

Afstudeerproject fiets- stabiliteits-systeem

EXTRA STABILITEIT BIJ LAGE SNELHEID EN STILSTAND



Auteurs: D. van Dijk (11092416)
S.A. van Geel (13106090)

Opleiding: Bewegingstechnologie
De Haagse Hogeschool

Datum: 25 Oktober 2017

Eerste begeleider: L. Haverkate

Tweede begeleider: L.A.J.M. Broeren

Titelpagina

Studenten:

Daniel van Dijk – 11092416

Segebertus Antonius van Geel – 13106090

Begeleiders:

L.A.J.M. Broeren

L. Haverkate

Opdrachtgever:

H. van Galen

Voorwoord

Voor u ligt het verslag van het afstudeerproject van de studenten Bewegingstechnologie Daniel van Dijk en Bart van Geel. Dit afstudeerproject is uitgevoerd in opdracht van het Expertisecentrum van Bewegingstechnologie (ECBT) en Dhr. Van Galen. Dit verslag beschrijft de volledige totstandkoming van het vervaardigde eindproduct en is gericht aan iedereen die hierin is geïnteresseerd. Graag bedanken wij de volgende personen voor hun begeleiding en expertise: Liz Haverkate (eerste begeleider), Bert Broeren (tweede begeleider), Dhr. Van Galen (Cliënt en opdrachtgever), Dr. A. Schwab (TU Delft), Fietsspecialzaak 't Mannetje Haarlem (externe feedback), Robert McMeikan en Paul Steijger (begeleiding in de werkplaats).

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Samenvatting	6
1 - Inleiding	7
1.1 Opdracht.....	7
1.2 Leeswijzer	7
2 - Analyse	8
2.1 Doelgroep(en).....	8
2.1.1 Spinocerebellaire ataxie	8
2.1.2 Ziekte van Parkinson	8
2.1.3 Cerebrale Parese.....	8
2.2 Marktonderzoek	8
2.2.1 Huidige fiets stabiliseren.....	8
2.2.2 Drie- en vierwieler	9
2.2.3 Fietslessen	10
2.2.4 Passief stabielere fiets	10
2.2.5 'Steer-by-wire'	10
2.2.6 Overzichtstabel marktonderzoek.....	11
2.3 Literatuuronderzoek fietsdynamiek - krachten, balans, motoriek	12
2.3.1 Hoe ziet het balanceren eruit tijdens het fietsen?.....	12
2.3.2 Wat is de oorzaak van de zijwaartse instabiliteit?	13
2.4 Analyse grenssnelheid	15
2.4.1 Protocol	15
2.4.2 Resultaten en conclusie	15
2.5 Zelfstabiele snelheid verlagen door ontwerp	16
2.5.1 Passief met zwaartepunt	16
2.5.2 Actief met gyroscoop.....	16
3 - Eisen en Wensen	17
4 – Ontwerpfase	18
4.1 Concepten	18
4.2 Kardinale methode	20
4.3 Eindconcept	21
4.4 Materiaalkeuze.....	21
4.5 Berekeningen.....	22
4.5.1 Normaalkracht op zijwiel	22
4.5.2 Actuatorkracht op duwas	22
4.5.3 Krachtberekening met behulp van Solidworks	23
4.5.4 Reactiekracht op actuator	24
4.6 Bouwtekeningen.....	25
5 - Vervaardigingsfase	26

5.1 Mechaniek	26
5.2 Elektrisch systeem	26
5.3 Eindresultaat	27
6 – Evaluatie	28
6.1 Testprotocol & resultaat.....	28
6.2 Controle eisen	28
6.3 Wensen.....	29
6.4 Ervaring eindgebruiker	30
7 – Discussie	31
7.1 Discussie m.b.t. het ontwerpproces	31
7.2 Discussie m.b.t. het eindresultaat	31
7.3 Discussie m.b.t. ingebruikname.....	32
7.4 Discussie m.b.t. doorontwikkeling.....	33
8 – Conclusie	34
Literatuurlijst.....	35
Bijlagen.....	36
Bijlage 1 – Marktonderzoek & verschillende soorten zijwielen.....	36
Bijlage 2 – Jbike6GUI resultaten	40
Bijlage 3 – Zelfstabiele snelheid actief verlagen.....	41
Bijlage 4 – Zelfstabiele snelheid passief verlagen.....	42
Bijlage 5 - Morfologische kaart	44
Bijlage 6 – Bouwtekeningen	45
Bijlage 7 – Gebruiksaanwijzing	49
Inleiding	49
Accu opladen	49
Fietsen met de zijwielen	50
Onderhoud	50
Demontage	51
Montage & afstelling	51
Bijlage 8 - Meetprotocol.....	52
Bijlage 9 – Testprotocol	53

Samenvatting

Vanuit het Expertisecentrum Bewegingstechnologie (ECBT) is er opdracht gegeven om een fietsstabiliteitssysteem te ontwikkelen voor Dhr. Van Galen. Door de progressieve zenuwaandoening SpinoCerebellaire Ataxie heeft hij een sterk verminderde controle over de bovenste en onderste extremiteiten. Hierdoor is fietsen met langzame snelheid en tot stilstand komen lastig. Aangezien hij de wens heeft om zo lang mogelijk op een tweewieler te blijven fietsen is er een systeem vervaardigd welke ervoor zorgt dat Dhr. Van Galen langer kan blijven fietsen met behoud van de ervaringen op een conventionele tweewielige fiets.

Door middel van bewegingsanalyses, interviews, literatuuronderzoek en marktonderzoek is er een lijst van eisen en wensen opgesteld waar het te ontwikkelen product aan diende te voldoen. Zo diende het product ondersteuning te bieden bij het fietsen met lage snelheid, het stilstaan en het op- en afstappen. Tevens diende het product zodanig te worden ontworpen dat Dhr. Van Galen niet de voeten aan de grond hoeft te zetten bij stilstand. Ook moest het systeem te activeren zijn met een handbeweging aan het stuur.

Om tot het beste ontwerp te komen is er een brainstormsessie gedaan waarbij er vele ideeschetsen gemaakt zijn. Deze zijn te verdelen in twee hoofdgroepen: ondersteuning door actief verplaatste zijwielen en ondersteuning door actief verlagen van zelfstabiele snelheid met gyroscopische effecten. Deze laatste is als zijstapje onderzocht en getest met een mock-up. Echter is dit niet toegepast op het eindproduct en is er gefocust op de zijwielen. Door deze schetsen te groeperen zijn er een aantal ontwerp ideeën ontstaan welke verder zijn uitgewerkt en in een morfologische kaart zijn samengevoegd. Met behulp van deze morfologische kaart zijn keuzes gemaakt om vervolgens tot drie verschillende concepten te komen. Het voornaamste verschil tussen de concepten was de montagelocatie en de bedieningsmethode. Om een goed beeld te krijgen van enkele ideeën zijn er mock-ups gemaakt van oplossingen met zijwielen onder de standaardplaat. Van deze drie concepten zijn alle voor- en nadelen op een rij gezet. Omdat het concept met de montage op de standaardplaat het meeste voordeel had, is dit concept verder uitgewerkt. Met behulp van het 3D tekenprogramma Solidworks zijn er bouwtekeningen gemaakt waarmee het systeem vervaardigd is in de werkplaats van Bewegingstechnologie.

Deze eerste versie van het prototype is afgeleverd bij Dhr. van Galen. Binnen enkele weken werd contact opgenomen omdat het systeem beschadigd was door een stoeprand. Ook bleek het systeem (toch) verbogen bij het praktijkgebruik ondanks de tests. Daarom is na de zomervakantie het systeem teruggenomen en zijn er enkele verstevigingen aangebracht waardoor dit niet meer voor moet kunnen komen. Ook zijn de instructies voor het gebruik aangepast.

Nadat het vervaardigingsproces was afgerond is het systeem getest. Uit de resultaten van deze test bleek dat het stabiliteitssysteem aan iedere opgestelde eis voldoet. Echter zijn er enkele verbeterpunten en aanbevelingen aan het licht gekomen welke terug zijn te lezen in de discussie van dit verslag.

1 - Inleiding

De heer van Galen, geboren op 3-3-1954 en tot 5 jaar geleden werkzaam als fysiotherapeut, is belast met de erfelijke ziekte spinocerebellaire ataxie (vanaf nu SCA). Hierdoor heeft hij onder andere stabiliteitsproblemen doordat de aansturing van de onderste extremiteiten sterk is verminderd. Dhr. van Galen is een fanatiek fietser. Naar eigen zeggen is het voor hem van levensbelang om dit zo lang mogelijk te blijven doen, want “bewegen is leven”. Het fietsen zelf gaat probleemloos, echter komt de stabiliteitsproblematiek aan het licht wanneer de dhr. van Galen met zeer lage snelheid moet fietsen, tot stilstand moet komen, of op of af moet stappen. Bij deze taken heeft hij moeite zichzelf en de fiets rechtop te houden. Tevens vraagt het opstappen op de fiets veel van de fietser. In de toekomst zal dit alleen maar lastiger worden. Ter vergemakkelijking van het op en afstappen heeft de heer Van Galen reeds een aanpassing aan zijn fiets, namelijk: het verlagen en verhogen van het zadel met een gasveer aan de zadelpen (zie Figuur 1). Deze gasveer is met een hevel aan het stuur in hoogte verstelbaar tijdens het fietsen. Zo kan hij op en af stappen met een laag zadel, en fietsen met een hoog zadel. Echter schiet dit hulpmiddel te kort wanneer de aansturing van de onderste extremiteit minder wordt. Dhr. van Galen heeft daarom gevraagd om inklapbare zijwielen op zijn fiets te hebben welke ondersteunen bij het bewaren van het evenwicht bij opstappen, afstappen, tot stilstand komen en fietsen bij lage snelheid.



Figuur 1 - Gasveer zadel

1.1 Opdracht

De vraag van dhr. van Galen om inklapbare zijwielen te maken is erg specifiek. Om rekening te kunnen houden met de behoeften van de eindgebruiker is de volgende opdracht vastgesteld:

Ontwerp en vervaardig een stabiliteitssysteem voor op de fiets van Dhr. Van Galen. Dit systeem dient niet af te doen aan de normale (tweewieler-)fietservaring.

1.2 Leeswijzer

Dit verslag begint met de inleiding en aanleiding van de opdracht in hoofdstuk 1. Vervolgens is het vooronderzoek naar aanleiding van de opdracht te vinden in hoofdstuk 2. Er zijn meerdere doelgroepen onderzocht welke baat kunnen hebben bij een dergelijk systeem. Ook is er een marktonderzoek te vinden, er is er een analyse naar de fietsdynamiek gedaan welke tevens in de praktijk is onderzocht. Deze analyse leidt vervolgens tot de eisen en wensenlijst zoals deze staat in hoofdstuk 3. Met deze eisen en wensenlijst is het ontwerpproces uitgevoerd, welke beschreven is in hoofdstuk 4. De bouwtekeningen zijn te vinden in bijlage 6. In hoofdstuk 5 is een omschrijving van het vervaardigingsproces te lezen. Het prototype wordt getest en onderworpen aan de eisen en wensen in hoofdstuk 6 om te volgen met een kritische discussie op het ontwerpproces, het eindresultaat en de ingebruikname van het prototype in hoofdstuk 7. Dit alles leidt tot hoofdstuk 8, de conclusie en aanbevelingen met betrekking tot de ontwerpvrage.

2 - Analyse

2.1 Doelgroep(en)

Naast dat de opdracht specifiek voor dhr. Van Galen wordt uitgevoerd zijn er meerdere doelgroepen welke mogelijk baat hebben bij een stabiliteitssysteem voor bij het fietsen. Voornamelijk als er bij lage snelheid balansproblemen en motorische problemen voorkomen kunnen deze worden ondersteund waardoor het fietsen langer mogelijk is. Hierna volgt een drietal doelgroepen.

2.1.1 Spinocerebellaire ataxie

Spinocerebellaire ataxie is een degeneratieve zenuwaandoening welke erfelijk overdraagbaar is. Hierbij worden de kleine hersenen aangedaan waardoor functies als spraak, balans en fijne motoriek sterk verminderen. Vaak komen de eerste symptomen aan het licht vanaf het 40^e levensjaar. Het begint dan vaak met een onzeker gangbeeld, ongecontroleerde bewegingen van de extremiteiten en spraakstoornis. Aangezien de ziekte progressief neurodegeneratief is raakt het zenuwweefsel steeds meer beschadigd. Hierdoor worden de bijkomende stoornissen steeds erger.

2.1.2 Ziekte van Parkinson

De ziekte van Parkinson is een degeneratieve centrale zenuwaandoening welke meerdere symptomen heeft. Een van deze symptomen is het 'freezen' tijdens het gaan, waarbij de patiënt bijna letterlijk bevriest en niet meer verder kan lopen. Dit treedt op zonder waarschuwing vooraf. Uit opgedane ervaring tijdens de tweede stage, waarbij onderzoek naar beweging van Parkinson patiënten is gedaan, blijkt dat fietsen op normale snelheid voor deze mensen geen probleem is, echter als het afstappen dient te gebeuren kan dit 'freezen' optreden. Veel Parkinsonpatiënten zijn hierdoor bang om te vallen bij het fietsen en zullen de fiets sneller laten staan.

2.1.3 Cerebrale Parese

Cerebrale parese heeft naast andere symptomen betrekking op beweging en spraak. Symptomen van invloed bij het fietsen zijn vooral de houdingsstoornissen en bewegingsstoornissen, zoals coördinatieproblematiek bij bewegingen. Tevens zijn dystonie en hypotonie, onregelde en te lage spierspanning en spasticiteit in ledematen, symptomen welke invloed hebben op het fietsen. Met een dergelijk systeem kunnen kinderen toch leren fietsen op een tweewielers.

2.2 Marktonderzoek

Voor mensen van verschillende leeftijden en om uiteenlopende redenen zijn producten op de markt voor als zij niet meer veilig met een standaard fiets kunnen fietsen. Meest voorkomende redenen hiervoor zijn problemen met op- en afstappen of stabiliteitsproblemen tijdens het fietsen. Een probleem hierbij is dat velen fietsen willen ervaren op de manier zoals ze dat altijd deden. Hieronder een aantal oplossingen in categorieën voor stabiliteitsproblemen. Er zijn geen zijwielsystemen op de markt welke inklapbaar zijn tijdens het fietsen. Er zijn wel inklapbare systemen voor de motorfiets verkrijgbaar, maar deze zijn niet te monteren op een fiets.

2.2.1 Huidige fiets stabiliseren

De meest voorkomende oplossing is het monteren van zijwielletjes. Dit maakt van de huidige tweewieler een vierwieler want er worden twee steunwielen geplaatst. Vanaf circa 200 euro tot 1375 euro zijn er standaardsets te koop welke op vrijwel elke volwassenenfiets te monteren zijn. Een probleem hierbij kan zijn dat de kettingkast in de weg zit bij montage. Wanneer deze eenmaal gemonteerd zijn, zijn

deze niet gemakkelijk te demonteren. Dat betekent dat de fiets niet mee kan op de fietsendrager achterop de auto. Er zijn wel uitzonderingen zoals het systeem van Eerder Metaal & Rijwieltechniek. Dit systeem kost 1190 euro inclusief montage, komt met 45 minuten fietsles en is gemakkelijk te demonteren. Dan is er nog het Opus 3-systeem, welke elke tweewieler kan ombouwen tot een echte driewieler en het complete achterwiel vervangt. Voor voorbeelden en afbeeldingen, zie bijlage 1.

Deze oplossingen geven veel stabiliteit. Zowel tijdens het fietsen als bij een eventuele stop. Bij een stoplicht kan men gewoon op de fiets blijven zitten en weer beginnen met trappen wanneer het licht groen wordt. Een ander voordeel is dat dit systeem op de huidige fiets gemonteerd kan worden. De versnellingen kunnen worden gebruikt of eventueel worden verwijderd.

Deze systemen zorgen voor ander rijgedrag op de fiets dan dat wat men juist zo goed kende. Daarom is het zaak goed te wennen aan het ondersteunende effect in de bochten.

2.2.2 Drie- en vierwieler

Speciale driewielerfietsen zijn verkrijgbaar vanaf zo'n 1400 euro. Deze fietsen zijn speciaal ontworpen voor de doelgroep en hebben vaak een lage instap en een grote mand op de achteras. De breedte van dit soort fietsen is veelal afgestemd op de doorgangsbreedte van een standaarddeur¹ (0,85m). Het nadeel is het suffe imago wat aan deze soort fiets hangt. Er zijn wel sportievere modellen verkrijgbaar maar deze zijn stukken duurder en beginnen bij 2400 euro. Ook deze driewielers hebben een andere rijervaring dan gewone tweewielers, alle correcties gaan via het stuur en de fiets blijft verticaal. In een bocht wordt de fietser naar buiten geduwd door de middelpuntvliedende kracht. Er is enige tijd van gewenning of zelfs fietsles van een ergotherapeut aan te raden. Een ander



Figuur 2 - Drymer; leunende driewieler

nadeel is dat het bovenlichaam veel meer schudt dan op een tweewieler. Als men met één van de wielen door een kuil rijdt, word de fietser ook in dwarsrichting heen en weer geschud.

Dan zijn er sinds kort driewielers welke in de bocht kunnen leunen. Bij dit type zitten er geen twee wielen achter, maar voor. Daarnaast is het kantelsysteem gekoppeld aan de rem. Dat betekent dat als de fiets stil staat deze ook rechtop zal staan en zo geblokkeerd wordt. Er hoeven geen voeten aan de grond te komen. Deze fietsen zijn van het (Nederlandse) merk Drymer te vinden en verkrijgbaar vanaf 7000 euro. Het voordeel hiervan is dat er geen andere manier van fietsen hoeft te worden aangeleerd omdat dit type fiets hetzelfde fietst als een tweewieler. Zie Figuur 2. Het merk Feetz gaat ook dit type fietsen maken. Feetz categoriseert zich als bakfiets met transformeerfunctie naar winkelwagen. Er zijn nog geen prijzen bekend.

¹ Uit het bouwbesluit hoofdstuk 4 artikel 4-22

Dan is er de vierwieler, welke als voordeel een nog grotere stabiliteit biedt vergeleken met de driewieler. De prijs begint bij 3000 euro voor een instapmodel zonder accessoires. De nadelen van de (niet-kantelende) driewieler gelden nog steeds voor dit type fiets. Daarnaast is deze fiets een stuk zwaarder en is een elektrische trapondersteuning aan te raden.

2.2.3 Fietslessen

De kwetsbare groep wordt steeds angstiger in het verkeer en dat maakt ze alleen maar meer kwetsbaar. Goed omkijken lukt niet, hand uitsteken is eng, het gehoor is minder. Daarnaast is het verkeer en de samenleving veel drukker en veranderen regels. Er zijn steeds meer fietslessen voor ouderen en dit is een goede manier om gedragsverandering en bewustwording te creëren. Echter biedt dit geen stabiliteitsoplossing maar enkel een meer vertrouwd gevoel.

2.2.4 Passief stabielere fiets

Een resultaat uit onderzoek van de laatste jaren is de ontwikkeling van een nieuw soort – extra stabiele fiets. Op dit moment wordt de SoFiets ontwikkeld (Figuur 3) en binnenkort op de markt gebracht, maar is nog niet verkrijgbaar. Deze is onder andere voorzien van een soortgelijk systeem als dhr. van Galen nu op zijn fiets heeft. Als je de snelheid verhoogt naar boven de 8 km/u, gaat het zadel omhoog, zodat de pedalen goed rond getrapt kunnen worden. Gebruik je de remmen of kom je onder die snelheid, zakt het zadel zodat de voeten aan de grond kunnen. Andere aanpassingen zijn de steilere stuurpenhoek waardoor de fiets stabiel fietst op lage snelheid en is de fiets voorzien van



Figuur 3 - SoFiets prototype

korte pedalen en een lage instap. Hierdoor is het gemakkelijk om tijdens op- en afstappen de voet tussen het frame door naar de andere kant te plaatsen. Daarnaast zijn de wielen van de fiets wat kleiner (24 inch) dan bij een normale fiets en is ook de wielbasis korter. Dit zorgt ervoor dat de fiets stabiel is op lage snelheid, de bestuurder dicht bij de grond zit en de fiets beter kan uitwijken op hoge snelheid. Ook is de fiets voorzien van een weghulp met een elektrische motor (tot 18 km/u) om de fietser sneller en soepeler tot een stabiele snelheid te brengen.



Figuur 4 - Steer-by-wire TUDelft 2014

2.2.5 'Steer-by-wire'

Bij de TU in Delft is een prototype gemaakt van een 'steer-by-wire-systeem' welke (in de toekomst) op de stuurkolom van een fiets kan worden gemonteerd. Uit onderzoek van de TU werd geconcludeerd dat het sturen de grootste invloed heeft op de balans van de fiets (J.P. Meijaard, 8 augustus 2007). Dit systeem zorgt ervoor dat eventuele afwijkingen worden gecorrigeerd zodat de fiets stabiel blijft. Dit is echter nog niet op de markt verkrijgbaar. Voor het prototype, zie Figuur 4.

2.2.6 Overzichtstabel marktonderzoek

Voor een snel overzicht van hoofdstuk 2.3, zie onderstaande Tabel 1. Op de bovenste horizontale rij staan de eisen zoals die door de opdrachtgever gesteld zijn. Het resultaat van dit project dient hieraan te voldoen.

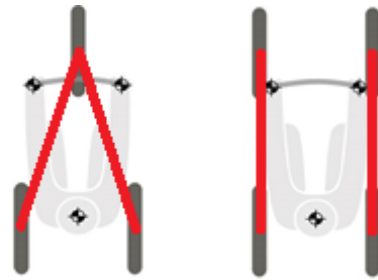
Aandachtspunten →	Normale fietshouding	Normaal ogende fiets	Toepasbaar op huidige fiets	Normale fietservaring	Stabiel in stilstand
Huidige fiets stabiliseren	V	V	V	X	V
Drie- of vierwieler	Specifiek	X	X	Specifiek	V
Passief stabielere fiets	V	V	X	V	X
Fietslessen	N.v.t.	V	V	V	X
'Steer-by-wire'	V	V	V	V	X
Ontwerp vraag	V	V	V	V	V

Tabel 1 - Overzicht marktonderzoek

Hieruit blijkt dat het systeem wat ontworpen dient te worden nog niet bestaat.

2.3 Literatuuronderzoek fietsdynamiek - krachten, balans, motoriek

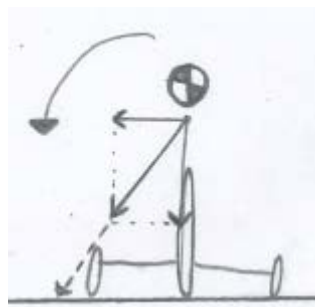
Omvalle gebeur als het gezamenlijke zwaartepunt buiten het steunvlak treedt. In het geval van een tweewieler kan gesteld worden dat deze continue instabiel is omdat het steunvlak een meskant, ofwel een rechte lijn is. Zo lijkt een fiets het meest op een omgekeerde slinger. Een driewieler of vierwieler heeft wel een steunvlak. In Figuur 5 is te zien hoe dit eruit ziet. Omdat het zwaartepunt hoger ligt dan het steunvlak kan tijdens een bocht op hogere snelheid dit zwaartepunt buiten het steunvlak treden, zie Figuur 6. Bij de



Figuur 5 - Kantellijn steunvlak

tweewieler wordt dit opgelost doordat de bestuurder in de bocht gaat hangen. Maar ook op lage snelheid is deze kracht duidelijk aanwezig tijdens een bocht. Er is door beide auteurs een proefrit gedaan op een driewieler van speciaalzaak 't Mannetje om dit te kunnen ervaren. Wat opviel naast het afwijkende bochtgedrag is de ruwe rit. Dit komt doordat de brede wielen en starre verbinding met het frame de oneffenheden in de weg vertalen naar links/rechtsgaande bewegingen van het zadel.

Tijdens het fietsen spelen er krachten die van invloed zijn op de stabiliteit. Een bekend fenomeen is de naloop van het voorwiel, waar weinig aan te veranderen is bij een bestaande fiets. Hoe groter de naloop, hoe beter het voorwiel de richting volgt waarin wordt gefietst maar ook hoe meer kracht het kost om van richting te veranderen. Dan zijn er de gyroscopische effecten van het wiel. Deze helpen het stuur in de juiste richting te sturen bij het kantelen van het frame. Vooral bij lage snelheden heeft dit weinig effect, zeker in verhouding met het gewicht van de fietser. Dan is er het eigengewicht van de stuurkolom welke de neiging heeft sneller te vallen dan het hoger geplaatste eigengewicht van de fietser. Hierdoor zal het stuur in de vallende richting sturen (J. D. G. Kooijman, 15 april 2011). Deze eigenschap helpt het stuur de juiste kant op te vallen wanneer de fiets gaat hellen. “De meeste invloed op het balanceren echter heeft de bestuurder zelf door te sturen in de juiste richting” aldus professor A. J. Schwab tijdens een interview op de Technische Universiteit Delft.



Figuur 6 - kracht buiten steunvlak

2.3.1 Hoe ziet het balanceren eruit tijdens het fietsen?

Als men een fiets een zet geeft dan zal deze rechthout blijven rijden tot de snelheid afneemt. Vervolgens gaat deze zwakken en valt uiteindelijk om. Deze zelfstabiliteit betekent dat de fiets ook zonder bestuurder rechthout zal blijven gaan zonder om te vallen, mits de fiets boven een bepaalde snelheid blijft. Bij benadering is de fiets zelfstabil bij een voorwaartse snelheid v , uit te drukken als $v = \sqrt{gL}$ waarbij g = gravitatie en L = karakteristieke lengte van een fiets (J. D. G. Kooijman, 15 april 2011). Bij een normale fiets $L = +1\text{m}$ is deze zelfstabiele snelheid ongeveer 11 km/u. Bij fietsen boven de zelfstabiele snelheid is het samenspel van de bestuurder en de zelfstabiele effecten van de fiets nauw aan elkaar verbonden (Doyle, 1988) waardoor het fietsen boven zelfstabiele snelheid minder correcties van de bestuurder nodig heeft in vergelijking met het fietsen onder deze snelheid. Dit verschijnsel zal tevens de reden zijn waarom fietsers als dhr. van Galen vooral problemen ondervinden tijdens het wegfietsen en tot stilstand komen.

Onder de zelfstabiele snelheid is de fiets volledig afhankelijk van de bestuurder voor zijn balans. Het stuur wordt gebruikt om het hellen van de fiets tegen te werken. Als de bestuurder niet snel genoeg is met sturen dan zal hij met de fiets omvallen (Doyle, 1988). Daarnaast is de lichaamsbeweging of zwaartepuntverplaatsing een mogelijkheid om te voorkomen dat de fiets omvalt. Maar, volgens Doyle kan geen enkele zwaartepuntverplaatsing het vallen voorkomen als de valbeweging eenmaal is begonnen. "Thus it can be seen that the upper body movement on its own cannot exert control in the rolling plane" (Doyle, 1988). Lichaamsbeweging en kniebewegingen zijn dus enkel ondersteunend voor de balans.

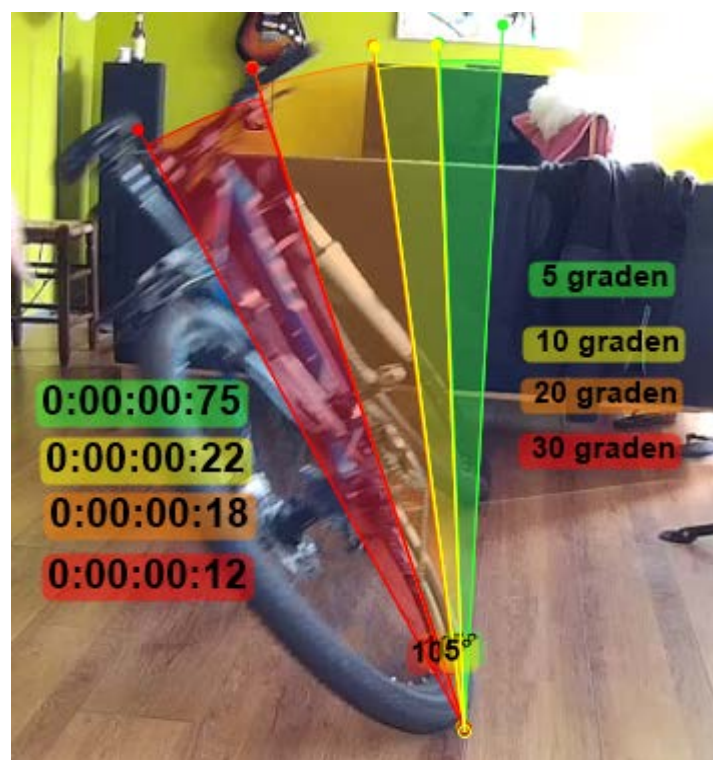
Parameters die invloed hebben op het sturen en daarmee op de balans van de fiets:

- Gyroscopische effecten
 - o Gewicht van voorwiel
 - o Rotatiesnelheid voorwiel
- Naloop voorvork
 - o Volgt de richting van de fiets, corrigeert zodat fiets rechthout blijft gaan
- Gewichtsverdeling
 - o Lichaam buigingen
 - o Knie uitsteken
 - o Hoog zwaartepunt valt trager om dan laag zwaartepunt

2.3.2 Wat is de oorzaak van de zijwaartse instabiliteit?

Door SCA van de cliënt is zijn reactietijd minder dan normaal. Door gebruik van de app "test je reactietijd" (Google Play Store) zijn meerdere pogingen gedaan om de reactiesnelheid te bepalen. Daaruit blijkt dat zijn snelste reactietijd zo'n 0.4 seconde bedraagt. Dat is minder snel dan gemiddeld, wat zo'n 0.25 seconde is (eigen tests). Dit gecombineerd met het gebrek aan zelfstabiliteit van de fiets betekent dat alle balanscorrecties die van Dhr. Van Galen moeten komen enigszins vertraagd zullen zijn.

Er is een kort experiment gedaan met een fiets om vast te stellen hoe lang het duurt voordat de fiets tijdens de vrije val een bepaalde hoekverandering geeft in stappen. In Figuur 7 is de test te zien. Er wordt aangenomen dat de eerste 5 graden (groen) nauwelijks waarneembaar zijn en de bestuurder corrigeert met zijn lichaamsgewicht. In de volgende 5 graden (geel) is de valbeweging veel sneller. In de volgende 10 graden verplaatsing, tot totaal 20 graden verplaatsing, is de tijd voor deze verplaatsing zelfs minder dan de tijd die nodig was voor de 5 graden verplaatsing daarvoor (geel). Dit neemt steeds verder toe. De combinatie van vertraagde reactiesnelheid en het niet op tijd op kunnen vangen van een zijwaartse val kunnen mogelijk voor gevaarlijke situaties zorgen. In de praktijk zorgen de wielrotatie en bestuurder voor een minder snelle val, maar alsnog is af te leiden dat het belangrijk is dat het te vervaardigen systeem ook ondersteuning biedt in stilstand.



Figuur 7 - Omvaltest fiets. Te zien is de valtijd in milliseconden per hoekverplaatsing tijdens vrije val. De fiets valt steeds sneller.

2.4 Analyse grenssnelheid

Om te weten te komen vanaf welke snelheid Dhr. Van Galen ondersteuning nodig heeft dient er onderzocht te worden wat de grenssnelheid is van de fiets en gebruiker. Deze grenssnelheid is de snelheid waarbij het stabiliserend vermogen van dhr. Van Galen tijdens het fietsen onvoldoende is om gecontroleerd rechtdoor te fietsen. Vanaf die snelheid en lager dient het te ontwikkelen systeem ondersteuning te bieden. Met behulp van videoanalyse is er bepaald bij welke snelheid er in grote mate onvrijwillige stuuruitslag voor komt. Tevens zal de gebruiker van de fiets aangeven bij welke snelheid hij wenst dat de stabiliteitsondersteuning inschakelt. Om de grenssnelheid te bepalen zijn de volgende middelen benodigd:

- Camera
- Actiecamera
- Fietscomputer
- Kinovea



Figuur 8 en 9 – de meetopstelling

2.4.1 Protocol

De actiecamera wordt zodanig geplaatst dat de fietscomputer, de stuuruitslag en de horizon te zien is. Zie Figuur 8, 9 en 10. De proefpersoon zal vanuit stilstand beginnen met fietsen. Wanneer een stabiele snelheid van rond de 15km/uur is bereikt keert hij om en fietst terug. De fiets wordt op het beginpunt tot stilstand gebracht. Deze handelingen herhalen zich drie keer. Zie ook bijlage 8 voor het volledige protocol.



Figuur 10 - actiebeelden

2.4.2 Resultaten en conclusie

Uit de metingen is gebleken dat er vanaf stilstand een grote acceleratie plaatsvindt tot een snelheid van ongeveer 9 km/uur. Daarna loopt de snelheid langzaam op tot ongeveer 14 km/uur. Wanneer de fiets tot stilstand wordt gebracht valt het op dat dit in zeer korte tijd gebeurt. Dhr. Van Galen laat de fiets uitrollen tot ongeveer 10 km/uur, waarna hij fel remt en snel tot stilstand komt.

Uit de hoge acceleratie en het felle remmen is te concluderen dat dhr. Van Galen een snelheid van 0 tot 9 km/uur zo veel mogelijk vermijdt, terwijl gezonde fietsers dat niet in deze mate doen. Hiermee is te concluderen dat de grenssnelheid van de fiets van Dhr. Van Galen tussen de 9 en 10 km/uur ligt. Onder deze snelheid is het onstabiel fietsen voor Dhr. van Galen.

2.5 Zelfstabiele snelheid verlagen door ontwerp

Naast het systeem waarbij de fietser gestabiliseerd wordt door het steunvlak te vergroten, is er onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om de fiets te stabiliseren zonder het steunvlak te vergroten. Het is niet mogelijk de fiets en fietser in balans te houden in stilstand zonder het steunvlak te vergroten, maar de zelfstabiele grenssnelheid van de fiets kan passief (2.5.1) en actief (2.5.2) verlaagd worden.

2.5.1 Passief met zwaartepunt

Na opvolging van de tip van professor A. Schwab om te experimenteren met gewicht aan de stuurkolom zijn diverse analyses gedaan om te zien wat de effecten zijn van aanpassingen van het zwaartepunt van de stuurkolom op de zelfstabiele snelheid van de fiets. Met het Matlab-programma JBike6GUI (versie van 2015_02_08), welke tot onze beschikking is gekomen via professor A. Schwab van de TU Delft, is snel te zien dat het gewicht dat voor de stuurkolom hangt van invloed is op deze grenssnelheid. Het programma (bijlage 2) laat echter ook zien dat het effect de grenssnelheid maximaal 0.5 m/s verlaagt. Dit is geacht als een te kleine winstmarge om na te volgen in het ontwerpproces. Het aanpassen van het zwaartepunt van de stuurkolom zal daarom hierbij gelaten worden. Verder is de gebruikte fiets al zo ontworpen dat zijn zelfstabiele snelheid laag is. De fiets van dhr. Van Galen lijkt qua ontwerp dan ook enigszins op de SoFiets (zie hoofdstuk 2.3.4).

2.5.2 Actief met gyroscoop

Het voorwiel van de fiets draagt onder andere bij aan zelfstabiliteit door de vliegwieleffecten welke plaats vinden bij hogere snelheid. Het effect hiervan, verklaard in bijlage 3, is dat wanneer de fiets helt, het stuur direct stuurt in dezelfde richting. Dit is getest met een mock-up op schaal en dit effect lijkt gunstig wanneer dit correct wordt toegepast. Het idee hierachter is dat wanneer de fiets op lagere snelheden komt, het gewenste vliegwieleffect wegvalt. Wanneer dit met een actief systeem kan worden toegevoegd, zal de fiets een lagere zelfstabiele snelheid hebben.

Na het bouwen van een tweede mock-up waarbij een kinderfietswiel is vast gelast op het stuur van een fiets blijkt dat het belangrijk is dat dit gewicht laag blijft (zie bijlage 4). De combinatie van de in 2.5.1 beschreven effecten en het te kleine vliegwieleffect zorgden ervoor dat het gewenste effect uit bleef. Om toch het gewenste effect te bereiken is vervolgens een wiel voorzien van water in de binnenband. Hierdoor worden de vliegwieleffecten die al aanwezig zijn van nature vergroot om passief hetzelfde effect te bereiken. Helaas is ook dit slechts een vliegwiel welke snelheidsafhankelijk is en kan niet op zichzelf roteren om vliegwieleffecten te geven op lage snelheid. Desalniettemin werd de zelfstabiele snelheid van de testfiets van ruim 12 km/u, verlaagd naar zo'n 8 km/u (zie bijlage 4 Figuur 4.3 & 4.4). Toch wordt dit ontwerp niet meegenomen naar het eindconcept omdat er voor is gekozen eerst een systeem te vervaardigen welke steunvlak vergrotend werkt. Het concept heeft zich echter wel bewezen en is het navolgen in de toekomst waard.

3 - Eisen en Wensen

Uit het eerste gesprek met dhr. Van Galen kwam een deel van onderstaande eisen en wensen naar voren. Deze zijn aangevuld met eisen en wensen uit bovenstaande analyses waardoor de volgende eisen en wensenlijst tot stand is gekomen. Het ontwerp zal moeten voldoen aan de volgende eisen, aangevuld met onderstaande wensen:

Eisen

- Het systeem dient te ondersteunen bij:
 - o fietsen onder zelfstabiele snelheid (onder 10 km/uur)
 - o stilstaan
 - o opstappen
 - o afstappen
- Het systeem dient de mogelijkheid te bieden om de voeten van de grond te houden bij stilstand
- De fietservering dient ongewijzigd te blijven ten opzichte van een conventionele tweewieler
- Het systeem mag niet in de weg zitten bij het op- en afstappen
- Er mogen geen scherpe delen aan het systeem zitten
- Het systeem dient preventief inschakelbaar te zijn
- Het systeem dient in < 1,0 s inschakelbaar te zijn
- Het systeem dient toepasbaar te zijn op een bestaande fiets
- De fiets inclusief systeem mag maximaal 0,80m breed zijn in verband met de standaard deur (0,85m breedte)
- Het systeem moet een bestuurder van 100kg kunnen stabiliseren
- Het systeem dient te activeren te zijn met de handen aan het stuur

Wensen

- Het product dient een rigide geconstrueerd systeem te zijn
- Het systeem is bruikbaar op harde zandpaden
- Het systeem is automatisch inzetbaar (geautomatiseerd)
- Het systeem is passief/mechanisch aangestuurd omdat elektronica minder betrouwbaar is in de praktijk
- Het systeem is zo licht mogelijk
- Het systeem is toepasbaar op de gemiddelde stadsfiets
- Het systeem is toepasbaar op de gemiddelde E-Bike
- Het systeem is gemakkelijk te monteren en te demonteren
- Het systeem is zo onopvallend mogelijk
- De fiets moet nog mee kunnen op de fietsendrager van de auto
- Onderhoud en reparaties dienen door een fietsenmaker uitvoerbaar te zijn
- Het systeem is niet gemakkelijk te stelen
- Er is geen professional (ergotherapeut) nodig om met het systeem om te leren gaan
- Er is mogelijkheid een gewone fietstas aan beide zijden te monteren bij het achterwiel
- Er is minimale extra energie nodig bij het fietsen met een ingeschakeld systeem

4 – Ontwerpfase

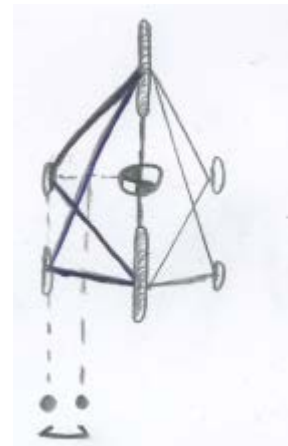
Met de lijst van eisen en wensen erbij heeft er een brainstormsessie plaatsgevonden waarbij vele ideeschetsen zijn gemaakt. Door deze schetsen te combineren met bepaalde ontwerpkeuzes in een morfologische kaart (bijlage 5) zijn er drie verschillende concepten gemaakt. Met behulp van de kardinale methode is er één concept uitgekozen welke specifiek uitgewerkt zal gaan worden tot een eindconcept.

4.1 Concepten

Met hulp van de morfologische kaart (bijlage 5) zijn er drie verschillende concepten tot stand gekomen. Van deze drie concepten (Figuur 11, 12 en 13) zijn de karakteristieke eigenschappen benoemd. Ook zijn enkele delen uitgelicht welke grote invloed hebben op de ontwerpkeuzes:

Locatie en aantal wielen

De keus voor het aantal wielen heeft invloed op de locatie ervan. Bij één wiel is er slechts een kant ondersteunend. Bij vier wielen zal er voor en achter de logische keus zijn. Belangrijker is echter de locatie van twee zijwielen ten opzichte van het gezamenlijk zwaartepunt. De locatie van de zijwielen tekenen samen met de fietswielen het steunvlak. De lijnen die dit steunvlak maken zijn het kantelpunt. Zie ook Figuur 14. Indien het gezamenlijk zwaartepunt hier buiten treed kantelt de fiets met bestuurder. Belangrijk is daarom een zo breed mogelijk steunvlak en een logische keus is dan om twee zijwielen dicht bij het gezamenlijk zwaartepunt te plaatsen.



Figuur 14 - steunvlak en kantellijn

Wielgrootte & soort

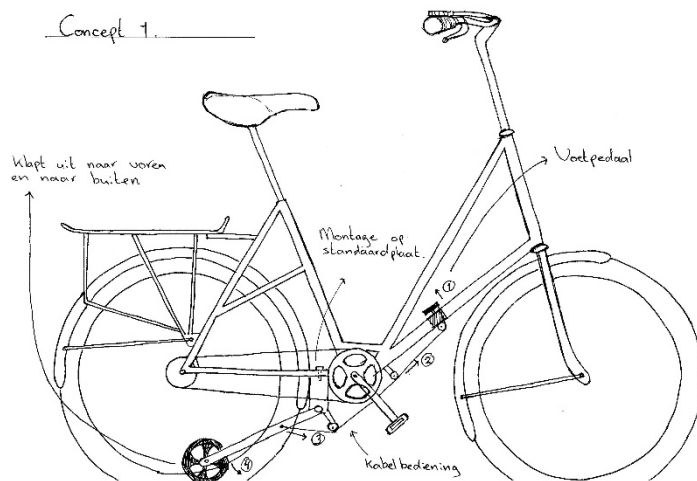
De afmeting en materiaalsoort van de wielen is van invloed op het soort ondergrond waar de fiets op kan rollen in uitgeklapte stand. Het product wordt gebruikt in de stad en op verharde wegen. Daarnaast is het gewenst dat het systeem compact en onopvallend is. Enkele mogelijk bruikbare soorten wielen zijn: skeeler wielen, step wielen, kleine fietswielen en diverse plastic of rubber wielen van de bouwmarkt. Gelagerde wielen hebben tevens de voorkeur. Het formaat van de wielen is van invloed op de rolweerstand in onregelmatig terrein. Des te groter het wiel is, des te gemakkelijker zal het oneffenheden kunnen overkomen.

Stangmateriaal

Het frame zal van een bewerkbaar materiaalsoort worden gemaakt omdat het een prototype betreft. Ook moet het een relatief hoge maximaal toelaatbare buigspanning hebben. De logische keuze is dan ook om staal (S235) te gebruiken.

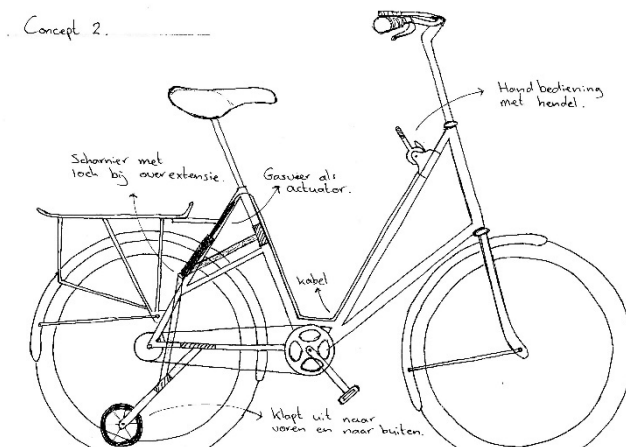
Aansturing

Omdat het systeem actief uit dient te klappen, zonder inspanning van de bestuurder, is er de keuze tussen gasveer en elektrische actuator. Het nadeel van de gasveer is dat deze met een ander (hand-) mechanisme ingeduwd dient te worden terwijl een actuator beide kanten op gaat. Een nadeel van de actuator is de bijbehorende elektronica en accu.



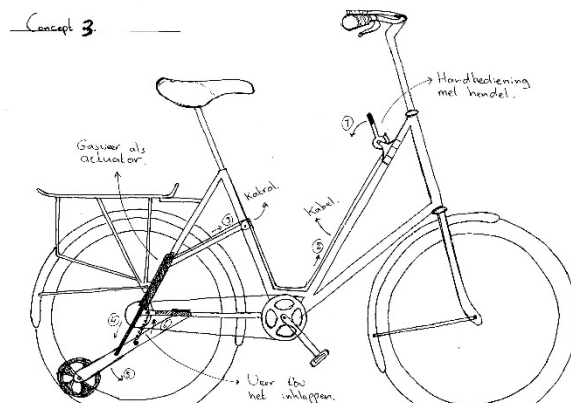
Concept 1

- Zijwielen bij de trapas gemonteerd
- Systeem (de-)activeren met voetpedaal
- 100% kabelbediening
- Breed steunvlak bij gemeenschappelijk zwaartepunt



Concept 2

- Zijwielen bij achteras
- 2x gasveer als actuator
- Scharnier met lock bij overextensie
- Handbediening met hendel
- Kabelsysteem fietsremkabel



Concept 3

- Zijwielen bij achter-as
- 2x Gasveer als actuator
- Handbediening met hendel
- Kabel en katrol system
- Veer om het inklappen lichter te maken tegen de gasveer in

Figuur 11, 12 en 13 - Concepten 1, 2 en 3

4.2 Kardinale methode

Onderstaande Tabel 2 geeft de kardinale methode weer. Iedere eis/eigenschap heeft een weegfactor toegewezen gekregen zodat belangrijke eisen zwaarder mee tellen dan minder belangrijke eisen. Per eis zijn er maximaal 3 punten toe te kennen aan een concept, en minimaal 1. Dit aantal punten wordt vermenigvuldigd met een weegfactor als maat van belang. Uiteindelijk worden de punten per concept opgeteld waarna er een winnend concept tot stand komt.

Tabel 2 - Kardinale methode

Eis	Weegfactor	Concept 1	Concept 2	Concept 3
1 ondersteuning bieden	3	3 (9)	1 (3)	2 (6)
2 voet aan grond mogelijk	3	3 (9)	3 (9)	3 (9)
3 fietservaring ongewijzigd	2	3 (6)	2 (4)	3 (6)
4 niet in de weg bij instap	3	1 (3)	3 (9)	3 (9)
5 geen scherpe delen	3	1 (3)	1 (3)	1 (3)
6 preventief inschakelbaar	3	3 (9)	3 (9)	3 (9)
7 actief binnen 1,0 s	2	1 (2)	3 (6)	3 (6)
8 op bestaande fiets	1	3 (3)	1 (1)	2 (2)
9 standaard deur door	1	3 (3)	3 (3)	3 (3)
10 100kg bestuurder	3	3 (9)	1 (3)	2 (6)
11 activeren aan stuur	3	3 (9)	1 (3)	1 (3)
12 hoeveel onderdelen	1	3 (3)	1 (1)	2 (2)
13 kosten	2	3 (6)	2 (4)	2 (4)
14 gewicht	2	3 (6)	1 (2)	2 (4)
15 (de)montagegemak	1	3 (3)	1 (1)	2 (2)
Totaal		83	61	74

Eisen:

1. Het systeem dient te ondersteunen bij:
 - o fietsen onder zelfstabiele snelheid (onder 10 km/uur)
 - o stilstaan
 - o opstappen
 - o afstappen
2. Het systeem dient de mogelijkheid te bieden om de voeten van de grond te houden bij stilstand
3. De fietservaring dient op snelheid ongewijzigd te blijven ten opzichte van een conventionele tweewieler
4. Het systeem mag niet in de weg zitten bij het op- en afstappen
5. Er mogen geen scherpe delen aan het systeem zitten
6. Het systeem dient preventief inschakelbaar te zijn

7. Het systeem dient in < 1,0 s inschakelbaar te zijn
8. Het systeem dient toepasbaar te zijn op een bestaande fiets
9. De fiets inclusief systeem moet door een standaard deur kunnen (0,85m breedte)
10. Het systeem moet een bestuurder van 100kg kunnen stabiliseren
11. Het systeem dient te activeren te zijn met de handen aan het stuur

Extra eigenschappen:

12. Hoeveelheid onderdelen
13. Kosten
14. Gewicht
15. Gemakkelijk monteren en demonteren

4.3 Eindconcept

Nadat uit de kardinale methode concept 1 als meest geschikte oplossing naar voren is gekomen, is deze uitgewerkt en gedetailleerd tot een eindconcept. Na overleg met de cliënt zijn er nog verschillende wijzigingen doorgevoerd aan het ontwerp. Er is gekozen om de aansturing van het systeem elektrisch te maken in plaats van mechanisch handmatig of hydraulisch. Zodoende hoeft de cliënt zelf minder kracht te leveren en minder handelingen uit te voeren. De bekabeling is vervangen door een actuator met accu welke in te schakelen is door middel van een knop aan de linker kant (rechts bevindt zich de rem) van het stuur. De positie van de wielen en de ophanging blijft ongewijzigd. Zie Figuur 15 voor het eindconcept.



Figuur 15 - Eindconcept

4.4 Materiaalkeuze

De actuator zal kant-en-klaar worden geleverd² waardoor hierin geen materiaalkeuze meer kan worden gemaakt. De ophanging, de wielarmen en de actuatorophanging zullen worden vervaardigd van constructiestaal S235. Aangezien er een prototype zal worden vervaardigd is constructiestaal S235 gekozen vanwege de goede las- en bewerkbaarheid. Gedurende het vervaardigen is het zodoende mogelijk fouten te corrigeren door het materiaal te buigen, verspanen en te lassen. Echter is het hoge soortelijk gewicht van staal een nadeel aangezien het ontwerp zo licht mogelijk dient te worden. Wellicht dat er bij het vervaardigen van een grotere oplage de keuze wordt gemaakt voor het gebruik van aluminium of kunststof.

² Via conrad.nl: Drive-System Europe DSZY1-12-05-A-100-IP65 Elektrische cilinder actuator (bestnr. 192657-89)

4.5 Berekeningen

Ter ondersteuning van het ontwerp zijn er enkele berekeningen gemaakt om te bevestigen dat het systeem voldoet.

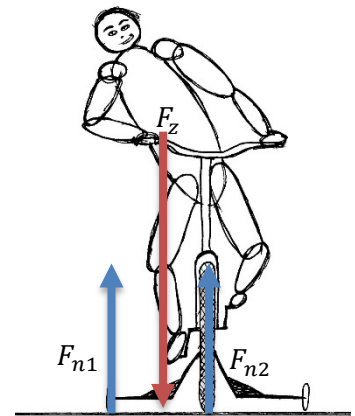
4.5.1 Normaalkracht op zijwiel

Als het gemeenschappelijk zwaartepunt verder buiten het midden van de fietswielen treedt, komt er een hogere kracht op de zijwielen. Figuur 16 geeft weer hoe deze kracht op het systeem staat. De massa (m) van de gebruiker is maximaal 100kg. De lengte (l) van de zijwielen bedraagt (40cm). Er wordt aangenomen dat de maximale belasting tijdens normaal gebruik op één zijwiel niet hoger zal zijn dan 500N.

$$F_z = 1000N$$

$$F_{n1} = 500N$$

$$F_{n2} = 500N$$



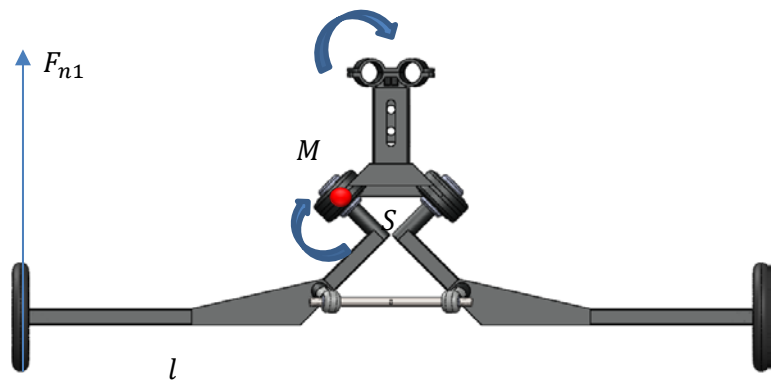
Figuur 16 - Optredende krachten

Het maximale moment (M) om het draaipunt S kan worden berekend door de onderstaande formule. Dit moment wordt met een factor 1.5 (f) vermenigvuldigd als extra veiligheidsmarge. Zie ook Figuur 17 voor een overzicht.

$$M = F_{n1} * l * f$$

$$M = 500N * 0,4m * 1,5$$

$$M = 300Nm$$



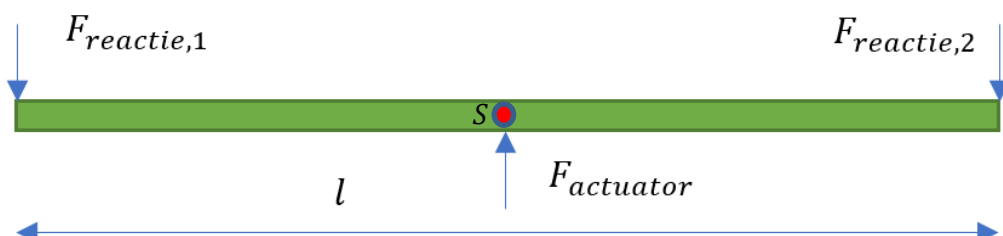
Figuur 17 - Moment om draaipunt

4.5.2 Actuatorkracht op duwas

De maximale kracht die de actuator kan leveren is 150 Newton. Dit is ook de maximale kracht die op de duwas staat. De duwas is 160mm lang, heeft een dikte van 8mm en is massief. Figuur 18 geeft alle optredende krachten met hun richting weer.

$$F_{actuator} = 150N$$

$$l = 16mm$$



Figuur 18 - Optredende krachten op de duwas

Op het aangrijppunt van $F_{actuator}$, punt S, ontstaat een moment (M) welke kan worden berekend:

$$M = \frac{1}{4} * F_{actuator} * l$$

$$M = \frac{1}{4} * 150N * 160mm$$

$$M = 6000Nmm$$

Aangezien het van belang is dat de duwas niet plastisch vervormd bij het gebruik van de zijwielen wordt de maximaal optredende buigspanning berekend:

$$Wb = \frac{\pi * D^3}{32}$$

$$Wb = \frac{\pi * 8^3}{32}$$

$$Wb = 50,27mm^3$$

$$\sigma_b = \frac{M}{W_b} = \frac{6000Nmm}{50,27mm^3} = 119,35 Nmm^2$$

Constructiestaal S235 heeft bij een statische belasting een maximaal toelaatbare buigspanning van $160Nmm^2$. Maar aangezien de duwas in twee richtingen repeterend zal worden belast dient er gekeken te worden naar de maximaal toelaatbare buigspanning bij wisselbelasting. Deze bedraagt voor S235 $50Nmm^2$ (Broeren, 2017). De maximaal optredende buigspanning zal dus hoger zijn dan de maximaal toelaatbare buigspanning van constructiestaal S235. Om die reden is ervoor gekozen om de duwas te vervaardigen uit gehard zilverstaal 115CrV3 met een maximaal toelaatbare buigspanning bij wisselbelasting van $350Nmm^2$ (China steel suppliers, 2017). Dit moet ruim voldoende zijn.

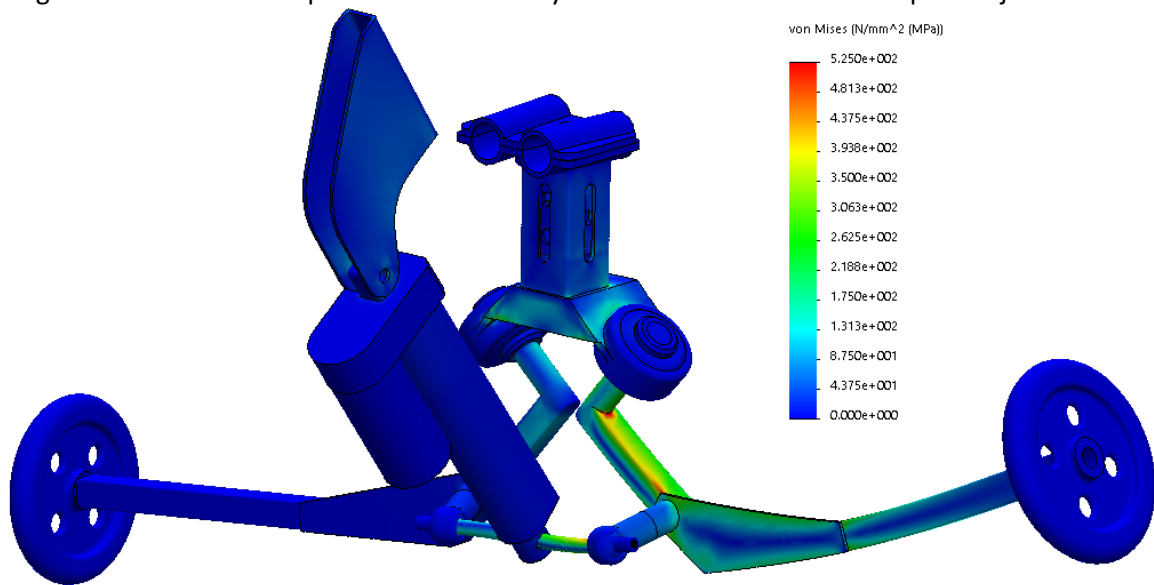
4.5.3 Krachtberekening met behulp van Solidworks

Om een goed beeld te krijgen van de optredende buigspanningen in het volledige systeem is er in Solidworks een krachtberekening uitgevoerd met de Simulation tool. Ieder onderdeel heeft zijn eigen specificaties gekregen waarna er op de onderkant van het zijwiel een omhooggerichte normaalkracht van 500 Newton wordt geplaatst (zie paarse pijlen). Door de montageplaat te fixeren (groene pijltjes) worden alle onderdelen berekend op maximaal optredende buigspanning. Zie Figuur 19. Ten gevolge van de kracht ontstaat er op verschillende punten materiaalvervorming (figuur 19). Bij een optredende buigspanning welke hoger is dan de maximaal toelaatbare buigspanning (N/mm^2) zal het materiaal blijvend vervormen. De kleuren in figuur 20 geven aan dat de maximaal toelaatbare buigspanning op de meeste plaatsen niet wordt overschreden.



Figuur 19 - Fixatie en externe belasting

Echter, op sommige locaties is de optredende buigspanning hoger dan de maximaal toelaatbare buigspanning en zal het materiaal scheuren of buigen. Dit gebeurt op de plekken waar het materiaal rood is gekleurd. Hieruit valt op te maken dat het systeem een kracht van 500N op een zijwiel niet aan kan.



Figuur 20 - Optredende buigspanning

4.5.4 Reactiekracht op actuator

Wanneer de gebruiker met één van de zijwielen frontaal tegen een object rijdt, komen er grote krachten te staan op het systeem. Zie figuur 21. Ter preventie van een kapotte actuator wordt er berekend hoe groot de krachten op de actuator zijn bij een aanrijding met 10km/uur. Er wordt hierbij aangenomen dat de gebruiker met fiets een massa heeft van 100kg en binnen 0,5 seconden tot stilstand komt.

$$v = 10\text{km/uur} = 2,77\text{m/s}$$

$$m = 100\text{kg}$$

$$t = 0,5\text{s}$$

$$F_{\text{wiel}} = m * a$$

$$F_{\text{wiel}} = 100 * \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)$$

$$F_{\text{wiel}} = 100 * \left(\frac{2,77}{0,5} \right) = 554\text{N}$$

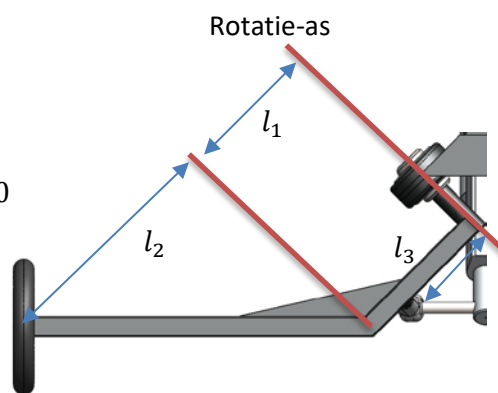
$$M = F * (l_1 + l_2)$$

$$M = 554 * (0,11 + (\cos(45) * 0,11))$$

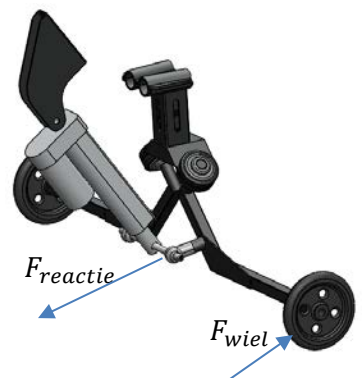
$$M = 133,7\text{Nm}$$

$$F_{\text{reactie}} = \frac{M}{l_3}$$

$$F_{\text{reactie}} = \frac{133,7}{0,075} = 1783\text{N}$$



Figuur 22 – arm vanuit rotatie-as



Figuur 21 – reactiekracht bij botsing

Via de duwas komt er op de actuator een kracht te staan van 1783 Newton. De actuator kan een statische belasting van 2000 Newton aan. Deze zal dus heel blijven. Echter, de reactiekracht wordt via de duwas doorgegeven aan de actuator. De optredende buigspanning (σ_b) in de duwas wordt vervolgens berekend.

$$M = F * l$$

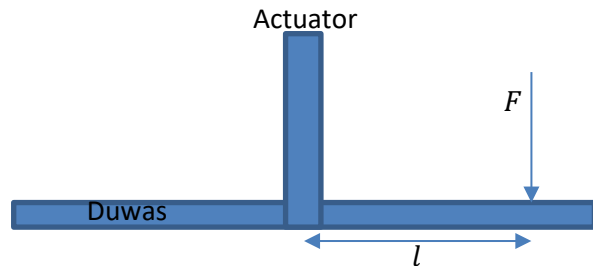
$$M = 1783N * 70mm = 124810Nmm$$

$$Wb = \frac{\pi * D^3}{32}$$

$$Wb = \frac{\pi * 8^3}{32}$$

$$Wb = 50,27mm^3$$

$$\sigma_b = \frac{M}{W_b} = \frac{124810Nmm}{50,27mm^3} = 2483Nmm^2$$



Figuur 23 – kracht op duwas en actuator

Aangezien zilverstaal (115CrV3) een maximaal toelaatbare buigspanning heeft van $350Nmm^2$ zal de duwas eerder bezwijken dan de actuator ten gevolge van F_{wiel}

4.6 Bouwtekeningen

Met behulp van Solidworks zijn alle onderdelen getekend en samengevoegd in een 'assembly'. Vervolgens zijn van alle onderdelen die handmatig vervaardigd moeten worden bouwtekeningen gemaakt. Zie bijlage 6 voor alle bouwtekeningen.

5 - Vervaardigingsfase

Voor zowel het mechanische als het elektrische gedeelte wordt er beschreven welke specifieke bewerkingstechnieken er zijn toegepast.

5.1 Mechaniek

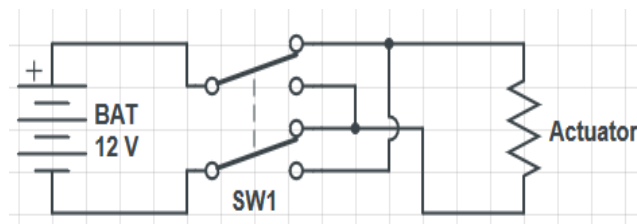
Het mechanische gedeelte van het systeem bestaat uit de volgende onderdelen:

- Actuator
- Actuatormontage
- Duwas
- Standaardplaatmontage boven
- Standaardplaatmontage onder
- Wielarmmontage
- Wielarmen
- Klein bevestigingsmateriaal

Ter materialisatie van de montagestukken is er gebruik gemaakt van verspanende technieken zoals boren en frezen. De draagarmen en splitsplaat zijn op maat gemaakt door op maat te zagen en aan elkaar vast te lassen. Onderdelen zijn aan elkaar bevestigd met bouten of door middel van lasverbinding. De bevestiging van de standaardplaatmontage boven en onder (tekeningen 3 en 4) zijn opgevuld met binnenband-rubber voor een betere klemming en het voorkomen van beschadiging. Zie bijlage 6 voor alle bouwtekeningen inclusief maatvoering.

5.2 Elektrisch systeem

De actuator wordt aangedreven met behulp van een accu, bestaande uit 10 NiMh cellen á 1,2 V per stuk, welke in serie staan om tot 12 Volt te komen. De actuator is te bedienen met een knop aan het stuur. Zie Figuur 24 voor een schematische tekening van het elektrisch systeem.



Figuur 24 - elektrisch circuit actuator

De actuator is voorzien van eindstops en heeft 2 standen. Daarom is er een tweepolige schakelaar gebruikt om de actuator in zijn begin- of eindstand te zetten. Als de schakelaar omgezet wordt, keert de polariteit bij de actuator om waardoor de actuator in- of uitgaat en zijn eindstand bereikt.



Figuur 25 - 3D geprinte drukknophouder

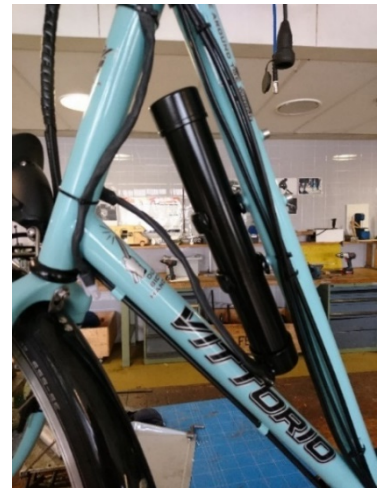
De waterdichte schakelaar is met een 3D geprinte houder gemonteerd aan het stuur zodat deze bediend kan worden met de linker duim. (zie Figuur 25 voor de 3D-print tekening vanuit Solidworks).

5.3 Eindresultaat

Figuur 26 is een bovenaanzicht van alle losse vervaardigde onderdelen waar het systeem uit bestaat. Figuur 27 geeft weer hoe de accu is gemonteerd in het frame van de fiets. De Solidworks-tekeningen in Figuur 28 en 29 geven een beeld van het geheel in ingeklapte en uitgeklapte toestand. Vanuit dit model zijn de bouwtekeningen (bijlage 6) gemaakt. Tot slot laat Figuur 30 zien hoe het geassembleerde systeem op de fiets is gemonteerd. De gebruiksaanwijzing voor het prototype is te vinden in bijlage 7.



Figuur 26 - Bovenaanzicht losse onderdelen



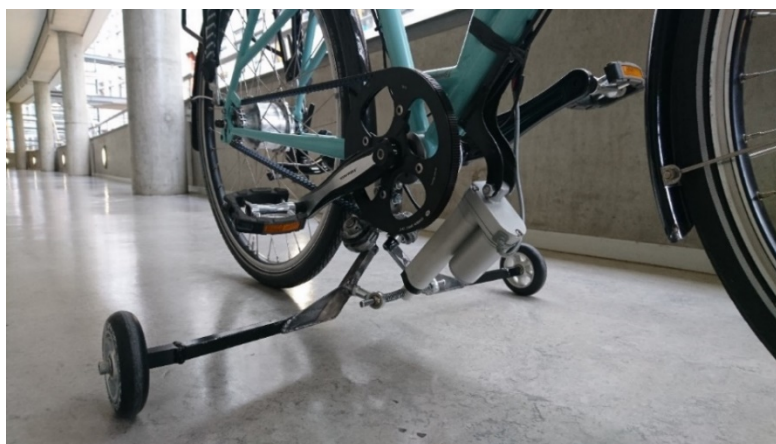
Figuur 27 - Montage van de accu



Figuur 28 - Ingeklapt systeem in Solidworks



Figuur 29 - Uitgeklap systeem in Solidworks



Figuur 30 - Systeem na assemblage en montage

6 – Evaluatie

Om te kunnen concluderen dat het product voldoet aan alle vooraf opgestelde eisen en wensen is er een testprotocol uitgevoerd en zijn de eisen en wensen getest in de praktijk.

6.1 Testprotocol & resultaat

Het prototype is, voordat deze werd overgedragen aan dhr. van Galen, aan een vooraf opgesteld testprotocol onderworpen (zie bijlage 9). Nadat het systeem is afgesteld in de werkplaats is het geheel meerdere malen in de omgeving van de HHS aan deze tests onderworpen om vervolgens tot de juiste afstelling te komen (zie bijlage 7: montage en afstelling). Er zijn hierbij verschillende ondergronden opgezocht om meerdere situaties na te kunnen bootsen. Denk hierbij aan asfalt, drempels, putjes en verschillende soorten oneffen wegdek.

6.2 Controle eisen

De eisen waar het stabiliteitssysteem aan moest voldoen zijn rechts weergegeven en hieronder beschreven:

Uit de testfase (hoofdstuk 6.1) is gebleken dat het prototype, welke gemonteerd is op de fiets van dhr. van Galen (8), voldoet aan de eerste vier eisen. Zowel met op- en afstappen als met fietsen en stilstaan, gedraagt het product zich als bedoeld (1). Bij het tot stilstand komen is het mogelijk dat de gebruiker de voeten van de grond houdt en weg kan fietsen zonder grondcontact (2). De armen van het systeem bevinden zich onder de trapas in uitgeklapte

1. Het systeem dient te ondersteunen bij:
 - o fietsen onder zelfstabiële snelheid (onder 10 km/uur)
 - o stilstaan
 - o opstappen
 - o afstappen
2. Het systeem dient de mogelijkheid te bieden om de voeten van de grond te houden bij stilstand
3. De fietservaring dient ongewijzigd te blijven ten opzichte van een conventionele tweewieler
4. Het systeem mag niet in de weg zitten bij het op- en afstappen
5. Er mogen geen scherpe delen aan het systeem zitten
6. Het systeem dient preventief inschakelbaar te zijn
7. Het systeem dient in < 1,0 s inschakelbaar te zijn
8. Het systeem dient toepasbaar te zijn op een bestaande fiets
9. De fiets inclusief systeem moet door een standaard deur kunnen (0,85m breedte)
10. Het systeem moet een bestuurder van 100kg kunnen stabiliseren
11. Het systeem dient te activeren te zijn met de handen aan het stuur

stand, maar zitten niet in de weg bij het op- en afstappen (4). Ook zijn alle mogelijk scherpe delen afgerond tijdens de afwerking (5). Daarnaast belemmert het prototype de fietservaring niet tijdens het fietsen met opgeklapte zijwielen. De fiets gedraagt zich dan als een normale tweewieler (3).

Door middel van een knop aan de linker kant van het stuur is het product in te schakelen (11) en actueert het binnen 1,0 seconde tot zijn eindstand (7). Dat wil zeggen dat het systeem enkel in beweging komt wanneer de gebruiker de schakelaar indrukt (6). Aangezien de fiets met zowel in- als uitgeklaapt systeem niet breder is dan 85cm, past deze in beide standen door een standaard deuropening (9). Al deze tests zijn gedaan door een bestuurder van 85 Kg en dit gaf geen problemen. Volgens de berekeningen (hoofdstuk 4.5) voldoet het systeem ook bij een belasting van 100 Kg (10).

6.3 Wensen

De wensen zijn niet leidend geweest bij het ontwerpproces. Zie onderstaande Tabel 3 voor een overzicht van de wensen waar het ontwerp wel en niet aan voldoet:

Tabel 3 – Lijst van wensen

Check	Wens	Toevoeging
	Het systeem is inzetbaar als reddingsmiddel (geautomatiseerd)	Er is bewust gekozen om het systeem preventief te gebruiken. Zie ook hoofdstuk 7.1.
	Het systeem is passief/mechanisch aangestuurd omdat elektronica minder betrouwbaar is in de praktijk	Toch gekozen voor elektrisch doordat dit beide kanten op kan actueren zonder extra mechanisme.
	Een rigide geconstrueerd systeem biedt meer zekerheid voor de bestuurder	Cruciale onderdelen zijn extra verstevigd
	Het systeem is zo licht mogelijk, waarbij <2,0 Kg gewenst is.	Door de constructiematerialen is het systeem zwaar, voornamelijk de bevestiging aan het frame
	Het systeem is bruikbaar op harde zandpaden	Mits de obstakels minder dan 45mm hoog zijn
	Het systeem is toepasbaar op de gemiddelde stadsfiets	Door afstel mogelijkheden kan het systeem ook op fietsen met een minder lage crank
	Er is geen professionele hulp (ergotherapeut) nodig om met het systeem om te leren gaan	De fietservaring met een brede fiets is voor patiënten dusdanig anders dat zij hier mee zullen moeten oefenen
	Het systeem is toepasbaar op de gemiddelde E-Bike	Gemiddelde e-bike met naafmotor en accu in bagagedrager, kan worden gecombineerd
	Het systeem is gemakkelijk te monteren en te demonteren	Beschreven in gebruiksaanwijzing (bijlage 7)
	Het systeem is zo onopvallend mogelijk	In het eerste opzicht is het een normale fiets
	De fiets moet nog mee kunnen op de fietsendrager van de auto	Mogelijk door beperkte breedte tijdens ingeklapte toestand
	Onderhoud en reparaties dienen door een fietsenmaker uitvoerbaar te zijn	Beschreven in gebruiksaanwijzing (bijlage 7)
	Het systeem is niet gemakkelijk te stelen	Voor demontage is gereedschap nodig, behalve voor de accu
	Er is een mogelijkheid om gewone fietstassen aan beide zijden mee te nemen ter hoogte van het achterwiel	Indien het geen diepe fietstassen betreft. Mogelijk worden de zijwielen dan geraakt.
	Er is minimale extra energie nodig bij het fietsen met een ingeschakeld systeem	De zijwielen zijn met kogellagers bevestigd en rollen daardoor soepel

6.4 Ervaring eindgebruiker

In juli 2017 is het eerste prototype aan dhr. Van Galen geleverd. Meteen is er een rit gemaakt om het gebruik toe te lichten. Ondanks dat dhr. van Galen tevreden was met het systeem bleek meteen al dat het gebruik van het systeem enige vaardigheid en gewenning vereist. Er is direct geadviseerd om eerst vertrouwen te winnen alvorens de straten van Haarlem op te gaan. Na een aantal weken gebruik is het systeem beschadigd geraakt bij het fietsen van een stoep af. De grondspeling was niet voldoende en het systeem is verbogen geraakt. Helaas heeft dit enige angst opgeleverd voor het fietsen met het systeem.

Na een verbeterslag (zie hoofdstuk 7.2) aan het prototype is het systeem op 26 september 2017 opnieuw afgeleverd met een verbeterde gebruiksaanwijzing (zie bijlage 7). Helaas durfde dhr. van Galen het systeem deze dag niet te gebruiken. Het systeem is opnieuw toegelicht en het advies om eerst voorzichtig te oefenen is meegegeven.

Na een aantal weken waarin dhr. van Galen het systeem heeft kunnen proberen is er opnieuw contact geweest. 'Het systeem werkt goed' aldus dhr. van Galen, 'ik gebruik het veel bij het starten en stoppen. Ook gebruik ik het systeem altijd als standaard voor mijn fiets, wat voor mij veel makkelijker is dan de normale fietsstandaard.'. Toch is dhr. van Galen nog onzeker op de fiets met het systeem. Ook met het systeem ingeklapt is hij bang dat hij iets raakt. Vermoedelijk heeft dit te maken met de voorgaande ervaring waarbij het product beschadigd is. De leercurve en gewenning die nodig is om dit product verantwoord te gebruiken heeft enige tijd nodig. Het advies is dan ook om meer te oefenen op een veilig, leeg parkeerterrein om zo meer vertrouwen te winnen in het systeem en de omgang daarmee.

7 – Discussie

7.1 Discussie m.b.t. het ontwerpproces

De opdracht om een paar mechanisch inklapbare zijwielen te ontwerpen en vervaardigen is aan de start breder gedefinieerd: “Ontwerp en vervaardig een stabiliteitssysteem voor op de fiets van dhr. Van Galen. Dit systeem dient niet af te doen aan de normale (tweewieler-)fietservaring.”. De opdracht was erg gericht en daarom zijn er oplossingen vanuit meerdere perspectieven bedacht.

Tijdens het ontwerpproces is er rekening gehouden met de kosten van onderdelen. Zo is er de duidelijke voorkeur voor het gebruik van één actuator in verband met de kosten want dit was het duurste onderdeel en dit beperkt vervolgens de ontwerpvrijheid. Dit leidde, bleek later, tot een ander probleem. De fiets heeft een erg lage crank en dit heeft als resultaat dat de trappers erg laag bij de grond komen. Daardoor dient de arm van het zijwiel zeer laag te komen als er getrapt wil worden in uitgeklapte stand. Uiteindelijk heeft het gebruik van één actuator geen significant nadeel ten opzichte van het toepassen van twee actuatoren. Ook was het besluit om het systeem niet als “airbag” te willen belangrijk, want dit gaf veel mogelijkheden voor de uitvoering en is in de praktijk als te gevaarlijk beoordeeld. Het systeem is dan ook puur bedoeld als ondersteuning en niet als redmiddel bij een dreigende val.

Daarnaast is het door het gebruik van een elektronisch systeem mogelijk om het uitklappen door middel van sensoren en een microchip aan te sturen. Hierdoor zou, theoretisch, het systeem kunnen in- of uitklappen bij een bepaalde snelheid of andere sensordata. Dit is niet gedaan omdat dhr. van Galen een handbediening wenste.

Een ander discussiepunt is dat het systeem in uitgeklapte stand rust op de actuator, deze wordt dus belast tijdens het fietsen. Dit komt doordat het afstellen van het systeem gebonden is aan zijn eindstand. In een volgende versie zal idealiter een mechanische stop toegepast worden.

Tot slot zijn de ontwerpdetails tijdens het vervaardigen in de werkplaats soms terplekke anders uitgevoerd dan van te voren bedacht is. Dit komt het ontwerp enkel ten goede en de bouwtekening is hierop aangepast zodat deze klopt met het prototype.

7.2 Discussie m.b.t. het eindresultaat

De fiets met afgemonteerd systeem is direct na blok 4 2016-2017 afgeleverd. Na enkele weken gebruik zijn er een aantal onderdelen beschadigd en verbogen geraakt. Dit komt volgens dhr. van Galen omdat hij een stoep op is gefietst waardoor het systeem een flinke klap heeft gekregen. Daarom is er een tweede verbeterslag gevoerd op het prototype in blok 1 2017-2018 zodat het prototype ook in gebruik kan blijven. Zo zijn er verstevigingspunten aangebracht op alle beschadigde delen: de grondspeling is met enkele centimeters tot met maximaal mogelijke vergroot, de complete wielarm-ophanging is opnieuw vervaardigd met verstevigingen, de verbogen as (welke de actuator aangrijpt) is vervangen door een as van gehard zilverstaal, en er is nu meer ruimte voor afstelling. Deze verbeteringen zijn overmatig verstevigend uitgevoerd, rekening houdend met het krachterspel, zodat deze niet nogmaals voor zullen komen.

Een punt wat tijdens het afstellen naar voren kwam is dat het systeem over tijd gaat “zetten” waardoor de afstelling verandert. Dit kan leiden tot minder ondersteuning maar simpel verholpen worden door het systeem bij te stellen zoals beschreven in de gebruiksaanwijzing. De extra gecreëerde afstellingsruimte zorgt hierbij voor extra vrijheid. Details zijn na te lezen in de gebruiksaanwijzing (zie bijlage 7: onderhoud).

Het prototype is gebouwd met een oog voor zijn levensduur. Alle stalen delen zijn geleverd en zo beschermd tegen (regen)water. Ook de gebruikte actuator en kogellagers zijn van industriële kwaliteit. De accu zal zo’n 5 jaar of 1000 acculadingen meegaan en dit alles zal leiden tot een zo lang mogelijke levensduur van tenminste de gebruikte onderdelen. Het mechanische frame is van dusdanig dik staal vervaardigd met verstevigingen waar mogelijk zodat dit zijn verwachte krachten met gemak aan moet kunnen. Vroegtijdig falen van het prototype zal mogelijk een onvoorzien probleem aan kunnen duiden. Helaas is er te weinig testtijd om meer over zijn levensduur te kunnen zeggen.

7.3 Discussie m.b.t. ingebruikname

Bij de praktijktest met dhr. van Galen is gebleken dat de gebruiker enige gewenning nodig heeft. Er dient wezenlijk anders gefietst te worden als het systeem uitgekapt is. Het gedraagt zich dan meer als een driewieler en daar dient men zich op aan te passen. Het correcte gebruik van het systeem is beschreven in de gebruiksaanwijzing (bijlage 7: fietsen met de zijwielen).

Een probleem tijdens het fietsen met uitgekapt zijwielen over onregelmatig wegdek is dat de vier wielen de onregelmatigheden van de weg volgen. Doordat de fiets nu, van vooraanzicht gezien, in de breedte in plaats van één, nu drie (zijwielen + fietswielen) contactpunten heeft, zal de zadelpositie ten gevolge hiervan de glooiing van de weg volgen. Denk hierbij aan opritten, hobbels en kuilen in de weg. Daarnaast zijn de zijwielen 100mm groot, wat betekent dat deze niet over obstakels groter dan +/- 40mm kunnen rijden. Hier moet de gebruiker aan wennen en zijn route enigszins op aanpassen. Indien er wel tegen een object groter dan +/- 40mm wordt gereden is het buigen of breken. Het object moet wegbotsen en als dit niet kan is er grote kans dat het systeem permanent zal beschadigen. De krachten die hierbij ontstaan kunnen mogelijk valgevaar opleveren.

Daarnaast is de activatie van het systeem en de timing daarbij cruciaal, omdat dit het moment is dat er ondersteuning wordt geboden of wegvalt. Als het systeem te vroeg/ bij te lage snelheid inkapt (zodat de ondersteuning wegvalt) is er een onnodig risico op vallen. Dit moment van inklappen kan de gebruiker aangeleerd worden. Door met ondersteuning langzaam te wennen aan het fietsgevoel met uitgekapt zijwielen. Zo herkent de gebruiker het gevoel van fietsen met het systeem maar ook de tijd en afstand die nodig is voor het in- en uitklappen. Voor meer detail, zie de gebruiksaanwijzing (bijlage 7: fietsen met de zijwielen).

Als laatst is er de werking van de actuator van eindstop tot eindstop. Daartussen zal de actuator blijven duwen of trekken tot een van deze eindstanden bereikt is. Dit kan leiden tot knelling van de mechanische onderdelen als het systeem zijn eindstand niet kan bereiken. De actuator zal blijven forceren totdat de eindstand bereikt is. Hierdoor kan het systeem zichzelf of de gebruiker beschadigen. Dit kan voorkomen worden door de schakelaar (snel) te gebruiken en de andere eindstand te kiezen,

dit is echter niet ideaal. Een alternatief zou een andere schakelaar welke altijd op 0 staat³, waarbij de gebruiker handmatig de actuator-tijd bepaalt. Hier is bewust niet voor gekozen omdat een simpele werking belangrijker is dan de mogelijke voordelen van zo'n schakelaar.

7.4 Discussie m.b.t. doorontwikkeling

In hoofdstuk 2.1 zijn enkele doelgroepen genoemd welke mogelijk baat hebben bij een systeem als gevraagd door onze cliënt. Met een aantal iteraties is het mogelijk tot een ideaal eindontwerp te komen welke, met minder complexe handwerkstukken, in grotere oplagen gemaakt en/of afgeleverd kunnen worden. In samenwerking met een speciaalzaak als 't Mannetje of door direct aan klanten een afgemonteerd systeem van de fiets te leveren. Voor het ontwerp betekent dit dat deze simpel te monteren is en op de meest voorkomende fietsen moet passen.

Als het uiteindelijke ontwerp aan de eisen en wensen voldoet en men de eerste grote oplage wil leveren zullen de juiste materialen opnieuw bepaald moeten worden in verband met kosten en duurzaamheid⁴ van het product. Voor zijn levensduur en klanttevredenheid is het repareerbaar houden van het ontwerp dus belangrijk. Gezien de risicofactoren van het systeem voor de gebruiker lijkt het verstandig eerst een gecontroleerde groep te monitoren. Dit om eventuele gevaren tijdens gebruik te beperken. Indien succesvol kunnen deze ervaringen gebruikt worden om het product aan meerdere klanten te adverteren. Andere marketing activiteiten zijn social media en website, eventueel beurzen en focus op samenwerking met speciaalzaken voor landelijke verkoop.

Het is raadzaam aandacht te besteden aan diverse doelgroepen voordat er energie in grotere oplagen wordt gestoken. Niet alleen kan er zo meer informatie met betrekking tot de eindgebruiker worden toegepast in een volgend ontwerp, maar ook wordt de doelgroep duidelijker.

³ 0 = uit bij een aan/uit/aan of 1-0-1 schakelaar. De schakelaar van het prototype betreft een aan-aan of 1-1 schakelaar. Zie ook Figuur 14

⁴ De Wereldcommissie voor milieu en ontwikkeling omschrijft duurzaamheid als "ontwikkeling die aansluit op de behoeften van het heden zonder het vermogen van toekomstige generaties om in hun eigen behoeften te voorzien in gevaar te brengen". 26 jan. 2017

8 – Conclusie

Zoals besproken in hoofdstuk 6 voldoet het prototype aan de vooraf opgestelde eisen. In dat opzicht is het project een succes en is het product afgeleverd om dagelijks in de praktijk te gebruiken. Echter kan een product pas succesvol genoemd worden als het in gebruik niet alleen werkt zoals bedoeld, maar ook zoals verwacht. Na een aantal tests met de dhr. van Galen blijkt dat de ervaring van de eindgebruiker hetgeen is wat echt telt.

De tests die gedaan zijn door ons, de makers van het product, zijn uitgevoerd met de kennis en achtergrondinformatie welke het ontwerpproces met zicht mee brengt. Natuurlijk is de eindgebruiker dhr. van Galen. De eindgebruiker koopt een product om een behoefte te vervullen. De wens van dhr. van Galen aan de start van het traject was: “Ik wil zijwielen die in kunnen klappen aan mijn fiets”. Deze vraag is voldaan met het prototype en daarmee is het project ook geslaagd te noemen. Maar met deze conclusie wordt er geen rekening gehouden met de behoeften van dhr. van Galen. De aanleiding voor zijn vraag volgt uit fietsproblemen door de symptomen van SCA. De wens is om te kunnen blijven fietsen met behoud van de normale fietservaring. De hoofdvraag (hoofdstuk 1.1) houdt rekening met de behoeften van de eindgebruiker door breder te kijken dan de oorspronkelijke ontwerp vraag. Echter was de opdracht gebonden aan de vraag van dhr. van Galen. Dat geeft als resultaat een zijwielsysteem. Uit de tests blijkt dat dhr. van Galen meer tijd nodig heeft om te wennen aan het systeem (zie hoofdstuk 6.4 en 7.3). Daarom is het aan te raden een vervolg onderzoek te doen naar de ervaringen van de eindgebruiker op langere termijn.

Op korte termijn is een alternatief aan te raden zoals te vinden in het marktonderzoek (hoofdstuk 2.3). De “Drymer” lijkt het best aan te sluiten bij de behoeften van dhr. van Galen. Deze fiets biedt namelijk ondersteuning met een breed steunvlak gecombineerd met het schuin kunnen gaan in de bochten waardoor de fietservaring hetzelfde blijft.

Aanbevelingen m.b.t. het zijwielsysteem

Indien het systeem een herziene versie krijgt is het aan te raden de volgende punten mee te nemen in het proces

- Meer onderzoek naar eindgebruikers
- Snellere actuator voor een snellere werking of herzien van het uitklapmechanisme
- Zowel handmatig als met snelheidssensor in werking te stellen
- Grondspeling minimaliseren zodat men de stoep op of af kan
- Op- en afstapruimte vergroten in uitgeklapte stand

Literatuurlijst

Broeren, L. (2017). *Construeren II*. Den Haag: HHS.

China steel suppliers. (2017, 10 24). Retrieved from SteelGR: www.steelgr.com/Steel-Grades/Tool-Steel/115crv3.html

Doyle, A. (1988). The Essential Human Contribution To Bicycle Riding. *Elsevier Science Publishers B.V.*, 351-370.

J. D. G. Kooijman, J. P. (15 april 2011). A Bicycle Can Be Self-Stable Without Gyroscopic or Caster Effects. *sciencemag vol 332*, 339-342.

J.P Meijaard, J. M. (8 augustus 2007). Linearized dynamics equations for the balance and steer of a bicycle: a benchmark and review. *Proceedings of the Royal Society*, 1955-1982.

Bijlagen

Bijlage 1 – Marktonderzoek & verschillende soorten zijwielen

Eerder metaal & rijwieltechniek – 1190 euro



http://www.eerdermetaal.nl/zijwielen_voor_volwassenen_fiets.html

Swinging Wheels – 399 euro



<http://swingingwheels.b2-products.nl/>

JP Trading & Engineering – 350 euro



http://jptradingengineering.nl/?page_id=169

Reha Mobil – 700 euro



<https://hollandbikeshop.com/fietsonderdelen-stadsfiets/zijwielen-volwassene-fiets/reha-mobil-zijwielen-set-tbv-volwassenen/>

Steparoll – 360 euro



<http://www.tweewieler.nl/algemeen/nieuws/2007/7/steparoll-helpt-bij-evenwichtsproblemen-1016378>

Opus 3 ombouwsysteem – 1375 euro



Foto: Hans Werther

<http://www.driewielers-altena.nl/>

Stabilizerwheels – 200 USD



<http://www.stabilizerwheels.com>
EZ-trainer - 189 euro (namaak van swinging wheels)

ult Training Wheels



Bicycle not

<http://www.ez-trainer.eu>

Adult training wheels – 170 euro



<http://www.missioncycles.co.uk/adult-training-wheels-p-127.html>

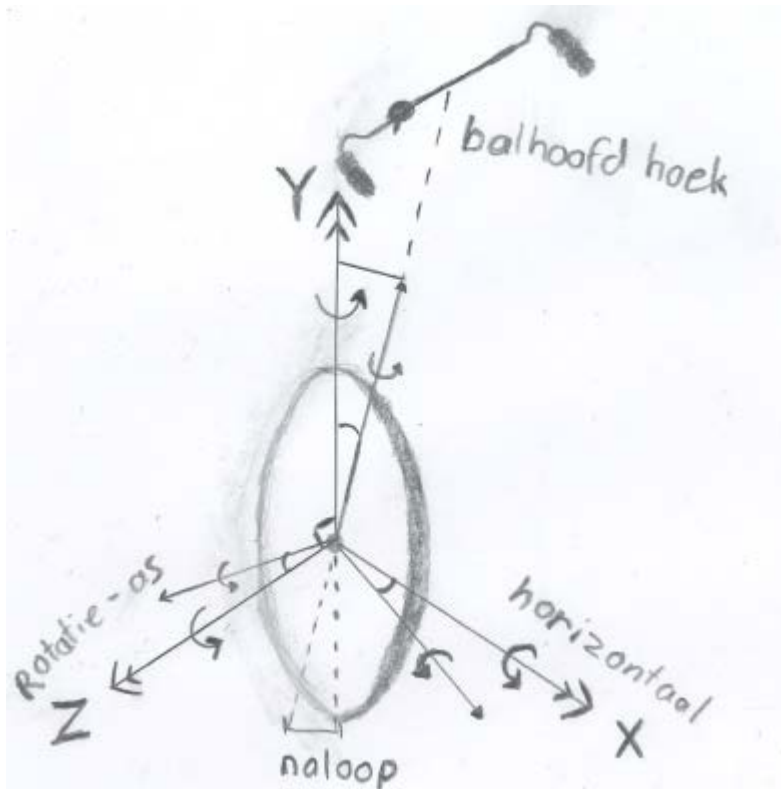
Bijlage 2 – Jbike6GUI resultaten

[illegible]

Bijlage 3 – Zelfstabiele snelheid actief verlagen

Z-as is de rotatie-as van het wiel. Wanneer over X linksom word geroteerd / hellend in een bocht, dan resulteert dat in rotatie linksom om de Y-as.

Translatie van de fiets heeft hierop geen effect, enkel rotatiekrachten zorgen voor deze gyroscopische effecten.



Figuur 3.1 – gyroscopische effecten op het voorwiel

De stuuras staat niet 90 graden op de X-as (bocht in hellend). Als resultaat van deze balhoofdhoek geeft dit het volgende gedrag bij helling over de X-as:

Inleunen: - minder druk op voorwiel ("lichter van gewicht")
 - tegendruk op inleunen (als resultaat van dit effect heeft een motorfiets op hoge snelheid weerstand tegen het maken van een stuurbeweging. Daarom stuurt de rijder deze eerst de tegengestelde richting om de hellende valbeweging in te zetten)

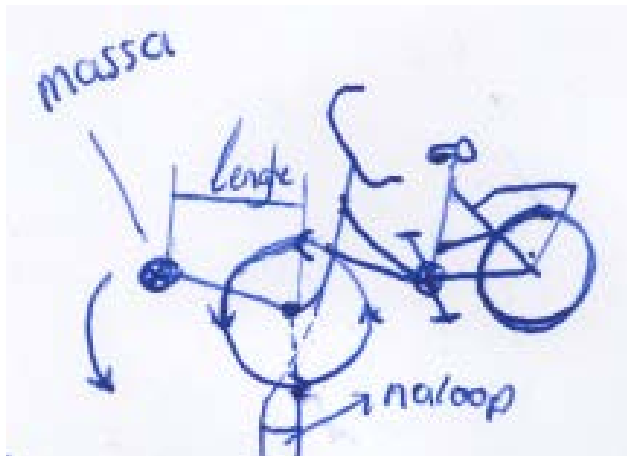
Recht komen: - meer druk op voorwiel

Bijlage 4 – Zelfstabiele snelheid passief verlagen

Laag zwaartepunt toevoegen voor de stuurkolom, voor de stuur-as. Hierdoor valt het stuur in de richting van de bocht. Daardoor zal de fiets minder snel omvallen tijdens het fietsen.

+ simpel docht effectief bij omvallen

- tegensturen betekend het gewicht “optillen”



Figuur 4.1 laag zwaartepunt stuurkolom



Figuur 4.2 actief aangestuurd vliegwiel, helaas topzwaar waardoor het niet het gewenste effect gaf.

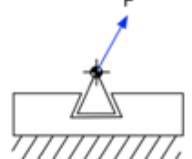
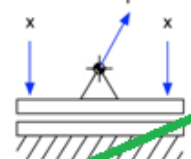
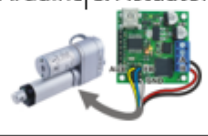
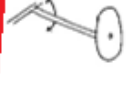
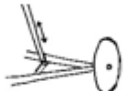
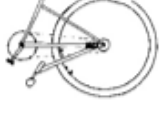


Figuur 4.3 zonder water in voorband



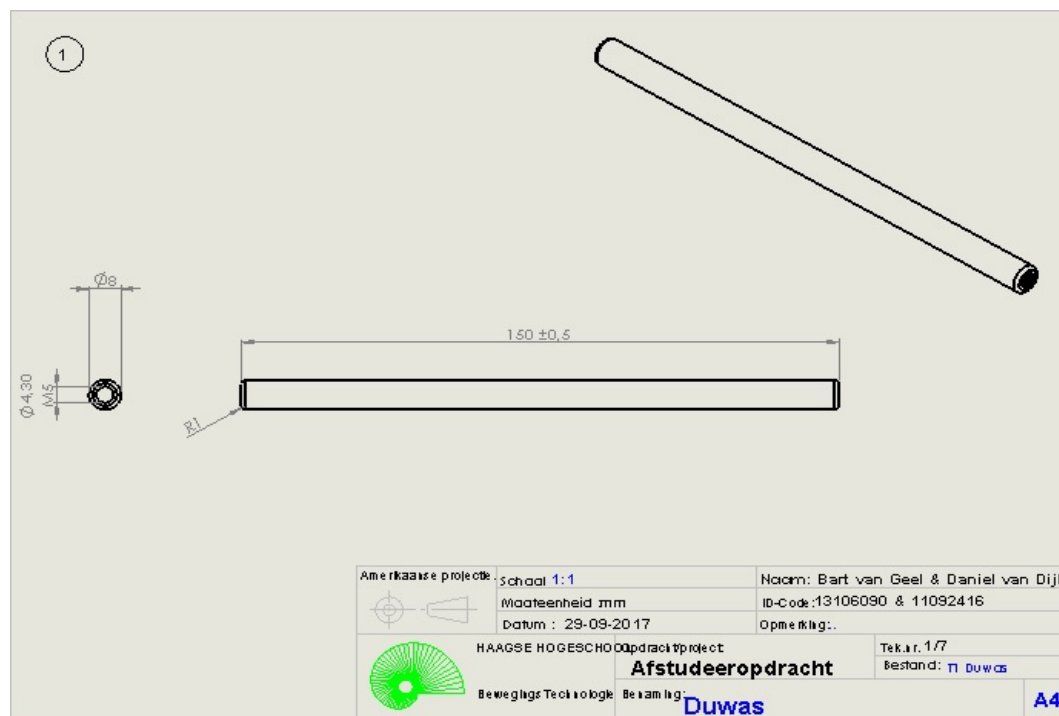
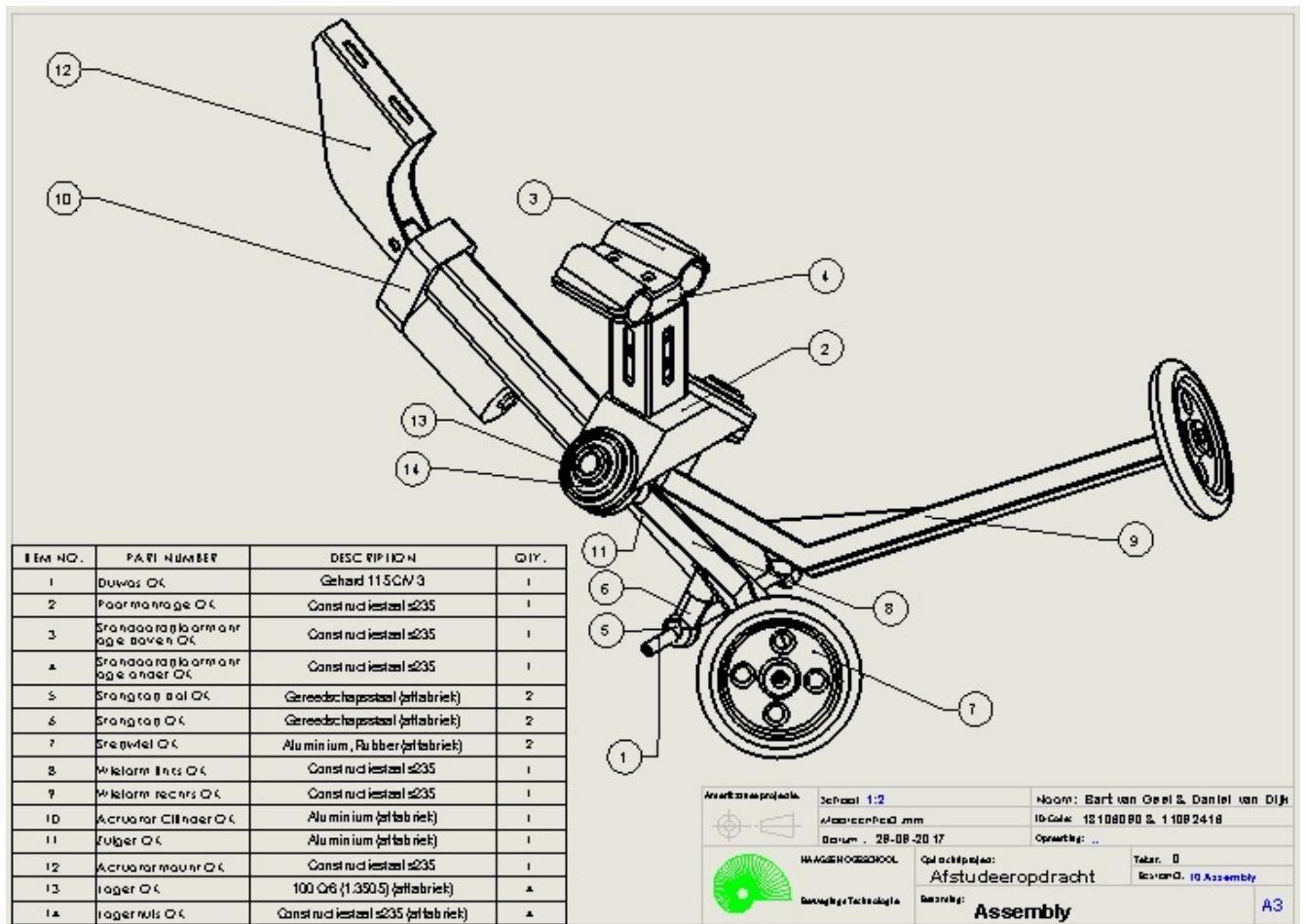
Figuur 4.4 met water in voorband

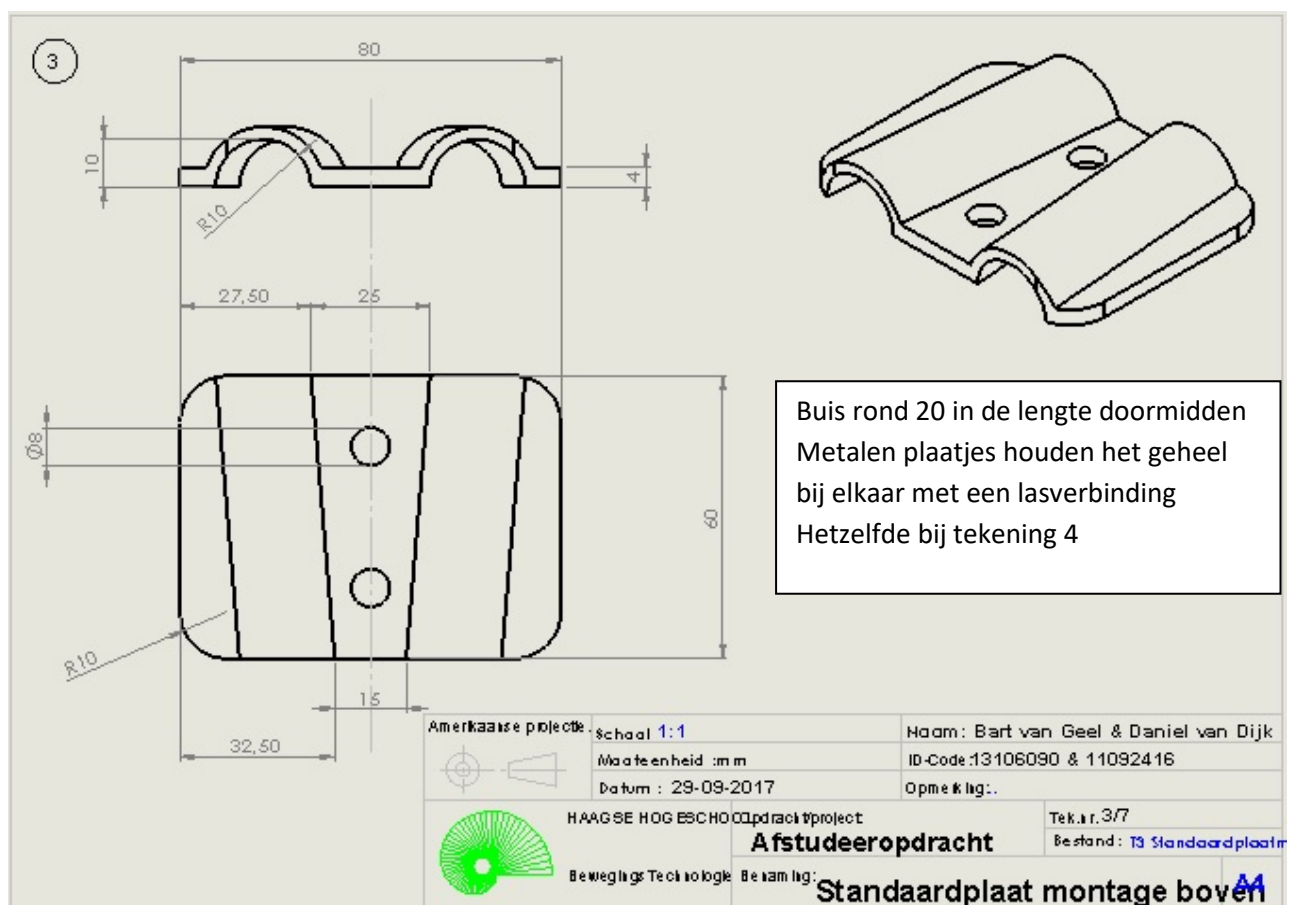
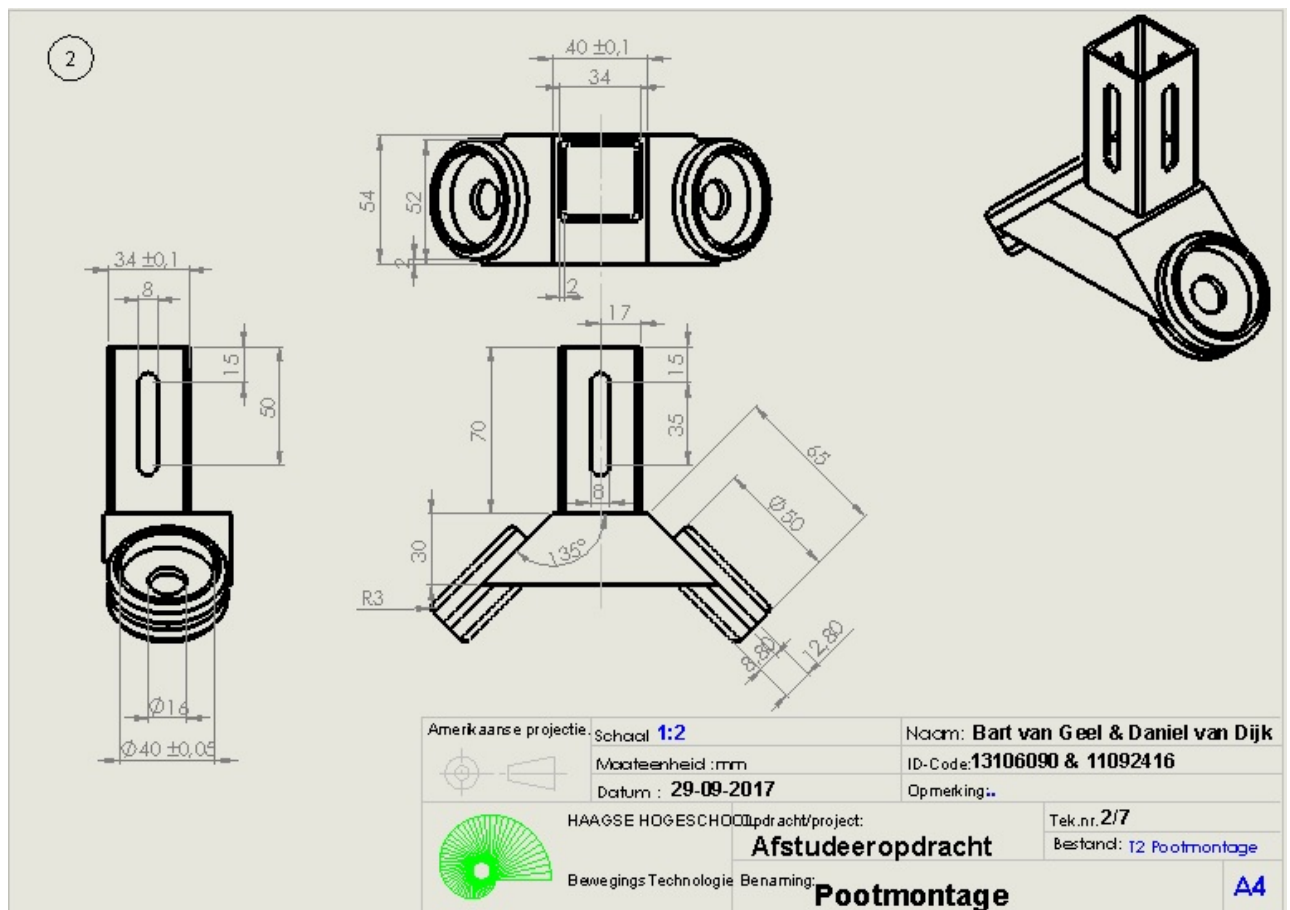
Bijlage 5 - Morfologische kaart

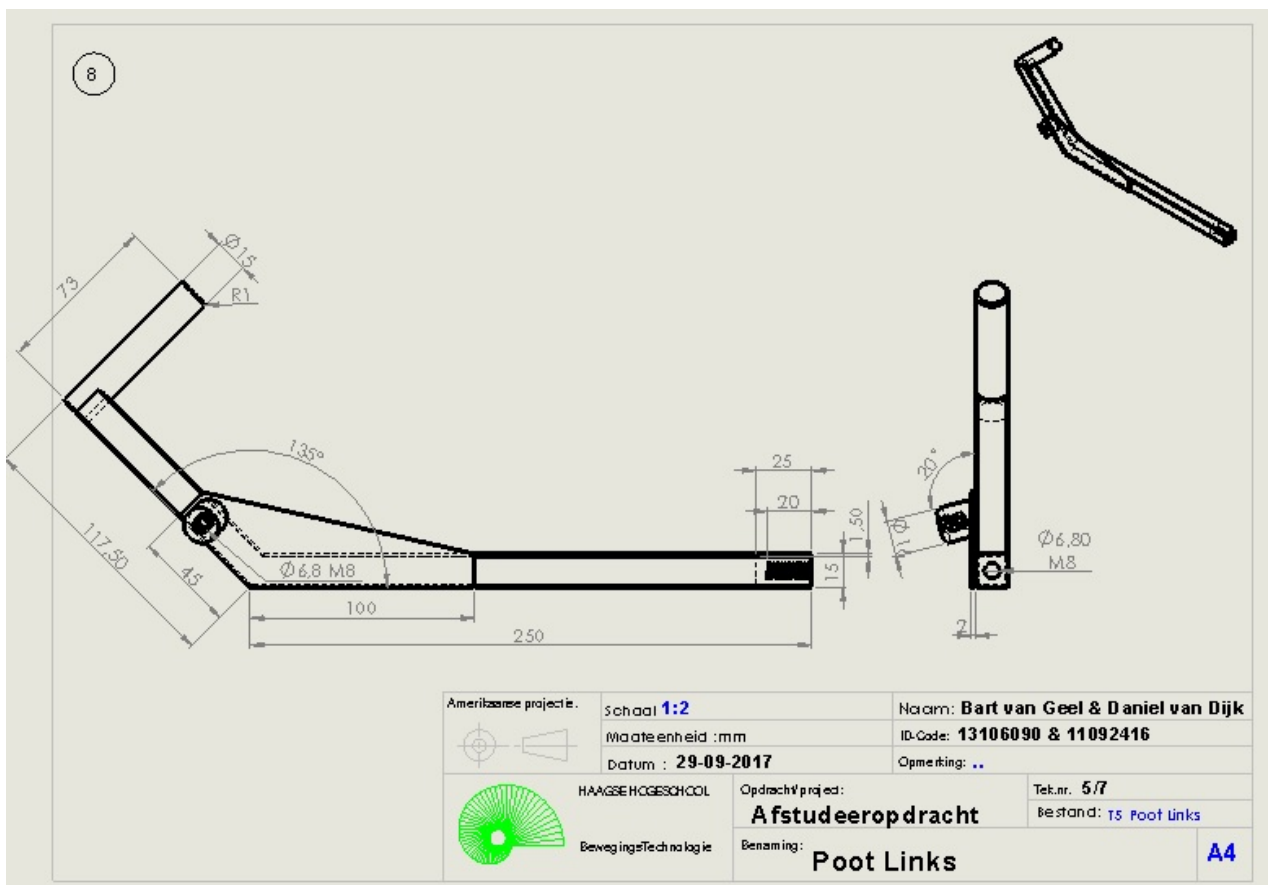
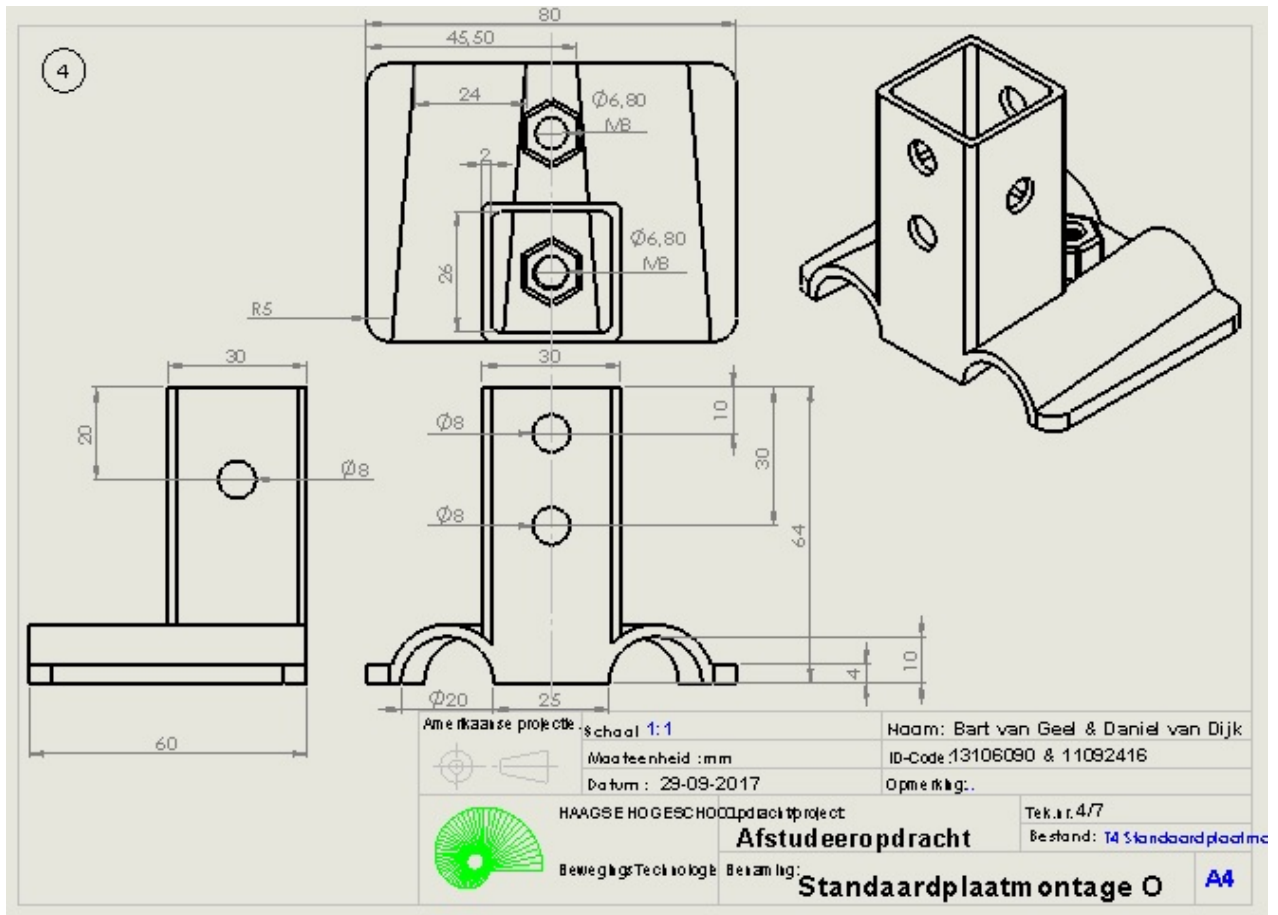
Inschakelbaar	Mechanisch handmatig	Mechanisch automatisch (sensor)		
In te schakelen met	Hevel 	Hendel 	Voetpedaal 	Draaihandvat 
Aantal wielen	1	2	3	4
Locatie wielen	Vooras 	Midden 	Achteras 	Achter fiets 
Wielgrootte	3 tot 7cm	8 tot 12cm	13 tot 17cm	18 tot 22cm
Materiaal wielen	Rubber 	Luchtband 	Hard kunststof 	Zacht kunststof 
Montage-techniek	Vormgesloten 	Krachtgesloten 	Combinatie	
Stangmateriaal	RVS	Staal (S235)	Aluminium	Kunststof
Montage op	Achterbrug (driehoek)	Standaardplaat	Zitstang	Combinatie van
Aansturing	Kabel 	Drijfstang/stuurstang 	Gasveer 	Arduino & Actuator 
Stangenstelsel	Geen	Enkele arm 	Enkele arm met duwstang 	Dubbele arm met duwstang 
Opklapbaar	Naar boven 	Naar achteren 	Naar voren 	

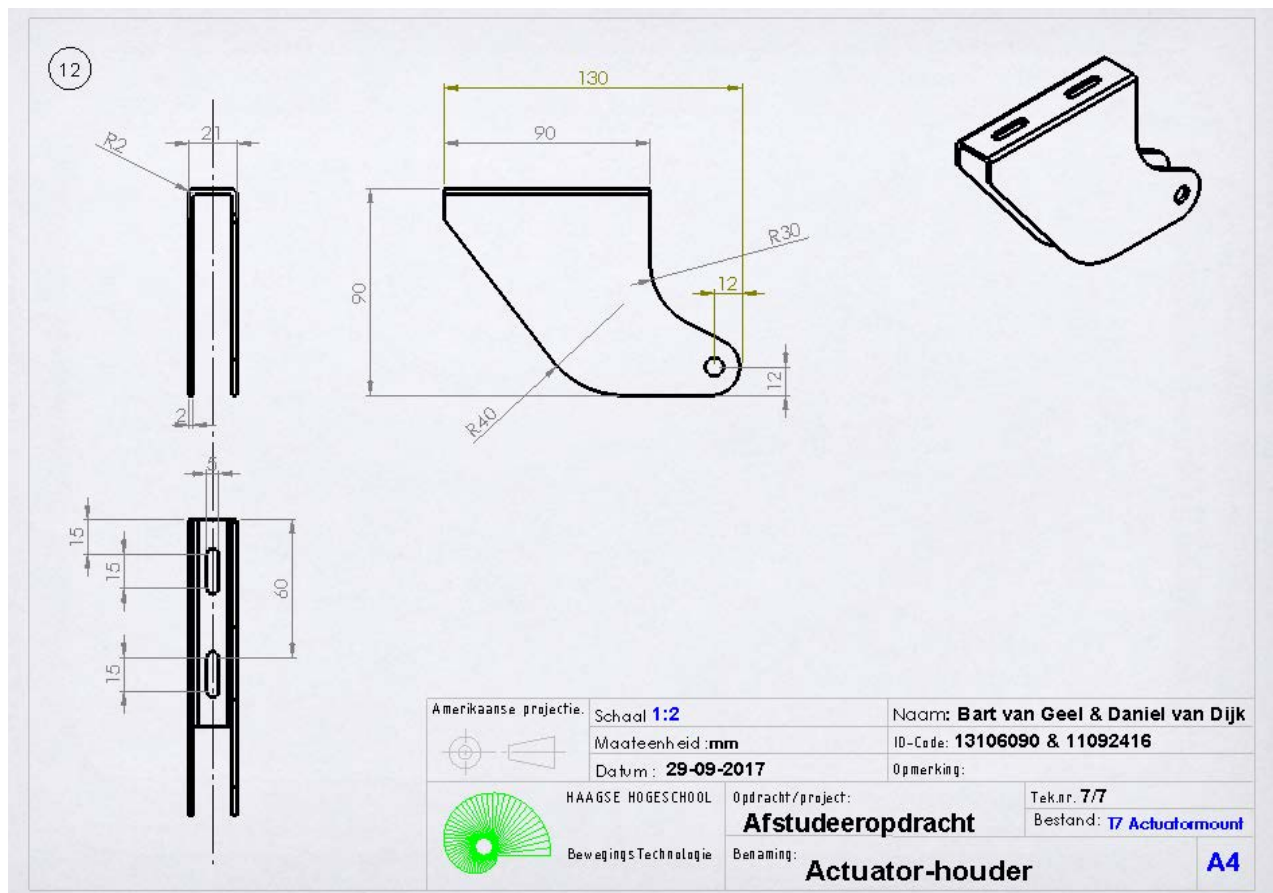
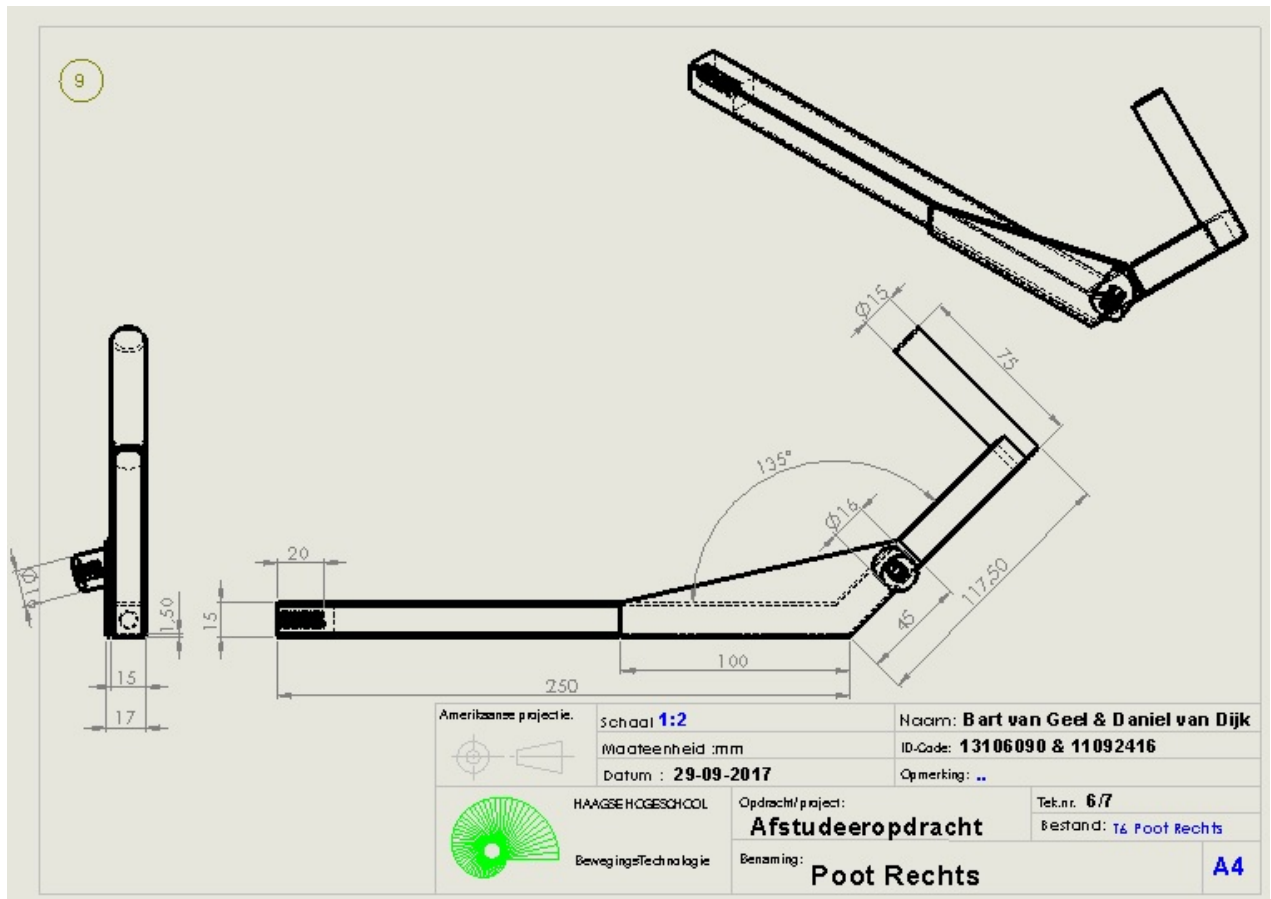
Concept 1 = rood
 concept 2 = groen
 concept 3 = blauw

Bijlage 6 – Bouwtekeningen









Bijlage 7 – Gebruiksaanwijzing

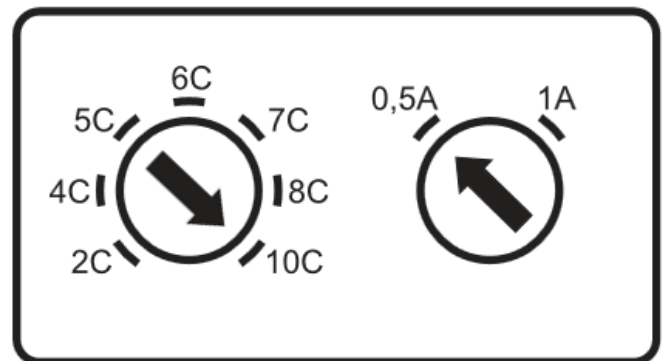
Inleiding

Bedankt voor het in gebruik nemen van dit product! Omdat dit model een prototype is, wordt deze op de fiets gemonteerd en afgesteld aangeleverd. Deze gebruiksaanwijzing is bedoeld als samenvatting voor het praktijkgebruik van de inklapbare zijwielen. De zijwielen bestaan uit de volgende onderdelen.

- Accu
- Acculader
- Voorgemonteerd zijwielsysteem

Accu opladen

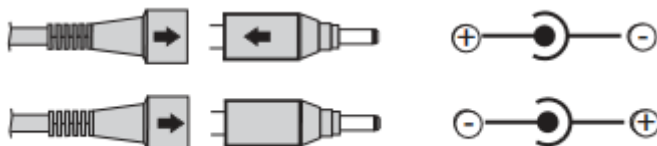
De bijgeleverde oplader is een digitale automatische (delta-peak) acculader met onderhoudsfunctie en snellaadfunctie. De acculader is voorzien van twee draaischakelaars om in te stellen hoe veel cellen de accu bevat en hoe snel deze opgeladen zal worden. Het systeem werkt op 12V wat betekend dat de oplader op 10 cellen moet staan voor de bijgeleverde accu. Zie Figuur 1. Daarnaast kan worden geladen met 500 mAh of 1000 mAh. De laatste is sneller en de eerste is beter voor de gezondheid van de accu.



Figuur 2 acculader instellen

Na het aansluiten van de accu zal deze beginnen met laden en de LED zal rood branden. Let op dat de kabel van de acculader is aangesloten zoals te zien in de bovenste methode in Figuur 2. Wanneer de LED groen is, is de accu vol en kan deze worden gebruikt.

De acculader is beveiligd tegen overladen en is voorzien van een Delta Peak-uitschakeling.



Figuur 3 acculader kabel aansluiting

De accu is te gebruiken totdat de actuator hoorbaar minder kracht kan leveren. Vergelijk dit met een accuboormachine waarvan de accu leeg begint te raken. Als dit zo is, zorg er dan voor dat het systeem zo snel mogelijk weer opgeladen is om tegenvallende prestaties te voorkomen.



Gebruik het systeem in uitgeklapte toestand enkel ter ondersteuning. Het systeem is ontworpen voor kort gebruik ter ondersteuning bij stilstaan, weggrijden en stoppen. Gebruik het systeem niet langdurig op hoge snelheden.

Fietsen met de zijwielen

In tegenstelling tot permanent ondersteunende zijwielen is de fietservaring met inklapbare zijwielen zo vrij als fietsen zonder zijwielen. Met een druk op de knop kan men kiezen voor zijwielondersteuning. Echter zorgt dit wel voor een aantal zaken om rekening mee te houden tijdens het gebruik. Met een uniek mechanisme is het systeem voornamelijk belast in het centrale montagepunt. Ook zorgt het systeem ervoor dat de grondspeling kleiner is doordat deze gemonteerd is onder de trap-as. Houdt hier rekening mee door:



- Geen stoepranden op of af te fietsen. Het systeem kan beschadigen doordat het de stoep raakt.
- Houdt het wegdek in de gaten voor obstakels en kuilen. Door de lage grondspeling en afstelling kan een van de draagarmen een obstakel raken en het systeem beschadigen. Bij een kuil kan het voor- of achterwiel van de grond komen. In het ergste geval kan dit onnodig valgevaar met zich mee brengen.
- Houdt rekening met de breedte in uitgeklapte toestand. De fiets is breder dan uzelf en kan leiden tot verkeerde inschattingen. Doordat het systeem laag bij de grond werkt, is het goed mogelijk dat uw medeweggebruikers het systeem niet hebben gezien.

Het opstappen en wegfietsen met het systeem uitgeklapd is een van de voordelen die het systeem biedt. U heeft het langst plezier van uw systeem door dat op de volgende manier te blijven doen:

- Met de zijwielen uitgeklapd, stap over de fiets heen zodat het frame tussen uw benen staat en uw lichaam en de fiets in het midden onder u staan.
- Ga, met uw gewicht in het midden, op de trapper staan en ga vervolgens op het zadel zitten.

Eenmaal zittend kunt u wegfietsen. Door uw gewicht in het midden te houden wordt de belasting op het systeem geminimaliseerd en heeft u het langste plezier van het systeem. Wanneer het systeem is uitgeklapd houdt dan rekening met de onderstaande zaken tijdens het fietsen:

- Wanneer het systeem is uitgeklapd is het beperkt mogelijk om scherpe bochten te maken.
- Wanneer u op hoge snelheid fietst, is het gevaarlijk om het systeem uitgeklapd te houden.
- Verleng de levensduur door de belasting op het systeem te minimaliseren en gebruik het systeem met een laag zwaartepunt/zadelstand.
- Eenmaal op stabiele snelheid (10km/uur) kunt u het systeem inklappen, zadel omhoog doen en verder fietsen zoals u altijd gewend was.

Tot stilstand komen doet u het best op de volgende manier:

- Wanneer u verwacht te gaan stoppen, laat u uw zadel omlaag zakken om het zwaartepunt te verlagen.
- Vervolgens klapt u de zijwielen uit en kunt u verder snelheid afnemen tot u stilstaat.
- Dit gaat het best op een rechte weg, en niet in een bocht.

Het is dan ook aan te raden eerst te gaan oefenen met het systeem op een leeg parkeerterrein voordat u hiermee de weg opgaat!

Onderhoud

Om zo lang mogelijk van uw systeem gebruik te kunnen maken is het belangrijk onderhoud te plegen. Controleer de onderstaande zaken, twee keer per jaar of om de 1000km.

Wieltjes vervangen.

Wanneer de wielen dusdanig versleten zijn dat de grondspeling te groot wordt kunnen deze vervangen worden door zogenaamde step-wielen of skeeler-wielen (100mm diameter). Deze zijn verkrijgbaar bij Decathlon.

Smering onderdelen

Actuator in uitgeschoven stand insmeren met vaseline voor waterdichtheid, dit verbetert de levensduur van de actuator.

Duwstang, welke aan het uiteinde van de actuator zit (onder de veren), insmeren met olie om het glijden te bevorderen. Dit zorgt voor een betere werking van het systeem.

Bouten en moeren controleren op vastheid.

Demontage

Indien u het systeem tijdelijk wilt demonteren, kunt u de afstelling intact laten door het systeem bij de twee bouten achter de trapas van bovenaf los te draaien. Het volledige zij wiel-mechanisme komt hierdoor onder de fiets vandaan. Vervolgens kunt u de actuator los koppelen van de actuatorhouder. De actuatorhouder, welke gemonteerd is op de bidonhouder onderop de onderste stang bij het voorwiel, kan blijven zitten. Zodoende blijft de afstelling gelijk bij het terug monteren.

Montage & afstelling

Het monteren van het systeem komt samen met de afstelling ervan. Indien het systeem gedemonteerd is zoals hierboven beschreven is het snel teruggezet door de onderdelen terug op hun plek te monteren. Zorg er dan voor dat de twee bouten welke het volledige mechanisme achter de trap-as monteren goed strak aangedraaid zijn. Hier komen veel krachten samen.

De afstelling van het systeem hangt samen met de hoeveelheid ondersteuning die gewenst is. Indien het systeem laag gemonteerd wordt, zal het stabiel aanvoelen. Indien de zijwielen de grond niet raken in uitgeklapte stand, zal het instabieler aanvoelen maar gemakkelijker zijn in gebruik op snelheid.

- 1) Zorg ervoor dat de fiets op een horizontaal vlak staat.
- 2) Stel de individuele draagarmen gelijk in op de juiste hoogte door de armen op de juiste hoogte vast te zetten in de kogellagers. Hiermee wordt het links-rechts evenwicht bepaald.
- 3) Stel vervolgens de juiste hoogte in van het geheel met de 3 bouten in het verticale deel onder de trap-as. Hiermee wordt de hoeveelheid voorspanning bepaald.
- 4) Stel als laatste de actuarmontage af door in uitgeklapte toestand het systeem net over het dode punt te laten stoppen.
- 5) Controleer door het systeem een paar keer in en uit te klappen of het systeem zo naar wens afgesteld is.

Bijlage 8 - Meetprotocol

Om een goed beeld te krijgen van de huidige situatie zullen er metingen worden uitgevoerd. Ten eerste dient er onderzocht te worden in welke mate de huidige fiets stabiel is. Dit zal worden onderzocht door middel van het programma J2Bike in Matlab. Hiervoor zijn de volgende parameters nodig:

- Wielbasis
- Voorloop
- Balhoofdhoek
- Wieldiameters en massa wielen
- Zwaartepunt fietser
- Zwaartepunt frame
- Zwaartepunt bagagedrager
- Zwaartepunt stuurgedeelte
- V max

Als uitkomst zal er een waarde worden gegeven welke de wetenschappelijke stabiliteit van de fiets beschrijft. Ten tweede dient er onderzocht te worden wat de grenssnelheid is van de fiets en gebruiker. Deze grenssnelheid is de snelheid waarbij de stabiliteit tijdens het fietsen onvoldoende is. Vanaf die snelheid en lager dient het te ontwikkelen systeem ondersteuning te bieden. Met behulp van videoanalyse zal er worden bepaald bij welke snelheid er in grote mate onvrijwillige stuuruitslag voor komt. Tevens zal de gebruiker van de fiets aangeven bij welke snelheid hij wenst dat de stabiliteitsondersteuning in schakelt. Om de grenssnelheid te bepalen zijn de volgende middelen benodigd:

- Camera (op balhoofd te monteren) & Camera met statief
- Fietscomputer
- Kinovea

Ten derde is het van belang om te weten te komen wat de bruikbare ruimtes zijn op te fiets ter montage van het stabiliteitssysteem. Tevens dient er onderzocht te worden wat het handbereik is van de gebruiker gedurende het fietsen. Dit is nodig om de plaatsing van het inschakelmechanisme van het systeem te bepalen. In sagitaal aanzicht zal de 'range of motion' in kaart worden gebracht van zowel de onderste als bovenste extremiteit. Dat wil zeggen dat een volledige draai van de voet met trapper rondom de crankas wordt uitgevoerd, en een volledige draai van de arm om de schouderas wordt uitgevoerd. Deze 'range of motion' zal worden weergegeven in een foto.

Tot slot zullen de volgende vragen gesteld worden aan de gebruiker van de fiets om zijn voorkeuren te kunnen verwerken in het ontwerpproces:

- Wat is uw voorkeurshand voor het bedienen van het systeem?
- Wat is uw voorkeursvoet om de fietsbeweging te starten?
- Wat is uw voorkeurskant om op en af te stappen?
- Kunt u met een hand fietsen?
- Wat is uw reactietijd? (makkelijk te testen met een mobiele applicatie)

Bijlage 9 – Testprotocol

Om te testen of het product aan de vooraf gestelde eisen voldoet is dit testprotocol opgesteld. Dit testprotocol bestaat uit het uitvoeren van verschillende, veel voorkomende situaties tijdens het fietsen in het Nederlandse verkeer. Daarnaast is er onderzocht of het product zijn functie behoudt bij het maken van een noodstop en het tegenkomen van een kuil in de weg. In Figuur 6 zijn veel voorkomende situaties onder elkaar gezet.

Opstappen Starten met fietsen op vlakke ondergrond Stoppen met fietsen op vlakke ondergrond Starten en stoppen met fietsen op schuine ondergrond Starten met fietsen in een bocht Constante snelheid vlak/schuin/bocht Minimale draaicirkel opzoeken Drempel over met constante snelheid Noodstop Kuil in de weg

Figuur 4 Veel voorkomende situaties

Vlak opstappen, starten, stoppen en afstappen:

1. De fietser stapt op met uitgeklapte zijwielen op een vlakke ondergrond.
2. De fietser begint met rechtdoor fietsen en bereikt een constante snelheid van 10 km/uur.
3. De fietser drukt op de schakelaar zodra gewenst wordt dat de zijwielen loskomen van de grond.
4. Wanneer de fietser de zijwielen terug op de grond wenst, drukt de fietser wederom op de schakelaar.
5. Met uitgeklapte zijwielen komt de fietser tot stilstand op een vlakke ondergrond.
6. De fietser stapt af met uitgeklapte zijwielen op een vlakke ondergrond.

Op helling opstappen, starten, stoppen en afstappen:

1. De fietser stapt op met uitgeklapte zijwielen op een licht hellende ondergrond.
2. De fietser begint met rechtdoor fietsen en bereikt een constante snelheid van 10 km/uur.
3. Op licht hellende ondergrond drukt de op de schakelaar zodra gewenst wordt dat de zijwielen loskomen van de grond.
4. Wanneer de fietser de zijwielen terug op de grond wenst, drukt de fietser wederom op de schakelaar.
5. Met uitgeklapte zijwielen komt de fietser tot stilstand op een licht hellende ondergrond.
6. De fietser stapt af met uitgeklapte zijwielen op een licht hellende ondergrond.

Het nemen van bochten en drempels:

1. De fietser stapt op met uitgeklapte zijwielen op een vlakke ondergrond.
2. De fietser begint met rechtdoor fietsen tot een constante snelheid van 6 km/uur (stapvoets) is bereikt en neemt een verkeersdrempel.
3. De fietser neemt een zo krap mogelijke bocht met uitgeklapte zijwielen op een vlakke ondergrond.
4. De fietser bereikt een constante snelheid van 15 km/uur en maakt een noodstop met uitgeklapte zijwielen.

AFSTUDEERPROJECT FIETS-STABILITEITS-SYSTEEM

EXTRA STABILITEIT BIJ LAGE SNELHEID EN STILSTAND

WERKVELD:

BEROEPSROL:

INTERN PROJECT:

PERSOONLIJKE AANPASSING

ONTWERPER

ECBT

OPDRACHTGEVER:

CONTACTPERSOON:

E-MAIL ADRES:

SOPHIA

DHR. VAN GALEN

VANGALEP@XS4ALL.NL

Studenten: Daniel van Dijk	11092416	dvdspelert@gmail.com
Bart van Geel	13106090	bart.v.geel@hotmail.com

Studievoortgang**Daniel van Dijk**

Behaalde studiepunten in
de modules 9 t/m 11 (*max 36*):

30

Minor:

sporttechnologie

Afgerond

JA

Stage 2 afgerond:

NEE (loopt op dit moment stage)

Totaal aantal behaalde vrije STPs:

Alle (dmv minor Ondernemen, EDDD)

Openstaande toetsen (+ module):

Bewegingsanalyse en Pathologie II mod 3

Biodynamica III mod 4

Studievoortgang**Bart van Geel**

Behaalde studiepunten in
de modules 9 t/m 11 (*max 36*):

31

Minor:

Orthopedie

afgerond:

JA

Stage 2 afgerond:

NEE (loopt op dit moment stage)

Totaal aantal behaalde vrije STPs:

4 + 3(toegepaste biomechanica)

Openstaande toetsen (+ module):

Bewegingsanalyse en Pathologie II mod 3

2. Probleemstelling

De heer Van Galen, geboren op 3-3-1954 en tot 5 jaar geleden werkzaam als fysiotherapeut, is spinocerebellaire ataxie patient (vanaf nu SCA). Door deze zenuwaandoening kan de patient zijn spieren niet goed aansturen. De signalen vanuit de zenuwen worden niet goed meer verstuurd waardoor de patient zeer ongecontroleerde bewegingen maakt. Ondanks dat is Dhr van Galen een enthousiast fietser en zijn wens is dan ook om dit zo lang mogelijk te blijven doen. Dat blijkt al uit het feit dat hij zojuist een nieuwe fiets heeft besteld. Zijn vorige fiets was voorzien van een gasveer in het zadel. Dit is gedaan in samenwerking met 't Mannetje in Haarlem. Hierdoor is op- en afstappen makkelijker. Maar tijdens het fietsen ontbreekt het Dhr. Van Galen soms aan zijwaartse stabiliteit. Er dient een systeem ontwikkeld te worden waarmee de stabiliteitsproblemen zodanig worden gereduceerd dat deze geen problemen meer vormen tijdens het fietsen. De opdracht bestaat uit het analyseren van de kinetica en de kinematica gedurende het fietsen, het ontwerpen van de oplossing en het maken van een aanpassing aan de fiets.

3. Vooronderzoek

De fietsen met drie wielen zijn bij iedereen bekend. Een groot nadeel aan het stabiliteitsvoordeel is de bochtervaring en -snelheid. Een fiets met drie wielen kan namelijk niet schuin door de bocht. Hierdoor dient de snelheid aanzienlijk verminderd te worden voor een bocht. Dit is onwenselijk voor Dhr. Van Galen. Daarnaast is een driewieler al snel een opvallend en breed voertuig op het fietspad. Het monteren van vaste zijwielen ter verbetering van de stabiliteit is een optie, maar heeft alsnog hetzelfde probleem bij hogere snelheid. Vermoedelijk is Dhr van Galen daarom op onderzoek gegaan naar een andere oplossing voor zijn tweewieler. Hij is via Sophia revalidatie uiteindelijk bij het ECBT terecht gekomen.

Een zoektocht op internet levert niet snel resultaten die kant en klaar verkrijgbaar zijn. Er is een uitklapbaar systeem voor zware motorfietsen verkrijgbaar (LegUp (1)), maar deze past niet op de fiets. Ook zijn er een aantal patenten te vinden (2), maar deze zijn niet verkrijgbaar of in werkelijkheid gebouwd. Een ander goed doordacht systeem is het inklapbare landingsstel voor (kleine) vliegtuigen. Ook mechanische (gesloten) stangensystemen kunnen interessant zijn voor het mechanisme.

Dit systeem kan vervolgens handmatig worden aangestuurd, maar in een vervolgstap zou deze ook elektronisch kunnen worden aangestuurd.

4. Analyse

Hieronder staan de deelvragen met daaronder hoe deze uitgewerkt zullen worden. Wellicht is fietsspecialzaak 't Mannetje een interessant bedrijf om mee in gesprek te gaan ter bevordering van het beantwoorden van onderstaande deelvragen.

Hoe ziet het krachtenspel er uit tijdens het fietsen?

Om een duidelijk beeld voor de aard van het probleem te schetsen, is er een bewegingsanalyse nodig van het krachtenspel tijdens het fietsen. Er zal een literatuurstudie plaatsvinden naar de dynamiek van fietsbalans en de factoren die daarbij van belang zijn. Als dit duidelijk is, kan de oorzaak van de onbalans vervolgens worden vastgesteld.

Wat is de oorzaak van de zijwaartse instabiliteit?

Hieruit zal blijken waarom er bij Dhr. Van Galen zijwaartse instabiliteit ontstaat bij het fietsen. Tijdens deze fase zal de expertise die via ECBT beschikbaar is mogelijk gebruikt worden. Met deze twee onderzoeksvragen moet de probleemsituatie duidelijk zijn en kan er worden gestart met ontwerp oplossingen.

Wat zijn de eisen en wensen voor het ontwerp?

Elke ontwerp opdracht heeft een eisen en wensenlijst. Voor dit project moet er een opgesteld worden aan de hand van de bestaande situatie. Daarvoor zal o.a. een interview met Dhr. Van Galen plaats gaan vinden. Andere eisen zullen voortkomen uit bovenstaande analyses.

Wat zijn de mogelijke ontwerp-oplossingen?

Er zijn vaak meerdere (deel)oplossingen mogelijk. Waarom is de ene oplossing beter dan de ander? Zijn de gevonden oplossingen toe te passen op de fiets? Wat zijn bestaande oplossingen of mechanismes welke bruikbaar zijn? Dit moeten uiteindelijk minstens drie concepten worden.

5. Ontwerpfase

Na het afronden van de ontwerpfase moet het duidelijk zijn wat er ontworpen dient te worden en aan welke eisen dit dient te voldoen. Er zullen drie concepten bedacht worden en daaruit zal de best passende oplossing gekozen en onderbouwd worden. Deze wordt uitgewerkt tot een uitgebreider en gedetailleerder eind-ontwerp. Hierin staan afmetingen en materialen benoemd, zodat dit ontwerp vervolgens vervaardigd kan worden. Evenals bij de analysefase is tijdens de ontwerpfase fietsspecialzaak't Mannetje in Haarlem een interessant bedrijf om eens mee in gesprek te gaan voor het opdoen van ideeën. Indien het nodig lijkt kan er nog een mock-up gemaakt worden om te testen hoe het ontwerp in werkelijkheid zal zijn.

6. Vervaardigingfase

De bedoeling van het project is de persoonlijke oplossing voor de zijwaartse stabiliteit tijdens het fietsen van dhr. Van Galen. Na de ontwerpfase is er een bouwplan voor in de werkplaats gemaakt. Er moeten materialen besteld worden voordat het ontwerp daadwerkelijk gemaakt kan worden. Het prototype zal in de BT-werkplaats aan de HHS gemaakt worden. Uiteindelijk wordt dit prototype op de fiets van Dhr. Van Galen gemonteerd.

7. Testfase / Evaluatiefase

Voldoet het prototype aan de opgestelde eisen en wensenlijst? Wat vindt Dhr. van Galen van de eindoplossing? Het project wordt afgerond en verbeterpunten worden genoteerd voor een volgende versie.

8. Voorlopige literatuurlijst

Er komt meer onderzoek tijdens analysefase.

1. LegUp by Chopper Design - LegUp Home Page [Internet]. Landinggear.com. 2017 [cited 17 January 2017]. Available from: <http://landinggear.com/>
2. Patent US7556277 - Bicycle training aid with dynamically deployable balancing features [Internet]. Google Books. 2017 [cited 17 January 2017]. Available from: <http://tinyurl.com/gstou8g>

9. Planning

De planning staat in de bijlage. Grofweg is de planning en dit document ook de voorlopige hoofdstukindeling van de scriptie. De planning kent 3 hoofdfases: De analyse, het ontwerpen en het vervaardigen. Tijdens het afstuderen moeten er door ons beide nog verschillende toetsen worden herkanst. Hier is rekening mee gehouden door deze planning iets eerder af te laten lopen, zodat er ruimte is voor kleine uitloop. Om dit in de gaten te houden word er elke week twee uur besteed aan de planning.

10. Persoonlijke leerdoelen afstudeerfase & evaluatie

Daniel	Evaluatie
<u>Management</u> <u>(algemene beroepsgerichte competenties)</u> Het plannen van een project en de coordinatie van het verloop van die planning blijft lastig voor mij. Daarom wil ik tijdens het afstuderen elke week tijd maken voor het managen van dit project. Daarom is er 2 uur per weekingepland om te besteden aan de planning.	Er is wekelijks contact geweest over de planning en het verloop van het project en haar taken. Dit is goed gegaan en het project had hier baat bij. De planning van een project blijft een belangrijk onderdeel waar in aandacht aan zal blijven besteden
<u>Ontwerpen, vervaardigen en uitvoeren</u> <u>(beroepsspecifieke competenties)</u> Dit is wat ik leuk vind en waar ik goed in ben. Daarom is dit de laatste kans om deze skills extra aan te scherpen.	Tijdens het ontwerpproces en in de werkplaats zijn deze skills goed toegepast. Ook is het gebruik van een aantal machines in de werkplaats opnieuw uitgelegd.
<u>Carriere perspectief</u> <u>(persoonsgebonden competenties)</u> Als ik straks afgestudeerd ben, wat dan? Dat is voor mij nu nog erg onduidelijk. Ik hoop hier na het afstuderen een duidelijker beeld of richting van te hebben zodat ik gericht de arbeidsmarkt op kan.	Het ontwerpen en vervaardigen van prototypes is iets wat ik leuk vind om te doen en ik zou graag daar mijn geld mee willen verdienen.
Bart	Evaluatie
<u>Management</u> <u>(algemene beroepsgerichte competenties)</u> Een planning maken is één ding. Maar op schema blijven is een tweede. Uit ervaring weet ik dat met name op schema blijven een punt van aandacht is voor mij gedurende een project.	Een paar weken na de start van de afstudeerfase zijn we netjes op schema gebleven. Later, door externe factoren (fietslevering, vrije studiepunten) ontstond er enige vertraging. Dit zorgde uiteindelijk voor 1 blok studievertraging.
<u>Bewegingsanalyse en ontwerpen</u> <u>(beroepsspecifieke competenties)</u> De stap maken tussen de bewegingsanalyse en het ontwerpen vind ik een lastige. Ik ga mij erop richten dat er een goed overzicht komt van de resultaten uit de analyse zodat deze gemakkelijk kunnen worden meegenomen naar de ontwerpfase.	Dit is gedurende het afstuderen erg goed gegaan. Doordat de analysefase grondig gedaan is ontstond er een duidelijk overzicht van wat ons te doen stond.
<u>Sociaal & communicatief functioneren</u> <u>(Persoonsgebonden competenties)</u> Over het algemeen werk ik erg graag alleen. Ik wil me daarom graag gaan richten op een soepele samenwerking gedurende dit project. Zowel in de communicatie qua planning als in het elkaar voorzien van opbouwende kritiek.	Wederom heb ik gemerkt dat ik het liefst op mezelf werk. Hier en daar liepen we tegen een aantal meningsverschillen aan. Dit heeft echter niet afgedaan aan het eindresultaat. Het eindresultaat zijn we beide erg trots op.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
1	Onderdeel /kalenderweek	uren ingeschat	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24 (14 jun 13:00 inleveren)	23
2	project presentatie/pitch																	
3	Inleveren scriptie																	
4	Examengesprekken																	
5	Vooronderzoek																	
6	marktonderzoek	8																
7	inleiding schrijven	8																
8	Analysefase																	
9	literatuurstudie fietsdynamiek	30																
10	oorzaak zijwaartse instabiliteit	20																
11	eisen en wensenlijst opstellen	10																
12	interview dhr Van Galen	8																
13	mogelijke ontwerp-oplossingen verzamelen	15																
14	Ontwerpfase																	
15	minstens 3 concepten	30																
16	onderbouwing en keuze ontwerp	20																
17	detaillering	50																
18	bouwplan	25																
19	Vervaardigingsfase																	
20	materialen verzamelen / aanschaffen	20																
21	vervaardigen ontwerp	100																
22	plaatsen prototype op fiets	16																
23	test prototype	8																
24	Test-/ Evaluatiefase																	
25	vergelijk prototype eisen-wensenlijst	8																
26	praktijktest Dhr. Van Galen	8																
27	Overige																	
28	verslaglegging	25																
29	aanbevelingen	8																
30	planning	wekelijks 2h																