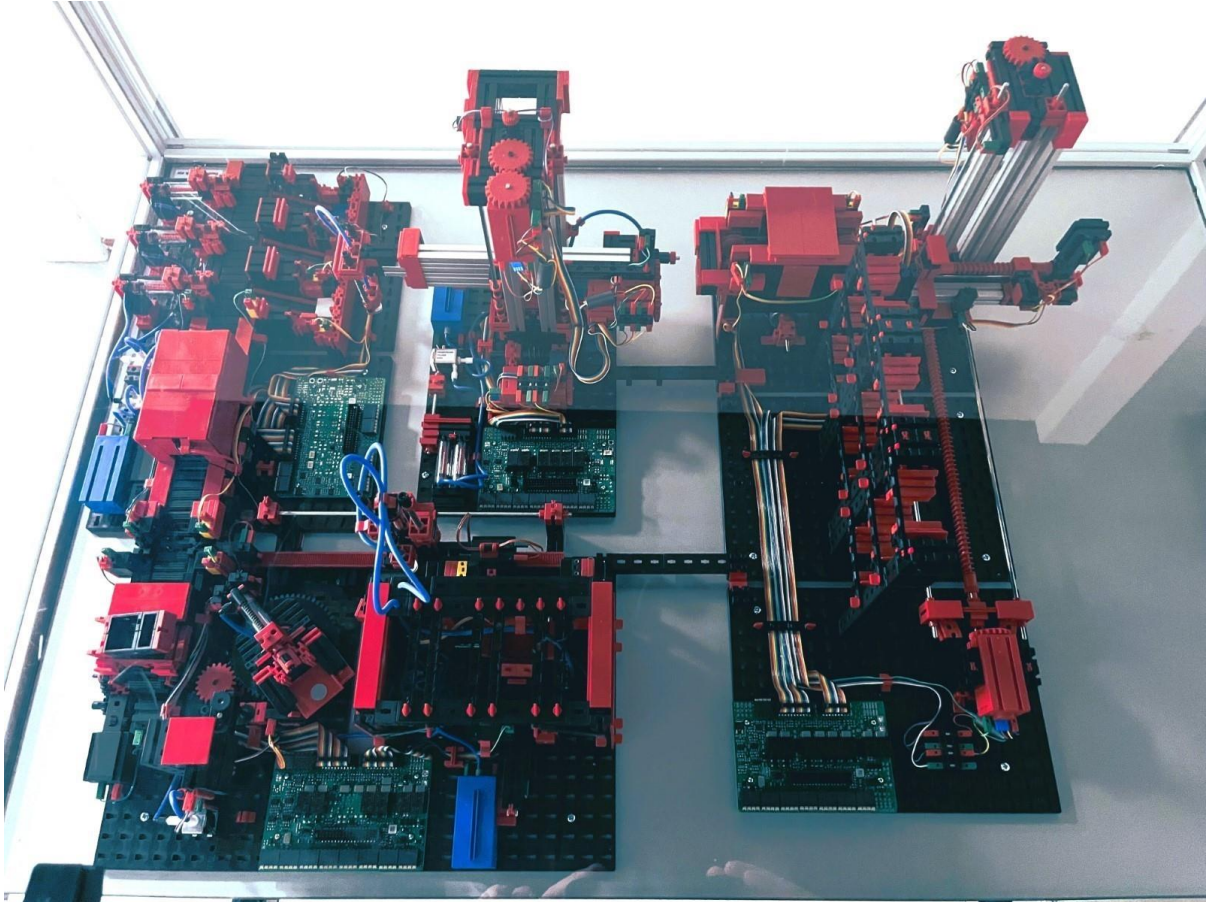


# Onderzoek



## Project 2.3 / 2.4 - Digital Twin

Datum: 14-02-2024

Versie: 1.2

Opdrachtgever:

Gerard van der Kolk

NHL Stenden

Projectuitvoerders:

Kevin Spalink, [kevin.spalink@student.nhlstenden.com](mailto:kevin.spalink@student.nhlstenden.com)

Kjeld Heemskerk, [kjeld.heemskerk@student.nhlstenden.com](mailto:kjeld.heemskerk@student.nhlstenden.com)

Jesper Schuurman, [jesper.schuurman@student.nhlstenden.com](mailto:jesper.schuurman@student.nhlstenden.com)

Jari Olijslager, [jari.olijslager@student.nhlstenden.com](mailto:jari.olijslager@student.nhlstenden.com)

Versiebeheer

Versie	Datum	Beschrijving
0.1	03/04/2024	Onderzoeksresultaten ingevuld
1.0	05/04/2024	Eerste oplevering aan opdrachtgever
1.1	30/05/2024	Feedback verwerken
1.2	13/06/2024	Toevoegingen gebaseerd op checklist

# Samenvatting

Bij een fabriek is het niet de bedoeling dat de productie lange tijd stil komt te liggen. Dit kan voorkomen wanneer er veranderingen in de productielijn doorgevoerd worden. Om dit te voorkomen is het een optie om eerst in een testomgeving te testen of alles bij de veranderingen goed gaat. Een oplossing hiervoor is een digital twin. Dit is een digitale kloon van een systeem, die door middel van data 1-op-1 gedrag vertoont met het fysieke systeem. Gewenst is om een digital twin te maken van de FisherTechnik Training Factory (FTF), zoals deze staat op locatie NHL Stenden Emmen. Er wordt dan gebruik gemaakt van data uit de fysieke FTF, om een digitale kloon op te zetten. Hiervoor moet bekeken worden op welke wijze zo'n digital twin gemaakt kan worden. Dit is dan ook het doel van dit onderzoek. De mogelijkheden voor het opzetten van een digital twin worden in kaart gebracht, en er wordt gekeken naar hoe deze verbonden kan worden met de FTF.

De vraag is: Met welke technieken kan een module van de FisherTechnik Factory (FTF) bij NHL Stenden Emmen het beste digitaal gemodelleerd worden, zodat dit digitale model gebruikt kan worden om aanpassingen in het productieproces te testen?

In het begin is het van belang om alle opties te achterhalen. Hiervoor gaat er gebruik worden gemaakt van een available product analyse (Vogel, z.d.). Hier gaat bekeken worden of er al iets vergelijkbaars eerder gedaan is. Door middel hiervan kan er gekeken worden of bepaalde onderdelen uit andere projecten gebruikt kunnen worden voor de FTF.

De gevonden opties zullen uiteindelijk vergeleken worden. De voornaamste resultaten zullen tegen elkaar in een tabel uitgezet worden, waarbij er een score wordt gegeven aan elk relevant punt voor dit project.

De voorkeur ligt bij Unity. Dit heeft als reden dat hier veel documentatie van te vinden is, de software gratis is en veel opties heeft om snel en efficiënt tot geschikte oplossingen te komen, wegens de vele packages die deze software heeft. Ook door de uitgebreide community van Unity, kunnen veel goede oplossingen gemakkelijk gevonden worden.

Voor het maken van de digital twin heeft Unity de (betaalde) package realvirtual.io. Deze package is specifiek ontwikkeld met als doel het creëren van digital twins in Unity.

Voor dit project is de toegevoegde waarde van dit pakket echter niet zo groot als misschien initieel verwacht. Er is getest met de Starter versie van €10,- en daaruit bleek dat het softwarepakket vrij traag was. Deze goedkope Starter versie heeft al wel veel opties die gebruikt kunnen worden voor het digital twin project van deze periode. Het advies is om deze Starter versie te gebruiken in combinatie met eigen geschreven code. Zo kan de uitwerking van het project dicht bij de wensen van de opdrachtgever gelegd worden, zonder al te prijzig te worden.

# Inhoudsopgave

Inleiding .....	5
1.0 Afkortinglijst .....	6
2.0 Hoofdvraag .....	6
2.1 Deelvragen.....	6
3.0 Onderzoeksmethoden .....	6
4.0 Onderzoeksopzet .....	7
4.1 Analyse .....	8
5.0 Resultaten.....	9
5.1 Wat is de FTF?.....	9
5.2 Welke software is geschikt voor het digitale model? .....	9
5.2.1 Unity .....	9
5.2.2 Godot Engine .....	10
5.2.3 Unreal Engine .....	10
5.2.4 AnyLogic.....	10
5.2.5 FlexSim.....	10
5.3 Welke programmeertaal kan er het best gebruikt worden? .....	10
5.4 Welke technieken bestaan er voor dit soort problemen? .....	10
5.4.1 Data ophalen uit PLC .....	10
5.4.2 Digital twin maken.....	11
5.4.3 3D model converteren.....	11
5.5 Om wat voor aanpassingen in het productieproces draait het? .....	12
6.0 Advies .....	12
6.1 Module .....	12
6.2 Software.....	12
6.3 Realvirtual.....	13
7.0 Conclusie .....	13
8.0 Discussie .....	15
Literatuurlijst .....	16
Bijlagen .....	18
Bijlage 1: Notulen van eerste gesprek met opdrachtgever .....	18
Bijlage 2: Interviewschema.....	20
Bijlage 3: Lijst van use cases voor de FTF .....	21

## Inleiding

Bij een fabriek is het niet de bedoeling dat de productie lange tijd stil komt te liggen. Dit kan voorkomen wanneer er veranderingen in de productielijn doorgevoerd worden. Om dit te voorkomen is het een optie om eerst in een testomgeving te testen of alles bij de veranderingen goed gaat. Een oplossing hiervoor is een digital twin. Dit is een digitale kloon van een systeem, die door middel van data 1-op-1 gedrag vertoont met het fysieke systeem. Gewenst is om een digital twin te maken van de FisherTechnik Training Factory (FTF), zoals deze staat op locatie NHL Stenden Emmen. Er wordt dan gebruik gemaakt van data uit de fysieke FTF, om een digitale kloon op te zetten. Hiervoor moet bekeken worden op welke wijze zo'n digital twin gemaakt kan worden. Dit is dan ook het doel van dit onderzoek. De mogelijkheden voor het opzetten van een digital twin worden in kaart gebracht, en er wordt gekeken naar hoe deze verbonden kan worden met de FTF.

De vraag is: Met welke technieken kan een module van de FisherTechnik Factory (FTF) bij NHL Stenden Emmen het beste digitaal gemodelleerd worden, zodat dit digitale model gebruikt kan worden om aanpassingen in het productieproces te testen?

Dit document gaat over de opzet voor het onderzoek voor het project Digital Twin. Eerst zullen hiervoor de hoofd- en deelvragen uitgezet worden, waarna de onderzoeksmethoden en onderzoeksopzet besproken worden. Daarna volgen de resultaten van het onderzoek omtrent software en andere technieken. Gebaseerd op de resultaten is er als laatste een advies aan de opdrachtgever over de bevindingen. Het document wordt afgesloten met de literatuurlijst en bijlagen.

## 1.0 Afkortinglijst

In dit document wordt gebruik gemaakt van verschillende afkortingen. In dit hoofdstuk worden deze afkortingen en begrippen toegelicht. Deze lijst dient als referentiepunt om de leesbaarheid van dit document te bevorderen.

- **FTF** - FisherTechnik Training Factory
  - Een educatieve minifabriek die gebruikt wordt voor het trainen en simuleren van industriële processen.
- **HBW** – Hoogbouwmagazijn (High Bay Warehouse)
  - Een veritcaal opslagsysteem binnen de FTF.
- **PLC** – Programmable Logic Controller
  - Een industriële digitale computer die geprogrammeerd kan worden om verschillende automatisering processen te besturen.
- **MQTT** – Message Queuing Telementrie Transport
  - Een protocol dan wordt gebruikt voor machine-to-machine communicatie.
- **MQTT Broker**
  - Een server die het MQTT protocol ondersteunt waardoor apparaten berichten kunnen verzenden en ontvangen via een publish/subscribe model.
- **GUI** – Graphical User Interface
  - Een visuele interface waarmee de gebruiker interactie kan hebben met de Digital Twin door middel van elementen (knoppen).

## 2.0 Hoofdvraag

Het is van belang om eerst goed in kaart te hebben wat er moet worden onderzocht. Om de precieze opdracht te achterhalen is de opdrachtgever hierover geïnterviewd. Notulen van dit gesprek zijn te vinden in bijlage 1. Gebaseerd op de informatie uit dit gesprek kan er een hoofdvraag opgesteld worden:

Met welke technieken kan een module van de FisherTechnik Factory (FTF) bij NHL Stenden Emmen het beste digitaal gemodelleerd worden, zodat dit digitale model gebruikt kan worden om aanpassingen in het productieproces te testen?

### 2.1 Deelvragen

De hoofdvraag kan gesplitst worden in een aantal losse deelvragen:

- Wat is de FTF?
- Welke software is geschikt voor het digitale model?
- Welke programmeertaal kan er het best gebruikt worden?
- Welke technieken bestaan er voor dit soort problemen?
- Om wat voor een aanpassingen in het productieproces draait het?

## 3.0 Onderzoeksmethoden

Er zijn meerdere methoden geschikt om antwoord op de hoofdvraag en deelvragen te vinden. Zowel kwalitatief als kwantitatief onderzoek kan gebruikt worden om de beste technieken te achterhalen. Voor kwalitatief onderzoek kunnen deskundigen geïnterviewd worden, die waarschijnlijk een idee

hebben welke mogelijkheden het meest geschikt zijn voor het probleem bij dit project. Ook documentatieonderzoek is een nuttige methode om opties boven tafel te krijgen.

Om de beste software uit te zoeken is kwantitatieve onderzoek misschien meer geschikt. Zo kan meerdere software getest worden op snelheid en simpelheid, wat in cijfers uit te drukken valt. Aan de hand van deze cijfers zou dan de beste software gekozen kunnen worden.

## 4.0 Onderzoeksopzet

In het begin is het van belang om alle opties te achterhalen. Hiervoor gaat er gebruik worden gemaakt van een available product analyse (Vogel, z.d.). Hier gaat bekeken worden of er al iets vergelijkbaars eerder gedaan is. Door middel hiervan kan er gekeken worden of bepaalde onderdelen uit andere projecten gebruikt kunnen worden voor de FTF.

Wanneer er een lijst van opties gemaakt is, wordt er overgegaan op documentatie onderzoek. Dit zal voornamelijk via het internet gaan. In deze fase worden de opties uitgebreider bekeken en vergeleken. Eventueel komen in deze fase ook nieuwe opties boven water. Om dit consistent en betrouwbaar te laten verlopen zijn hier een aantal afspraken over gemaakt:

- Informatie wordt pas als waar gezien als 2 of meer onafhankelijke bronnen dezelfde informatie geven.
- Informatie uit bronnen mag niet te oud zijn. Hoe oud dit precies is, is afhankelijk van hoe oud de software is waar de informatie over gaat. Het streven zal wel altijd blijven om informatie van de afgelopen 5 jaar te gebruiken.
- Om geschikte informatie te vinden, worden specifieke zoektermen aangehouden die specifiek te maken hebben met de eisen van de opdrachtgever. Gezocht wordt naar software gerelateerd aan: "Digital twin", "3D-model", "digitaal modelleren", "open source", "animeren", "PLC" en "MQTT".

Tegelijkertijd worden er ook interviews gehouden met een deskundige. Deze deskundige kan inzichten leveren in nieuwe alternatieven of eventueel bepaalde opties afstrepen. Voor een interview is het de beste optie om iemand te bevragen die veel verschillende game engines gebruikt heeft en daarover advies kan geven voor dit project. Hierbij zullen vragen gesteld worden over welke game engines er beschikbaar zijn en wat de functies van deze game engines zijn die van toegevoegde waarde zijn voor het project. Hiervoor is het belang om goed uit te zetten wat er nodig is om het project naar wens van de opdrachtgever uit te voeren. Het interview schema is terug te vinden in bijlage 2.

Tijdens de gehele onderzoeksfase zal de groep regelmatig met elkaar brainstormen om de gevonden opties te bespreken en te vergelijken. Door al deze acties kunnen zo de beste keuzes qua technieken en software gemaakt worden.

Uiteindelijk worden de resultaten gepresenteerd aan de opdrachtgever. De opdrachtgever heeft het laatste woord hierin en kan eventuele opties afstrepen, wanneer hij deze ongewenst vindt.

Om de validiteit en betrouwbaarheid van het onderzoek te waarborgen houden we de volgende punten aan:

- Informatie wordt pas als waar gezien als 2 of meer onafhankelijke bronnen dezelfde informatie geven.

- Informatie mag alleen uit bronnen komen die niet ouder dan 5 jaar zijn.
- De gebruikte bronnen worden altijd vermeld en bijgehouden volgens APA-norm.
- Geïnterviewden zijn deskundig over het onderwerp.

#### 4.1 Analyse

De gevonden opties zullen uiteindelijk vergeleken worden. De voornaamste resultaten zullen tegen elkaar in een tabel uitgezet worden, waarbij er een score wordt gegeven aan elk relevant punt voor dit project. Deze punten zijn de volgende:

- Werken met 3D modellen
- Documentatie
- Community
- Animeren
- Leercurve
- Resources

Verder wordt er ook nog gekeken naar of de software open source is, de prijs van de software en met welk type bestanden het kan werken. Dat laatste is relevant voor het inladen van 3D modellen. Kan de software namelijk niet met de aangeleverde 3D modellen werken, dienen deze eerst nog naar een ander format omgezet te worden.

De scores per punt is één van de volgende 5 opties:

- ++      zeer goed
- +        goed
- +-      gemiddeld
- -        slecht
- --      zeer slecht

Voor elk punt worden de scores zo objectief mogelijk bepaald. Voor “werken met 3D modellen” wordt er gekeken of de software zelf 3D modellen kan verwerken of niet, en of de software dit zelf kan of hiervoor nog additionele libraries voor nodig heeft. Voor “documentatie” wordt er gekeken naar de officiële documentatie en of deze goed te begrijpen en uitgebreid is. Documentatie met voorbeeldcode krijgt een hogere score dan documentatie die dit niet heeft. Voor “community” wordt er gekeken naar de hoeveelheid StackOverflow posts die getagd zijn met de desbetreffende software. Ook de hoeveelheid YouTube tutorials is een goede maatstaf voor dit punt. Voor “animeren” gelden dezelfde punten als voor “werken met 3D modellen”. Er wordt dus gekeken of de software dit zelf kan, of dat deze hiervoor extra libraries nodig heeft. Sommige softwares vereisen ook animaties gemaakt in video-editing software, dus ook daar zal naar gekeken worden. “Leercurve” is het meest subjectieve punt hier. Dit punt kan het beste beschouwd worden als een combinatie van “documentatie” en “community”. Daarbij wordt ook rekening gehouden met de standaard workflows binnen de software en ook de simpelheid van de programmeertaal waar de software gebruik van maakt. Programmeertalen die al bekend zijn bij de groepsleden hebben de voorkeur. “Resources” wordt gemeten aan de hand van de hoeveelheid en diversiteit in libraries en plugins voor de software.

Gebaseerd op deze tabel wordt dan een advies geleverd aan de opdrachtgever. Dit advies noemt dan welke software het meest geschikt lijkt te zijn voor dit project. De opdrachtgever heeft hier wel het



laatste woord over, dus mocht de geadviseerde software niet naar wens van de opdrachtgever zijn, wordt er een alternatief aangeboden.

## 5.0 Resultaten

### 5.1 Wat is de FTF?

FTF staat voor FisherTechnik Training Factory Industry. Het is een modelfabriek bestaande uit 4 modules. Van deze modelfabriek bestaat er een handleiding. Deze heeft de opdrachtgever in bezit en deze is ook gedeeld met de projectgroep. Hieruit kan belangrijke informatie gehaald worden over hoe de fabriek dient te werken.

De 4 modules zijn het hoogbouwmagazijn (HBW), vacuümgrepperrobot (VGR), Multi verwerkingsstation met oven (MPO) en sorteerlijn met kleurdetectie (SLD). In het eerste gesprek heeft de opdrachtgever aangegeven dat het meest gewenst is als er begonnen wordt met één van het HBW of de VGR.

### 5.2 Welke software is geschikt voor het digitale model?

Om te kijken welke software het meest geschikt is voor het digitale model, is het van belang om eerst duidelijk in kaart te brengen welke vereisten de software moet hebben voor het digitale model:

- De software moet in staat zijn met 3D-modellen te kunnen werken, het liefst met .SLDASM-bestanden.
- Het moet mogelijk zijn om data uit de fysieke fabriek op te kunnen halen en te kunnen verwerken.
- Het liefst open source software.
- Het liefst moet de software opties hebben tot het animeren van bepaalde onderdelen.

Voor het werken met digitale 3D-modellen lijken game-engines de meest geschikte typen software. Er bestaan echter ook typen software die specifiek gemaakt zijn voor simulatiemodellering. Zo staat in de eerdergenoemde handleiding als voorbeelden Unity en AnyLogic genoemd. Unity is een game engine, maar AnyLogic is een “Simulation Modelling Tool”. Het lijkt dus het beste om in deze gebieden te zoeken naar software opties. Het is belangrijk om te melden dat de aangeleverde 3D-modellen gebruik maken van de .SLDASM-bestandsextensie. Niet elk type software kan bestanden van dit type verwerken, maar er bestaat software om dit te converteren naar een .fbx-, .dae-, .dxf- of .obj-bestand, zoals de CAD Exchanger SDK (CADEX, z.d.).

#### 5.2.1 Unity

Unity is een zeer bekende game engine. Unity kan gebruik maken van de programmeertaal C# en in oudere versies ook van UnityScript (een variant van JavaScript). Unity heeft veel packages die bepaalde onderdelen zeer makkelijk maken, bijvoorbeeld het animeren. Ook is er gezien de bekendheid van Unity veel online te vinden over deze Engine en de technieken die hierbij horen. Unity is echter niet open source en voldoet daarmee niet aan de wensen van de opdrachtgever.

### 5.2.2 Godot Engine

Een game engine die wel open source is, is Godot Engine. Deze engine maakt gebruik van C#, C++ of Godot's eigen GDScript. In Godot 4.0 is het ook mogelijk om te animeren.

### 5.2.3 Unreal Engine

Eén van de grootste game engines is waarschijnlijk Unreal Engine. Ook met deze engine kan geanimeerd worden, echter is Unreal niet open source. Unreal Engine maakt gebruik van C++ of werkt met zogeheten blueprints, maar ook hierachter zit code in C++.

### 5.2.4 AnyLogic

AnyLogic is simulatiesoftware die in staat is modellen te simuleren. Hierbij is het mogelijk deze te animeren. AnyLogic maakt gebruik van Java. Echter, er valt niet te vinden of AnyLogic open source is.

### 5.2.5 FlexSim

Een simulatiesoftware die wel open source is, is FlexSim. FlexSim maakt gebruik van een eigen programmeertaal: FlexScript. FlexSim kan ook verbonden worden met externe code in Python, C of C++.

## 5.3 Welke programmeertaal kan er het best gebruikt worden?

Niet elk programma kan overweg met elke programmeertaal. De keuze hierin hangt dus sterk af van welke software er gekozen wordt. De game engines maken gebruik van C# of C++ en de twee opties voor simulatiesoftware maken gebruik van Java of FlexScript. Dit zijn allemaal object georiënteerde programmeertalen en deze blijken dus het meest geschikt te zijn voor het werken met 3D-modellen en het modelleren van de werkelijkheid.

## 5.4 Welke technieken bestaan er voor dit soort problemen?

Om deze deelvraag te beantwoorden is het handig om te kijken welke resources de software biedt, zoals packages of libraries. Ook kan er gekeken worden naar externe software en naar de oplossingen van vorige vergelijkbare projecten.

Eerst is het handig om precies de problemen bij dit project te specificeren. In Emmen is er sprake van de Brownfield setup (Van den Eijnde, W. & van der Kolk, G., 2023). De data vanuit de fabriek worden aangeleverd door middel van een PLC (Programmable logic controller). Er dient dus gezocht te worden naar technieken voor het volgende:

- Data ophalen vanuit de PLC.
- Het maken van de digital twin
- Converteren van de 3D-modellen naar .dae of alternatieven.

### 5.4.1 Data ophalen uit PLC

Data ophalen vanuit de PLC gaat via een MQTT-protocol. MQTT is breed ondersteund en transporteert berichten tussen apparaten. Om de berichten in Unity te ontvangen is een MQTT-broker nodig. De PLC van de fabriek dient dan verbinding te maken met de MQTT-broker om gegevens te versturen. Deze gegevens zijn dan in JSON-vorm beschikbaar, wat weer vanuit de ontwikkelsoftware opgehaald kan worden.

Een MQTT-broker kan opgezet en geïmplementeerd worden via de cloud of on-premise (Bevywise Networks, z.d.). Beide manieren hebben voor- en nadelen. Een cloud-based MQTT-broker is schaalbaar en makkelijker op te zetten dan on-premise, maar een on-premise MQTT-broker is veiliger en makkelijker te besturen en controleren. Verder is een cloud-based MQTT-broker afhankelijk van een internetverbinding, maar een on-premise MQTT-broker heeft mogelijk meer stappen en software nodig voor toegang.

#### 5.4.2 Digital twin maken

Voor het maken van de digital twin heeft Unity de (betaalde) package [realvirtual.io](https://realvirtual.io). Deze package is specifiek ontwikkeld met als doel het creëren van digital twins in Unity.

- Realvirtual is volledig gemaakt voor Unity
- Werkt met Unity standaard en professional
- Het biedt een interface die ook gebruik kan maken van de MQTT-signalen
  - o De interface zelf verwerkt de realtime waarden van de signalen.

Er zijn twee opties voor deze package. Een professional licentie kost op het moment €895,-. Dit is een enkele licentie, waardoor hier slechts op één apparaat tegelijk gewerkt kan worden. Verder is er de research and education bundle. Deze bestaat uit 20 professional licenties voor €2100,-. Er zijn echter slechts 4 licenties nodig voor 4 groepsleden. Ook is er nog een Starter versie beschikbaar voor slechts €10,-. Deze versie heeft echter vrij weinig opties en is mogelijk in de toekomst niet genoeg om efficiënt projecten rondom digital twinning uit te voeren.

Het is ook belangrijk om te melden dat de licenties account-gebonden zijn. Mocht de opdrachtgever gebruik willen maken van deze licenties bij andere projectgroepen is het niet handig dat de licenties op de Unity accounts van de huidige projectgroep komen te staan. Er zouden dan algemene accounts moeten komen met de realvirtual licentie erop, die doorgegeven kan worden naar projecten die ook gebruik willen maken van [realvirtual.io](https://realvirtual.io).

Als alternatieven zijn er nog andere software pakketten. Om te beginnen is er Unity's eigen Unity Reflect. Deze software is al in het verleden bij meer digital twin projecten gebruikt, maar deze optie valt direct af. Op de website staat namelijk dat Unity geen nieuwe aankopen van Unity Reflect meer accepteert. Prijzen zijn dan ook niet terug te vinden op de website.

Perspective is software die net als realvirtual gemaakt is voor Unity. Echter, deze software is niet de meest toegankelijke. De website benoemt geen prijzen en geeft geen informatie over licenties. Er is wel een optie voor het aanvragen van een demo op de website, maar het formulier wat hiervoor nodig is, werkt niet in verschillende browsers.

Als laatste kan natuurlijk ook de digital twin compleet zelf geschreven worden. Dit is echter zeer veel werk en op deze manier kan niet gegarandeerd worden dat het project succesvol afgerond wordt. Er kunnen wel stukken van de digital twin zelf geschreven worden. Door dit dan te combineren met onderdelen uit [realvirtual.io](https://realvirtual.io), kan er een resultaat neergezet worden wat gunstig is qua tijd en daarbij ook nog meer kan voldoen aan de wensen van de opdrachtgever.

#### 5.4.3 3D model converteren

Het aangeleverde 3D-model is van formaat .SLDASM. De gevonden game engines en simulatiesoftware zijn niet in staat bestanden van dit format te openen. Dit moet dus omgezet worden naar een ander bestandstype (.dae, .fbx of .obj). .SLDASM is een SolidWorks bestand, waarvoor betaalde software nodig is om dit te openen, wat het lastig maakt dit te converteren. Er is ook een .STEP file aangeleverd welke wel geopend kan worden door veel 3D design-software. Met

een software als FreeCAD kan het .STEP-bestand geopend worden, waarna het opgeslagen kan worden als .dae zodat de ontwikkelsoftware hiermee overweg kan. Verder kan een software als Autodesk Fusion 360 gebruikt worden om het .STEP-bestand te converteren naar .fbx.

## 5.5 Om wat voor aanpassingen in het productieproces draait het?

De digital twin dient aanpassingen in het productieproces te kunnen testen, zodat de fysieke fabriek minder downtime heeft. Dit soort aanpassingen zijn bijvoorbeeld een verandering in de configuratie of het veranderen van het product wat geproduceerd wordt in de FTF. Het doel van de FTF is om op basis van use cases de fabriekopstelling uit te breiden op hard- en softwareniveau om meer flexibiliteit te krijgen wat betreft verwerkingstijden, communicatieprotocollen en simulatiemogelijkheden (Van den Eijnde, W. & van der Kolk, G., 2023). In de handleiding van de FTF wordt een lijst use cases beschreven voor de FTF (bijlage 3). Elk van deze use cases zouden uitbreidingen met meerwaarde zijn voor de FTF. Deze use cases zorgen dan voor aanpassingen in het productieproces. De digital twin is dan een toepassing om de use cases te testen en efficiënt te implementeren.






## 6.0 Advies

### 6.1 Module

Op advies van de opdrachtgever wordt er een keuze gemaakt tussen twee van de vier modules, waaraan initieel gewerkt gaat worden voor het project. Het gaat om het hoogbouwmagazijn en de vacuümgrijperrobot. Ons idee is om te beginnen met het hoogbouwmagazijn, aangezien het hoogbouwmagazijn ons beter geschikt lijkt om goed de software en technieken onder de knie te krijgen. Als deze vaardigheden dan enigszins aangeleerd zijn, wordt het makkelijker om een digital twin van de andere modules te maken.

### 6.2 Software

De voorkeur ligt bij Unity. Dit heeft als reden dat hier veel documentatie van te vinden is, de software gratis is en veel opties heeft om snel en efficiënt tot geschikte oplossingen te komen, wegens de vele packages die deze software heeft. Ook door de uitgebreide community van Unity, kunnen veel goede oplossingen gemakkelijk gevonden worden.

	 <b>Unity</b>	 <b>GODOT</b> Game engine	 <b>UNREAL</b> ENGINE	 <b>anylogic</b>	 <b>FlexSim</b> problem solved.*
Werken met 3D modellen	++	++	++	++	++
Documentatie	++	+	++	+	+
Community	++	+	+	-	---
Animeren	+	+	++	+	+
Leercurve	+	++	-	+	+
Resources	++	+	++*	+	-
Open source	N	Y	N	N	Y
Prijs	Gratis	Gratis	Gratis	Gratis	Tijdelijk gratis (student plan)
Ondersteunde bestandstypen	.fbx, .dae, .3ds, .dxf, .obj	.glTF, .glb, .blend, .dae, .obj, .fbx	.fbx	.dae	.3ds, .ac, .ase, .blend, .cob, .csm, .dae, .dwg, .dxf, .fbx, .hmp, .igs, .irr, .irmesh, .jtm, .lvo, .lvs, .lzo, .md5mesh, .mdl, .ms3d, .obj, .off, .ply, .q3o, .q3s, .raw, .scn, .skp, .stp, .ter, .wrl, .x, .xgl, .zgl

\* De meeste resources bij Unreal Engine zijn niet gratis

Figuur 1: Tabel met vergelijking van de gevonden software

### 6.3 Realvirtual

Er zijn twee typen licenties van Realvirtual, namelijk de Professional en Research & Education. Beide zijn licenties die bij aankoop voor eeuwig beschikbaar zijn. Voor dit project is de toegevoegde waarde van dit pakket echter niet zo groot als misschien initieel verwacht. Er is getest met de Starter versie van €10,- en daaruit bleek dat het softwarepakket vrij traag was. Deze goedkope Starter versie heeft al wel veel opties die gebruikt kunnen worden voor het digital twin project van deze periode. Het advies is om deze Starter versie te gebruiken in combinatie met eigen geschreven code. Zo kan de uitwerking van het project dicht bij de wensen van de opdrachtgever gelegd worden, zonder al te prijzig te worden. De Starter versie heeft genoeg tutorials en vooraf gemaakte scripts, waarvan code gebruikt kan worden om de digital twin efficiënt tot stand te kunnen brengen.

Echter, het halen van de andere pakketten moet niet compleet uitgesloten worden. Mocht de opdrachtgever nog in de toekomst meerdere projecten willen uitvoeren rondom digital twinning is het een goed idee om toch meerdere licenties aan te schaffen. Worden de projecten complexer kan een Professional licentie meer opties verschaffen om die projecten tot een goed einde te brengen. Het is dan het beste om de Research & Education bundel aan te schaffen. Die bestaat uit 20 Professional licenties. Eén Professional licentie kost €895,-, waar de Research & Education bundel €2100,- kost. De Research & Education bundel kan gebruikt worden voor 5 projectgroepen van 4 personen. Dus voor één project is dat dan €420,- per project. Per persoon is dat €105,- wat veel minder prijzig is dan de €895,- wat een losse licentie kost. Voor updates geeft Realvirtual aan dat bestaande klanten hier grote kortingen op kunnen krijgen (Realvirtual, 2024).

## 7.0 Conclusie

FTF staat voor FisherTechnik Training Factory Industry. Het is een modelfabriek bestaande uit 4 modules. Om te kijken welke software het meest geschikt is voor het digitale model, is er eerst gekeken welke vereisten de software moet hebben voor het digitale model. Het gaat om het werken met 3D-modellen en het in staat zijn data op te kunnen halen vanuit een PLC (Programmable Logic Controller). Uiteindelijk zijn Unity, Godot Engine, Unreal Engine, AnyLogic en FlexSim naar voren gekomen als meest geschikte softwares voor het uitwerken van de digital twin. Niet elk programma kan overweg met elke programmeertaal. De keuze hierin hangt dus sterk af van welke software er gekozen wordt.

Voor technieken is gekeken welke resources de software biedt, zoals packages of libraries. Ook is er gekeken naar externe software en naar de oplossingen van vorige vergelijkbare projecten. Er is gezocht naar technieken voor het ophalen van data uit een PLC, het maken van een digital twin en het converteren van 3D-modellen naar verschillende bestandstypen. Data ophalen vanuit de PLC gaat via een MQTT-protocol. Om dit op te halen is dan een MQTT-broker nodig. Voor het opzetten van de digital twin is er gekeken naar het softwarepakket realvirtual.io en is dat programma vergeleken met alternatieven zoals Unity Reflect en Prespective. Voor het converteren van de 3D-modellen is gekeken naar Autodesk Fusion 360.

Aan de hand van deze informatie kan de hoofdvraag beantwoord worden:

Met welke technieken kan een module van de FisherTechnik Factory (FTF) bij NHL Stenden Emmen het beste digitaal gemodelleerd worden, zodat dit digitale model gebruikt kan worden om aanpassingen in het productieproces te testen?

Er zijn vele typen software bekeken, waarna Unity, Godot Engine, Unreal Engine, AnyLogic en FlexSim de meest geschikte leken te zijn. Deze zijn uitgebreid vergeleken waarna er een advies is opgesteld richting de opdrachtgever. De voorkeur ligt bij Unity. Dit heeft als reden dat hier veel documentatie van te vinden is, de software gratis is en veel opties heeft om snel en efficiënt tot geschikte oplossingen te komen, wegens de vele packages die deze software heeft. Ook door de uitgebreide community van Unity, kunnen veel goede oplossingen gemakkelijk gevonden worden. Voor overige technieken is er gekeken naar realvirtual.io, Unity Reflect en Prespective. Hieruit is een advies gekomen om het pakket realvirtual.io te gebruiken.

Er kan geconcludeerd worden dat de gevonden softwares en technieken geschikt zijn voor het maken van digital twins, maar dat voor de eisen van dit project het beste is om gebruik te maken van de Unity game engine in combinatie met het realvirtual.io softwarepakket. Deze combinatie voldoet aan alle opgestelde vereisten en is dus geschikt om één of meerdere modules van de FTF digitaal te modelleren.

## 8.0 Discussie

In dit onderzoek hebben we als uitgangspunt de handleiding van de Fischertechnik Training Factory (FTF) genomen. Deze handleiding vermeldt specifiek Unity en AnyLogic als relevante tools voor de te onderzoeken doeleinden. Hoewel deze handleiding een nuttig startpunt biedt, kan het gebruik ervan als baseline een beperking vormen voor de objectiviteit van de resultaten. Voor een meer objectieve benadering zou het idealiter beter zijn geweest om zonder vooraf vastgestelde tools te beginnen, zodat de evaluatie en selectie van tools volledig open en onbevooroordeeld zouden zijn.

Het onderzoek is valide te noemen. De gevonden resultaten zijn gebaseerd op de deelvragen, die opgesteld zijn met als doel om tot een gewenst resultaat te komen. Voor het onderzoek is er gericht gezocht naar antwoorden op deze deelvragen. De gevonden softwareprogramma's en technieken kunnen dan ook als valide antwoorden worden beschouwd. Om tot een uiteindelijk advies te komen is de softwareselectie zorgvuldig vergeleken op bepaalde aspecten als open source, animeren en het werken met 3D modellen. Om informatie over deze aspecten op te halen zijn er criteria opgesteld, welke gevolgd dienden te worden. Het gaat erom dat de informatie niet verouderd mocht zijn, informatie pas als waar werd beschouwd als minstens 2 onafhankelijke bronnen hetzelfde meldden en er werden bepaalde vooraf gespecificeerde zoekwoorden gebruikt zoals: digital twin, 3D-model, game engine, simulatiesoftware, etc.

Het onderzoek heeft wel steken laten liggen op het gebied van betrouwbaarheid. Tijdens het verloop van het onderzoek werd duidelijk dat er een voorkeur bestond voor het gebruik van Unity. Deze voorkeur had een merkbare invloed op de latere fasen van het onderzoek, waarbij de focus meer en meer op Unity kwam te liggen. Hierdoor kan worden gesteld dat de onderzoeksvraag en de bijbehorende evaluaties wellicht niet volledig neutraal zijn uitgevoerd. Dit benadrukt het belang van een nulpuntbenadering in toekomstig onderzoek, waarbij geen enkele tool bij voorbaat wordt voorgetrokken. Mocht dit onderzoek opnieuw uitgevoerd zonder voorkeur voor Unity, zal het onderzoek verschillende resultaten opleveren. Hierdoor is het onderzoek niet compleet betrouwbaar te noemen.

Het resultaat om Unity te gebruiken kwam al vroeg naar voren. Het was ook duidelijk dat hier de voorkeur van de opdrachtgever lag. Er is dus grotendeels gekeken naar alternatieven van Unity om te kijken of er geen geschiktere methode was om een digital twin te maken. De resultaten tonen aan dat er veel opties zijn voor het uitvoeren van een digital twin, maar welk software het meest geschikt is vooral te maken heeft met de kaders van het project.

Voor een vervolgonderzoek is het een goed idee om meer te kijken naar al bestaande methoden. Het is daarvoor dan van belang dat er in de praktijk gekeken wordt naar al in gebruik genomen digital twins. Deze methode kan leiden tot nieuwe inzichten en een betere manier van het uitvoeren van een vergelijkbaar project. Er kan ook nog onderzoek gedaan worden naar de verschillende communicatiemethoden als MQTT.

## Literatuurlijst

- Bevywise Networks. (z.d.). *On premise vs Cloud MQTT Broker : Which is the best?* - Bevywise Networks. <https://www.bevywise.com/blog/cloud-vs-on-premise-mqtt-broker/>
- CADEX. (z.d.). *CAD Exchanger SDK | Libraries to read and write 3D CAD files*. CAD Exchanger. <https://cadexchanger.com/products/sdk/>
- EMQX Team. (2023, 25 augustus). *Using MQTT in Unity with M2MqttUnity Library: A Step-by-Step Guide*. EMQ Technologies. <https://www.emqx.com/en/blog/using-mqtt-in-unity-with-m2mqttunity-library-a-step-by-step-guide>
- FlexSim. (2023, 20 december). *3D Simulation Modeling and Analysis Software | FlexSim*. FlexSim. <https://www.flexsim.com/>
- FlexSim. (z.d.). *GitHub - flexsim/FlexSimPy: FlexSimPy*. GitHub. <https://github.com/flexsim/FlexSimPy>
- FlexSim. (z.d.). *Connecting to External Code*. FlexSim. <https://docs.flexsim.com/en/24.0/Reference/DeveloperAdvancedUser/ConnectingToExternalCode/ConnectingToExternalCode.html>
- JojoCms. (2022, 28 oktober). *Is AnyLogic open source*. JojoCms. <https://www.jojocms.org/is-anylogic-open-source/>
- Linietzky, J. & Manzur, A. (z.d.). *Godot Engine - Free and open source 2D and 3D game engine*. Godot Engine. <https://godotengine.org/>
- Linietzky, J. & Manzur, A. (z.d.). *Features - Godot Engine*. Godot Engine. <https://godotengine.org/features/>
- Prespective. (2023, 4 oktober). *Digital Twin Solutions | Prespective*. Prespective. <https://prespective-software.com/>
- Realvirtual. (z.d.). *realvirtual.io | Simulation and Virtual Commissioning with Unity*. realvirtual.io. <http://realvirtual.io/en/>
- Realvirtual. (z.d.). *Realvirtual.io Industrial Metaverse XR & Multiuser*. realvirtual.io. <https://doc.realvirtual.io/extensions/realvirtual.io-industrial-metaverse-xr-and-multiuser>
- Realvirtual. (2024, 5 maart). *FAQ - realvirtual.io | Simulation und Virtuelle Inbetriebnahme mit Unity*. realvirtual.io. <https://realvirtual.io/en/faq-en/>
- The AnyLogic Company. (z.d.). *AnyLogic: Simulation Modeling Software Tools & Solutions for Business*. AnyLogic. <https://www.anylogic.com/>
- The AnyLogic Company. (z.d.). *Features*. AnyLogic. <https://www.anylogic.com/features/>
- Unity Technologies. (z.d.). *Artistry Tools | Unity*. Unity. <https://unity.com/solutions/unity-weta-tools>
- Unity Technologies. (z.d.). *Real-time production for animation, television and film | Unity*. Unity. <https://unity.com/solutions/film-animation-cinematics>
- Unreal Engine. (z.d.). *Unreal Engine | The most powerful real-time 3D creation tool*. Unreal Engine. <https://www.unrealengine.com/en-US>



Unreal Engine. (z.d.). *Programming and Scripting*. Unreal Engine.

<https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/unreal-engine-programming-and-scripting/>

Van den Eijnde, W. & van der Kolk, G. (2023, december). *Ontwikkeling IT/OT platform voor onderwijs en onderzoek*. (Versie 0.1). NHL Stenden.

Vogel, J. (z.d.). *ICT Research Methods — Methods Pack for Research in ICT*. ICT Research Methods.

<https://ictresearchmethods.nl/library/available-product-analysis/>

Wikipedia contributors. (2024, februari 13). *AnyLogic*. Wikipedia.

<https://en.wikipedia.org/wiki/AnyLogic>

Wikipedia contributors. (2023, september 6). *MQTT*. Wikipedia. <https://nl.wikipedia.org/wiki/MQTT>

## Bijlagen

### Bijlage 1: Notulen van eerste gesprek met opdrachtgever

#### **Notulen 07-02-2024**

**Datum: 07-02-2024**

**Genodigden: Gerard van der Kolk, Kjeld Heemskerk, Jesper Schuurman, Jari Olijslager, Kevin Spalink**

**Tijd: 15:30 uur**

---

##### **Wat wordt er van ons verwacht**

Het eindproduct moet als volgt zijn:

- Er is een fabriek, de fabriek komt een besturingssysteem op om de fabriek te laten werken. De opdracht is de fabriek digitaal te maken.
  - Een digitaal domein.
  - Er moet onderzoek gedaan worden naar eventuele programma's die gebruikt kunnen worden.
  - De digitale fabriek (digitale twin) moet exact hetzelfde reageren als de miniatuur fabriek. Als er binnen de fabriek iets stuk gaat moet het zichtbaar worden op de digitale twin.
  - De sensor data moeten naar de server gestuurd worden. De data moeten dus afgevangen worden.
  - De digitale twin moet hetzelfde gedrag vertonen als de miniatuur fabriek.
  - Als er iets draait op de echte fabriek moet het ook zichtbaar worden op de digitale variant.
  - De digitale twin moet in een engine gezet worden.
  - Opensource is de voorkeur.
  - Onderzoek doen hoe we de data uit de fabriek halen.
  - Onderzoek doen naar de gebruikte sensoren en wat de eigenschappen zijn van de sensoren.
  - Er moet een link tussen de 2 fabrieken zijn.
  - Wanneer je iets digitaal start moet de echte fabriek ook starten.
  - Wanneer de miniatuur fabriek werkt moeten de stappen die de miniatuur fabriek doorloopt ook zichtbaar zijn op de digitale twin.
  - Moet makkelijk zijn om een sensor toe te voegen. Moet niet de bedoeling zijn om bijvoorbeeld naar Visual studio code te gaan om een sensor toe te voegen.
- 
- Interface moet modulair zijn.
  - Hoogbouwmagazijn
  - Vacuüm grijperrobot

**Voor wie moet het gerealiseerd worden?**

- In Emmen staat veel oude industrie. Allemaal andere software.
- Het voor vooral gerealiseerd voor het onderwijs. Denk daarbij aan trainingen, voor nieuwe opleiding. Een technische informatica opleiding richting de domotica. ICT studenten kunnen bij de fabriek werken aan databases om de apparatuur aan te sturen. Maar er is ook veel mogelijk met studenten die geen ervaring hebben met ICT. Voor opendagen is dit een mooi voorbeeld wat je zoekende studenten kan laten zien. Het is vooral voor leerdoeleinden en onderzoek.

**Wie zijn de stakeholders?**

Stefan Rolink (Leraar ICT), Wilbert van den Eijnde en Gerald van der Kolk.

**Waarom is het een probleem/ Wat is de toegevoegde waarde van dit project?**

De toegevoegde waarde van dit project is dat de tijd dat de productie stil gelegd moet worden tot het minimum wordt beperkt. Dit moet aan de hand van een digitale twin. De fabriek draait en je wil bijvoorbeeld een product veranderen. De order wordt aangemaakt en vervolgens moeten de apparaten in de fabriek stil gelegd worden. Vervolgens moeten de instellingen aangepast worden aan de specifieke order. Wanneer de digitale twin goed werkt kunnen de instellingen al offline aangepast worden op de twin. Dit zorgt ervoor dat de productie er niet onder komt te lijden.

**Wat is er beschikbaar:**

Als er iets benodigd is kan er eventueel wat geregeld worden.

**Wat is het probleem**

- De switch tussen verschillende productie binnen het bedrijf moet sneller. De productie moet minder lang stil gelegd worden.
- Neem voorbeeld aan de auto-industrie. De auto-industrie heeft het heel goed voor elkaar.

## Bijlage 2: Interviewschema

**Naam interviewer:** Projectgroep Digital Twin

**Naam respondent:** Deskundige

**Datum:** Arbitraire datum

**Plaats:** Arbitraire plaats

**Inleiding:** Onze projectgroep bestaat uit de projectleider die de vragen gaat stellen en onze notulist die uw antwoorden zal notuleren. Voor ons project zijn we op zoek naar een passend softwarepakket waarmee wij een Digital Twin kunnen ontwikkelen. Hierover komen er een aantal vragen. Uw antwoorden zullen gebruikt worden voor een keuze hierin en een advies richting de opdrachtgever. Het interview zal niet langer dan een half uur duren.

**Doel:** Achterhalen van opties van software en technieken voor het maken van digital twins.

**Vragen:**

1. Welke game engines of vergelijkbare softwares heeft u ervaring mee?
2. Voor wat voor doeleinden gebruikt u deze typen software?
3. Heeft u eerder een software toegepast voor het maken van digital twins?
  - a. Zo ja, welke?
4. Welke software waar u bekend mee bent, is geschikt voor het werken met 3D modellen?
5. Welke software waar u bekend mee bent, is geschikt voor animeren?
6. Bent u bekend met de resources van de verschillende softwares?
  - a. Zo ja, welke software heeft geschikte resources voor het maken van digital twins, en welke resources zijn dit dan?
7. Welke softwares zijn open source?
  - a. Wat zijn de voordelen hiervan?
8. Naar welke software gaat uw voorkeur uit?
  - a. Waarom verkiest u deze software boven andere alternatieven?

Wat zijn uw ervaringen met open source game engines of vergelijkbare software? Welke voor- en nadelen ervaart u bij het gebruik van open source oplossingen in uw projecten?

Welke programmeertalen en scriptingtalen gebruikt u vaak in combinatie met game engines of vergelijkbare software?

## Bijlage 3: Lijst van use cases voor de FTF

### 4.1 Mogelijke use cases

Op basis van literatuur en eerste gesprekken komen we op de volgende use cases:

- A. Digital Twin (DT) met visualisatie (Unity/AnyLogic/...) tbv. visualisatie, procesoptimalisatie (logistiek) en trainingsdoeleinden. <sup>1,3-6</sup>
- B. Verhogen van interoperabiliteit en data soevereiniteit aan de hand van een AAS tbv DT. <sup>7-10</sup>
- C. Verhogen van flexibiliteit door het implementeren van een SOA ten behoeve van monitoring en control. <sup>11 12</sup>
- D. Toepassing van semantische webservices welke gebruik maken van gestandaardiseerde ontologieën waardoor de interoperabiliteit wordt verhoogd. <sup>13</sup>
- E. Toepassen van een Multi-Agent System technologie (vb Java Agent Development Framework) om de besturingsarchitectuur meer intelligent en autonoom te maken. <sup>14</sup>
- F. Blockchain Based Machine-to-Machine communicatie en Digital Twin/AAS ten behoeve van decentrale digitale identificatie. <sup>15</sup>
- G. Integratie van nieuwe businessmodellen in slimme logistieke productiesystemen <sup>16</sup>
- H. Genereren van complexe data voor AI-based Maintenance. <sup>17</sup>
- I. Verhogen van de flexibiliteit door het implementeren van een Holonic Manufacturing Execution System (HMES) om de autonomie van productiesystemen te vergroten. <sup>18</sup>
- J. Concept van Unified Namespaces (UNS) o.b.v. IIOT platform toepassen m.b.v. MQTT (Sparkplug B) tbv schaalbaarheid, gemak van integratie en real time en flexibiliteit. <sup>19</sup>
- K. Combinatie van UNS en AAS.