

# Van Pixels naar Bewegingen: Het Brein achter de Virtuele Race-Ervaring



## Rapport

### Project SimRacing

13-05-2024

Versie 2.0

—

Opdrachtgever:

NHL Stenden Emmen

Opdrachtnemers:

Aman Trechsel, [aman.trechsel@student.nhlstenden.com](mailto:aman.trechsel@student.nhlstenden.com)

Huub Hamstra, [huub.hamstra@student.nhlstenden.com](mailto:huub.hamstra@student.nhlstenden.com)

Raeven van Dijk, [raeven.van.dijk@student.nhlstenden.com](mailto:raeven.van.dijk@student.nhlstenden.com)

Kimmy Visscher, [kimmy.visscher@student.nhlstenden.com](mailto:kimmy.visscher@student.nhlstenden.com)

## Inhoudsopgave

<b>Samenvatting.....</b>	<b>4</b>
<b>Inleiding .....</b>	<b>6</b>
<b>De methode .....</b>	<b>7</b>
<i>Ontwerp .....</i>	<i>7</i>
<i>Populatie .....</i>	<i>7</i>
<i>Steekproef .....</i>	<i>7</i>
<i>Meetinstrument .....</i>	<i>7</i>
<i>Analysevoorstel .....</i>	<i>9</i>
<i>Validiteit en betrouwbaarheid .....</i>	<i>9</i>
<b>Tijdpad .....</b>	<b>9</b>
<b>Hoofdstuk 1: Het Probleem.....</b>	<b>11</b>
<i>Het ophalen van de data uit F1 2023 .....</i>	<i>12</i>
<i>Het vertalen van verzamelde data naar bewegingen van de cilinders .....</i>	<i>13</i>
<b>Hoofdstuk 3: De Realisatie .....</b>	<b>15</b>
<i>Planning en projectmanagement.....</i>	<i>15</i>
<i>Samenwerking tussen informatica en werktuigbouwkunde .....</i>	<i>15</i>
<i>Ontwikkeling.....</i>	<i>15</i>
<b>Resultaten .....</b>	<b>16</b>
<b>Discussie.....</b>	<b>18</b>
<b>Conclusie .....</b>	<b>19</b>
<b>Literatuurlijst.....</b>	<b>20</b>

## Samenvatting

De racesimulator van NHL Stenden in Emmen biedt gebruikers een realistische Formule 1-ervaring door data uit het spel F1 2023 te gebruiken om bewegingen te simuleren. Dit project combineert informatica en werktuigbouwkunde om studenten op een interactieve manier techniek te laten ervaren. Het onderzoek richt zich op het extraheren en toepassen van speldata om een authentieke race-ervaring te creëren. De hoofdvraag is hoe gegevens uit F1 2023 de racestoel van NHL Stenden kunnen aansturen om een realistische simulatie te bieden.

Het onderzoek bestaat uit kwalitatief onderzoek waarbij een 3D-model en een EtherCAT-module worden gebruikt om data uit het spel te vertalen naar bewegingen van de simulator. Het meetinstrument is een denkbeeldige gyroscoop, die de nauwkeurigheid van de cilinderbewegingen meet. Validiteit en betrouwbaarheid worden gewaarborgd door consistente meetomstandigheden en herhaalbare resultaten.

Een system testplan wordt ontwikkeld om keuzes en processen te onderbouwen. De onderzoekspopulatie omvat een 3D-model dat de afmetingen van het fysieke product nabootst, met cilinders die de bewegingen simuleren. De gehele populatie wordt in de steekproef betrokken.

De resultaten worden geanalyseerd met behulp van de mediaan om de invloed van extreme waarden te minimaliseren. Meetwaarden worden vergeleken met de verwachte resultaten, met een acceptatiemarge van 0,25 graden. Dit zorgt voor betrouwbare en consistente meetgegevens.

Het onderzoek is verdeeld over twee perioden van acht weken. De eerste periode focust op dataverzameling uit F1 2023 en integratie met de Raspberry Pi. De tweede periode richt zich op de aansturing van het 3D-model en de EtherCAT-module, met tests om de nauwkeurigheid van de simulatie te waarborgen.

De behoefte aan een racesimulator bij NHL Stenden ontstond door het gebrek aan een aantrekkelijk middel om technische opleidingen te promoten. Informatica en werktuigbouwkunde werkten samen aan dit project, waarbij software en hardware gecombineerd werden om de racesimulator te realiseren.

Het ophalen van data uit F1 2023 gebeurt via een XBOX Series X, een Raspberry Pi en een UDP-verbinding. De data wordt gefilterd en vertaald naar relevante bewegingen (rol, pitch en gier) die door de cilinders worden uitgevoerd. Deze bewegingen worden met behulp van EtherCAT aangestuurd om een realistische race-ervaring te simuleren.

De realisatie omvat projectmanagement met behulp van scrum in Gitlab, waarbij sprints van twee weken worden gebruikt. Samenwerking tussen de informatica- en

werktuigbouwkundeteams is cruciaal. De softwareontwikkeling omvat het opzetten van een UDP-verbinding, data parsing, en de integratie van het 3D-model met de EtherCAT-module voor de aansturing van de cilinders.

## Inleiding

De racesimulator van NHL Stenden in Emmen biedt een unieke kans om studenten en andere geïnteresseerden te laten ervaren hoe het is om een Formule 1 coureur te zijn. Door data uit het spel F1 2023 te halen en te verwerken, kunnen verschillende cilinders aangestuurd worden zodat de simulator op een realistische manier beweegt.

Het idee voor de racesimulator is ontstaan uit de wens om een interactieve en leuke manier te bieden om informatica met werktuigbouwkunde. Door een levensechte race-ervaring na te bootsen, stelt de simulator gebruikers in staat om de techniek achter de voertuigprestaties te ervaren. Wanneer de gebruiker naar links stuurt zal het ook daadwerkelijk voelen alsof de auto naar links gaat.

Het doel van het onderzoek is om te onderzoeken hoe data uit het spel F1 2023 kan worden gehaald en gebruikt kan worden om de racesimulator van NHL Stenden in Emmen op een dusdanige manier te laten bewegen, zodat het een realistische race-ervaring biedt.

De hoofdvraag die hoort bij het onderzoek luidt als volgt: Hoe haal je gegevens uit het spel F1 2023 waardoor de racestoel van NHL Stenden een realistische race-ervaring kan bieden? <sup>2</sup>

Om het onderzoek zodanig op te zetten en voor te bereiden is er een onderzoeksvoorstel geschreven, waar een ontwerp, met de daar bijbehorende populatie, steekproef en meetinstrument zijn genoteerd. Ook is er een analysevoorstel geschreven, waarbij er wordt beschreven hoe de resultaten van het onderzoek worden uitgevoerd.

Er zal eerst worden beschreven wat het probleem precies is, waarna er in hoofdstuk 2 een oplossing wordt toegelicht. In hoofdstuk 3 wordt de realisatie beschreven. De resultaten met een discussie worden tegen het einde besproken. Om alle resultaten nog uit te lichten is er een conclusie. De onderbouwing van alle citaten en eventuele resultaten is er gewerkt met een literatuurlijst die onderaan de pagina te vinden is.

## De methode

Hoe gaat het onderzoek verlopen en wat is ervoor nodig om het onderzoek goed in te gaan.

### Ontwerp

Gedurende het onderzoek wordt een systeem testplan geschreven. Hierin worden de gemaakte keuzes tijdens het proces beargumenteerd. Er is dus sprake van kwalitatief onderzoek, waarbij de nadruk ligt op de functionaliteiten van de racestoel (Verhoeven, 2011).

Het onderzoek bevindt zich op het snijvlak van informatica en werktuigbouwkunde, waarbij de focus ligt op het aansturen van een 3D model en een EtherCAT module om zodanig, wanneer de cilinders voor de racestoel zijn binnengekomen, met gegevens uit het spel F1 2023. Het domein omvat de integratie voor het bieden van virtuele, realistische race-ervaringen met fysieke bewegingstechnologieën.

Om dit te realiseren wordt gericht op methoden en technieken om data uit het spel te halen en deze te gebruiken om het 3D model en de EtherCAT module aan te sturen. Hiervoor wordt de volgende methodes gebruikt, component testen dit is het 3D model en de EtherCAT module en daarnaast wordt er ook gebruik gemaakt van een usability test, wanneer het eindproduct is bereikt kan er getest worden door een gebruiker door plaats te nemen in de stoel en een race te spelen.

### Populatie

De populatie in dit onderzoek bestaat uit een 3D model, waarbij er dezelfde afmetingen worden toegepast om zodanig de realiteit na te bootsen. In het 3D model is op elk punt een denkbeeldige cilinder geplaatst net zoals het uiteindelijke fysiek product. Deze cilinders zijn componenten die verantwoordelijk zijn voor het bewegen van het zitvlak en het uiteindelijke simuleren van het 3D model met de gegeven input vanuit het spel F1 2023.

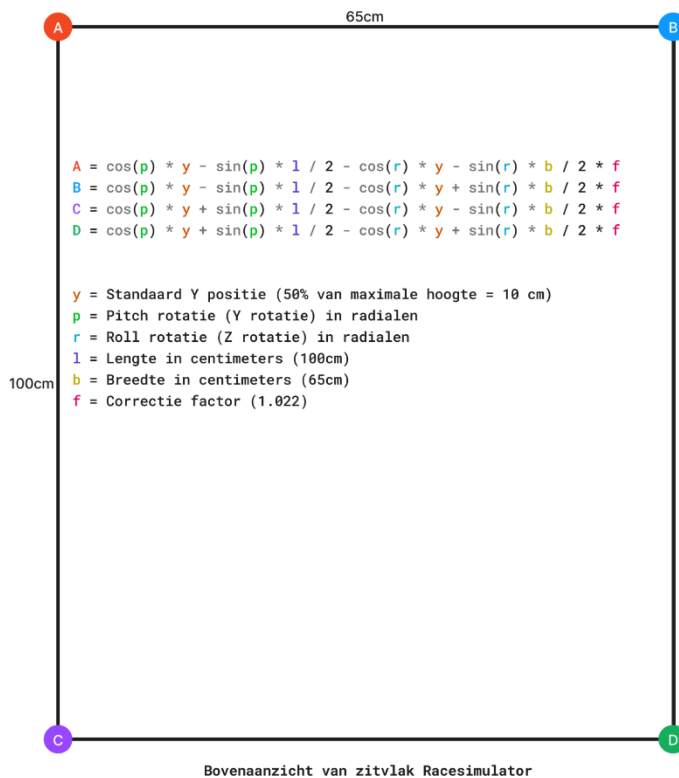
### Steekproef

De steekproef van het onderzoek zal de volledige populatie zijn.

### Meetinstrument

Het meetinstrument dat in dit onderzoek gebruikt wordt is een denkbeeldige gyroscoop. Een gyroscoop is een apparaat dat door het gebruik van zwaartekracht van de aarde zijn oriëntatie kan bepalen (Sheposh, 2023). Deze is van essentieel belang en verantwoordelijk voor het meten en vastleggen van de bewegingen die de cilinders maken. Met de gyroscoop kan er worden gekeken of het 3D model recht staat en op welke hoogte. Hierdoor kan er worden gekeken of de 4 punten op de starthoogte staan. Waardoor de simulatie opnieuw van start kunnen gaan.

Voor het berekenen van de hoogte van de vier cilinders wordt er gebruik gemaakt van de formule in figuur 1. Elke cilinder (A, B, C, D) krijgt een hoogte toegewezen die wordt berekend op basis van een eigen formule. Deze posities zorgen ervoor dat de gewenste pitch- en roll-rotaties worden toegepast op het zitvlak van de racesimulator. Het uiteindelijke resultaat op het zitvlak is dan ook de gewenste rotatie, met een marge van 0,25 graden.



*Figuur 1: Formule voor de berekening van de hoogte van elke cilinder.*

Om het onderzoek in goede banen te leiden is er een benodigheden lijst nodig waarin staat wat er nodig is om het onderzoek uit te voeren en uiteindelijk te laten slagen. Zoals bovenstaande is een gyroscoop erg belangrijk om te weten of de cilinders op de startpositie staan voordat er een nieuwe race plaatsvindt. Daarnaast zijn de gekozen cilinders nodig om het onderzoek uit te voeren, waarbij hetzelfde frame kan worden gebruikt. Een specifieke XBOX is niet nodig zolang er het spel F1 2023 kan worden gespeeld waarbij er een netwerkkabel naar een Raspberry Pi gaat. Uiteraard is het handig om de geschreven software te installeren op de Raspberry Pi wanneer dit nog niet is gebeurd. Zodra alle draden verbonden zijn tussen de Raspberry Pi en de cilinders is het een mogelijkheid om een race te starten en plaats te nemen in de racesimulator.

Indien er opnieuw een onderzoek moet plaatsvinden kan de hardware in bruikleen worden gesteld.



## Analysevoorstel

Om onze resultaten om te zetten naar een betekenisvolle conclusie, nemen wij de mediaan van de resultaten. Het gebruik van de mediaan in plaats van het gemiddelde helpt om de invloed van extreme waarden te verminderen, waardoor het resultaat betrouwbaarder wordt (Smelt, A., & de Vetten, A., 2015). Dit is bijzonder belangrijk in de context van een dashboard. Door de mediaan te gebruiken, kan er een beter beeld krijgen van de typische prestaties en reacties van de cilinders.

Bij het controleren van de waarden worden alle metingen in een tabel gezet. Ter controle van de waarden wordt de mediaan van de resultaten vergeleken met de ingevoerde waarden. Hierbij wordt een acceptatiemarge van 0,25 graden gehanteerd, wat ook de verwachte maximale afwijking is op basis van de formule voor elk punt van het 3D model.

## Validiteit en betrouwbaarheid

De validiteit van een onderzoek gaat om de mate waarin het meet wat het beoogt te meten. In dit geval is de beoogde meting de juistheid van de bewegingen van elk punt van het 3D model op basis van de invoer van de gyroscoop. Hierbij draait het om het verifiëren van de gegevens uit de gyroscoop tegenover de gegevens van elk punt van het 3D model.

De gyroscoop is cruciaal bij de validiteit van het onderzoek. De gegevens uit de gyroscoop geven duidelijk aan of de gegevens die meegegeven worden naar de vier punten in het 3D model ook daadwerkelijk kloppen met de verwachte resultaten. De gegevens die meegestuurd worden kunnen vergeleken worden met de gegevens uit de gyroscoop, deze waardes zullen beide in graden meegegeven worden.

De betrouwbaarheid van een onderzoek gaat om de mate waarin het herhaalbare resultaten oplevert. In dit geval is de betrouwbaarheid van de meting van de gyroscoop op basis van de cilinders afhankelijk van de volgende factoren:

- De meetomstandigheden: dezelfde aansluitingen en standaardwaarden worden toegepast om consistente resultaten te behalen.
- De meetfrequentie: dezelfde metingen met dezelfde verwachte resultaten ontvangen om zeker te zijn dat er geen variatie zit in de resultaten.
- De consistentie van de meting: dezelfde metingen moeten op dezelfde manier worden uitgevoerd om betrouwbare resultaten te behalen.

Door de validiteit te verhogen, kan de kwaliteit van het onderzoek verder worden verbeterd.

## Tijdpad

Het onderzoek naar het aansturen van de racesimulator met data uit F1 2023 is verdeeld over twee perioden van acht weken. De eerste periode richt zich op het ophalen van de data uit het spel. Hierna volgt de tweede periode, waarin gefocust wordt op het aansturen van het 3D model en de EtherCAT module.

In de eerste periode ligt de nadruk op de voorbereiding en het verzamelen van de data. De eerste twee weken starten met de kick-off en planning, waarbij de onderzoeksdoelen worden geformuleerd en een projectplan wordt opgesteld. Vervolgens vindt er onderzoek plaats, waarin onderzocht wordt hoe de data verzameld moet worden en hoe de 4 punten van het 3D model aangestuurd moeten worden. Ook wordt gekeken naar de specificaties van F1 2023 en de methoden voor het ophalen van de data uit het spel.

Hierna volgt een periode waarin de software ontwikkeld wordt voor het verzamelen en verwerken van de data uit F1 2023. Hierbij ligt de focus op bruikbare gegevens zoals snelheid, acceleratie, versnelling, status van de banden en nog een aantal andere gegevens. Deze gegevens worden vervolgens weergegeven in een tijdelijk dashboard.

In de laatste twee weken van de eerste periode wordt de software geïntegreerd met de Raspberry Pi. Er worden tests uitgevoerd of de data die opgehaald wordt uit het spel correct zijn. Deze fase sluit de eerste periode af en zorgt ervoor dat er een goede basis is voor de aansturing van de toekomstige cilinders.

De tweede periode richt zich op het aansturen van het 3D model met de verzamelde data. Het ontwerp voor de aansturing wordt opgesteld. Hierna wordt de software ontwikkeld die het 3D model aanstuurt, waarbij de bewegingen van de raceauto in het spel worden vertaald naar bewegingen van de 4 punten in het 3D model.

In de laatste twee weken worden tests uitgevoerd om te controleren of de 4 punten van het 3D model correct reageren op de data en of de bewegingen realistisch zijn. Het systeem wordt waar nodig geoptimaliseerd. Daarnaast wordt er een rapport geschreven waarin de methoden, resultaten en conclusies worden beschreven.

## Hoofdstuk 1: Het Probleem

In dit hoofdstuk wordt het probleem beschreven wat is opgetreden en een aanleiding is op het maken van de racesimulator.

Vanuit de hogeschool NHL Stenden is er een specifieke behoefte ontstaan. Bij diverse evenementen zoals open dagen en beurzen ontbrak het aan racesimulators die ingezet konden worden om potentiële studenten te enthousiasmeren en te informeren over de opleidingen. De afwezigheid van een racesimulator werd als een gemis ervaren, aangezien het een aantrekkelijke manier zou zijn om de mogelijkheden en toepassingen van technische studies te demonstreren.

Als antwoord op deze behoefte is er vanuit de opleiding informatica en werktuigbouwkunde een gezamenlijk project ontstaan om een racesimulator te realiseren. Dit project vereist een nauwe samenwerking tussen twee verschillende domeinen, wat op zich al een interessante uitdaging vormt. De studenten van beide opleidingen moeten hun expertise en inzichten samenbrengen om tot een succesvol eindproduct te komen.

Vanuit de opleiding informatica wordt de software geschreven voor het aansturen van de cilinders. Dit houdt in dat er een vertaalslag gemaakt moet worden van de ruwe data naar bruikbare stuurinformatie voor de cilinders. De software moet de data vanuit het spel F1 2023 verwerken en omzetten in signalen die de cilinders kunnen interpreteren en uitvoeren.

Het mechanische deel van het project wordt verzocht door de opleiding werktuigbouwkunde. Waarbij er een frame wordt gemaakt en het monteren van de cilinders op elk punt van het frame.

Echter wordt er vanuit 2 verschillende domeinen gewerkt, informatica levert de software voor de cilinders en werktuigbouwkunde zorgt voor het frame en de cilinders. Waardoor er een gat valt wanneer deze 2 domeinen samen komen. De daadwerkelijke tussenaansturing van software naar cilinders wordt verzorgd door het bedrijf dat ook de cilinders aanlevert.

Vanuit de opleiding informatica is het nodig om de data uit het spel F1 2023 te verkrijgen en zodanig bruikbaar te verwerken om de cilinders te kunnen aansturen. In hoofdstuk 2 wordt dit volledig beschreven, wat de aanpak hierbij is geweest en hoe er verder wordt gewerkt aan het implementeren en testen van de gerealiseerde software.

## Hoofdstuk 2: De Oplossing

In dit hoofdstuk wordt een oplossing gepresenteerd voor het probleem dat in het eerste hoofdstuk beschreven is. Er wordt een aanpak beschreven om de relevante data uit het spel F1 2023 op te halen. Het verzamelen van deze data is van groot belang voor het aansturen van de cilinders om uiteindelijk een realistische race-ervaring te kunnen bieden.

### Het ophalen van de data uit F1 2023

Om data uit het spel F1 2023 op te halen, wordt gebruik gemaakt van verschillende soorten hardware. Deze onderdelen vormen samen het systeem dat gebruikt wordt om de racesimulator aan te sturen.

Om te beginnen de XBOX Series X. Dit is een lijn van spelcomputers ontwikkeld door Microsoft in November 2020 (Grossman & Andrews, 2021). De XBOX is technisch gezien een enorme vooruitgang op zijn voorganger, wegens de mogelijkheid om scherpere beelden weer te geven. Dit draagt indirect bij aan het bieden van een realistische race-ervaring. Tevens wordt op deze computer het spel F1 2023 gedraaid.

De XBOX moet de data op een manier versturen, zodat deze verwerkt kan worden. Deze communicatie vindt plaats door middel van een UDP-verbinding. User Datagram Protocol (UDP) is een protocol van het internet en wordt veel gebruikt bij toepassingen waar het snel overdragen van gegevens en een zeer korte reactietijd belangrijk is (Liu et al., 2003). In vergelijking met een ander protocol, genaamd TCP, is het hier minder erg als er kleine stukken data verloren gaan. Om de vertraging te beperken, wordt de XBOX aangesloten op een ontvanger door middel van een kabel.

In dit geval is de ontvanger een Raspberry Pi. Deze computer, ongeveer net zo groot als een bankpas, is een singleboardcomputer gebouwd op een enkele printplaat, met een microprocessor, geheugen, input/output en andere onderdelen die nodig zijn (Ferdoush & Li, 2014). Dit apparaatje ontvangt en verwerkt de data uit het spel.

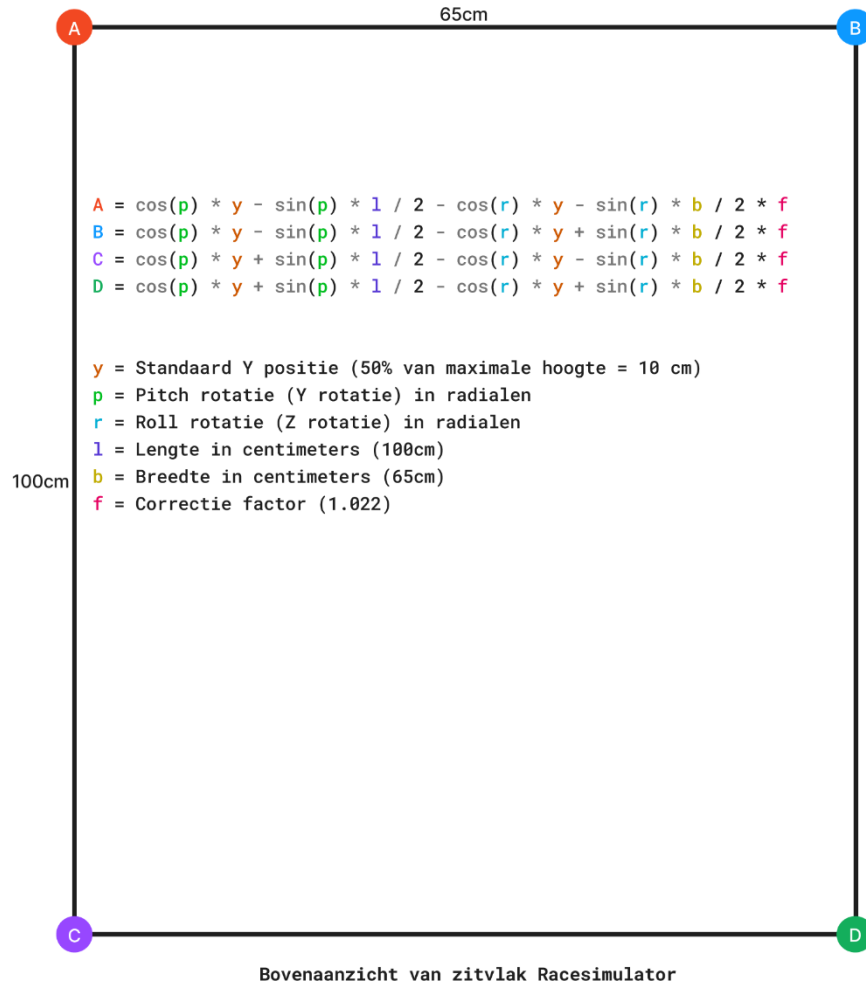
Nadat de data verstuurd en ontvangen kan worden, moet deze nog verwerkt worden. Het is namelijk zo dat de data als het ware in tientallen pakketjes wordt gestuurd. Deze pakketjes bestaan ook weer uit tientallen categorieën. Om de data te vertalen, moet deze in de juiste categorie geplaatst worden. De data die bijvoorbeeld hoort bij snelheid, moet ook in de categorie van snelheid geplaatst worden. In het geval van de racesimulator wordt alleen de relevante data vertaald. Het gaat hier alleen om rol, nick en gier.

## Het vertalen van verzamelde data naar bewegingen van de cilinders

De daadwerkelijke racesimulator kan worden beschreven als een zitvlak met vier cilinders, elke op één hoek van het zitvlak. Deze cilinders drukken hun respectievelijke hoek omhoog om het zitvlak te draaien. In het uiteindelijk ontwerp is het zitvlak 65cm bij 120cm, waarvan 20cm los zit van de cilinders en dus uitsteekt. Elke cilinder kan van 0 tot 20cm omhoogduwen voor een totale rotatie bereik van iets minder dan 7 graden in de pitch en roll rotaties.

Om het zitvlak nauwkeurig te draaien naar de gewenste rotatie uit het spel moet er een vertaalslag komen in de software. Hiervoor wordt er gebruik gemaakt van de formule in figuur 1. Elke cilinder (A, B, C, D) wordt aangestuurd een hoogte die wordt berekend op basis van een eigen formule. Deze posities zorgen ervoor dat de gewenste pitch- en roll-rotaties worden toegepast op het zitvlak van de racesimulator. Het uiteindelijke resultaat op het zitvlak is dan ook de gewenste rotatie, met een marge van maximaal 0,1 graden.

Uiteindelijk worden deze berekende waarden voor elke cilinder verzonden naar een module via EtherCAT, een ethernet gebaseerde actuator aansturing wat een van de meest gebruikte actuator aansturingen is (Paprocki & Erwiński, 2022). Hiermee kunnen de cilinders aangestuurd worden met de verwachte positie met de verwachte snelheid, wat in dit geval zo snel mogelijk is.



Figuur 1: Formule voor de berekening van de hoogte van elke cilinder.

## Hoofdstuk 3: De Realisatie

In dit hoofdstuk wordt het proces beschreven van de daadwerkelijke realisatie van de vertaalslag naar de EtherCAT module en het aansturen van het 3D model. Hierbij komen de stappen aan bod die genomen zijn om van idee naar vertaalslag en aansturing, inclusief de samenwerking tussen de verschillende disciplines, het testen en de iteraties die noodzakelijk waren om tot het uiteindelijke product te komen.

### Planning en projectmanagement

De realisatie van de vertaalslag en het aansturen van het 3D model vereist een gestructureerde aanpak en goed projectmanagement om ervoor te zorgen dat alle aspecten van het project op tijd werden voltooid. Er wordt gebruik gemaakt van een scrumboard in Gitlab. Elke sprint heeft een duur van twee weken en bestaat uit verschillende user stories.

### Samenwerking tussen informatica en werktuigbouwkunde

Een cruciaal aspect van dit project was de nauwe samenwerking tussen de opleidingen informatica en werktuigbouwkunde. Regelmatige vergaderingen en updates waren essentieel om ervoor te zorgen dat beide teams op dezelfde lijn zaten en afhankelijkheden tussen software- en hardwarecomponenten goed werden beheerd.

- **Informatica team:** Verantwoordelijk voor de ontwikkeling van de software die de data uit F1 2023 omzet naar bruikbare gegevens voor de cilinders.
- **Werktuigbouwkunde team:** Verantwoordelijk voor het ontwerp en de constructie van het frame en de integratie van de cilinders.

### Ontwikkeling

De softwareontwikkeling begint met het omzetten van een communicatieprotocol om de data uit F1 2023 via de Raspberry Pi te ontvangen. Vervolgens wordt de data gefilterd en geanalyseerd om de relevante gegevens (pitch & roll) op te halen. De belangrijkste stappen hierin zijn als volgt:

- **Opzetten van de UDP-verbinding:** Zorgen dat de data van de XBOX naar de Raspberry Pi kon worden verzonden en ontvangen.
- **Data parsing:** Implementeren van algoritmes om de inkomende data te filteren en te sorteren.
- **Verbinding tussen 3D model en F1 2023:** Het 3D model is ontwikkeld in het programma Godot, waarbij er live veranderingen kan worden gezien door het aansluiten van het spel F1 2023 door middel van een Websocket.
- **EtherCAT opzetten:** software schrijven voor het laten branden van een lampje met de EtherCAT module.

## Resultaten

De resultaten worden berekend op basis van de gegevens uit het spel F1 2023. De waardes wat uit het spel komen worden toegepast op het 3D model. Er kan op 2 manieren resultaten binnen komen, via het spel of via de online webapplicatie. Er wordt eerst gekeken naar de online webapplicatie, hierbij is het mogelijk om de pitch en roll handmatig aan te passen waardoor er in het 3D model een weergave komt van de hoogte van de cilinders. Ook wordt er berekend hoe snel de cilinders naar de hoogte moeten verplaatsen in cm per seconden.

Roll	Pitch	Punt linksvoor	Punt linksachter	Punt rechtsvoor	Punt rechtsachter.	Cm per seconden
0.0	0.0	10.28	10.28	10.28	10.28	0.0
0.0	-0.20	10.46	10.10	10.46	10.10	0.3
-0.20	-0.20	10.34	9.99	10.57	10.22	0.2
-0.20	-1.20	11.23	9.09	11.47	9.33	0.9
-1.20	-1.20	10.65	8.51	12.05	9.91	0.2
-1.20	-2.00	11.37	7.80	12.76	9.19	0.01
-2.00	-2.00	10.90	7.34	13.22	9.66	0.01
-2.00	-4.00	12.69	5.56	15.00	7.87	0.01
-4.01	-4.00	11.52	4.39	16.17	9.04	0.02
-4.01	-6.00	13.30	2.62	17.94	7.26	0.01
-6.00	-6.00	12.15	1.47	19.09	8.41	0.01
-6.00	-7.00	13.04	0.58	19.98	7.52	0.06
-7.00	-7.00	12.46	0.00	20.56	8.10	0.15
-7.00	1.50	4.89	7.57	12.99	15.67	0.03
1.50	1.50	9.81	12.49	8.07	10.75	0.02
1.50	4.00	7.58	14.71	5.85	12.98	0.01
4.00	4.00	9.03	16.16	4.40	11.53	0.02
4.00	7.00	6.37	18.82	1.74	14.19	0.23
7.00	7.00	8.10	20.56	0.00	12.46	0.07

Zoals te zien in de bovenstaande tabel, wordt de pitch en de roll handmatig aangepast waaruit 5 verschillende waardes komen. Er is een foutmarge van 0.10 voor de pitch en roll.

De volgende tabel zijn de waarden vanuit het spel F1 2023. Hiervoor is een race gestart in de categorie tijdtrace.



Roll	Pitch	Punt linksvoor	Punt linksachter	Punt rechtsvoor	Punt rechtsachter	Cm per seconde
0.73	8.51	3.21	18.18	2.38	17.35	0.0
1.19	7.73	4.17	17.74	2.82	16.39	0.0
2.42	6.96	5.55	17.76	2.80	15.01	0.0
3.12	6.29	6.54	17.56	3.00	14.02	0.0
4.93	3.34	10.17	16.01	4.55	10.39	0.0

Zoals te zien in de bovenstaande tabel, wordt de pitch en roll uit het spel genomen en door verwerkt naar het 3D model. Bij de laatste column staat alles op 0.00 dit is omdat het te snel gaat om mee te typen wanneer de auto beweegt. Echter zou dit wel een realistisch gevoel geven wanneer dit aan de cilinders wordt gekoppeld.

## Discussie

Aangezien er veel verschil zit tussen het oorspronkelijke onderzoeksvoorstel en het uiteindelijke rapport, zijn er tal van mogelijke aanpassingen voor een nog beter onderzoeksrapport. Tijdens het onderzoek is er gebruik gemaakt van een 3D model in plaats van fysieke cilinders, dit vanwege de lange levertijd van de cilinders. Bovendien moesten we vaak wachten door communicatieproblemen, wat het proces vertraagde.

Voor een betrouwbaarder onderzoek kan er gebruik worden gemaakt van fysieke cilinders. Voor het uiteindelijke eindproduct worden er immers fysieke cilinders gebruikt. Om de realiteit van het onderzoek beter te benaderen, kan het gebruik van fysieke cilinders bijdragen aan een nauwkeuriger en beter onderzoeksrapport.

Als we kijken naar de validatie van het onderzoeksrapport, kan er een overweging worden gemaakt over de foutmarge van het 3D model. Waarbij de foutmarge nu op 0.10 wordt gezet, kan dit in de toekomst naar 0 worden gebracht. Dit zou de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van het onderzoek verder verbeteren, en zorgen voor resultaten die dichter bij de werkelijkheid liggen.

Het is duidelijk dat de overgang naar fysieke cilinders niet alleen de betrouwbaarheid van de onderzoeksresultaten zou verhogen, maar ook de algehele kwaliteit en validiteit van het rapport zou verbeteren. Het integreren van fysieke cilinders in toekomstige onderzoeken zou de discrepantie tussen het onderzoeksvoorstel en het eindrapport aanzienlijk kunnen verminderen, en uiteindelijk bijdragen aan een robuuster en nauwkeuriger eindproduct.

## Conclusie

Het onderzoeksproject gericht op de ontwikkeling van een racesimulator voor NHL Stenden is een belangrijke stap gebleken in het vergroten van de aantrekkingskracht van technische opleidingen tijdens open dagen en beurzen. Door de samenwerking tussen de opleidingen informatica en werktuigbouwkunde is er een integrale aanpak gerealiseerd waarbij zowel software- als hardwarecomponenten zijn samengebracht. Het project heeft aangetoond hoe de combinatie van technische vaardigheden kan leiden tot een innovatief en praktisch eindproduct.

De softwareontwikkeling door het informaticateam heeft geresulteerd in een systeem dat data uit het spel F1 2023 kan extraheren, verwerken en vertalen naar aanstuurcommando's voor het 3D model. Dit vormt de opzet voor de uiteindelijke cilinders. Het werktuigbouwkundig team heeft succesvol een stabiel en functioneel frame ontworpen en gebouwd.

Hoewel de realisatie van de racesimulator werd beperkt door de lange levertijd van de fysieke cilinders, heeft het gebruik van een 3D-model gedurende de testfase waardevolle inzichten opgeleverd. Dit model diende als een effectieve vervanging, waardoor de softwarecomponenten konden worden getest en geoptimaliseerd. Echter, om de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van toekomstige onderzoeksprojecten te verhogen, is het essentieel om fysieke cilinders te gebruiken in de testfases. Dit zou niet alleen de foutmarges minimaliseren, maar ook de algehele validiteit en toepasbaarheid van het eindproduct verbeteren.

In de evaluatie van het project kwamen enkele knelpunten naar voren, voornamelijk in de communicatie tussen de verschillende disciplines en de synchronisatie van software- en hardwareontwikkeling. Regelmatige vergaderingen en duidelijke projectmanagementstrategieën hebben geholpen deze uitdagingen te mitigeren, maar er blijft ruimte voor verdere optimalisatie.

Samenvattend heeft dit onderzoeksproject een sterke basis gelegd voor de implementatie van racesimulatoren in promotionele activiteiten van NHL Stenden. De opgedane kennis en ervaring vormen een waardevolle bron voor toekomstige projecten. Door de focus te verleggen naar de integratie van fysieke componenten en het verfijnen van de samenwerking tussen verschillende disciplines, kan de racesimulator verder worden verbeterd en een nog krachtiger instrument worden voor het enthousiasmeren van potentiële studenten.

## Literatuurlijst

Verhoeven, P. S. (2011). *Doing research: The Hows and Whys of Applied Research*.  
Lyceum Books, Incorporated.

Ferdoush, S., & Li, X. (2014). Wireless Sensor Network System Design Using Raspberry Pi and Arduino for Environmental Monitoring Applications. *Procedia Computer Science*, 34, 103–110. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.07.059>

Grossman, M., & Andrews, J. (2021). The Xbox Series X System Architecture. *IEEE MICRO/IEEE Micro*, 41(2), 22–28. <https://doi.org/10.1109/mm.2021.3058629>

Liu, P., Meng, M., Ye, N. X., & Gu, J. (2003). An UDP-based protocol for Internet robots. *Proceedings Of The 4th World Congress On Intelligent Control And Automation*.  
<https://doi.org/10.1109/wcica.2002.1022068>

Sheposh, R. (2023). Gyroscope. Salem Press Encyclopedia of Science.

Smelt, A., & de Vetten, A. (2015). Gemiddelde, mediaan en spreidingsmaten. *Huisarts en wetenschap*, 58, 521-521.

Paprocki, M., & Erwiński, K. (2022). Synchronization of electrical drives via EtherCAT fieldbus communication modules. *Energies*, 15(2), 604.