
Bachelor Opdracht

R.B.E.

Revolutionairy Bike Experience

S0104779

Ruud Wensink

Inhoud

INHOUD	2
SAMENVATTING	4
SUMMARY	4
INLEIDING	5
PROBLEEMSTELLING:	5
MARKTONDERZOEK "BIKES"	6
DE BEACH CRUISER	6
DE CHOPPER	7
DE LOW RIDER	8
CUSTOMIZEN	9
CONCLUSIE:	9
DOELGROEP:	10
DE DOELGROEP:	10
VERKOOPPRIJS:	10
SFEERCOLLAGE	11
CONCLUSIE	11
GELUIDSONDERZOEK	12
ONDERZOEKSVRAGEN:	12
DE TESTOPSTELLING:	13
<i>De gebruikte set:</i>	13
<i>De accu:</i>	14
<i>Schatting gemiddeld gebruik:</i>	14
<i>Bevestiging aan de fiets:</i>	14
RESULTAAT TEST:	15
<i>Positie van de satellietspeakers aan het stuur:</i>	15
<i>Positie van de subwoofer</i>	16
<i>Volume en geluidskwaliteit</i>	17
<i>Problemen tijdens het fietsen</i>	18
<i>Wetgeving:</i>	18
CONCLUSIE:	18
PROGRAMMA VAN EISEN	20
CONCEPTEN:	21
HET STUUR:	21
GEKOZEN STUURCONCEPT: SPEAKERS VOLLEDIG GEÏNTEGREERD	22
CONCEPTKEUZE	23
<i>Onderbouwing van de conceptkeuze</i>	23
<i>Haalbaarheid</i>	23
CONCLUSIE:	23
R.B.E. (REVOLUTIONAIRY BIKE EXPERIENCE)	24
HET STUUR:	24
<i>Vormgeving stuur:</i>	24
<i>Speakers in het stuur</i>	26
<i>Afscherming</i>	27
<i>Aantal speakers</i>	28
<i>Speakerhoek:</i>	29
<i>Het definitieve stuur:</i>	30

<i>Conclusie:</i>	30
DE SUBWOOFER.....	31
<i>Het "subwooferprobleem"</i>	31
<i>Mogelijk opties</i>	31
<i>Subwoofer keuze</i>	32
<i>Afmeting basbuis:</i>	33
<i>Mogelijke materialen</i>	33
<i>Conclusie</i>	33
TECHNISCHE HAALBAARHEID.....	34
<i>Versterker:</i>	35
<i>Stroomvoorziening:</i>	37
<i>Stuurspeakers:</i>	39
<i>Weerbestendig speakers:</i>	39
<i>Subwooferspeaker</i>	40
<i>Bediening:</i>	40
<i>Advies:</i>	41
<i>Conclusie:</i>	41
R.B.E. OP DE BIKE!	42
R.B.E. OP DE BIKE!	42
TECHNISCHE TEKENING STUUR:	44
KOSTEN ANALYSE	45
CONCLUSIE:	47
MARKETING	48
PROTOTYPE	49
HET WERKENDE DEEL:	49
HET VORMGEVINGSDEEL:	49
PRODUCTIE METHODE PROTOTYPE:	49
HET STUUR.....	50
<i>3d-scan</i>	50
<i>Cnc-Frees</i>	51
<i>Afwerking:</i>	52
DE SUBWOOFER:	53
FOTO'S PROTOTYPE:	54
BIJLAGE BRONNENLIJST	56
BRONNENLIJST	57

Samenvatting

Het ontwerp van dit geluidssysteem (R.B.E. Revolutionaire Bike Experience) bestaat uit een fietsstuur met volledig geïntegreerde speakers en een subwoofer voor de extra lage tonen met de bijbehorende "Feel". In de subwoofer zijn de versterker en de stroomvoorziening verwerkt. Je sluit je mp3-speler aan en je kunt, alleen of met vrienden, genieten van jouw muziek. Fietsen wordt een "experience" en het geeft je een gevoel van totale vrijheid terwijl je kunt laten horen wie je bent! De R.B.E. is tevens veel veiliger dan muziek luisteren d.m.v. een koptelefoon, het verkeer blijft aanzienlijk beter te horen. Maar het belangrijkste is de overweldigende "Fun-Factor"!!

Deze bacheloropdracht behandelt alle facetten van industrieel ontwerpen, van onderzoek tot en met prototype. Geprobeerd is alle onderdelen uit te voeren tijdens de 3 maand die voor deze opdracht staat. Gebaseerd op een markt- en geluidsonderzoek en de expertise van Holycow (Het bedrijf waarvoor deze opdracht uitgevoerd wordt) is de doelgroep en een programma van eisen bepaald en zijn concepten voor het geluidssysteem ontwikkeld. Uit de verschillende concepten is één concept gekozen en verder uitgewerkt. Dit is zowel gebeurd op het gebied van de vormgeving, als op gebied van de technische haalbaarheid. Om een goed inzicht te geven van de haalbaarheid en de kosten van het geheel is een kostenanalyse gemaakt. Ook is een werkend prototype gemaakt om de visuele kracht van het ontwerp in het echt te demonstreren. Het prototype is belangrijk om investeerders aan te trekken en te overtuigen van het succes van dit concept.

Summary

The design of this bicycle sound system contains of a handlebar with fully integrated speakers and a subwoofer for the additional "Feel". The subwoofer is the housing of the amplifier and the power supply. Simply connect your mp3-player to listen to your favorite music, alone or with friends. Riding your bicycle will become a great "experience" and will give you the feeling of totally freedom. The R.B.E. is much safer than listening music with your earphones; you'll be able to hear the traffic a lot better. Most important, it has a tremendous Fun-Factor!!

This Bachelor Assignment covers all aspects of industrial design during the total period of three months. Based on the market & sound research and Holycow's (The company) vision the target group is specified and concepts for the sound system are developed. One final concept is chosen and finished in detail, both on visual design and technical feasibility. To gain maximal feasibility in the success of the total product, a cost analysis is made. Finally a prototype is made to show the potential and to convince future investors.

Inleiding

Deze Bachelor Opdracht wordt in opdracht gedaan van HolyCow Cruises. HolyCow Cruises is dé speciaalzaak in Rotterdam op het gebied van beach cruisers, choppers en lowrider bikes. In de store worden tevens bikes "gecustomized". HolyCow Store is een onderdeel van de organisatie Playground. Playground verzorgt verschillende sportieve en culturele evenementen. Waaronder verschillende stadsrondleidingen (met of zonder gids) door Rotterdam o.a. step-, chopperbike- en wandel-tochten. Het is een klein en jong bedrijf dat ongeveer 2 jaar geleden is opgericht.

De Opdracht:

Op verzoek van sommige klanten worden er ook geluidssystemen op de bike gemonteerd. Hier kleven veel nadelen aan. De geluidssystemen zijn breekbaar en slecht tegen water bestand en makkelijk van de bikes af te stelen. We zijn op zoek naar een prototype voor een **volledig geïntegreerd geluidssysteem** in de bike. Dit soundsysteem moet aan een aantal eisen voldoen zoals stevigheid, gebruiksvriendelijkheid en veiligheid enz. Een verwerking van boxen in het stuur, een subwoofer onder het zadel eenvoudig inpluggen met MP3 speler of Ipod.

Probleemstelling:

Aan welke eisen moet het geluidssysteem voldoen en hoe komt het ontwerp eruit te zien, zodat het geluidssysteem technisch haalbaar is en zodat er markt voor is?

Dit is onder te verdelen in een aantal deelvragen:

1. Hoe ziet de markt eruit?
2. Wat is de doelgroep?
3. In welke prijscategorie moet het uiteindelijke product komen?
4. Wat zijn de (technische) specificaties?
5. Welke vormgevingsaspecten zijn van belang om de doelgroep te "triggeren"?

Marktonderzoek "bikes"

De fietsen, vanaf nu "bikes" genoemd, die HolyCow verkoopt zijn zeer verschillend. De bikes zijn grofweg in 3 categorieën in te delen.

Namelijk:

- Beach Cruisers
- Choppers
- Low Riders

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van het huidige marktaanbod om een idee te geven hoe deze producttak eruit ziet. Het geeft ook enigszins een beeld van de "bike-scene".

De Beach Cruiser

De beach cruiser is, zoals de naam al doet vermoeden, bedoeld om over het strand te "cruisen". Heel relaxed genieten van het mooie weer en de mooie omgeving maak je een tochtje langs het strand. Deze fiets heeft hele brede banden waarmee je gemakkelijk over het strand kunt fietsen. Het grote stuur en de relaxte fietshouding (rechttop en een beetje laag) benadrukken extra de "feel" die je hebt tijdens het biken.



Figuur 1: Voorbeelden van Beach cruisers

De Chopper

De chopper is afgeleid van de chopper motor. Een lange voorvork, een groot stuur en een laag zadel zijn kenmerkend voor een chopper bike.



Figuur 2: Voorbeelden van chopper bikes

De Low Rider

De naam low rider geeft al aan wat voor een soort bike het is. Op deze bike zit je dicht bij de grond.

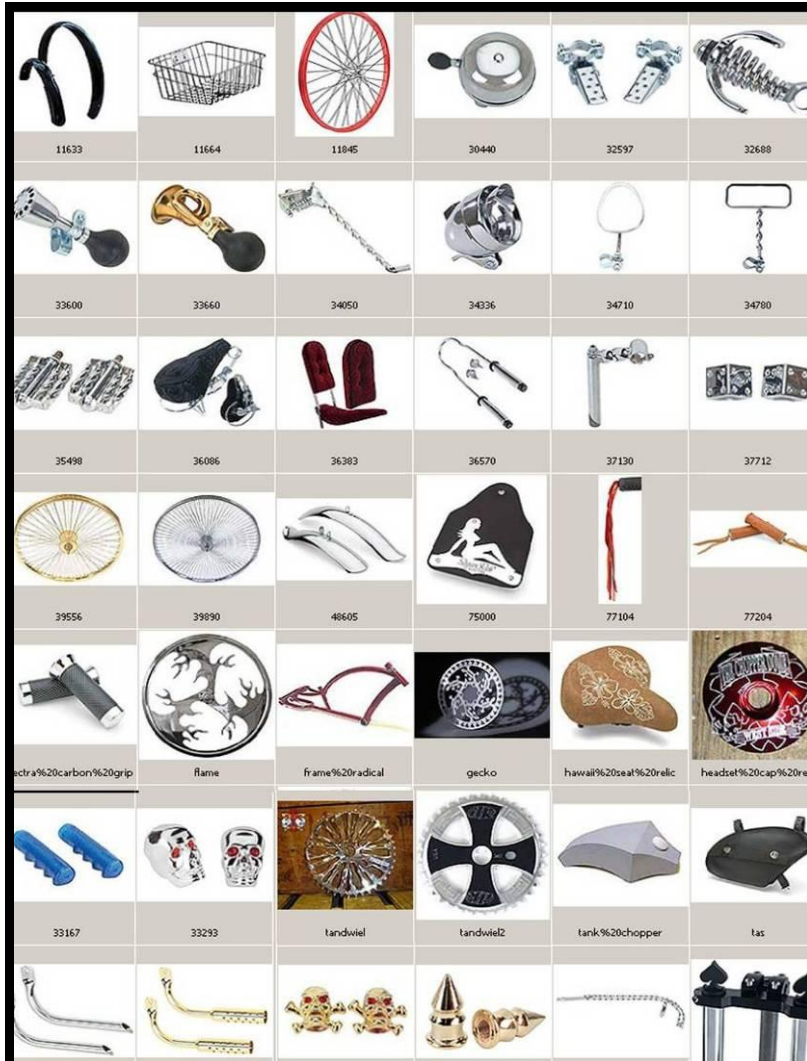


Figuur 3: Voorbeelden van Low riders

Verder zijn er nog heel veel bikes die een combinatie zijn van de bovengenoemde categorieën.

Customizen

Er bestaat de mogelijkheid om deze bikes te customizen. Een heel groot aantal van de rijders past de bike ook aan naar zijn of haar wensen. Vaak wordt het customizen zelfs gezien als een sport om je bike er zo bijzonder mogelijk uit te laten zien. Soms kun je het zelfs zien als een statement dat wordt neergezet door de rijder. Voor het customizen zijn tal van accessoires verkrijgbaar uiteenlopend van ventieldopje tot spinner velg. Kenmerkend voor deze bikes is dat de accessoires nagenoeg nooit goedkope troep zijn. Het materiaal is hoofdzakelijk leer of metaal (vaak verchromd).



Figuur 4: Accessoires

Conclusie:

Het marktaanbod van de bikes is zeer divers, maar de bikes hebben wel overeenkomsten. Het zijn allemaal zeer robuuste bikes die van kwalitatief hoogwaardig materiaal zijn gemaakt. Er wordt vooral gebruik gemaakt van (verchromd) metaal en de goedkopere materialen zoals plastic worden vermeden. De bikes zijn alles behalve standaard, het zijn echte "eye-catchers" en hebben een eigen stijl/karakter. Er is een duidelijk onderscheid te zien in het "karakter" van de bikes. Er zijn o.a. agressieve, stoere en charmante bikes, dit "karakter" is heel belangrijk voor deze producttak.

Doelgroep:

Om tot een goed ontwerp te komen is het belangrijk om een doelgroep te definiëren. Dit is zo ver mogelijk aan het begin van het ontwerptraject gedaan om de opdracht te begrenzen, zodoende kan er meer energie in relevante zaken worden gestoken.

Vanwege omvang van dit project en de relatief korte tijd hiervoor is naar de doelgroep geen uitgebreid onderzoek gedaan. Er zijn verschillende opties besproken met HolyCow. In overleg is er een doelgroep bepaald.

De doelgroep:

Muziek liefhebbers die op de bike willen genieten van muziek.

Onder te verdelen in 2 redenen waarom de gebruiker muziek op de bike wil hebben.

1. Extra comfort en "fun" op de bike.
2. Op basis van een fashionstatement je identiteit willen benadrukken door de muziek waarvan ze houden mee te nemen op de bike.

Of een combinatie van deze 2.

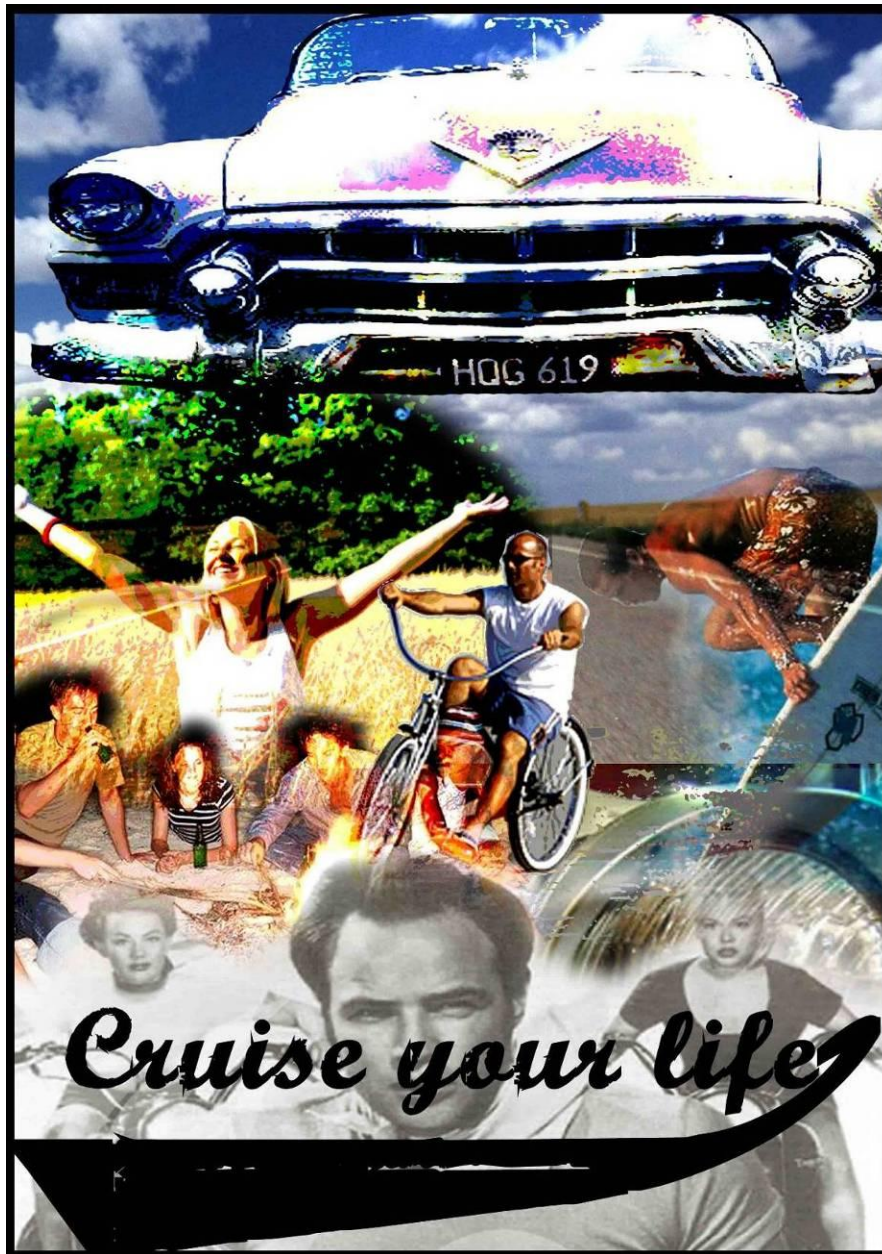
Verkoopprijs:

Om aansluiting te vinden bij de bepaalde doelgroep is de hoogte van de verkoopprijs belangrijk. Deze is ook belangrijk voor het verdere verloop van het project. Denk aan: productiemethode, gebruikte materialen enz.)

In overleg met HolyCow is bepaald dat de verkoopprijs rond de 250-350 euro ligt. Deze prijs is gebaseerd op de kosten van een fiets (gemiddeld rond de 600-700 euro) en de kosten van de verschillende accessoires. Verder is ingeschat of een geluidssysteem voor deze prijs toegevoegde waarde heeft voor de "Bike-experience". Aan de hand van deze prijzen is een schatting gemaakt van de verkoopprijs die de consument bereid is voor een geïntegreerd geluidssysteem te betalen. Er is met opzet gekozen voor het duurdere segment met de daarbij behorende kwaliteit en soliditeit.

Sfeercollage

Om de doelgroep enigszins visueel te maken is een sfeercollage gemaakt. Zoals te zien is in de collage is individualiteit en zich onderscheiden van de rest heel belangrijk. Leef je eigen leven en laat anderen zien wie je bent, zodat je in contact komt met de mensen met dezelfde ideeën, idealen, enz... Deze sfeer sluit aan op de stijl van de bikes uit het marktonderzoek.



Figuur 5: *sfeercollage*

Conclusie

Het is belangrijk dat de kerndoelgroep geen directe relatie tot beachcruisers en chopperbikes heeft. Een logisch gevolg is wel dat het grootste deel van deze groep binnen de gespecificeerde doelgroep zal vallen (Gebaseerd op ervaring van HolyCow). Dit is gedaan om een breder publiek te bereiken, zodat het er meer vraag zal zijn naar het product en het project meer kans van slagen heeft. Wel is het belangrijk om het juiste gevoel uit te stralen, zoals beschreven bij de sfeercollage.

Geluidsonderzoek

Geluid, geluidskwaliteit en geluidsvolume zijn subjectieve onderwerpen. Iedereen heeft een andere voorstelling, gevoel en/of ervaring bij het horen van muziek en de bijbehorende geluidskwaliteit. Het is dus belangrijk om een referentiepunt/uitgangspositie vast te stellen, zodat er geen misverstanden ontstaan. Deze test is opgesteld om de wensen van het bedrijf te weten te komen en te kunnen beschrijven, en om een uitgangspositie te creëren waar van uit ontworpen kan worden.

Onderzoeksvragen:

Wat is een geschikt referentiepunt voor het geluid?

Wat het minimaal benodigd geluidsvolume?

Wat is de minimaal benodigde geluidskwaliteit?

Hoe gedraagt geluid/muziek zich tijdens het fietsen?

Hoe zijn de verhoudingen van de tonen?

Is de positie van de speakers van invloed op het geluid?

Wat is de "fun-factor"?

Welke factoren zijn voor de fun-factor van belang?

Wat is het stroomverbruik van het gebruikte geluidssysteem?

Treedt er resonantie op bij gebruik van het geluidssysteem?

Ondervindt men hinder tijdens het fietsen met de testopstelling? (zo ja...welke?)

Hoe is de grootte van het systeem?

Hoe is het gewicht van het systeem?

Om deze vragen te beantwoorden is besloten om een testopstelling te bouwen. Deze testopstelling bestaat uit een 2.1 subwoofersetje. D.w.z. de set bestaat uit een subwoofer en 2 satelliet speakers. Deze set wordt op de fiets bevestigd en door een accu gevoed, zodat er ook daadwerkelijk met deze fiets gefietst kan worden.

De testopstelling:

De gebruikte set:

Model: Philips A2.310/20

Product: Philips Rhythmic Wave 310 - PC multimedia system	Product Type: PC multimedia speaker system
Weight: 3.7 kg	Localisation: English
Media Type: 2 speakers, subwoofer	Speaker Type: Active
Nominal Output Power (Total): 20 Watt	Media Included Qty: 40 - 20000 Hz
Audio Amplifier: Integrated	Connectivity Technology: Wired
Speaker System Details: 2 x satellite speaker - 4 Watt 1 x active subwoofer - 12 Watt Na demontage van de satelliet speakers en subwoofer blijkt dat de speakers een ander vermogen hebben: 2x satellite speaker – 6 Watt & 1 x active subwoofer – 18 Watt	

Op de onderstaande foto is de bevestiging te zien om de optimale positie van de 2 satelliet speakers aan het stuur te bepalen. Deze bevestiging maakt het mogelijk dat de speakers in alle richtingen gedraaid kunnen worden (6 graden van vrijheid). Het rubber zorgt ervoor dat het stuur niet beschadigt.



Figuur7: Philips A2.310 gebruikte speaker systeem



Figuur 8&9: satelliet speaker met bevestiging voor aan het stuur

De accu:

- Afmeting (H*B*D): 100mm*150mm*60mm
- Voltage: 12volt
- Vermogen; 7.2 Ampère-uur

Dit is een afgesloten loodaccu, deze is in elke positie te plaatsen en is schokbestendig.

Het gemeten vermogen op maximaal volume met maximale subwoofer bedraagt ongeveer 1,1 ampere met pieken van 1.6 ampere. De hoeveelheid bass (volume van de subwoofer) is van groot effect op het afgenomen vermogen.



Figuur 10: Loodaccu 12 volt, 7.2

Schatting gemiddeld gebruik:

Bij gemiddeld gebruik zal er ongeveer een continu vermogen van 0.75 ampere afgenomen worden. Met deze accu en geluidsset bedraagt de speelduur dus ongeveer $7.2 \text{ (ampère-uur)} / 0.75 \text{ (ampère)} =$ ongeveer 9,5 uur. Dit is meer dan voldoende.

Bevestiging aan de fiets:

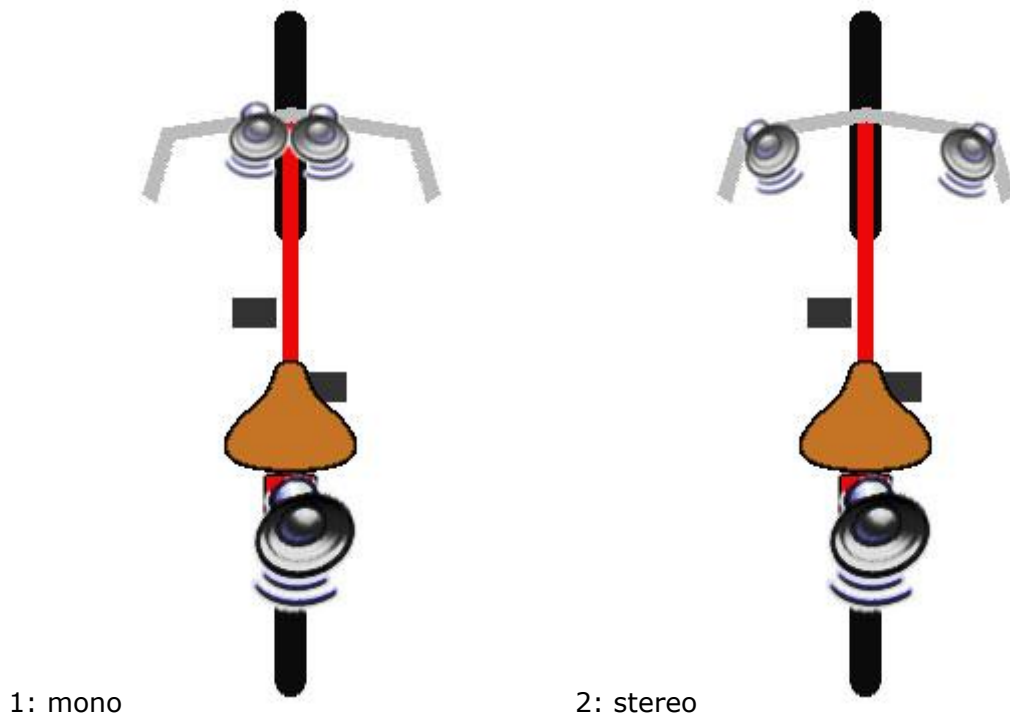
De speakers en subwoofer zijn op alle denkbare manieren op de fietst bevestigd en getest.



Figuur 11: Bike met geluidssysteem voor testopstelling

Resultaat test:

Positie van de satellietspeakers aan het stuur:

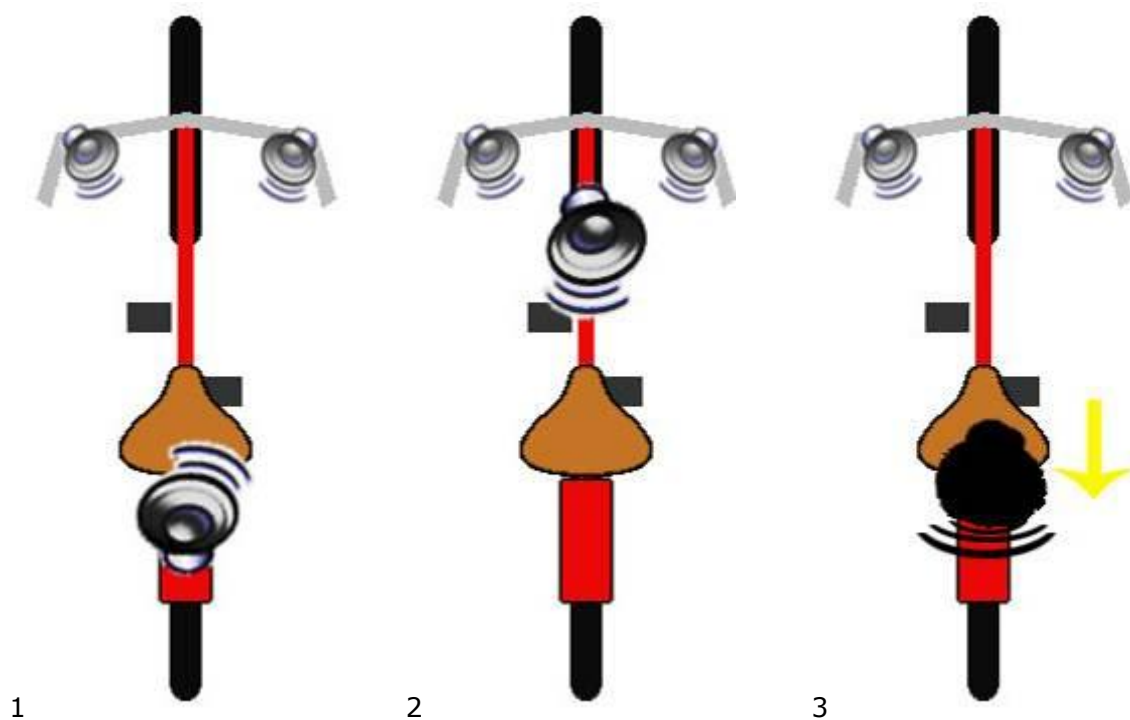


Figuur 12: positie stuurspeakers op bike

Het "beste" geluid wordt geproduceerd door opstelling 2. Een stereo opstelling maakt het geluid breder en aangenamer om naar te luisteren, ook tijdens het fietsen. Bij de mono opstelling klinkt het geluid echter harder (meer volume), maar dit is van ondergeschikt belang bevonden.

De richting van de speakers blijkt ook erg van belang. Het "mooiste" en kwalitatief beste geluid hoor je wanneer de speakers op je hoofd/oren gericht staan. Vooral de allerhoogste tonen zijn dan een stuk beter hoorbaar en dat komt de helderheid van de muziek zeer ten goede. Tijdens het fietsen is dit alles iets minder merkbaar door de invloeden van buitenaf, zoals windgeruis en verkeersgeluid, maar het is nog steeds een significant verschil en belangrijk om in het systeem te verwerken.

Positie van de subwoofer



Figuur 13: positie subwoofer op bike

De positie van de subwoofer is vooral belangrijk voor de intensiteit van het geluid, de "feel". Dit blijkt zeer belangrijk te zijn en geeft een extra dimensie aan het fietsen. Doordat je de lage tonen niet alleen hoort, maar ook voelt, wordt het fietsen een stuk leuker en ga je meer op in de muziek. Het voelt daardoor niet meer alsof je op een fiets met een geluidsinstallatie fietst, maar het voelt alsof je in je eigen muziekwereld fietst. De subwoofer is heel belangrijk voor de "Fun-factor".

Een subwoofer gebruikt relatief veel stroom, daardoor is het bruikbare vermogen beperkt. Het is dus belangrijk om het maximale effect/rendement uit de subwoofer te halen, zodat het stroomverbruik beperkt blijft. Om dit effect te bereiken blijkt de positie en richting belangrijk.

De twee effecten van de subwoofer:

1. tonen die je hoort
2. tonen die je voelt

De tonen die je hoort zijn van belang voor de juiste balans tussen hoog (satellietspeakers) en laag (subwoofer), zodat er een aangenaam geluidsspectrum hoorbaar is. Opstelling 2 is voor de tonen die je hoort het meest ideaal. Hiervoor geldt hetzelfde als voor de satellietspeakers, de speaker moet op je hoofd/oren gemikt zijn.

Tonen die je voelt zijn heel belangrijk voor de, eerder beschreven "feel". Het blijkt dat de trilling het best voelbaar zijn als het frame van de bike ook een beetje trilt. Dit is het best te bereiken met opstelling 3, de speaker van de subwoofer is zo dicht mogelijk achter het zadel naar beneden op het frame gericht. Wel moet er opgepast worden dat er geen

resonantie optreedt, maar dit was bij de test niet het geval. Wanneer alle onderdelen stevig bevestigd zijn, mag er van uitgegaan worden dat resonantie niet voor problemen zorgt.

Uit de test blijkt dat opstelling 1, een combinatie van tonen die je hoort en voelt, het beste effect heeft. De subwoofer is zo dicht mogelijk achter het zadel naar voren gericht (rug van de fietser). Deze opstelling zorgt voor zowel trilling van het frame als een vol en breed geluid.

Volume en geluidskwaliteit

Deze test is tevens gedaan om het uitgangspunt voor het geluidsvolume en de geluidskwaliteit te bepalen. De 2.1 set die in de testopstelling is gebruikt voldoet aan de eisen. Het geluidsvolume en de geluidskwaliteit zijn volgens HolyCow zeker voldoende voor het uiteindelijke product.

Natuurlijk is het altijd positief als de geluidskwaliteit beter wordt, het volume harder wordt en de subwoofer meer intens is. Dit zou een mooie bijkomstigheid zijn, maar het is geen prioriteit.

Uit de test met de subwoofer kwam naar voren dat de subwoofer het best tot zijn recht komt wanneer deze zo dicht mogelijk bij het lichaam en frame gepositioneerd is.



Figuur 14: Visualisatie van het testresultaat

Problemen tijdens het fietsen

De hoogte van de subwoofer en de vorm van de subwoofer gaf soms een klein probleem tijdens het op- en afstappen. Dit kwam doordat de vierkante subwoofer ver naar achteren uitstak.

Verwacht was dat de omgevingsgeluiden slecht hoorbaar zouden zijn, maar dit bleek heel erg mee te vallen. De omgeving en ander verkeer is nog steeds goed hoorbaar. Dit is een hele verbetering t.o.v. van fietsen met oordopjes, waarbij je compleet afgesloten wordt van je omgeving.

Wetgeving:

Een bezoek aan het politiebureau van Rotterdam verschaftte alle duidelijk betreft de wetgeving omtrent geluid en muziek in het verkeer/openbaar. Het blijkt dat hiervoor geen concrete wetgeving is. Wanneer er klachten van overlast ontvangen worden (denk daarbij aan: auto's met geweldige subwoofersystemen) dan kan er een waarschuwing worden gegeven. Wanneer er niet op de waarschuwing gereageerd wordt, en de agent in kwestie bestempelt de situatie als overlast, dan kan een boete worden uitgeschreven.

Bij een geluidssysteem met een omvang zoals in dit project verwacht politie Rotterdam geen problemen. Wel zou het mogelijk kunnen zijn dat er (zoals boven beschreven), afhankelijk van de situatie, een waarschuwing gegeven kan worden.

Conclusie:

Wat is een geschikt referentiepunt voor het geluid?

Wat is het minimaal benodigd geluidsvolume?

Het geluidsvolume van de subwoofer en stuurspeakers zijn toereikend.

- Minimaal vermogen subwoofer → 18 watt
- Minimaal vermogen stuurspeakers → 2 keer 6 Watt

Wat is de minimaal benodigde geluidskwaliteit?

De geluidskwaliteit is toereikend. Een 2.1 setje subwoofersetje met ongeveer dezelfde specificaties en dezelfde kwaliteit (verkoopprijs ongeveer 40 euro) beschikt over de juiste kwaliteit speakers, versterker en bediening.

Hoe gedraagt geluid/muziek zich tijdens het fietsen?

Hoe zijn de verhoudingen van de tonen?

Het is belangrijk dat de verhouding van de tonen (verhouding subwoofer en speakers in het stuur) beïnvloed kan worden. Het is gebleken dat verschillende muziek hele verschillende verhoudingen heeft qua hoog en laag. Het is belangrijk dat dit gecompenseerd kan worden, helemaal tijdens het fietsen, wanneer soms bepaalde frequenties af kunnen zwakken door bijvoorbeeld de wind.

Is de positie van de speakers van invloed op het geluid?

Het is belangrijk dat de speakers met de hoge tonen (stuurspeakers) op de oren van de fietser gericht zijn, anders vervaagd de helderheid en worden de hoge tonen slecht gehoord.

Wat is de "fun-factor"?

Welke factoren zijn voor de fun-factor van belang?

1. De subwoofer moet voldoende bas en trillingen veroorzaken zodat de muziek goed gevoeld kan worden.
2. De kwaliteit van het geluid moet zo goed zijn dat het aangenaam is om naar te luisteren (De testopstelling was goed)
3. Het is belangrijk dat het geluidssysteem er super gaaf uitziet. Iedereen kijkt naar je en een optisch goed ontwerp stimuleert de "kick" die je uit het fietsen haalt

Wat is het stroomverbruik van het gebruikte geluidssysteem?

Gemiddeld 0,75 ampère met maximale pieken van 1.1 tot 1.6 ampère. Het geluidsvolume van de subwoofer is een belangrijke factor voor het stroomgebruik.

Treedt er resonantie op bij gebruik van het geluidssysteem?

Er treedt geen merkbare resonantie op.

Ondervindt men hinder tijdens het fietsen met de testopstelling? (zo ja...welke?)

Hoe is de grootte van het systeem?

1. De stuurspeakers zijn te groot en (ogen) te onaërodynamisch. Het is belangrijk dat het geluidssysteem niet de indruk wekt dat het onprettig fietst.
2. De vierkante vorm van de subwoofer is zeer onpraktisch en de scherpe hoeken zijn zelfs gevaarlijk. Deze vorm past ook niet bij de rest van de bike (vooral ronde en organische vormen). De subwoofer is iets te groot

Hoe is het gewicht van het systeem?

1. De speakers aan het stuur voelen een beetje zwaar, maar dit komt door de hefboomwerking van de bevestiging. Het gewicht is acceptabel mits er geen hefboomwerking optreedt. (1.05kg) Er kan nog steeds goed gestuurd worden.
2. De accu is te zwaar (3 kg)
3. Het gewicht van de subwoofer is acceptabel. (2,65 kg)

Gebaseerd op de resultaten van deze test kunnen een groot aantal keuzes worden genomen. Er is nu een duidelijk referentiekader wat betreft het geluid, zowel bij stilstand als tijdens het fietsen gespecificeerd. Het is tevens duidelijk geworden dat de wetgeving omtrent geluid en muziek in het verkeer/openbaar geen problemen op levert.

Programma van Eisen

Gebaseerd op research, gebruiksonderzoek en de visie van Holycow is er een programma van eisen tot stand gekomen. Dit programma van eisen zal als richtlijn voor de conceptfase worden gebruikt. Het is met nadruk een richtlijn en wanneer daar reden voor is mag er zeker van afgeweken worden.

Geluidssysteem Minstens zoals de gebruikte set voor de testopstelling d.w.z. Equivalent aan:

- 2 * 6 watt satelliet speakers, maximaal 0.5 kg
- 18 watt subwoofer, gewicht maximaal 2.5 kg

Accu Speelduur bij gemiddeld gebruik minstens 8 uur.

- 12 volt accu
- gewicht maximaal 1kg

Weerbestendig Het uiteindelijke systeem moet weerbestendig zijn (voor het prototype is dit niet van belang).

Vorm De gebruiker mag tijdens het fietsen geen hinder ondervinden van geluidssysteem.

- problemen bij het sturen
- problemen met op/afstappen
- Aërodynamisch

Vandalisme: Het systeem hoeft niet extreem vandalismebestendig te zijn, maar wel robuust en stevig zodat het tegen een stootje kan.

Diefstal: Het systeem hoeft niet extreem diefstal bestendig te zijn. Het is voldoende dat het niet zomaar van de fiets meegenomen kan worden. Wanneer het hele systeem op de fiets gemonteerd is, is het veel werk om dit weer te demonteren. Onderdelen zijn waardeloos als de rest van het systeem er niet bij is. Daarom zal het waarschijnlijk niet diefstal gevoelig zijn.

Houder mp3-speler Er is besloten dat voor dit ontwerp geen houder voor een mp3-speler wordt ontwikkeld. Dit is namelijk een te complex onderdeel en zou een compleet project kunnen zijn. Nu wordt er voor het prototype gebruik gemaakt van een bestaande houder die bij de gebruikte mp3-speler past.

Kosten De verkoopprijs moeten rond de 250-350 euro liggen

Satelliet speakers 1. De speakers worden op/in het stuur gepositioneerd
2. De speakers moeten op de oren gericht zijn/kunnen worden.

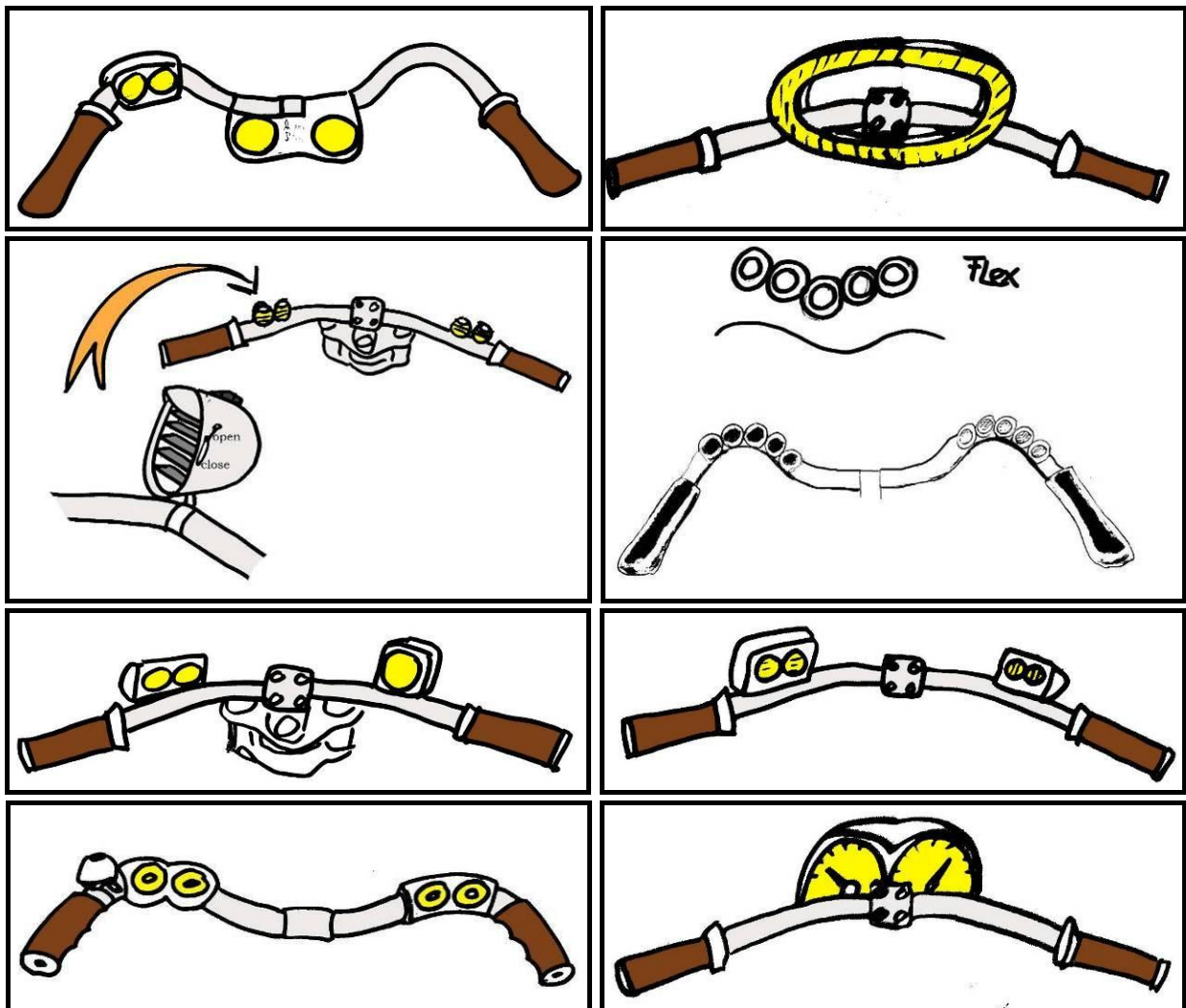
Concepten:

Er zijn een aantal concepten ontwikkeld die aansluiten op het programma van eisen, het geluidsonderzoek. Uit deze concepten is een haalbaar concept gekozen dat uitgewerkt gaat worden naar het uiteindelijke product.

Het stuur:

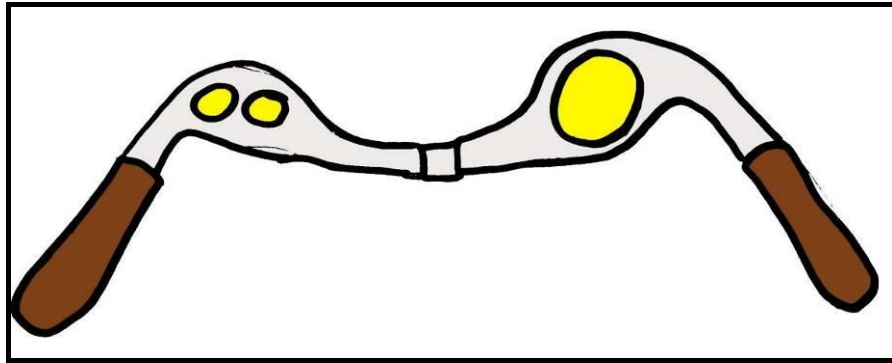
Uit het geluidsonderzoek is gebleken dat het geluid van voren moet komen en zo goed mogelijk op de oren gemikt moet zijn. Daarom is besloten om de speakers op/in het stuur te plaatsen en nergens anders.

Ieder geel deel representeert een speakeroppervlak:
Een aantal conceptvoorstellen:



Figuur 15: Concepten

Gekozen stuurconcept: speakers volledig geïntegreerd



Figuur 16: geïntegreerd speakerconcept

Om de concepttekeningen te verduidelijken en aan te vullen zijn een groot aantal voorbeeldfoto's en voorwerpen gebruikt om de vorm, de stijl, de kleur, het materiaal e.d. aan te geven. Dit bleek in dit geval beter te werken dan echte tekeningen, omdat de "Look" heel belangrijk is. Een aantal voorbeelden:



Figuur 17: Referentie foto's

Conceptkeuze

Het was al snel duidelijk dat HolyCow graag het compleet geïntegreerde speakerstuur ontwikkeld zag.

Onderbouwing van de conceptkeuze

Losse speakertjes die **op** het stuur gemonteerd moeten worden zouden op ieder stuur moeten passen. De speakers moeten altijd op je oor gericht kunnen worden onafhankelijk van het stuur waarop ze gemonteerd zijn. Sturen zijn er in alle soorten en maten. Deze speaker zou dus verschrikkelijk flexibel moeten zijn. Hierdoor wordt het systeem heel ingewikkeld, dus duurder, breekbaarder en minder klantvriendelijk.

Deze nadelen heb je niet wanneer de speakers geïntegreerd in het stuur zitten. Op deze manier verkoop je niet alleen een geluidsinstallatie, maar een uniek stuur. Dit lijkt HolyCow marketingtechnisch een stuk aantrekkelijker.

Verder was het een kwestie van smaak, HolyCow vindt dit het gaafste idee. Helemaal omdat er nog niks op de markt is wat er ook maar iets op lijkt.

Haalbaarheid

Het ontwerp van een stuur met geïntegreerde speakers moet natuurlijk wel maakbaar zijn. Het is de bedoeling dat het stuur uit 1 stuk gemaakt wordt. Vervolgens worden de speakers gemonteerd.

Doormiddel van hydrovorming is dit stuur maakbaar. Bij hydrovorming wordt een holle metalen buis (of heel soms een andere vorm) in een mal met de vorm van het product geklemd. Vervolgens wordt er onder extreem hoge druk vloeistof in de metalen buis gespoten waardoor het metaal tegen de wand van de mal gedrukt wordt.

Hydrovormen is geschikt voor verschillende metalen, waaronder staal (RVS) en aluminium. Met RVS is de hoogste vervorming haalbaar met het behoud van voldoende stijfheid. Hoe groter de vervorming, hoe duurder het te maken product wordt. Er zijn dan meerdere processtappen nodig om de gewenste vervorming te bereiken. Dit betekent dat er verschillende mallen moeten worden gemaakt en het totale productieproces langer zal duren. De kostprijs zal hierdoor behoorlijk stijgen. De grootte van het product is ook van invloed op de kosten van de mal. Het is namelijk nodig om het hele product in de mal te omsluiten. Hoe groter het product, hoe groter en duurder de mal. De maximale dikte van het materiaal en de grootte van het product is afhankelijk van de machine die gebruikt wordt. Er zijn machines die met een druk van 4000 bar 6 mm dik staal meer dan 100% kunnen vervormen. De maximale lengte van de buis ligt afhankelijk van de vorm en benodigde vervorming bij 1 tot 2 meter.

Conlusie:

Het geïntegreerde speaker concept is gekozen om verder uit te werken. Er is gekozen voor een compleet stuur i.p.v. een "add-on". Het is haalbaar om een stuur waar speakers in verwerkt worden uit één stuk te maken.

R.B.E. (Revolutionairy Bike Experience)

Het concept en uiteindelijke product heeft een naam gekregen: de HolyCow Revelutionairy Bike Experience → R.B.E. Het stuur, de subwoofer en de technische haalbaarheid worden uitgewerkt tot een compleet product.

Het stuur:

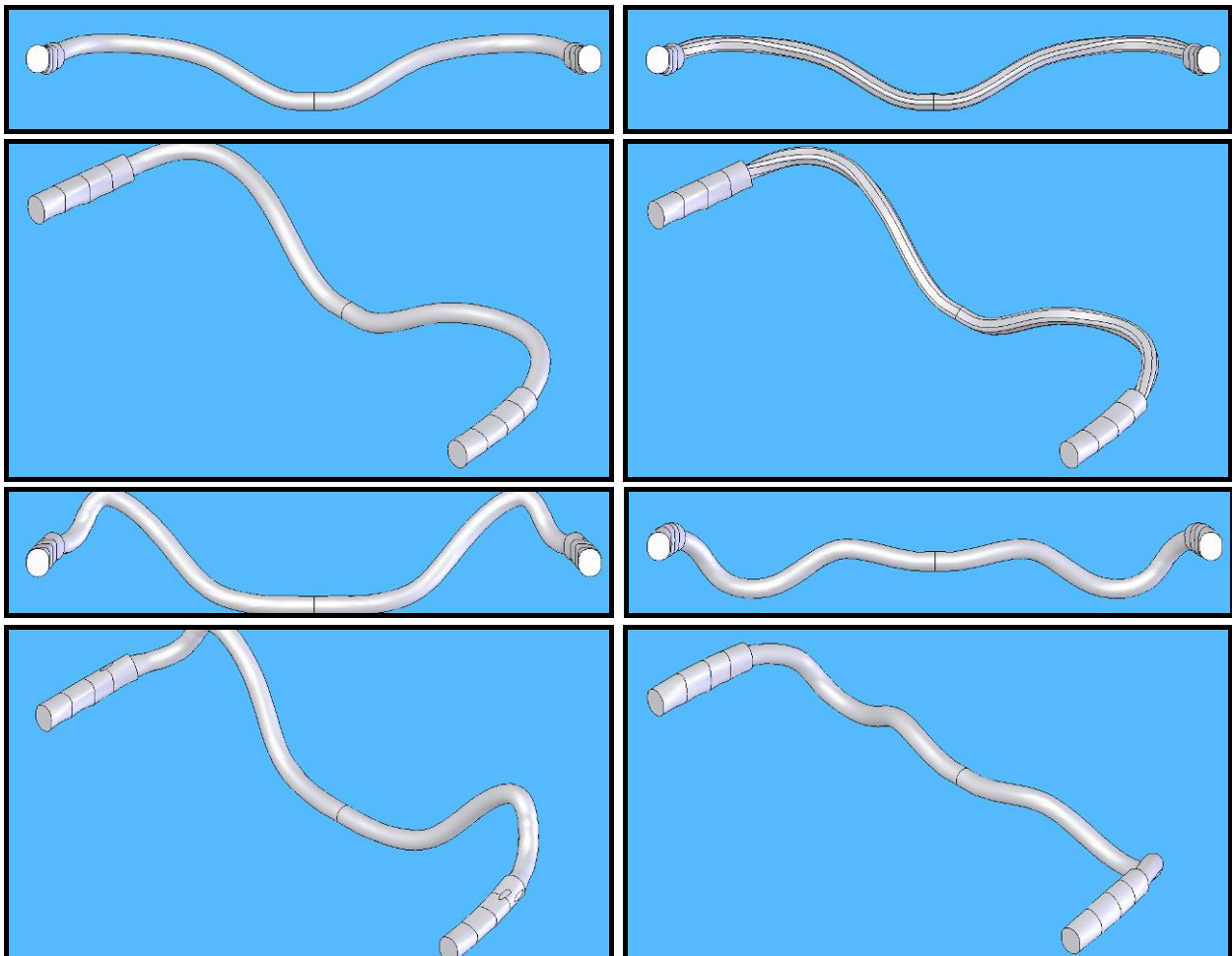
Het gekozen concept wordt verder uitgewerkt en verschillende opties worden besproken:

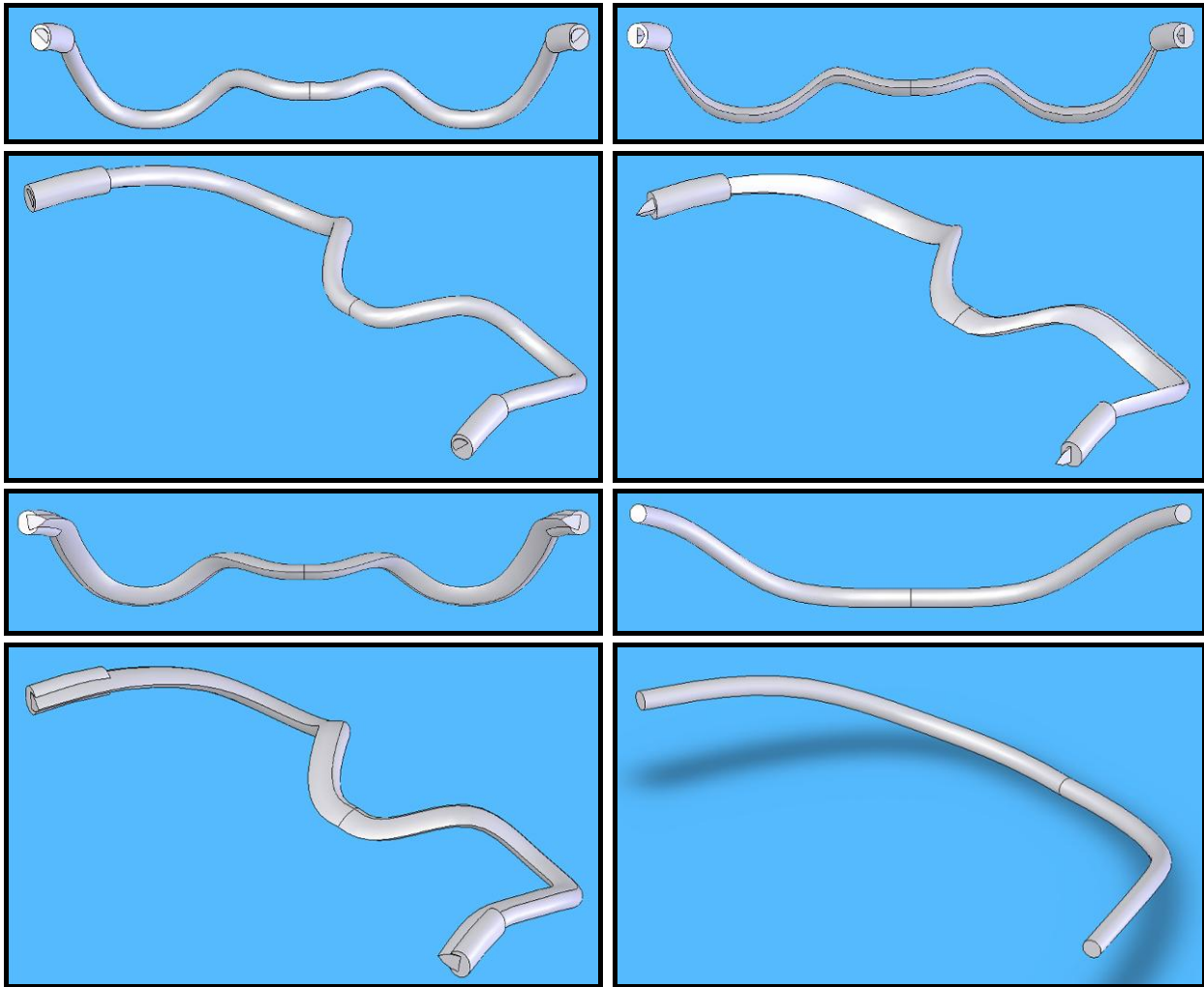
1. De vormgeving van het stuur wordt bepaald.
2. Er wordt een ontwerp gekozen om de speakers te integreren
3. Ter bescherming van de speakers worden er "caps" toegevoegd, tevens ter bevordering van de vandalismebestendigheid.
4. De speakerhoek wordt bepaald (hoe staan de speakers op de fietser gericht)
5. Het geheel wordt uitgewerkt en geoptimaliseerd.

Vormgeving stuur:

Omdat er voor gekozen is de speakers in het stuur te integreren, moet het stuur op maat gemaakt worden. Zoals gezegd is dit haalbaar door middel van hydrovorming. De vorm is geheel vrij en er kan zelfs afgeweken worden van de ronde buisvorm van het stuur.

Aantal ontwerpvoorstellen:





Figuur 18: Stuur ontwerpen

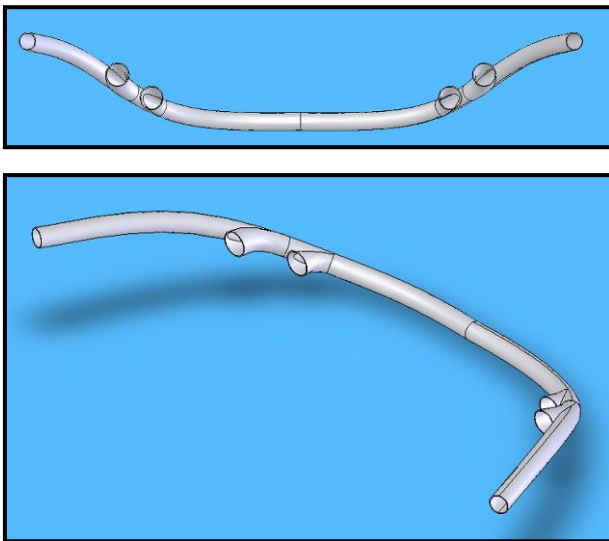
Uiteindelijk is voor het laatste ontwerp gekozen. Er is besloten om het stuur gewoon rond en de vorm redelijk standaard te houden om een groter publiek te bereiken.

Speakers in het stuur

Nu de vorm van het stuur bepaald is worden de speakers geïntegreerd. Er wordt een keuze gemaakt uit een aantal ontwerpvoorstellen. Dit ontwerp zal verder ontwikkeld en geoptimaliseerd worden.

Ontwerp 1:

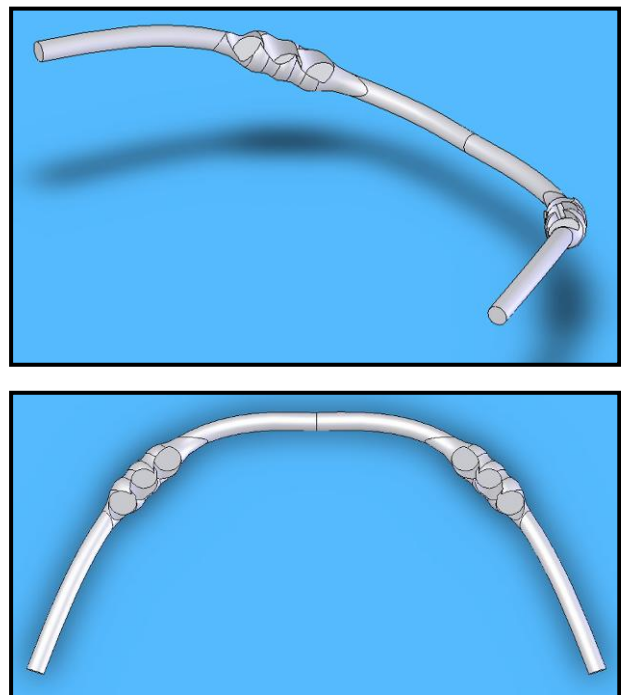
In het stuur zitten een aantal aftakkingen waar speakers in komen. Deze vorm is echter zeer lastig te maken, zelfs door middel van hydrovorming.



Figuur 19: geïntegreerde speakers ontwerp 1

Ontwerp 2:

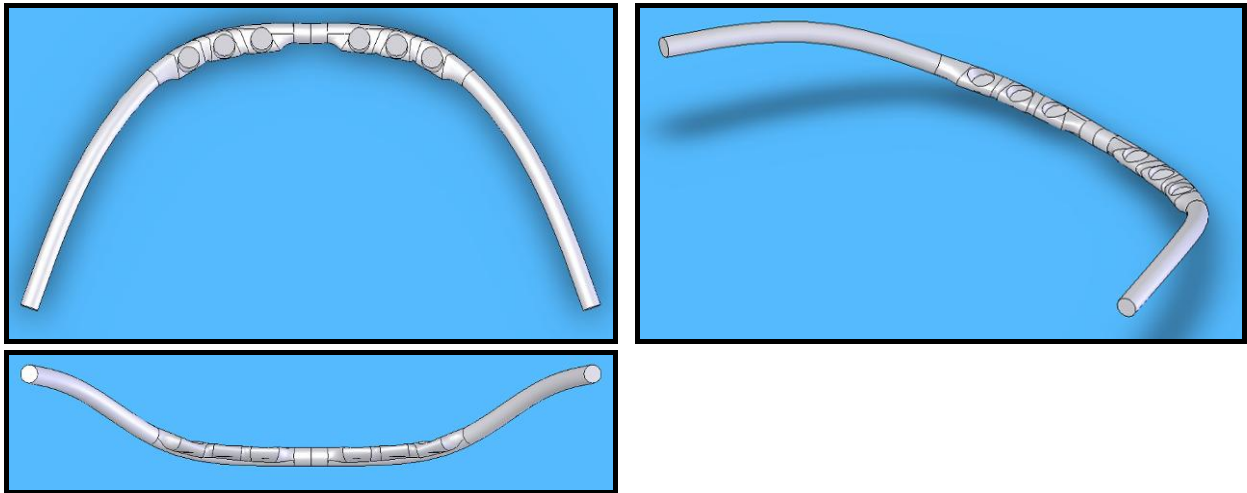
In een verdikking in het stuur zijn een aantal speakers verzonken. Deze zijn loodrecht op de fietser gericht. Deze vorm is wel goed maakbaar met hydrovorming. Optisch is dit ontwerp echter een stuk minder.



Figuur 20: geïntegreerde speakers ontwerp 2

Ontwerp 3:

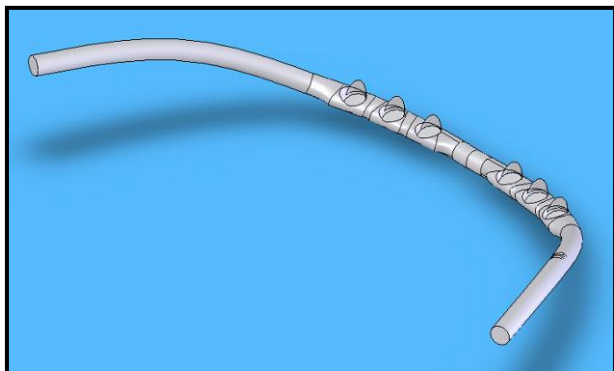
Door de speakers verder naar het midden van het stuur te positioneren is het mogelijk om de speakers loodrecht op de bestuurder te richten zonder de vorm van het stuur negatief te veranderen. Door de meer centrale plaatsing van de speakers vervaagd het stereo beeld wel lichtelijk, maar uit de tests is gebleken dit verschil tijdens het fietsen nauwelijks hoorbaar is. Met deze speakerpositionering is het goed mogelijk om met de vormgeving de strakke lijn van het stuur te volgen. Dit in combinatie met de ronde speakers zorgt ervoor dat het goed past bij de meeste fietsen. Dit ontwerp is als uitgangspunt gekozen om verder te ontwikkelen.



Figuur 21: geïntegreerde speakers ontwerp 3

Afscherming

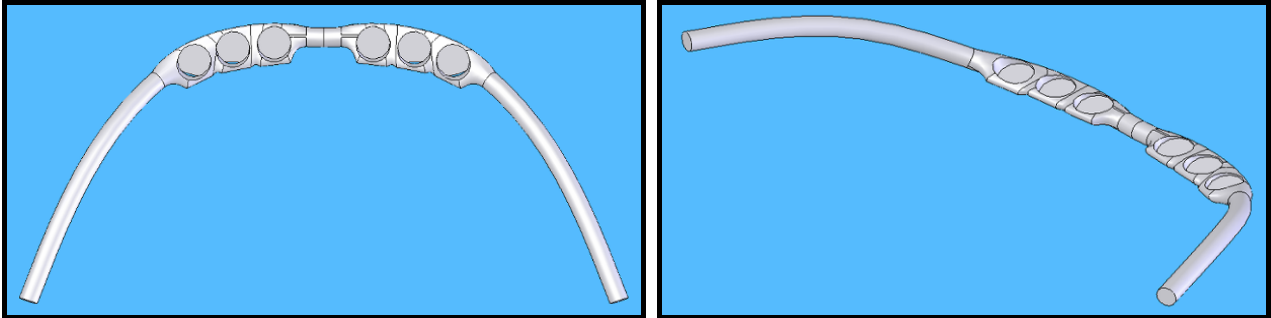
Ter beveiliging van de speakers is besloten om een afscherming te maken. Hierdoor wordt het stuur een stuk beter vandalismebestendig. De gekozen afscherming geschiedt door een "cap" op iedere speaker. Dit is een halve bol die over de speaker is gemonteerd, deze halve bol kan 120 graden opengedraaid worden, zodat het een soort caps worden. Deze caps hebben een "retro" look (ze doen denken aan de ouderwetse koplampen), mede hierdoor passen ze goed op dit soort bikes. Wanneer de caps open zijn sturen ze tevens het geluid en zorgen ervoor dat meer geluid richting je oren gaat en er minder geluid verloren gaat. Dit heeft een positieve invloed op de het volume, de geluidskwaliteit en dus de hele "experience".



Figuur 22: Stuur met "caps"

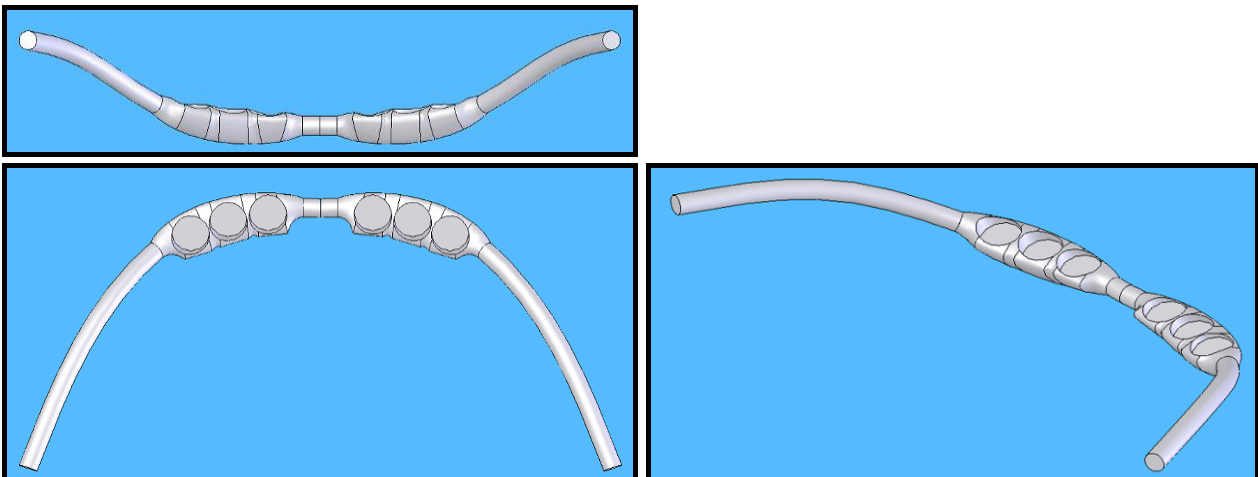
Aantal speakers

Er is gekozen voor 3 speakers aan beide kanten. Op deze manier is het mogelijk om de diameter van de speakers beperkt te houden en toch voldoende volume te produceren. Het is tevens een kwestie van smaak. Toch bleken de speakers nog te klein. Met een diameter van 45 mm is theoretisch het voldoende geluidsvolume en kwaliteit te halen. (Wordt verder behandeld in hoofdstuk: technische uitwerking – Speakers)



Figuur 23: Stuur met 45 mm gaten

Bij openen van de bolvormige caps draaien deze het stuur in. Daar moet voldoende ruimte voor zijn. De diepte en dikte van het stuur zijn daar vervolgens op aangepast.



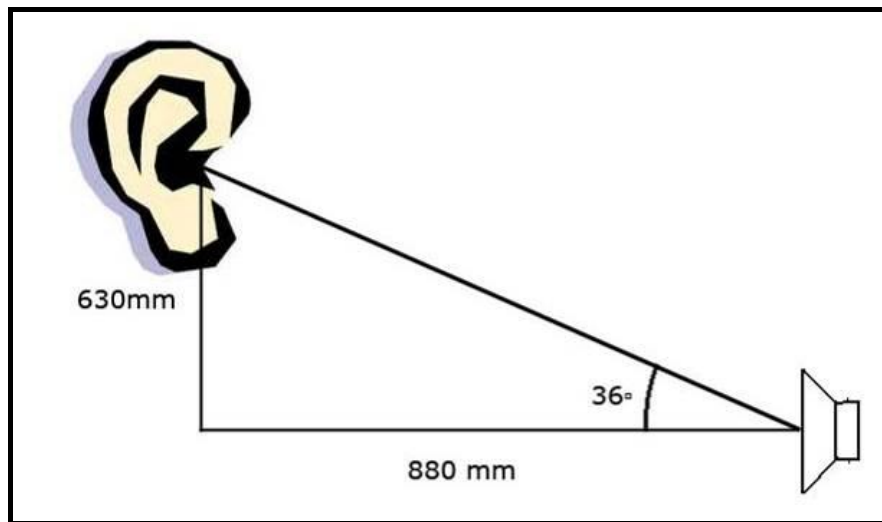
Figuur 24: Stuur met 45 mm gaten, juiste diepte

Speakerhoek:

De hoek van de speakers is zo gekozen dat deze voor een persoon van gemiddelde lengte met een gemiddelde stuurhoogte (aanname) precies op de oren gemikt zijn. Dit kan natuurlijk altijd nog veranderd worden door het stuur naar boven of naar beneden te draaien, of door het aanpassen van de openingshoek van de caps.

Gemiddelde hoogte van zadel naar oren is bij mannen 80 cm en bij vrouwen 76 cm.
(H.Dreyfuss, *The Measure of Man: Human Factors in Design*, Whitney Library of Design)

Daar het bekijken van verschillende fietsen word aangenomen dat het stuur gemiddeld 15 cm hoger is dan het zadel en de horizontale afstand van de oren naar het stuur tijdens het fietsen 88 cm.

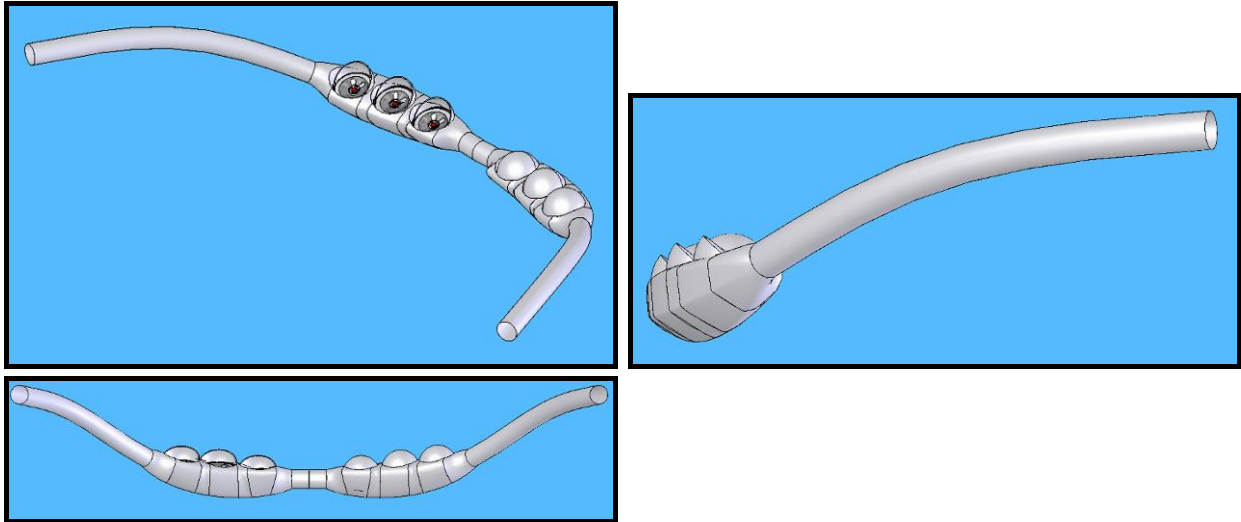


Figuur 25: Speakerhoek 36 graden

Dit resulteert in een speakerhoek van 36 graden.

Het definitieve stuur:

Links is te zien hoe het stuur eruit ziet wanneer de caps open zijn en rechts zijn ze gesloten.



Figuur 26: definitieve stuur

Conclusie:

Er is een maakbaar (d.m.v. hydrovormen) stuur met geïntegreerde speakers ontwikkeld die aan het programma van eisen voldoet.

- Voldoende geluidskwaliteit en volume
- Vandalismebestendigheid
- Geen hinder tijdens het fietsen
- Diefstal: het systeem is niet van het stuur af te stelen. Het hele stuur dient dan gedemonteerd te worden.

Het ontwerp is strak en simpel gehouden, zodat het de doelgroep hopelijk stimuleert, maar zeker niet belemmert om deze "bike-experience" aan te schaffen. Hun doel is nog steeds: genieten van muziek en/of er van genieten om gehoord te worden.

De subwoofer

De subwoofer is het tweede deel van het totale ontwerp (eerste deel: stuur met speakers). Het "subwooferprobleem" wordt duidelijk gemaakt en er worden verschillende mogelijke opties besproken om dit op te lossen. Uiteindelijk wordt een beargumenteerde keuze voor dit concept genomen.

Het "subwooferprobleem"

Wil een subwoofer voldoende lage tonen produceren, dan moet er veel lucht verplaatst worden.

Dat kan op 2 manieren:

1. Groot speakeroppervlak
2. Klein speakeroppervlak, maar een grote uitslag (de speaker beweegt ver heen en weer.)

Op een fiets is weinig ruimte beschikbaar voor een subwoofer, zodoende is manier 2 de beste optie. De beste speakers die op de markt zijn en voldoen aan deze eisen, zijn de speakers die gebruikt worden in compacte 2.1 pc-subwoofersetjes zoals gebruikt in de testopstelling. De grootte van de klankkast is belangrijk. Zonder klankkast produceert een subwoofer nauwelijks lage tonen.

Mogelijk opties

Uit onderzoek blijkt dat het gebruik van de holle buizen van het frame (of andere delen van de fiets) als subwoofer technisch op dit moment nog niet reëel is. Als klankkast het is frame niet geschikt voor een subwoofer, omdat de vorm niet geschikt is. De buizen zijn veel te dun en lang met allemaal bochten en hoeken. Als het benodigd volume al gehaald kan worden, dan zal het nog steeds niet werken doordat er door de vorm allemaal schadelijke reflecties optreden en het geluid onacceptabel slecht beïnvloeden.

De huidige technologie is niet zo ver (en de vraag is of deze ooit zo ver komt) om delen van een fiets zoals het spatbord als speaker te gebruiken. Wanneer dit mogelijk zou zijn, zijn de ontwikkelings- en productiekosten veel te hoog en het behaalde resultaat onvoldoende.

De zogenaamde "Shakers" zijn ook geen optie. Dit zijn apparaatjes die geen geluid maken, maar op de laagste frequenties van de muziek meetrillen. Deze zijn heel geschikt voor extra "feel". Deze shakers verbruiken echter te veel vermogen 50 watt continu. Dit is veel te veel om van een accu te laten lopen, en het effect is minimaal, tevens is er grotere kans op resonantie.

Uit de test blijkt dat voor de subwoofer het gevoel heel belangrijk is. Daarom is geprobeerd de subwoofer zo dicht mogelijk bij het lichaam te positioneren. Onder het zadel was het eerste idee. Het benodigd volume van de bijbehorende klankkast zorgt er helaas voor dat dit niet mogelijk is. De klankkast heeft minimaal een inhoud van ongeveer 3.5 liter, de vorm is niet belangrijk. Zolang deze maar niet te plat is zodat storende reflectie op kan treden. Als er 3.5 liter onder het zadel gepositioneerd moet worden, in welke vorm dan ook, moet het zadel zo hoog komen te staan dat de kleinere mensen onder ons te korte benen blijken te hebben om nog op de bike te kunnen fietsen. Of de vorm wordt zo afwijkend dat op en afstappen een probleem zal worden. Tevens zou er dan een compleet zadel moeten worden ontworpen. Van dit zadel zouden nog weer verschillende varianten moeten worden gemaakt, qua kleur en materiaal zodat deze bij de verschillende fietsen passen. Al met al blijkt dit dus geen optie.

Subwoofer keuze

Uiteindelijk is er gekozen voor een basbuisje. Een simpele buis waar aan 1 kant de subwooferspeaker in zit. Dit basbuisje kan op elke fiets bevestigd worden op een plek naar keuze. Deze past dus op elke fiets en is relatief goedkoop en eenvoudig te maken. Het voordeel van een basbuisje is ook dat deze tevens voldoende plaatst biedt voor de versterker en de accu.

Omdat de subwoofer van de geluidstest het goede geluid produceert is deze subwooferspeaker als uitgangspositie genomen. Dit setje is echter al een paar jaar oud. Tegenwoordig zijn er subwoofers verkrijgbaar die vergelijkbare prestaties hebben en een kleinere klankkast nodig hebben. De subwoofer uit de test had een inhoud van 5 liter, de nieuwste setjes van dit moment hebben aan ongeveer 3.5 liter genoeg.

Voorbeeld van een subwoofer met een kleinere klankkast:



Figuur 27: JBL 2.1 set creature II wit

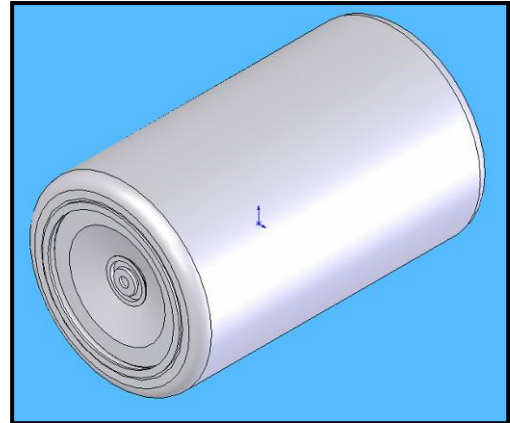
Afmeting basbuis:

Momenteel hebben de kleinste subwooferspeakers die geschikt zijn voor dit systeem een effectieve diameter van 135mm. De buitendiameter van de speaker is dan 160mm. Dus de basbuis moet een minimale binnendiameter van 160mm hebben. Omdat de basbuis zo klein mogelijk gehouden wordt, wordt een binnendiameter van 160mm aangehouden.

Lengte subwoofer:

- Inhoud is 3.5 liter
- Lengte: $3000/(\pi \cdot 8^2) = 17.4 \text{ cm} = 174 \text{ mm}$

Omdat de accu en de versterker ook in de subwoofer geplaatst worden zal de uiteindelijke lengte, afhankelijk van de gebruikte speaker en versterker, ongeveer 200 mm bedragen.



Figuur 28: basbuis

Mogelijke materialen

Geschikte materialen zijn:

PVC

- voordelen: goedkoop, licht, eenvoudig te bewerken, weersbestendig, in verschillende kleuren leverbaar
- Nadelen: het is plastic, oogt goedkoop

Metaal (verchroomd)

- Voordelen: ziet er solide en "duur" uit
- Nadelen: duur, relatief moeilijk te bewerken, kan eventueel roesten

Conclusie

Door de beperkingen die de grootte van de subwooferspeaker en het volume van de klankkast met zich meebrengen is besloten om een basbuisje te ontwikkelen. Dit is misschien niet de meest elegante oplossing, maar wel de beste voor dit project. Een basbuis is universeel, eenvoudig en relatief goedkoop te produceren. Ook reduceert een basbuis het aantal losse delen waaruit het geluidssysteem bestaat, de versterker en accu kunnen hier in geplaatst worden. De basbuis voldoet aan het programma van eisen.

Technische haalbaarheid

Het technisch deel van dit project is onder te veredelen in:

- Versterker
- Stroomvoorziening
- Speakers
- Bediening

Elk onderdeel wordt behandeld en uitgelegd, tevens worden er mogelijke oplossingen voor het geluidstelsel aangedragen.

Vanwege het beperkte budget waren test met verschillende accu's, versterkers en speakers niet mogelijk. Daarom is het onderstaande gebaseerd op de tests die wel gedaan zijn, research (internet), de visie van experts en een aantal aannames.

Als technisch expert was Wil Wagenaar van Philips Leuven bereid om te helpen. Hij heeft meegewerkt aan de ontwikkeling van de Philips Shoqbox



Figuur 29: Philips Shoqbox



Dit apparaatje is een draagbare mp3-speler met ingebouwde speakers welke werkt op een accu. Dit apparaat is volledig geoptimaliseerd om met een minimaal stroomverbruik een maximale muziekweergave te creëren in een zeer compact design. Dit is precies wat nodig is voor dit project, daarom is Wil Wagenaar via via uiteindelijk als technisch expert geraadpleegd.

Versterker:

Er zijn verschillende versterkertypen met verschillende kwaliteit en eigenschappen. De versterkertypen worden aangeduid met een letter. Class A, B, AB, D, E enz.. De meest gebruikte versterker voor audio is een AB versterker, deze vind je in de meeste HiFi installaties en radio's. Ook de versterker uit de testopstelling is een AB versterker. De AB versterker heeft een goed geluid, maar is niet efficiënt. Gemiddeld wordt ongeveer 50% van het gebruikte vermogen omgezet in warmte.

De keus is gevallen op een Class D versterker. Een Class D versterker verwerkt het audiosignaal intern volledig digitaal. Op deze manier is deze versterker een stuk efficiënter en haalt een rendement tot wel 90%!! De versterker is ook veel compacter dan een conventionele AB versterker. Tevens wordt er bij deze versterker een stuk minder warmte ontwikkeld (slechts 10% van het vermogen wordt omgezet in warmte), dus zijn grote koellichamen overbodig. Omdat het rendement zo hoog is wordt er veel meer energie in geluid omgezet. Bij hetzelfde uitgangsvolume verbruikt een Class D versterker bijna de helft minder stroom dan een AB versterker. Dit is zeer gunstig voor een geluidssysteem dat door een accu gevoed wordt. De gebruiksduur wordt hierdoor bijna verdubbeld, of er kan een kleinere en goedkopere accu gebruikt worden. De meeste nieuwe portable speakersystemen met een accu maken ook gebruik van een Class D versterker.

Het benodigde vermogen:

Zoals eerder gezegd is uit de testopstelling gebleken dat de stuurspeakers (satellietspeakers) minimaal 2 keer 6 watt uitgangsvermogen moet hebben. De subwoofer moet een minimaal uitgangsvermogen van 18 watt hebben.

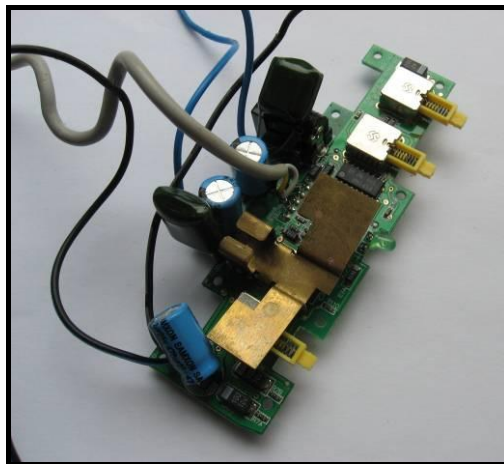
Het is belangrijk dat het vermogen van de versterker hoger is dan dat van de speakers, zodat de versterker niet opgeblazen kan worden. De versterkeroutput kan altijd begrensd worden, zodat de speakers niet beschadigd worden. Dit is niet of nauwelijks van invloed op het stroomverbruik. Op deze manier is de kwaliteit van het geluid beter. Hoe dichter een versterker bij zijn maximum moet presteren, hoe groter de vervorming wordt.

Het beste kan gebruik gemaakt worden van 2 versterkers, namelijk 1 voor de stuurspeakers en 1 voor de subwoofer. Op de deze manier is het systeem veel makkelijker af te stellen en minder complex.

- 1 versterker voor de speakers in het stuur in stereo-opstelling.
- 1 versterker voor de subwoofer mono geschakeld is het dubbel stereo wattage (bijvoorbeeld stereo 2* 10 watt = 20 watt mono.)

Een aantal opties:

- National Semicondutor LM4682 10 Watt Stereo CLASS D Audio Power Amplifier
 - Kosten: 3,35 \$ per chip.
- Microsemi's LX1725 15 Watt Stereo Amplifier
 - Kosten: 3,30 \$ per chip
- Toshiba TB2924FG 21 Watt Stereo Amplifier
 - Kosten: 2 \$ per chip
- Texas Instruments TPA032D04 10 Watt Stereo Amplifier Headphone connection
 - Kosten: 7\$ per chip
- Texas Instruments [TPA3001D1](#) 20 Watt Mono Amplifier(voor subwoofer)
 - Kosten: 2,50 \$ per chip



Figuur 30: Voorbeeld Class D versterker (10 watt)

Stroomvoorziening:

Er is voor gekozen om voor het systeem een accu als energiebron te gebruiken. Alternatieve energievoorzieningen blijken te duur, groot en/of foutgevoelig. Zelfs het gebruik van een (naaf)dynamo is niet rendabel. Deze levert simpelweg te weinig stroom voor dit systeem en de complexiteit neemt te veel toe.

Vermogen Naafdynamo met een rendement van 7%:

Mechanisch vermogen bij fietsen met 20km per uur is 100 Watt. Het vermogen van een naafdynamo is 7 watt. Dit is bij 6 volt, dit zou dan nog omgevormd moeten worden naar 12 volt en er moet gelijkstroom van gemaakt worden. Een goede naafdynamo alleen kost al 150 euro. Kortom, er is besloten dat de kosten niet opwegen tegen de voordelen.

De Accu:

Het is de bedoeling dat het systeem ongeveer 8 uur met gemiddeld vermogen kan spelen.

Net zoals bij de testopstelling is er gekozen voor een 12 volts systeem. Dit is het meest gebruikelijke voor dit soort toepassingen.

Zoals gemeten bij de testopstelling is het gemiddeld verbruikte vermogen met een AB versterker ongeveer 0,75 Ampère bij 12 volt. Een Class D versterker is bijna 50% efficiënter. Voor het gemak wordt aangenomen dat het gemiddeld verbruik van een Class D versterker ongeveer 0,50 Ampère bij 12 volt is.

$$0,50 * 8 \text{ uur} = 4$$

Er is dus een accu nodig van minimaal 4 ampère uur bij 12 volt.

Zoals bij de testopstelling zou er gebruik gemaakt kunnen worden van een loodaccu. Deze accu is echter relatief zwaar en heeft een lastige onhanteerbare vorm. Verder is het slecht voor deze accu's als ze volledig ontladen worden.

Een betere optie is om gebruik te maken van 10 in serie geschakelde industriecellen. Hiervan zijn 2 gangbare varianten op de markt.

Nikkel-cadmium (NiCd)

De Ni-Cd accu is een droge accu. Dit betekent dat er geen vloeistoffen in de accu aanwezig zijn. De NiCd-batterijen hebben last van het zogenaamde geheugeneffect: wanneer een NiCd-batterij steeds opgeladen wordt, terwijl de batterij nog niet goed ontladen is, dan neemt uiteindelijk de capaciteit af. De twee grootste voordelen van Cadmium accu's zijn: Goedkoper dan andere oplaadbare accu's en de hoogst af te geven stroom. In 2006 worden steeds minder NiCd-batterijen gebruikt en wint NiMH terrein. (bron: wikipedia)

Nikkel-metaalhydride (NiMH)

De NiMH- batterijen hebben veel minder last van het geheugeneffect zoals NiCd-batterijen. De NiMH-batterijen kunnen echter minder goed tegen te lage en te hoge temperaturen. Bij lage temperaturen verliest de batterij zijn lading en bij hoge temperaturen raakt de batterij beschadigd. Bij welke temperatuur dat gebeurt hangt sterk af van het merk en de kwaliteit. Een NiMH-batterij kan beter niet volledig ontladen worden. Bij elektronische apparatuur is dat geen probleem, doordat deze apparatuur zichzelf tijdig uitschakelt. Bij goed gebruik gaat de NiMH-batterij veel langer mee dan een NiCd-batterij. In de jaren 2000 tot 2006 zijn de capaciteit en de te leveren stroom sterk verbeterd voor batterijen van dezelfde grootte. Er zijn al accu-cellen beschikbaar met een capaciteit van 13Ah bij 1.2 V. (bron: wikipedia)

De keus is dus gevallen op 10 NiMH-batterijen type C (diameter 25mm, hoogte 47mm) in serie geschakeld. De eigenschappen van deze batterij zijn het best geschikt voor dit systeem. 1 Batterij levert tot maximaal 5 ampère uur bij 1,2 volt. Wanneer 10 van deze cellen in serie geschakeld worden levert deze opstelling 5 ampère uur bij 12 volt. Het voordeel van deze stroomvoorziening is dat deze zeer flexibel is. De accu is in verschillende delen op te splitsen en er kan dus zelf bepaald worden hoe de 10 verschillende cellen geplaatst, gepositioneerd en verdeeld worden. Deze cellen zijn ook een stuk lichter dan een loodaccu, echter is de aanschafprijs hoger.

Ook is 10 batterijen van type D (diameter 33mm, hoogte 57mm) een optie. Deze leveren 9.0 ampère uur, maar zijn groter en duurder dan type C cellen.

Het maximaal afgegeven vermogen (ontlaadsnelheid) is voldoende van deze cellen. Deze kunnen het piekvermogen van de versterker makkelijk aan.

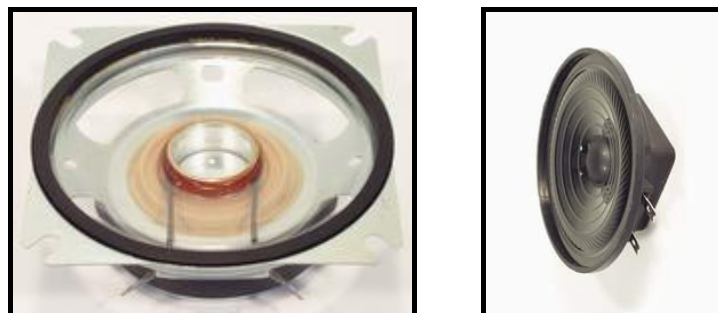
Stuurspeakers:



Figuur 31: Mogelijke stuurspeakers

Hierboven staan een aantal voorbeelden van speakers die geschikt zijn voor het geluidssysteem te gebruiken. Al deze speakers hebben een diameter van 2 inch of kleiner en een vermogen tussen de 2 en 8 watt. Deze speakers zijn allemaal zogenaamde all-range speakers. Dit zijn speakers die een heel groot deel van het frequentiebereik weer kunnen geven gemiddeld 150Hz tot 20000 Hz. De tonen onder de 150 Hz worden weergegeven door de subwoofer. Er is gekozen voor een diameter van 45 mm in het stuur, want wanneer er nog kleinere speakers gebruikt worden, wordt de laagst haalbare frequentie steeds hoger. Het geluid wordt daardoor dus scheller en kwalitatief minder goed. Het gewicht van deze speakertjes ligt rond de 50-80 gram per stuk. Het is belangrijk dat ze over een Neodymium magneet beschikken. Deze magneten hebben de grootste kracht en het kleinste volume en gewicht.

Weerbestendig speakers:



Figuur 32: weerbestendige speakers

Dit zijn 2 voorbeelden van speakers die weerbestendig zijn. Vaak is de geluidskwaliteit wel slechter dan de normale speakers, omdat deze meestal voor andere toepassingen dan muziek ontwikkeld zijn. Het is belangrijk dat het verschil getest wordt, alvorens een definitieve beslissing wordt genomen.

Subwooferspeaker



Figuur 33: Subwooferspeakers

Dit zijn een aantal voorbeelden van geschikte subwooferspeakers met een diameter van 15cm of kleiner. Het gewicht van deze speakers is afhankelijk van het vermogen en dat is weer afhankelijk van de grootte en dus gewicht van de magneet. Ook bij subwooferspeakers is het dus belangrijk dat ze een Neodymium magneet hebben. Het gewicht is ongeveer 900 gram. Echter is de kwaliteit van de speakers die los verkrijgbaar zijn eigenlijk te hoog. Deze kwaliteit hoor je in de openlucht niet weer. Het zijn dus slechts onnodige extra kosten. Modellen speakers zijn heel moeilijk te geven, omdat speakers in de juiste prijs en kwaliteitverhouding niet los verkrijgbaar zijn. Deze worden door de fabrikant alleen maar in de subwoofersets geplaatst. Er zijn veel merken met vergelijkbare subwoofersets zoals: JBL, Philips, Logitech, Creative, enz...

Bediening:

De bediening van het geluidssysteem wordt met opzet zo simpel mogelijk gehouden. Er is voor gekozen om geen extra functies van de mp3-speler over te nemen zoals bijvoorbeeld gebeurt bij een I-pod dockingstation.

De enige bedieningsfuncties zijn:

- Aan/uit,
- volume regeling
- verhouding subwoofer en satelliet speakers (hoeveelheid bas/lage tonen)

Het is heel belangrijk dat de hoeveelheid bas apart instelbaar is. Het kan per liedje heel erg verschillen dus is het aangenaam om zelf de goede verhouding in te kunnen stellen. De hoeveelheid bas is ook een kwestie van smaak.

De subwoofer verbruikt het meeste stroom, dus op deze manier kun je stroom sparen als bijvoorbeeld de accu bijna leeg is. Dan kun je toch nog langer van je muziek genieten.

Deze functies zijn door middel van 2 draaiwielletjes te bedienen met de rechter duim. Er is voor de rechterkant van het stuur gekozen, omdat bij het gebruik van 1 handrem deze aan de linkerkant zit. En het merendeel van de wereldbevolking is rechtshandig.

Wieltje 1: Aan/uit en volume regeling.

1. Wanneer het wieltje helemaal naar beneden gedraaid wordt dan "klikt" deze en gaat de power "off"
2. Naar boven betekent volume harder
3. Naar beneden betekent volume zachter

Wieltje 2: Verhouding subwoofer en satelliet speakers (hoeveelheid bas)

1. Wieltje naar boven draaien betekent meer bas
2. Wieltje naar beneden draaien betekent minder bas

Advies:

Binnen dit project was het niet mogelijk om het totale technische gebied uit te werken, daarvoor is geluid en alle bijbehorende factoren veel te complex. Het is daarom heel belangrijk dat voor het definitieve ontwerp een audiotechnicus de nodige tests en berekeningen uitvoert.

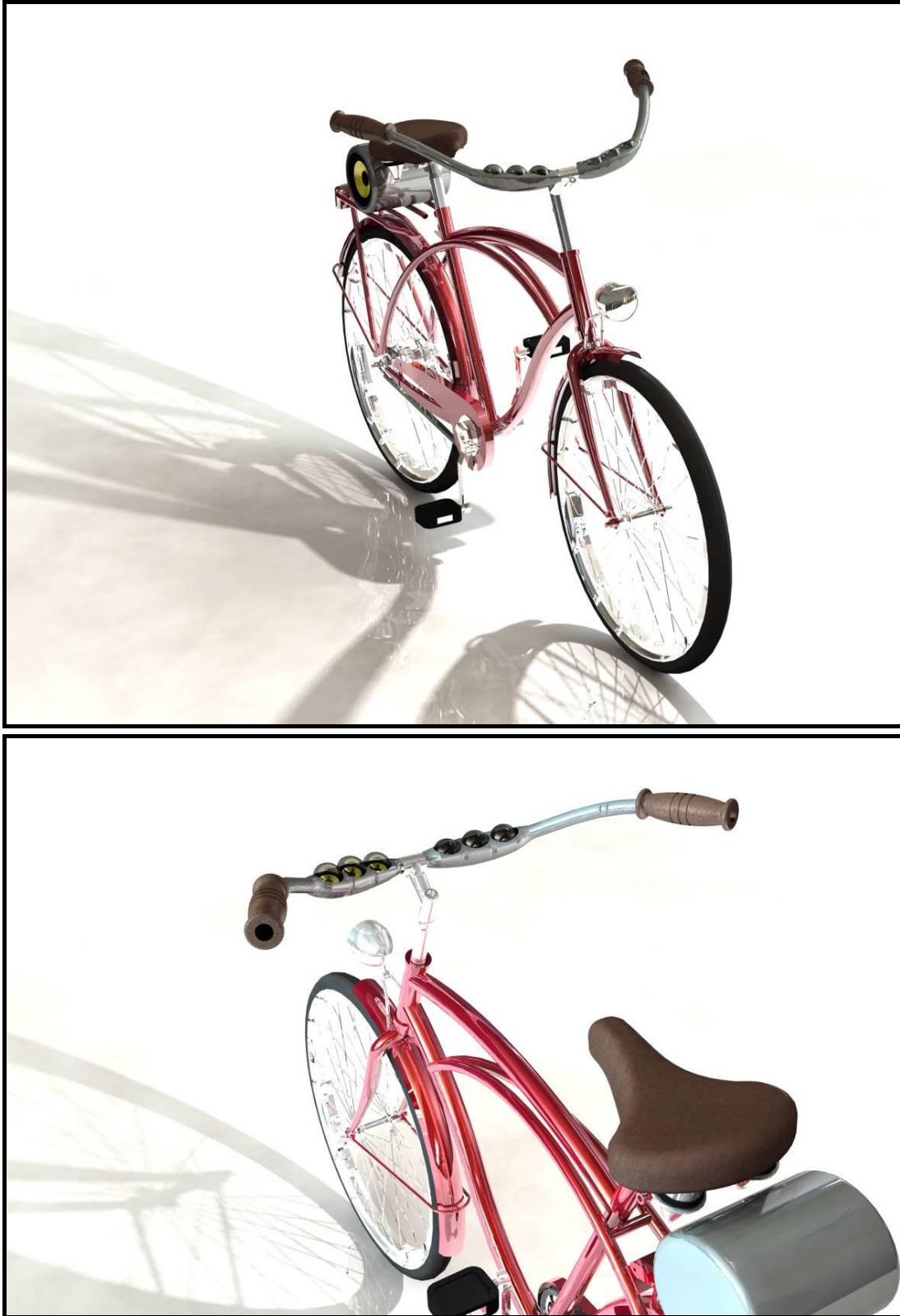
- De grootte van de klankkast in het stuur is van belang, met eventueel een bijbehorend basreflexbuisje voor extra kwaliteit.
- De combinatie van versterker met bijbehorende speakers is belangrijk, zodat er een kosten efficiënt en kwalitatief goed product gemaakt kan worden.
- Er moet een juiste combinatie gevonden worden tussen de subwoofer en de speakers in het stuur. Daarvoor moet o.a. de juiste cross-over frequentie bepaald worden. Deze bepaald welk frequentiebereik naar de speakers in het stuur gaat en welk frequentiebereik naar de subwoofer.
- De grootte van de oplage die geproduceerd gaat worden is ook van belang. Is deze oplage groot genoeg dan kan het interessant zijn om een (weerbestendige) speaker voor dit geluidssysteem te laten ontwikkelen.
- De kosten om het systeem weerbestendig te maken zijn ongeveer een factor 1.5.
- Het is belangrijk dat er een goede partner/partners worden gezocht voor het technische gedeelte. De meeste speakers en versterkers die geschikt zijn voor een systeem als dit (vergelijkbaar met een computer 2.1 surround-setje) zijn niet los verkrijgbaar.
- Het zou verstandig zijn om een partner in Azië te zoeken. Daar zijn ze heel ver met de ontwikkelingen van dergelijke elektronica (relatief goedkoop en kwalitatief acceptabel)

Conclusie:

Van alle verschillende onderdelen van het geluidssysteem is aangetoond dat ze allemaal technisch haalbaar zijn en binnen programma van eisen passen. O.a. het gewicht, geluidsvolume en de weersbestendigheid.

R.B.E. op de bike!

Om een goede indruk te geven van het uiteindelijke product en voor de promotie zijn een aantal waarheidsgetrouwe renders gemaakt van het uiteindelijke model.

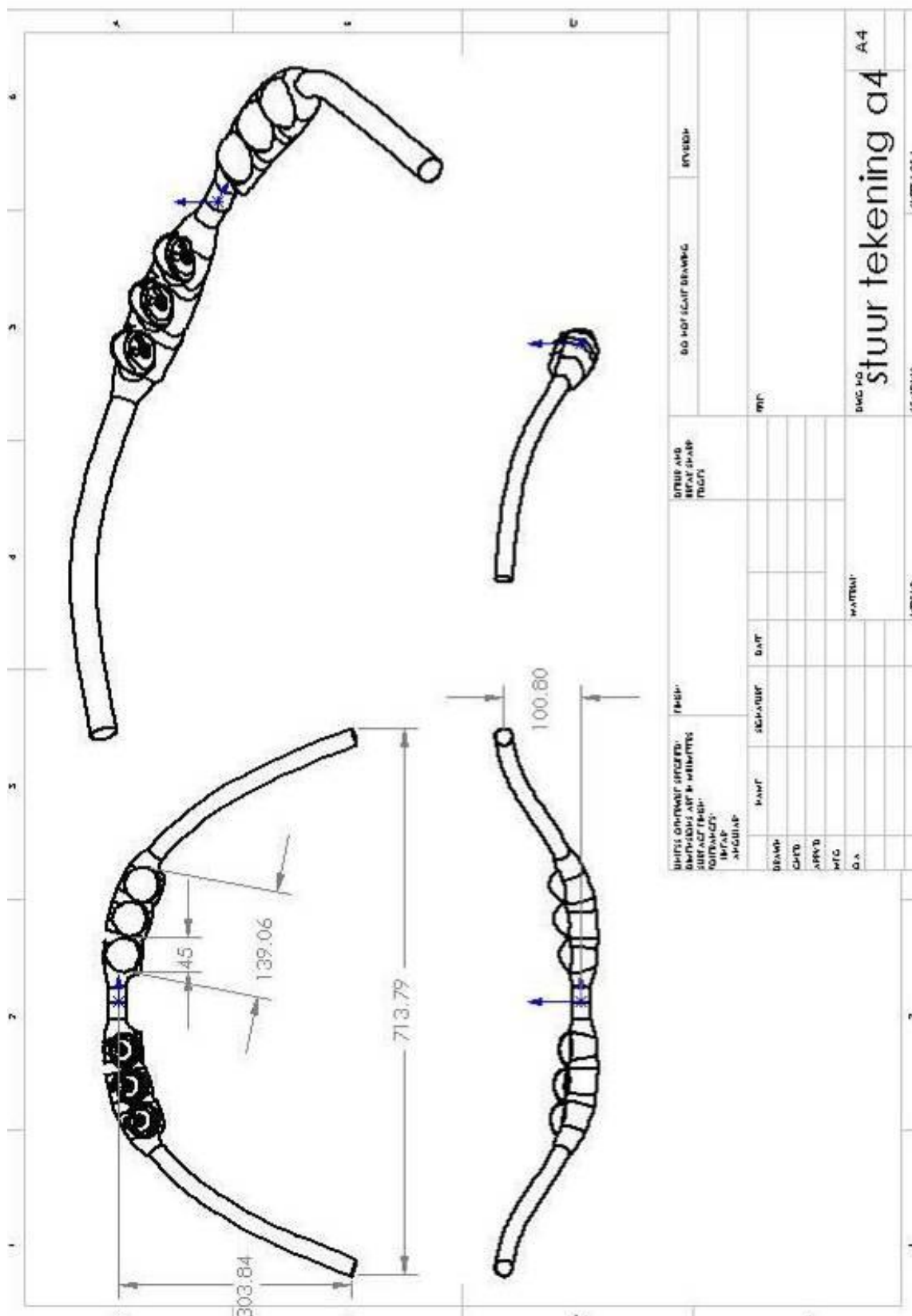


Figuur 34 & 35: renders van voor- en schuin achteraanzicht



Figuur 37, 38, 39: renders van boven-, stuur-, zij aanzicht

Technische tekening stuur:



Figuur 40: technische tekening van het stuur

Kosten Analyse

Om duidelijkheid te verschaffen in het totale kostenplaatje van het product is een kosten analyse gemaakt. Het geheel is opgesplitst in kleinere stukken. Zodoende zal de geschatte kostprijs dichterbij de daadwerkelijke kostprijs komen te liggen. De kostprijs van ieder component/deel kan namelijk veel beter benaderd worden dan het totaal in één keer.

Voor Holycow is het belangrijk om over een kosten analyse te beschikken i.v.m. onderhandelingen met mogelijke investeerders. Ook ontstaat er een goed overzicht van de verschillende kostenposten, welke onderdelen zijn de grootste kostenposten en wat kan er wellicht gedaan worden om deze kosten te drukken.

Van de componenten met een bekende verkoopprijs is een schatting van de kostprijs gemaakt. Is de verkoopprijs niet bekend, dan is naar vergelijkbare producten gekeken. In Azië kan een stuk goedkoper geproduceerd worden. Er is geprobeerd om dit verschil in productiekosten mee te nemen in de kosten analyse. Deze schatting is gebaseerd op het verschil in prijs van vergelijkbare producten en de visie van expert Wil Wagenaars.

Project: HolyCow R.B.E (Revolutionairy Bike Experience)
Betreft: Kostenindicatie R.B.E.
Aangemaakt: 22-8-2007
Door: Ruud Wensink

KOSTEN OVERZICHT	Verkoopprijs	Geschatte kostprijs
1. Materiaal		
<i>Stroomvoorziening</i>		
Accu		
NiMH-monoaccu 1,2 V / 5000 mAh	€ 6.90	
10 stuks		€ 69.00
www.conrad.nl		
Acculader		
Accuguard druppel lader	€ 30.00	€ 17.50
www.accufit.nl		
Subtotaal		€ 57.50
<i>Subwooferset</i>		
Philips A2310 (uit test gebruikte set)	€ 35.00	
subwoofer/versterker/2 speakers/bediening		
4 extra speakers	€ 8.00	
	€ 43.00	
Kosten weerbestendig systeem factor 1,5	€ 64.50	€ 45.00
Subtotaal		€ 45.00
<i>Bekabeling</i>		
1.5 meter geluidskabel	€ 2.50	€ 1.00
www.conrad.nl		
1 mini jack aansluiting voor mp3 speler	€ 1.00	€ 0.40
www.conrad.nl		

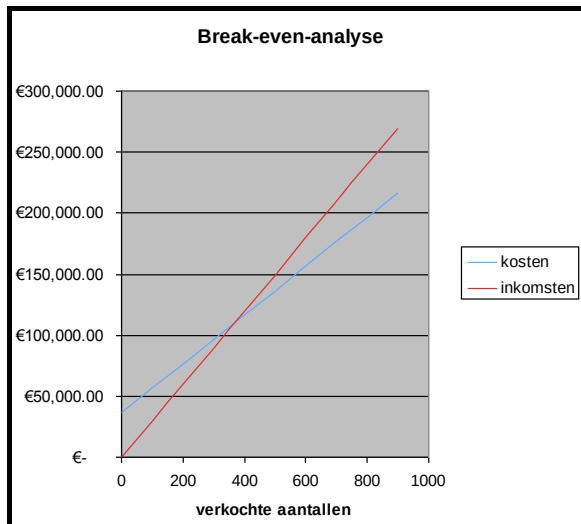
Subtotaal		€	1.40
Bevestiging Subwoofer			
bevestigingsband	€	5.00	€ 3.00
Subtotaal		€	3.00
Stuur			
Hydrovorming	€	99.49	
Kostenindicatie Hydrovorm Beheer B.V.			
kosten in azie geschat op 50%			€ 49.75
Subtotaal		€	49.75
4 Houder voor mp3-speler			
Houder mp3 speler			
Ipod houder	€	12.50	€ 8.00
www.thisisipod.com			
Subtotaal		€	8.00
5 Arbeidskosten			
arbeidskosten assemblage		€	4.00
(lage lonen land zoals China of Taiwan)			
		€	4.00
Totale variabele kosten			€ 168.65
3. Investing			
Matrijskosten hydrovorming			
	€	63,250.00	
Kostenindicatie Hydrovorm Beheer B.V.			
kosten in Azië geschat op 50%			€ 31,625.00
Matrijskosten caps + afdichting			
	€	10,000.00	
kosten in Azië geschat op 50%			€ 5,000.00
Totale vaste kosten		€	€ 36,625.00
		73,250.00	

Hydrovormen is veruit de grootste kostenpost. De variabele kosten en de matrijskosten zijn erg hoog. Aanvankelijk was telefonisch door Hydrovormbeheer een veel lagere kostprijs opgegeven. 25 euro variabele kosten en enkele tientallen duizenden euro's matrijskosten. Maar doordat de benodigde vervorming groot is uitgevallen (bijna 100%) zijn meerdere processtappen en dus meerdere matrijzen nodig. Hierdoor wordt het proces een stuk duurder. Er kan overwogen worden om concessies te doen betreft de diameter van de stuurspeakers. Kleinere speakers kunnen de prijs van het hydrovormen aanzienlijk omlaag brengen.

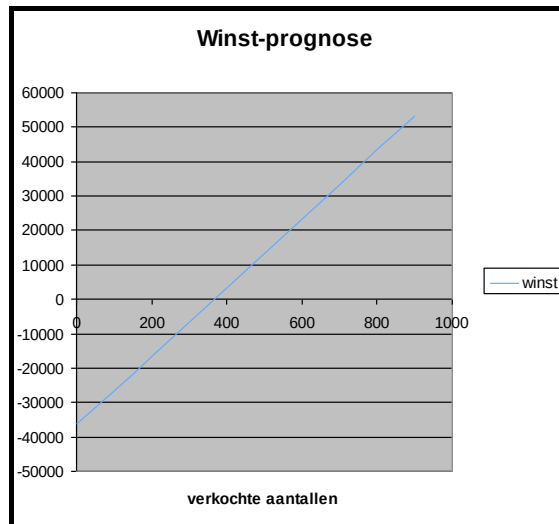
Wanneer er een partner in Azië wordt gezocht voor de verschillende componenten en assemblage, zodat de totale productie daar gebeurt. Dan zou de kostprijs ook nog een stuk lager uit kunnen vallen.

Stel de totale variabele kosten komen zeer ruim genomen uiteindelijk op 200 euro. Wanneer de producten verkocht worden voor 300 euro, dan ligt het break-even punt op 365 verkochte producten. Deze verkoopprijs valt binnen de gestelde verkoopprijs van het programma van eisen (250-350 euro).

Bij 850 verkochte producten wordt al een winst gehaald van 50000 euro. Dit is een zeer ruime schatting en de winst kan nog veel hoger uitvallen.



Figuur 41: Break-even-analyse



Figuur 42: Winst-prognose

Conclusie:

Zoals blijkt uit de kostenanalyse hoeft slechts relatief klein aantal geluidssystemen verkocht te worden om het break-even-point te halen. Wanneer het ontwerp samen met het productieproces nog verder geoptimaliseerd wordt en goede partners kunnen worden betrokken, ziet de toekomst er goed uit. Wel is belangrijk dat er onderzocht wordt of de markt klaar is voor dit product. Wanneer dit zo is staat niets succes meer in de weg!

Marketing

In het kort is onderstaand een opsomming gegeven waarom de HolyCow R.B.E. een heel interessant product is. Waar de kracht ligt van dit product. En niet te vergeten: welke voordelen bied dit een producent/investeerder/partner.

1. Het geluidssysteem zorgt voor een extra gevoel van vrijheid, muziek luisteren zonder vervelende en beklemmende oordopjes. Het is tevens een stuk veiliger dan fietsen met oordopjes, omdat je de omgeving beter kunt horen. Nu wordt een stukje fietsen een aangenaam stukje "cruisen".
2. De gebruiker laat zich horen en wil zich ook laten horen, anders zal hij of zij het geluidssysteem niet aanschaffen. Dit zorgt voor veel gratis publiciteit, iedereen zal de fietser horen en wil weten van welk merk het geluidssysteem is. Belangrijk is het dat het geluidsvolume niet te hoog wordt en dat de geluidskwaliteit goed is, zodat de muziek niet als overlast ervaren wordt. Er zal veel over gepraat worden en mits goed ontworpen en in de markt gepositioneerd veel mond op mond reclame opleveren. Verder is het niet erg dat een deel van de omstanders (waarschijnlijk ouderen en "zeurende" mensen) het product vervelend vinden, hierdoor vindt de groep waar het om gaat het product juist extra aantrekkelijk. Ze kunnen zich dan nog meer tegen die mensen afzetten.
3. Lokaal: Nederland/België is een fietsland, alles wat met fietsen te maken heeft is interessant en zorgt voor publiciteit.
4. Dit product stimuleert fietsen, het geeft een extra dimensie aan fietsen. Onze maatschappij is momenteel heel erg gericht op een gezonde levensstijl, alles wat beweging stimuleert past perfect in dit plaatje.
5. Het is een totaal nieuw concept waarover de meeste mensen een zeer uitgesproken mening zullen hebben. Dit zorgt voor discussie en dus publiciteit.
6. De doelgroep die zich het meest aangesproken voelt, zal de jongeren en jong volwassenen zijn. Dit is de perfecte doelgroep om aan een merk te binden. De kans is groot dat ze door dit product hun hele leven sneller dit merk zullen aanschaffen.
7. Extra mogelijkheden voor bijvoorbeeld ouderen, klassieke muziek in combinatie met een TomTom, zodat nooit meer verkeerd gefietst wordt.
8. Dit product heeft een sociale functie: "Samen naar muziek luisteren". Op het strand heb je nu je geluidssetje bij je om met vrienden van een stuk muziek te genieten. Ook is het makkelijker om nieuwe contacten te leggen.

Prototype

Om het geluidssysteem in werkelijkheid te ervaren is een prototype gemaakt. Tevens is het de bedoeling dat het gebruikt kan worden om investeerders te overtuigen van de kracht van dit product. Er is voor gekozen om het prototype in 2 gecombineerde delen te maken. Namelijk het werkende deel en het vormgevingsdeel. Het stuur wordt alleen voor de vorm, omdat het veel te ingewikkeld is om een stuur in deze vorm met werkende speakers te maken, die sterk genoeg is om mee te fietsen. De subwoofer wordt een werkende basbuis. Op deze subwoofer kunnen werkende speakers aangesloten worden die als toevoeging op het stuur gemonteerd worden. Op deze manier kan er met de beschikbare middelen toch een prototype gemaakt worden dat zowel het geluid als de vormgeving weergeeft.

Het werkende deel:

De subwoofer werkt echt, en er kunnen 2 satellietspeakers op aangesloten worden. In de subwoofer zit een versterker en een accu. Zo is het mogelijk om rond te fietsen en te ervaren hoe het uiteindelijke product zal gaan klinken. Er kan een mp3speler op aangesloten worden. De satellietspeakers zijn de speakers van de testopstelling en kunnen ergens op bijvoorbeeld het stuur gemonteerd worden.

Het vormgevingsdeel:

Het stuur met geïntegreerde speakers wordt zal er ongeveer uit komen te zien als het uiteindelijke stuur, maar de speakers en de afscherm caps werken niet. Het stuur kan wel op een fiets gemonteerd worden en dan kan er mee gefietst worden. Zo kun je toch ervaren hoe het uiteindelijk zal worden.

Wanneer de combinatie van subwoofer met stuur en satellietspeakers op een fiets wordt gemonteerd kun je fietsen met het prototype en ook het bijbehorende geluid horen.

Productie methode prototype:

Er vielen al meteen een aantal manieren af om het prototype te vervaardigen, omdat er een minimaal budget beschikbaar was.

Een compleet fietsbaar stuur maken viel dus af vanwege de kosten.

Daarom is er voor gekozen om het op een bestaand stuur te modelleren, zodat het stuur sterk genoeg is. Het goede stuur heeft HolyCow geleverd.

- Omdat de 2 delen links en rechts exact gespiegeld zijn is alleen handwerk uitgesloten.
- 3d printen is een mogelijkheid, alleen zijn daarvan de kosten erg hoog.
- cnc-frezen uit modelleerschuurm

Uiteindelijk is besloten om de benodigde stukken waar de speakers in zitten voor zover mogelijk te cnc-frezen uit modelleerschuim. Links en rechts worden beide in 2 keer gefreesd, dat wil zeggen de boven en de onderkant.

Vervolgens worden beide helften met de hand uitgehold, zodat ze om het stuur bevestigd kunnen worden.

Het stuur

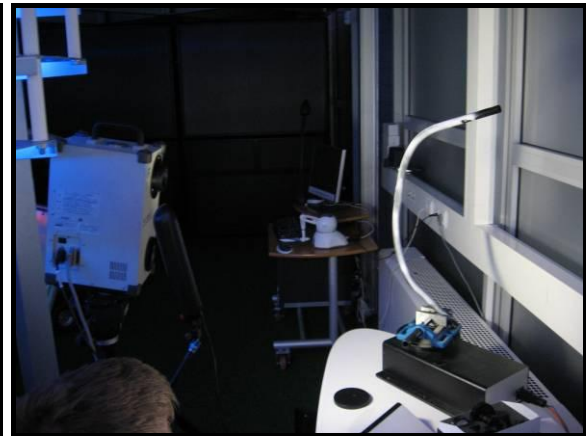
3d-scan

Om het mogelijk te maken dat de gefreesde modelstukken exact om het stuur passen, moet het computermodel ook precies dezelfde curve maken als het stuur. Dit is met het huidige model niet het geval. Van het stuur waar het model op gaat komen is daarom een 3d-scan gemaakt.

Van de curve die hieruit voortgekomen is, is het stuur gemodelleerd.



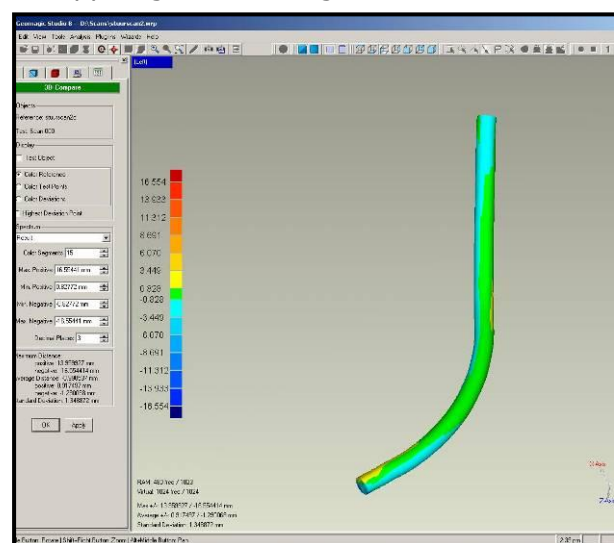
Figuur 43: stuur met wit poeder



Figuur 44: stuur met 3d scanner (links)

Op het stuur wordt eerst wit poeder gespoten, zodat de scanner het object beter kan waarnemen. Vervolgens is het stuur 12 gelijke stappen gedraaid en gescand. Van deze 12 scans is één model gemaakt. De bovenste helft van het stuur is alleen gescand, deze kan gespiegeld worden zodat het stuur compleet is.

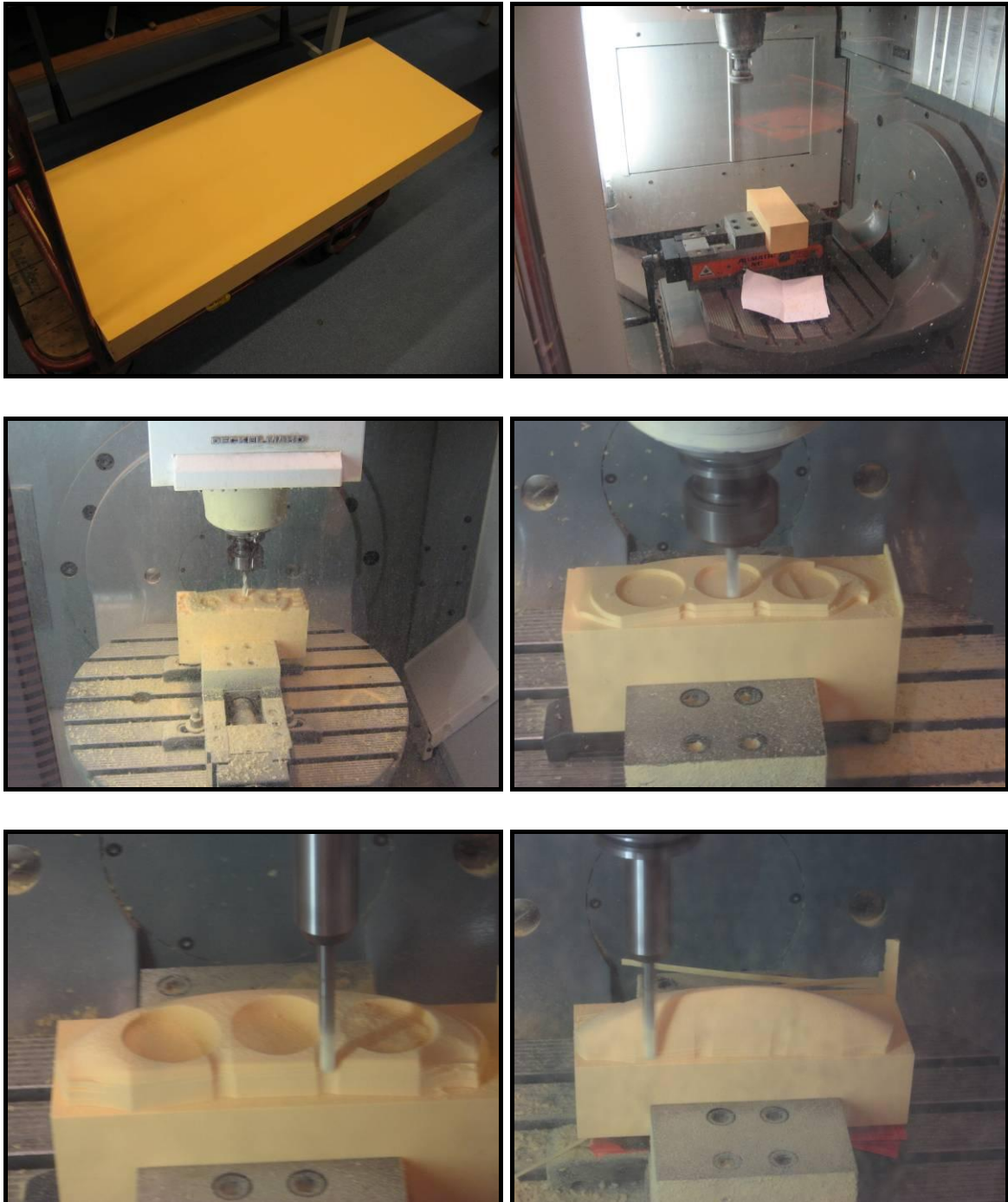
Zoals te zien is op de onderstaande afbeelding heeft het model slechts een afwijken van ongeveer 1 mm met het originele stuur. Dit is nauwkeurig genoeg.



Figuur 45: nauwkeurighedsanalyse model vs. 3d scan

Cnc-Frees

Voordat het model gefreesd kon worden is deze gemodelleerd op de curve die gemaakt is met de 3d scanner. De vorm wijkt maar lichtelijk af van het echte model, zodat deze gefreesd en om het stuur gemaakt kan worden.



Figuur 46-51: van modelleerschium tot gefreesde modeldelen.

Afwerking:

De gefreesde delen zijn uitgehold en om het stuur bevestigd, het geheel is geplamuurd en geschuurd. Vervolgens is het enkele malen in de primer gezet en als laatste afgelakt.



Figuur 52-54: van ruw model tot afgelakt model met speakers en petjes

De Subwoofer:

De subwoofer is gemaakt van een pvcbuis met een diameter van 160mm. De accu en de versterker van het geluidsonderzoek zijn hiervoor gebruikt. De accu en versterker zijn zo bevestigd dat ze vast in de buis blijven zitten. Voor de subwooferspeaker is een rooster gemaakt ter bescherming.

Het geheel is geschuurd, geplamuurd, weer geschuurd, in de primer gezet en vervolgens zwart gespoten.



Figuur 55-58: van pvc buis tot werkende subwoofer met accu versterker en speakers

De subwoofer functioneert volledig en op de versterker kunnen 2 satelliet speakers en een mp3-speler aangesloten worden. De accu kan via een stekkertje opgeladen worden.

Foto's prototype:



Figuur 59-62: foto's prototype (uiterst rechts de bediening)



Figuur 63-66: foto's prototype

Bijlage

Bronnenlijst

Merken:

<http://www.firebikes.com/>
<http://www.project346.com>
<http://www.3gbikes.nl>
<http://www.phatcycles.nl/>
<http://www.northwest-chopper-bicycles.com>
<http://www.nirve.com/>
<http://www.kustomkruiser.com>
www.electrabike.com
www.gtbicycles.com
www.schwinn.com

Shops:

<http://www.thechopperdome.nl>
www.holycowcruises.nl

customize

<http://www.fickser.nl/index.php?option=content&task=view&id=799&Itemid=137>
<http://makezine.com/blog/>
www.010customs.nl

Geluid

<http://www.hifi.nl/allesover.php?id=1862>
<http://www.toaelectronics.com/spk0000.asp>
http://www.brookstone.com/store/product.asp?product_code=497362&search_type=search&search_words=outdoor%20speaker&prodtemp=t2&cm_re=Result*R1C1*T
http://reviews.cnet.com/4520-11289_7-6548207-1.html
http://www.alteclansing.com/product_details.asp?pID=IM7
www.audioholics.com
www.visaton.com
<http://www.class-d-amplifier.nl/>

H.Dreyfuss, *The Measure of Man: Human Factors in Design*, Whitney Library of Design
www.conrad.nl
www.thisisipod.com
www.hydrovormbeheer.nl
www.accufit.nl
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html>