurtigere indkøring af medarbejdere.

I artiklen behandles samkøring af de forskellige Basis elementer for 4.0 "Assembly line" og et teoretisk output.

Under denne research er der ikke consensus, for at projektet ikke omhandler en nyhedsværdi. Dog peger artiklen på evt. teoretisk forventet output af en 4.0 løsning.

## Forskning- og undersøgelsesspørgsmål:

**Postulat:**

Manuelle tidsstudier og skøn til estimering af Opstilling og Cyklustider kan erstattes af en DT.

## De overordnede resultater

Følgende resultater er opnået for at belyse punkt Jf. Forskningsspørgsmål og undersøgelsesspørgsmål.

- 1) Undersøgelse af markedet viser, at ståstedet for en DT 1:1 for en manuel proces er langt fra 100%. Det tætteste på en sådan manuel simulering er en persons gang "transport" fra A-B.

- 2) Undersøgelsen vedr. software og track devices for personens bevægelser begrænser sig til en lokation "placering i rummet" og ikke en 100% 1:1 track af motoriske bevægelser af personen, men er en enkel sensor som indikerer placeringen af personen.
- 3) Analysen viser også, at der er stor forskel på, hvilken type DT der omtales. DT inden for hardware og proceskontrol anses for at være 1:1, i denne case her kan fx flysimulator, processimulering for motor, pumper og styresystemer og Virtual Twins nævnes.
- 4) Jf. Forskning- og undersøgelses spørgsmål kan det ikke bekræftes, at en DT for en manuel proces i alle tilfælde vil kunne erstatte et skøn af cyklus- og opstillingstid. Det kan dog bekræftes, at hvis der kun er tale om processen gang "transport" kan dette simuleres "(1:1) Track". Det er dog ikke entydigt, hvor præcis bevægelsen "gang" kan simuleres i det enkelte tilfælde. Analysen viser, at produkterne på markedet fungerer efter track "placering" dvs. en ikke 100% gengivelse af personens fysiske bevægelser men mere en simulering af tilstedeværelse.

Der henvises til afsnit "Analyse" for at få et mere tilbundsående indblik i resultaterne. De næstfølgende afsnit behandler hvor og hvordan empiri er opnået.

## 2. Litteratur review / Faglig kontekst

### **Videokonference, Artikler og Hjemmesider der indgår i dette paper som basis:**

1. "The Best Way to Predict the Future is to Create"  
<https://www.flexsim.com/videos/the-best-way-to-predict-the-future-is-to-create-it/>
2. Blueiot Real Time Locating System (RTLS)  
<https://www.blueiot.com/>
3. Design and management of digital manufacturing and assembly systems in the Industry 4.0 era  
<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00170-019-04595-0>
4. Assembly system configuration through Industry 4.0 principles: expected change in the actual paradigms  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896317334754>
5. Every Prototype that Led to a Realistic Prosthetic Arm | WIRED  
<https://www.youtube.com/watch?v=UOJ0lkr2SFC>

### **Review artikel 1**

Gennem pilotprojekt har Ricky Hansson, Head of Process Application, Salvagnini Italia S.p.A analyseret anvendelsen af software fra FlexSim jf. Digital Twin i et produktionsmiljø. Omdrejningspunktet var at vurdere den digitale Twin op mod dataopsamling i produktionen. Det essentielle i undersøgelsen er i denne kontekst problemstillingen omkring

Time: 00.11.59 :Viser en tendens til at knowhow fra den nederste del af Resources går tabt i den Digitale Twin.

Time: 00.29.00: Viser at der opnås data som kan understøtte et kostestimat, baseret på den Digitale Twin simulation "Hardware".

Spørgsmål er efterfølgende:

Hvor tæt er dette program på at have en 1:1 simulering ved manuelt arbejde, i dette tilfælde kan en belastning ses for medarbejderen i simuleringen, men er det 1:1 eller minder det mere om en "maskinbelastning jf. en hardware opsætning".

## **Review artikel 2**

*Blueiot Real Time Locating System (RTLS)*

Soft- og hardware løsningen bidrager til at kunne spore "track" en genstand eller person. I forhold til DT er sensor nødvendig for at kunne supplere softwareprogrammet for DT fx FelxSim.

I kontekst til dette paper har tilgangen været at vurdere marked for hardware løsninger, som understøtter muligheden for en 1:1 DT.

Det kan konkluderes, at et software program som behandler DT ikke kan stå alene, sensor teknologien er et vigtigt parameter for at understøtte DT. Det giver derfor også en forståelse for, at sensorteknologi er et af kernelementerne i Industri 4.0 sammen med DT.

## **Review artikel 3**

*Design and management of digital manufacturing and assembly systems in the Industry 4.0*  
Artiklen peger på centrale elementer for at opnå 4.0.

I forhold til [52] VR (Virtual Reality) simulering i forbindelse med manuel proces som kendes fra fx fly simulering "pilotuddannelsen". En simulering vil kunne bidrage til at træne den pågældende person i en realtime proces som fx at lande et fly. I forhold til den DT "manuel" er VR mere tænkt som træning og test af Hardware.

Overordnet set er tanken omkring simulering "træning" at oparbejde sikkerhed for "procedure og Takt "proces-tempo", samt at opnå data på baggrund af en DT for at opnå effektivitet i et produktionsteknisk medføre, fx før et ny produktionstrin implementeres i en produktionslinje.

[57] For at understøtte sammenhængen mellem realtime og CAD kræver det, at software er tilgængelig på et niveau, der taler for at udnytte sensorteknologi eller er i stand til at interface, men også er økonomisk forsvarligt.

## **Review artikel 4**

*Assembly system configuration through Industry 4.0 principles: expected change in the actual paradigms*

Jf. Artiklen fra 2017 er der en klar kobling mellem medarbejderen, hvad enten det er som udvikler eller som montagemedarbejder fremgår det jf. Fig. 4 at sensor og det at kunne bidrage med data spiller en stor rolle for at systemet skal kunne operere med en 4.0 tilgang her under Smart Factory.

Der er tale om netværk IoT (Internet of Things) for at samle data Fig. 4 og 6. I forbindelse med montagemedarbejderen skal det bemærkes jf. Fig. 7 er data "sensor" på medarbejderen følgende: Tilstedeværelse, Navn, Persondata: (Stilling, alder osv.)

## **Review artikel 5**

I afdækning af hvor tæt det muligt at opnå 1:1 simulering, viser research omkring armproteser at udfordringen ligger i at opnå sensor teknologi som er i stand til at levere data til mikroprocessor "software". Ses der kun på protesen og software er der igen opnået en 1:1 i forhold til DT **Hardware**. Dvs. CAD-program kan simulere hardware prototypens bevægelser 1:1.

Denne protese/robotteknologi kan give en parallel til en manuel twin i fx industrien.

### 3. Metode

Viden er opnået gennem Software simulering på visse områder, hvor det har været muligt at få adgang til software.

#### **Punkt jf. Forsknings og undersøgelsesspørgsmål:**

Punktet er belyst ud fra research på markedet.

Det har i den forbindelse været altafgørende at kortlægge hvad der reelt er muligt på stående fod i forhold til DT i en Industri 4.0 kontekst "inden for et afgrænset område", der relaterer sig til dette paper.

Eftersom DT er et enkelt element i 4.0, er det ikke uden væsentlig betydning, eftersom 4.0 er digitalisering. Derfor har metodetilgangen været at vurdere/afprøve software på området, for efterfølgende i analysen at sammenfatte resultatet til en konklusion af forsknings- og undersøgelsesspørgsmålet.

Der opstilles her under konkrete punkter som skal bidrage til denne sammenfatning i analysedelen:

- Afdækning af software som kan analysere en manuel proces
- Afdækning af relaterede produkter på markedet, som kan understøtte sensorteknologi i forhold til track af person/personbevægelser.
- Afdækning af Digital Twin definition

### 4. Analyse

I dette afsnit som omhandler analysen redegøres der for, hvordan metodevalget er anvendt med den hensigt at opnå nyt validt data og viden på de enkelte områder. Der vil derfor være tale om data eller viden, som er opnået gennem research og afprøvning af software.

Ud fra afsnittet Metode opstilles de tre punkter fra afsnittet her under og behandles i den kronologiske rækkefølge.

#### **1) Software FlexSim**

Jf. Review artikel 1 er FlexSim software testes. Ud fra denne test kan det konkluderes at den digitale Twin ikke er en 1:1. Fx vil en manuelproces ikke kunne udføres som hands on proces, dvs. en proces som indeholder finger motoriske elementer, men mere en funktion af en simulering af en manuel proces på hold "standby", dvs. den digitale Twin står stille, mens processen finder sted.

Under simulering ses det også, at den gengivende simulering af fx manuel gang fra A-B i store træk minder om en robot opsætning "bevægelse i akser".

Et eksempel på en sådan simulering kan ses på følgende link:

<https://www.youtube.com/watch?v=VohwSPK1mW4>

Et andet eksempel er fra "FlexSim Core Training Course: Part 1" Time: 01.11.40

<https://www.youtube.com/watch?v=TfH3aR5zFD0>

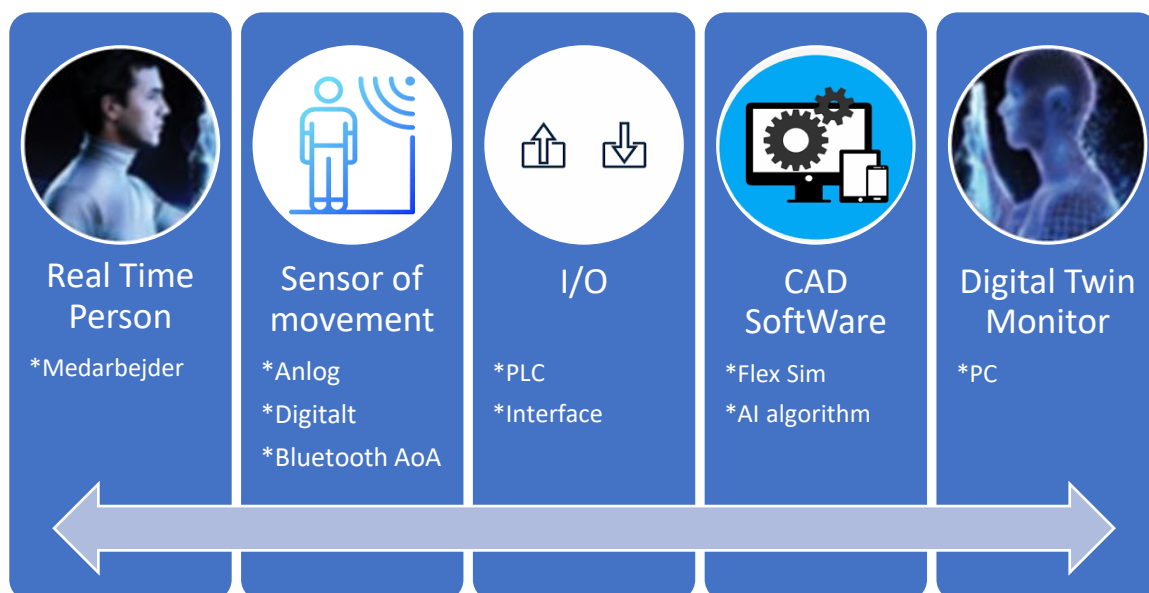
#### **2) Sensor teknologi**

Producenten Blueiot anvender Wifi og Bluetooth teknologi for at opnå real-time location system "track af personer". Selve systemet er opbygget via Software "Brugerplatformen"

og Hardware "modtager og sensor". Systemet kræver at sender "personen er inden for rækkevidden af modtageren", personens lokation kan ses via brugerfladen: basic location system som er enten 3D eller 2D illustration af den bygning som personen er i.

Ud fra en samlet vurdering er teknologien baseret på sporing, som fx ved GPS for at give lokation på et kort. Der er derfor ingen indikationer på at teknologien kan bidrage til mere motoriske bevægelser da den udelukkende er baseret på real-time location Tracking.

Ses der på den mere motoriske sensorteknologi, afdækkes området inden for personer med amputation som anvender robotprotese.



*Every Prototype that Led to a Realistic Prosthetic Arm | WIRED*  
<https://www.youtube.com/watch?v=UOJ0lkr2SFc>

I forhold til dette Papers case, ses dette område (*Prosthetic Arm*) ikke i direkte sammenhæng, da formålet her er en DT som skal afspejle den manuelle ikke amputerede person. Det er derfor vigtigt at se på teknologiudviklingen inden for dette felt for at vurdere, om sensorteknologien her kan bringe med noget nyt ind i industrien med udgangspunkt i 4.0 og sensorteknologi som igen er nødvendig for manuel DT.

Det der ses er ofte prototyper, da produkterne er udviklet til en enkel person, dels pga. udviklingsomkostningerne og at ingen er amputeret ens. Det viser sig ud fra research, at der er sket en teknologiudvikling de sidste 10 år, som har medvirket til mere enkel udvikling af hardware komponenter via 3D print. Sensor- og processteknologien bliver løbende udviklet, bl.a. via forsøgspersoner og dyr.

*Beyond bionics: how the future of prosthetics is redefining humanity*  
<https://www.youtube.com/watch?v=GgTwa3CPriE>

- 3) Den DT har som udgangspunkt skulle repræsentere et faktisk eller tilsigtet fysisk produkt, proces eller IT-system.



### ***The human's digital twin***

Jf. denne artikel kan fremtiden byde på DT inden for simulering af menneskelige lemmer eller organer, der er tale om en repræsentant, som i et tænkt eksempel vil kunne fremskønne et resultat ved at opnå store mængde data på kort tid.

<https://web.s.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=16&sid=3661c465-2767-4211-8b54-8ee03bf8acd2%40redis>

### ***DIGITAL TWINS AND DIGITAL THREADS?***

Denne artikel som så mange andre taler for en repræsentant. Der til skal følgende tilføjes: *The digital twin unites business, contextual and sensor data to represent the physical object.* Jf. artiklen er det ikke nok med en repræsentant, den skal på en måde interagere med omverdenen gennem data fx sensor.

<https://web.s.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=18&sid=3661c465-2767-4211-8b54-8ee03bf8acd2%40redis>

### **IBM**

Soft- og hardware udvikler IBM har også bud på DT.

IBM nævner fire områder:

- Component twins/Parts twins
- Asset twins
- System or Unit twins
- Process twins

Alle har som udgangspunkt det formål at repræsentere et fysisk objekt i forhold til realtime, og i forhold til data fra dette objekt.

<https://www.ibm.com/topics/what-is-a-digital-twin>

Den samme tilgang findes i denne artikel.

### ***Digital Twin in Industry: State-of-the-Art***

*IEEE Transactions on Industrial Informatics ( Volume: 15, Issue: 4, April 2019)*

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8477101>

## 5. Konklusion

1. Jf. Flex Sim simulering muligheder er det muligt at opstille en analyse for en given proces. I forhold til en manuel proces kan det konstateres, at det ikke er muligt at simulere en persons motoriske bevægelse, men at der her er tale om en simulering af personen tilstedeværelse og gang fra A-B.

Software producenten udbyder også produktbaseret Digital Twin: Her under simulering for træning. Det kan konkluderes, at der er tale om en hardware Digital Twin dvs. simulering gennem VR (Virtual Reality) eller Robotteknologi.

2. Sensor teknologien er et vigtigt element for den DT-udvikling, da DT behøver data input. Inden for Realtime track. Det ses at teknologien er bundet op på mindre central sender og modtagerforhold, hvor medarbejderen bærer en sender, som systemmodtageren kan behandle data ud fra, og på den måde registrere personen i rummet.

Sensor i forhold til gengivelse af motoriske bevægelser virker til at være længere fremme inden for teknologi omkring robotproteser. Dette set i kontekst inden for industrien sammenholdt med de udbydere, der eksisterer i industrien i dag. Det er nærlæggende, at industrien ville kunne drage nytte af denne udvikling hvis tanken om en manuel 1:1 DT skal imødekommes.

3. DT som udgangspunkt: at repræsentere et fysisk objekt i forhold til realtime og i forhold til data fra dette objekt.

### Refleksion:

I erkendelse af dette paper`s analyse, står der et centralt spørgsmål tilbage.

### **Er en manuel proces realistisk i forhold til en total industri 4.0 implementeret virksomhed, som arbejder efter Smart Factory koncept:**

- Ud fra et samlet syn på artikler mm. Der er behandlet i dette paper vurderes det, at der ikke er indikationer på, at en manuel DT vi være et mål i sig selv i forhold til udviklingen omkring Industri 4.0. Her er tendensen et Track af medarbejderen og datatastning fra medarbejdernes hånd.
- På baggrund af en betragtning om den ideelle digitale verden i Industri 4.0 kan denne menneskelige indflydelse evt. ses som irrelevant i produktionen. Forstået på den måde, at medarbejderne ikke bliver en del af produktionsgulvet, men i større udstrækning får en servicefunktion i forhold til systemet og hardware. Dette kan være forklaringen på, at der ikke er indikatorer for. at en manuel DT er fremtiden?

Det kan endegyldigt konkluderes, at det ikke har været muligt at efterleve en 1:1 Digital Manuel Twin i en produktionskontekst underlagt industri 4.0 tanken under udarbejdelsen af dette paper.

Der kan pt. ikke imødekommes et komplet tidsstudie for en manuel proces via DT.

Det kan dog påvises, at der via simulering fx via FlexSim kan opnås en simulering af gang mellem den Realtime Person og den Digitale Twin.

## 6. Referencer

1. *Design and management of digital manufacturing and assembly systems in the Industry 4.0 era*  
Published: 18 November 2019  
<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00170-019-04595-0>
2. Assembly system configuration through Industry 4.0 principles:  
the expected change in the actual paradigms  
IFAC PapersOnLine 50-1 (2017) 14958–14963  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896317334754>
3. “The Best Way to Predict the Future is to Create  
<https://www.flexsim.com/videos/the-best-way-to-predict-the-future-is-to-create-it/>
4. Blueiot Real Time Locating System (RTLS)  
<https://www.blueiot.com/>
5. Design and management of digital manufacturing and assembly systems in the Industry 4.0 era  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-019-04595-0>
6. Assembly system configuration through Industry 4.0 principles:  
expected change in the actual paradigms  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896317334754>
7. Every Prototype that Led to a Realistic Prosthetic Arm | WIRED  
<https://www.youtube.com/watch?v=UOJ0lkr2SFc>
8. Simple digital twin implementation (using FlexSim and OpenPose)  
<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=VohwSPK1mW4>
9. FlexSim Core Training Course: Part 1  
<https://www.youtube.com/watch?v=TfH3aR5zFD0>
10. Every Prototype that Led to a Realistic Prosthetic Arm | WIRED  
<https://www.youtube.com/watch?v=UOJ0lkr2SFc>
11. Beyond bionics: how the future of prosthetics is redefining humanity  
<https://www.youtube.com/watch?v=GgTwa3CPriE>
12. The human's digital twin  
<https://web.s.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=16&sid=3661c465-2767-4211-8b54-8ee03bf8acd2%40redis>
13. DIGITAL TWINS AND DIGITAL THREADS?  
<https://web.s.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=18&sid=3661c465-2767-4211-8b54-8ee03bf8acd2%40redis>
14. IBM  
<https://www.ibm.com/topics/what-is-a-digital-twin>
15. *Digital Twin in Industry: State-of-the-Art*  
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8477101>