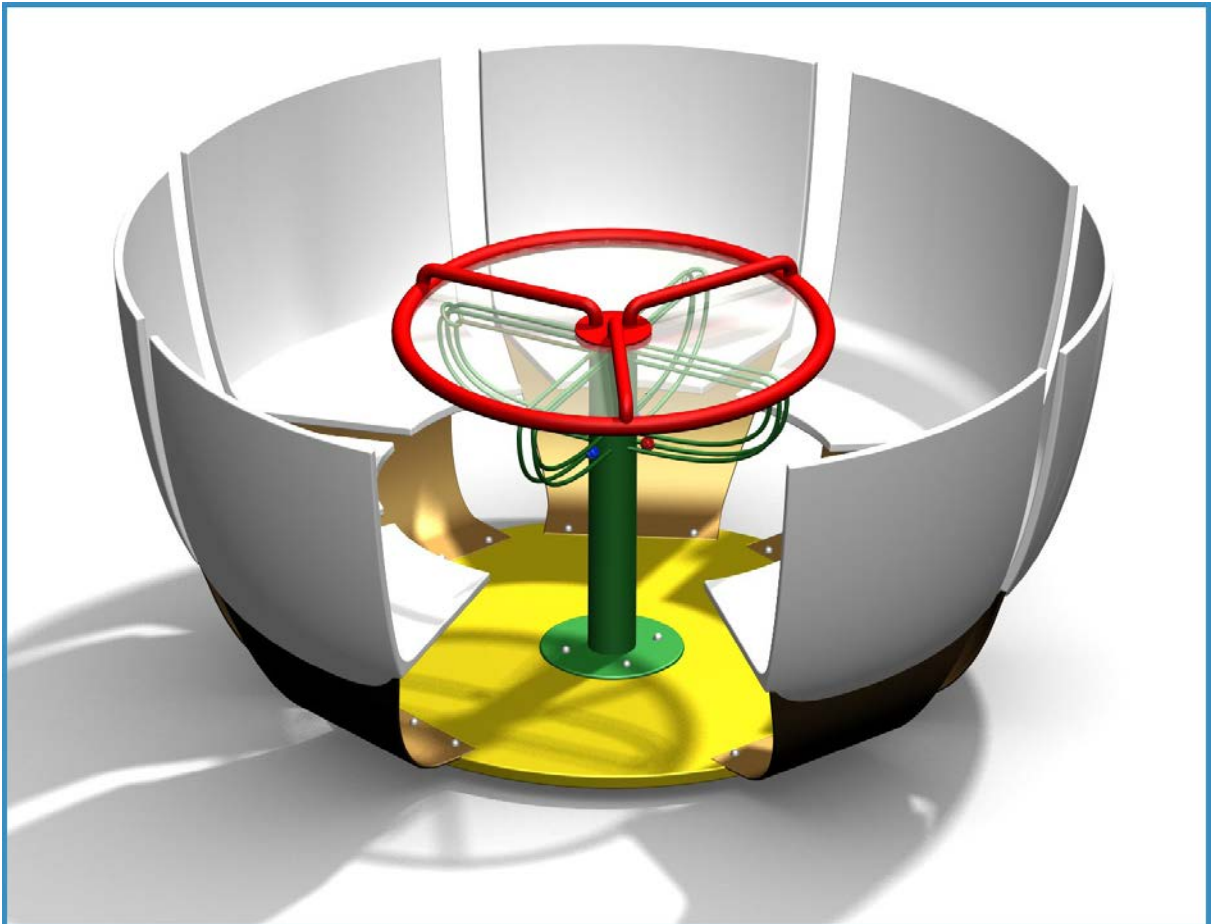


**Bachelor opdracht**

# **“Ringen van Saturnus”**



Auteur: Bas Korfage

Bedrijf: Sterrenwacht Cosmos

Universiteit Twente

Datum: 1 april 2009

Titel afstudeerproject: Speeltoestel Ringen van Saturnus

Naam: B.G.J Korfage

Studentnummer: s0088110

Opleiding: Industrieel Ontwerpen

Naam en adres bedrijf: Sterrenwacht Cosmos

Frensdorferweg 22

7635 NK Lattrop

Examencommissie: Voorzitter: prof. André de Boer

UT begeleider: Wouter Eggink

Bedrijfsbegeleider: Jan van Alsté

## 1.1 Voorwoord:

Dit verslag is geschreven naar aanleiding van de bachelor opdracht bij de sterrenwacht 'Cosmos' in Lattrop. De opdracht was het ontwerpen van een speeltoestel waarmee kinderen spelenderwijs geprikkeld worden zich af te vragen hoe middelpuntzoekende krachten te werk gaan. Het doel van dit verslag is de meerwaarde en educatieve features van het toestel aan te geven om zo een subsidie voor het toestel te realiseren. Dit verslag zal alle stappen beschrijven die zijn doorgelopen die leiden tot een virtueel model van het speeltoestel.

Allereerst wil ik de directeur van Cosmos, Jan van Alsté, bedanken voor het enthousiasme waarmee hij de opdracht gevolgd heeft en geïnteresseerd was in de ideeën en concepten. Een ander persoon die ik graag wil bedanken is Jan Bossink, die me op weg heeft geholpen bij het maken van een aantal berekeningen die bij het ontwerpen nodig waren.

# Inhoudsopgave

<b>Hoofdstuk 1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>3</b>
1.1	Voorwoord .....	3
1.2	Samenvatting Nederlandstalig.....	5
1.3	Samenvatting Engelstalig.....	6
1.4	Inleiding .....	6
<b>Hoofdstuk 2</b>	<b>Onderzoek.....</b>	<b>9</b>
2.1	Middelpuntzoekende krachten .....	9
2.2	Marktonderzoek .....	10
2.2.1	Draaitoestellen.....	10
2.2.2	Overige toestellen.....	14
2.2.3	Conclusie Marktonderzoek.....	14
2.3	Doelgroeponderzoek .....	15
2.3.1	Nemo.....	15
2.3.2	De Dolle Pret .....	16
2.3.3	Conclusie doelgroeponderzoek .....	17
2.4	Programma van Eisen .....	17
<b>Hoofdstuk 3</b>	<b>Concepten .....</b>	<b>19</b>
<b>Hoofdstuk 4</b>	<b>Eindconcept.....</b>	<b>24</b>
4.1	Vormgeving.....	25
4.2	Vering.....	27
4.2.3	Bladveer .....	28
4.3	Ballenrek.....	32
4.4	Maten .....	36
4.5	Overige onderdelen .....	39
<b>Hoofdstuk 5</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen.....</b>	<b>43</b>
<b>Bronnen.....</b>		<b>45</b>
<b>Bijlagen.....</b>		<b>46</b>

## 1.2 Samenvatting Nederlandstalig

Het doel van deze bacheloropdracht is het ontwerpen van een speeltoestel waarmee kinderen spelenderwijs geprikkeld worden na te denken over hoe middelpuntzoekende krachten te werk gaan. Dit past bij de nieuwe weg die Cosmos sinds het aanstellen van Jan van Alsté is ingeslagen, namelijk door zich meer te richten op educatie van kinderen. Het ontwerpen van het speeltoestel kan worden gerealiseerd door een marktonderzoek te doen naar huidige speeltoestellen waar middelpuntzoekende krachten in voor komen. Daarnaast worden de interesses en het gedrag van kinderen in kaart gebracht. Ook zal uitgezocht worden wat middelpuntzoekende krachten zijn en waar deze voorkomen. Dit zal gecombineerd worden in een aantal concepten waarvan de beste wordt uitgewerkt tot een digitaal model. De belangrijkste vragen in het ontwerpproces zijn:

1. In welke toestellen komen middelpuntzoekende krachten voor?
2. Welke vorm van educatie is het meest geschikt voor kinderen?
3. Op welke manier kunnen middelpuntzoekende krachten verwondering en vragen opwekken bij kinderen?
4. Hoe kan het speeltoestel zo veilig mogelijk worden?
5. Welke wetten gelden er voor speeltoestellen?

Van de huidige speeltoestellen zijn draaitoestellen het meest geschikt om middelpuntzoekende krachten duidelijk te maken. Voor middelpuntzoekende krachten is namelijk altijd een cirkelvormige beweging nodig. Uit het doelgroeponderzoek blijkt dat kinderen vooral op een interactieve wijze bezig willen zijn. Ook is gebleken dat een knikkerbaan populair is. Deze conclusies zijn meegenomen bij het vormen van een aantal concepten.

Het eindontwerp is een klassiek draaitoestel waarbij de gebruikers zichzelf rond laten draaien door middel van een aandrijfstang in het midden van het toestel. De middelpuntzoekende krachten worden op twee manieren duidelijk gemaakt aan de kinderen. De eerste manier is onder de cirkelvormige aandrijfstang te vinden. Dit gedeelte is een ballenrek dat bestaat uit een viertal rails die naar buiten toe in een curve omhoog lopen. Wanneer het toestel gaat draaien zullen de ballen door toename van de omwentelingsnelheid verder naar de buitenkant rollen. De tweede manier is gericht op de beleving van de gebruiker zelf. Het draaitoestel bestaat uit een zevental stoelen die op een bladveer geplaatst zijn. Wanneer het toestel gaat draaien zullen de stoelen, en dus ook de gebruiker, naar de buitenkant veren. Des te sneller het toestel draait, des te groter de uitwijking.

Om de veiligheid van het speeltoestel te waarborgen zijn er voldaan aan een aantal wettelijk gestelde eisen die vooral van toepassing zijn op klassieke draaitoestellen. Ook is er tussen de stoelen een ruimte overgelaten waardoor de kans aanzienlijk is kleiner is dat kinderen met een lichaamsdeel klem komen te zitten.

De vooraf gestelde doelen zijn gehaald, er is een virtueel model gemaakt waarin duidelijk wordt hoe het speeltoestel werkt en hoe het is opgebouwd.

### 1.3 Samenvatting Engelstalig

The goal of this bachelor assignment is to design a playing apparatus that inspires children while using the apparatus to think about centripetal forces. This suits the new direction in which Cosmos is headed since the commission of Jan van Alsté as director last June. The new goals of Cosmos are aimed at educating and informing children about the universe and space. The design of the playing apparatus can be realized by conducting a market analysis aimed at current playing apparatuses in which centripetal forces occur. Next to this there will be an analysis of the target group, the children, which interests they have and what their behavior is. And there will be a research to find out what centripetal forces are and where they occur. All these researches will be combined into a several concepts which will be analyzed from which the best one will be further developed into a virtual model. The most important questions of this project are:

1. In which apparatuses do centripetal forces occur?
2. Which method of education works best on children?
3. In which way can centripetal forces be used to generate interest and astonishment with children?
4. How can a playing apparatus be designed to be as safe as possible?
5. Which laws are related to the design of a playing apparatus?

The classical turning apparatuses turned out to be the most suitable of all playing apparatuses to explain centripetal forces because there has to be a circular movement for centripetal forces to occur. The target group analysis reveals that the best way to educate children is by interaction. Another conclusion from the target group analysis is that a marble course is highly popular with children. These conclusions have been used and combined to come up with several concepts.

The final design is a classical turning apparatus in which the users have to accelerate themselves by pulling a bar in the middle of the apparatus. The centripetal forces are clarified to children in two ways. The first way is located beneath the pulling bar and consists of four marble courses that increase exponential in height from the middle to the outside. These marbles will be pushed higher up the course when the speed of rotation is increased due to the influence of centripetal forces. The second way is directed at the experience of the user. The apparatus has seven chairs, which are placed on a leaf spring. These springs will bend to the outside when the apparatus speeds up. The higher the speed, the further the divergence.

To ensure the safety the apparatus is designed by following several laws that are addressed to classical turning apparatuses. Between the chairs there is a clearance gap that is wide enough so that body parts of children cannot get stuck when the chairs are sprung.

The goals have been accomplished, the result is a virtual model which clarifies the working of the apparatus and how it is built up.

## 1.4 Inleiding

Speeltoestellen waarbij middelpuntzoekende krachten voorkomen zijn er genoeg, maar waar het aan ontbreekt op deze speeltoestellen is de leer-doelstelling, kinderen ondergaan de rit maar worden verder niet aan het denken gezet. Cosmos probeert dit te veranderen met de volgende doelstelling: Wat Cosmos wil is een speeltoestel waaraan de kinderen plezier beleven en hun energie kwijt kunnen, maar waarbij ze ook geprikkeld worden om na te denken hoe het bijvoorbeeld komt dat in een centrifuge alles van het middelpunt af wordt geduwd. Daarnaast kan het speeltoestel dienen als trekpleister voor mensen die langsfietsen.

De opdracht is uitgevoerd voor de sterrenwacht 'Cosmos' in Lattrop. Cosmos bestaat uit een viertal mensen die in dienst zijn en een stuk of vijftig vrijwilligers die af en toe taken vervullen. De bedrijfsbegeleider Jan van Alsté is sinds afgelopen juli aangesteld als directeur. Sinds de aanstelling van Jan van Alsté is Cosmos zich steeds meer gaan richten op kinderen om deze de zaken van het heeal bij te brengen.

De doelstelling kan worden bereikt door een marktonderzoek te doen evenals een doelgroeponderzoek. De resultaten van dit onderzoek zullen worden gebruikt om meerdere concepten te genereren. Uit deze concepten zal de beste uitgewerkt worden tot een eindconcept. Dit eindconcept zal een digitaal model zijn waarin duidelijk is hoe het toestel werkt en waaruit het toestel is opgebouwd.

De vraagstelling die afgeleid is van de doelstelling bestaat uit de volgende hoofdvragen:

1. In welke toestellen komen middelpuntzoekende krachten voor?
2. Welke vorm van educatie is het meest geschikt voor kinderen?
3. Op welke manier kunnen middelpuntzoekende krachten verwondering en vragen opwekken bij kinderen?
4. Hoe kan het speeltoestel zo veilig mogelijk worden?
5. Welke wetten gelden er voor speeltoestellen?

De antwoorden op deze vragen zullen in hoofdstuk 2 beantwoord worden, in dit hoofdstuk zijn alle onderzoeken te lezen. Eerst zal er kort uitgelegd worden wat middelpuntzoekende krachten zijn en waar deze te vinden zijn. Vervolgens is er een marktonderzoek gedaan waarin gekeken is welke toestellen er op de markt zijn. Hierbij wordt alleen gekeken naar de toestellen waar middelpuntzoekende krachten in voor komen. Ook zal er in dit hoofdstuk een doelgroeponderzoek te vinden zijn waarin een tweetal locaties zijn bezocht namelijk Nemo, een op kinderen gericht wetenschappelijk museum, en een overdekte speeltuin genaamd 'De Dolle Pret'. Dit is gedaan om een goed beeld te krijgen op welke manier kinderen dingen duidelijk gemaakt kunnen worden aan kinderen en om te kijken wat ze aanspreekt en hoe ze zich gedragen. Ten slotte is ook het Programma van Eisen in dit hoofdstuk te lezen. Dit is in het hoofdstuk onderzoek geplaatst omdat er onderzoek is gedaan naar de veiligheidseisen waaraan het toestel volgens de wet aan moet voldoen.

De resultaten van de onderzoeken zullen vervolgens gecombineerd worden om tot een vijftal concepten te komen. Deze zijn te vinden in het derde hoofdstuk. De sterke en zwakke punten van elk concept worden besproken en er zal uiteindelijk één concept gekozen worden die verder uitgewerkt wordt.

Dit eindconcept zal in hoofdstuk 4 uitgebreid besproken worden. Eerst is gekeken op welke manier middelpuntzoekende krachten duidelijk gemaakt worden aan de kinderen. Daarna is er gekeken welke vormgeving past bij het beeld van de sterrenwacht. In dit hoofdstuk zullen de belangrijkste

onderdelen van het uiteindelijke concept apart behandeld en onderbouwd worden. Een ander punt dat aan bod komt in dit hoofdstuk is de ergonomie. Al deze onderdelen komen vervolgens samen in een Solidworks model die in een eindfiguur te zien zijn.

In het vijfde en laatste hoofdstuk is beschreven of het eindresultaat aan de verwachtingen voldoet en wat beter kon. Ook de aanbevelingen zullen in dit hoofdstuk te lezen zijn.



## Hoofdstuk 2      Onderzoek

### 2.1      Middelpuntzoekende Krachten

Het eerste onderwerp wat uitgewerkt diende te worden is het verschijnsel middelpuntzoekende krachten. De vraagstelling uit het Plan van Aanpak was de volgende:

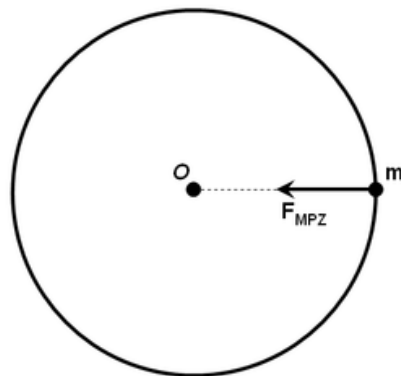
Wat houden middelpuntzoekende krachten in?

- Hoe werken middelpuntzoekende krachten?
- Hoe zouden middelpuntzoekende krachten gebruikt kunnen worden in een speeltoestel?
- Op welke manier kunnen middelpuntzoekende krachten verwondering of vragen opwekken bij kinderen?

Op dit moment wordt er alleen ingegaan op de eerste vraag, de andere vragen komen bij de concepten en het eindontwerp uitgebreid aan bod.

Middelpuntzoekende krachten, ook wel centripetale krachten genoemd<sup>1</sup>, treden op wanneer zich een voorwerp in een cirkelbaan beweegt. Deze kracht staat haaks op de snelheid en is gericht naar het middelpunt van de cirkelbaan, zoals aangegeven is als  $F_{MPZ}$  te zien in figuur 2.1. Met andere woorden, wanneer er een kracht is die haaks op de snelheid staat zal dit voorwerp altijd in een cirkelbaan bewegen. Deze kracht heeft geen invloed op de snelheid.

figuur 2.1



Middelpuntzoekende krachten zijn beter bekend in de vorm van middelpuntvliedende krachten, ook wel centrifugale krachten genoemd. Het verschil is dat middelpuntvliedende krachten zoals de naam al aangeeft in de tegengestelde richting weergegeven wordt; dus wel haaks op de snelheid, maar naar buiten gericht. Voorbeeld hiervan is een kind dat in een draaitoestel draait. Door de snelheid zal het kind als het ware naar buiten geduwd worden. In dit voorbeeld oefent de rugleuning een middelpuntzoekende kracht uit op het kind die naar het middelpunt is gericht.

De formule waarmee middelpuntzoekende, en dus ook middelpuntvliedende krachten worden berekend is:

$$F_{mpz} = m \omega^2 r$$

Aangezien het eindontwerp vooral in gaat op de krachten die naar de buitenkant gericht zullen zijn zal in het verslag de term middelpuntvliedende kracht het meest gebruikt worden.

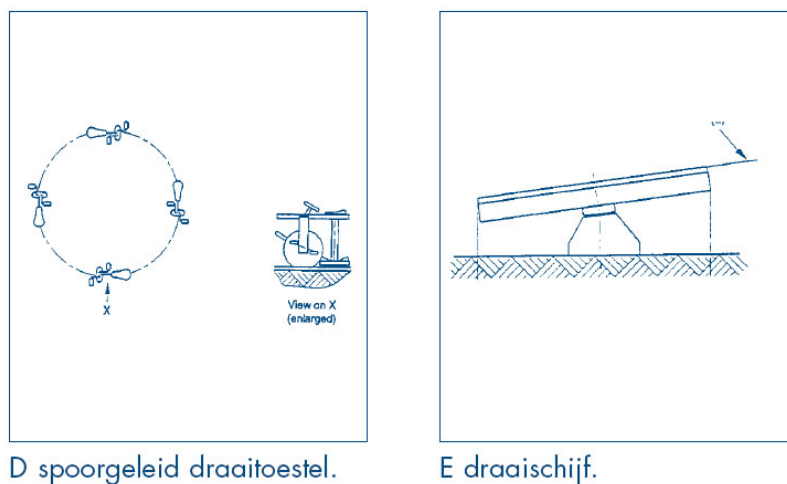
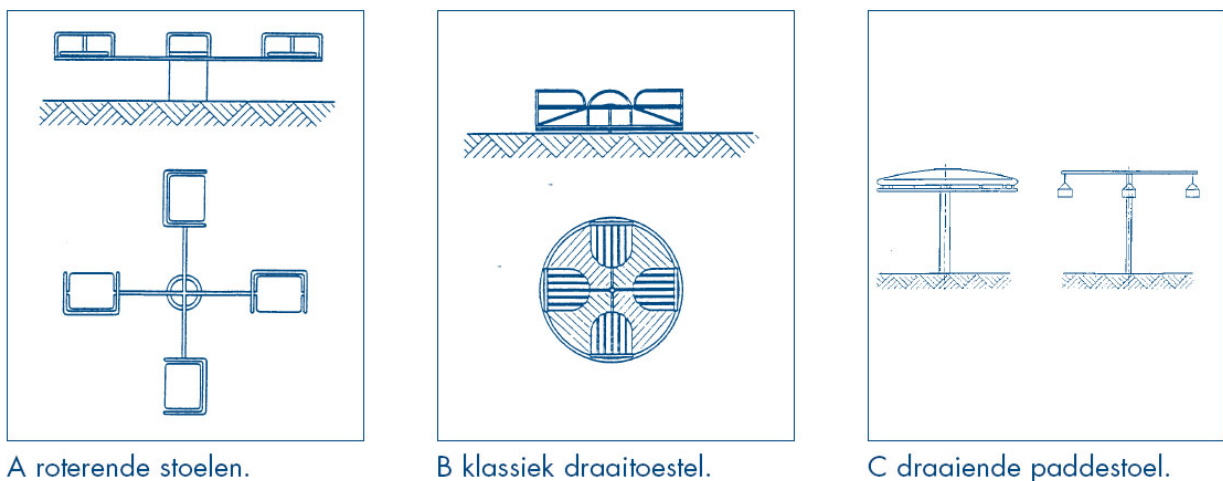
## 2.2 Marktonderzoek

Om een goed beeld te krijgen wat de mogelijkheden zijn met betrekking tot het ontwerpen van een speeltoestel is er een marktonderzoek gedaan naar de huidige speeltoestellen. Het onderzoek is vooral gericht op toestellen waar middelpuntvliedende krachten in te vinden zijn.

### 2.2.1 Draaitoestellen

Het grootste gedeelte van de toestellen die in het marktonderzoek naar voren komen zijn draaitoestellen (norm EN 1176-5<sup>2</sup>), wat voor de hand ligt aangezien hier het duidelijkst middelpuntvliedende krachten in voor komen. Deze draaitoestellen worden opgedeeld in 5 soorten zoals te zien is in figuur 2.2. Het belangrijkste verschil tussen roterende stoelen en een klassiek draaitoestel is de richting waarin de stoelen geplaatst zijn. Bij roterende stoelen zijn de stoelen zo geplaatst dat de gebruiker kijkt in de richting waarin deze zich beweegt, en bij het klassieke draaitoestel kijkt de gebruiker in de richting van het middelpunt. Het verschil onderling tussen de rest van de categorieën is duidelijk te zien in de figuur.

figuur 2.2 soorten draaitoestellen



- A) De toestellen in figuur 2.3 en 2.4 zijn roterende stoelen of variaties hierop: Origineel aan degene in figuur 2.4 is dat de gebruiker zich steppend kan rond laten draaien.

figuur 2.3



figuur 2.4



- B) De toestellen in figuur 2.6, 2.7 en 2.8 zijn klassieke draaitoestellen of variaties hierop:

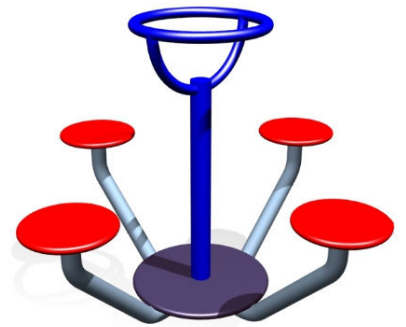
figuur 2.6



figuur 2.7



figuur 2.8



De toestellen in figuur 2.6, 2.7 en 2.8 hebben als extra feature dat kinderen zichzelf kunnen laten ronddraaien door zichzelf af te zetten door aan de schijf te trekken die in het midden van het toestel zit (dit gedeelte wordt in het verslag aandrijfstang genoemd). Dit gedeelte zit dus vast aan de ondergrond en draait niet mee.

- C) De toestellen in figuur 2.9, 2.10 en 2.11 zijn draaiende paddenstoelen of een variatie daarop:

figuur 2.9



figuur 2.10



figuur 2.11



D) Het toestel in figuur 2.12 is een voorbeeld van een spoorgeleid draaitoestel.

figuur 2.12



E) De toestellen in de figuren 2.13 tot en met 2.17 zijn draaischijven of een variatie daarop:

figuur 2.13



figuur 2.14



figuur 2.15



figuur 2.17

figuur 2.16



Ten slotte zijn er nog draaitoestellen die moeilijk te plaatsen zijn in een van bovenstaande categorieën:

figuur 2.18



figuur 2.19



Het leuke aan de centrifuge in figuur 2.18 is dat je als gebruiker de middelpuntvliedende krachten in erg sterke mate voelt. Hetzelfde kan gezegd worden van het toestel in figuur 2.19. Daar wordt een dusdanig grote middelpuntvliedende kracht opgewekt dat personen over de kop gaan zonder dat ze vast zitten met een riem of ander soort beveiliging. Hetzelfde effect dus wanneer je een emmer water hard rond slingert zonder dat het water eruit valt.

Een draaitoestel kan natuurlijk ook rond een horizontale as ronddraaien zoals in de figuren hieronder te zien is. In figuur 2.20 is een vervaarlijk uitzierend toestel te zien waarin de gebruiker kan staan en zelf over de kop kan worden gedraaid. Het toestel op figuur 2.22 is een looprad waarin het rad alleen ronddraait en de gebruiker dus op de plaats blijft. Al zoekende naar een geschikte foto van een looprad werd ook het toestel in figuur 2.21 gevonden, dit is een looprad waarmee de gebruiker het hele rad al lopende rond een as draait. Dit toestel is inmiddels om veiligheidsredenen verboden wat gezien het toestel ook wel voor te stellen is.

figuur 2.20



figuur 2.21



figuur 2.22



## 2.2.2 Overige toestellen

Een andere categorie toestellen waarin in mindere mate ook middelpuntvliedende krachten te vinden zijn is de wip-wap. De figuren 2.23, 2.24 en 2.25 zijn een aantal variaties van de wip-wap.

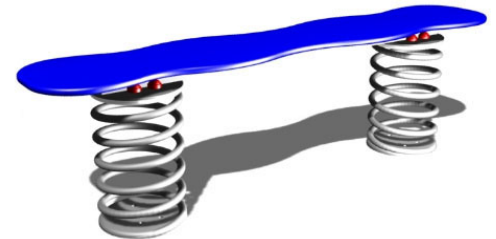
figuur 2.23



figuur 2.24



figuur 2.25



Ook in schommels zijn middelpuntvliedende krachten te vinden (figuur 2.26 en 2.27)

figuur 2.26



figuur 2.27



## 2.2.3 Conclusie marktonderzoek

De categorie draaitoestellen en dan voornamelijk de klassieke draaitoestellen hebben als voordeel dat je als gebruiker sterk ervaart hoe de middelpuntvliedende krachten op je inwerken doordat de gebruiker steeds krachtiger met de rug tegen de leuning wordt geduwd naar mate de omwentelingsnelheid van het toestel toeneemt. Bijkomend voordeel ten opzichte van de roterende toestellen, spoorgeleide draaitoestellen en draaischijven is dat de gebruiker zoals hierboven beschreven met de rug naar de buitenkant wordt geduwd tegen een leuning aan. Bij de roterende stoelen en spoorgeleide draaitoestellen wordt de gebruiker lateraal naar de buitenkant geduwd, dit betekent dat het toestel minder snel kan ronddraaien aangezien de gebruiker daarbij meer moeite zal hebben om in evenwicht te blijven.

Schommels en wip-wappen hebben als nadeel ten opzichte van draaitoestellen dat de middelpuntvliedende krachten steeds van richting en grootte veranderen. Hierdoor zal het een stuk lastiger zijn om aan de kinderen duidelijk te maken dat er middelpuntvliedende krachten aanwezig zijn en hoe deze werken. Ook de betrekking met het heelal is door bovenstaande redenen ver te zoeken.

## 2.3 Doelgroeponderzoek

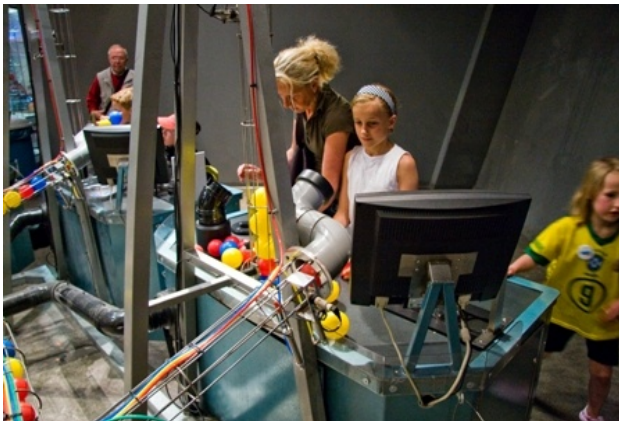
Naast het marktonderzoek is er ook een onderzoek gedaan naar de gebruikers van het speeltoestel. Om duidelijk te krijgen wat de kinderen interessant vinden en hoe ze zich gedragen in een speeltuin zijn er een tweetal relevante locaties bezocht namelijk Nemo in Amsterdam en een overdekt speelparadijs genaamd 'Dolle Pret' in Almelo.

### 2.3.1 Nemo

Nemo is het grootste science centrum van Nederland en kan jaarlijks rekenen op ongeveer 400.000 bezoekers. Door vele interactieve opstellingen kom je alles te weten over wetenschap en technologie. De opstellingen zijn er vooral op gericht om kinderen inzicht te geven in verschillende technologieën en verschijnselen. Dit geeft al aan dat interactie een goede manier is om kinderen dingen aan te leren wat gebruikt kan worden in het speeltoestel. De reden dat er een bezoek is gebracht aan Nemo was allereerst om er achter te komen welke opstellingen kinderen interessant vinden en verder om ideeën op te doen hoe middelpuntvliedende krachten aan kinderen duidelijk kunnen worden gemaakt.

Na een tijd te hebben geobserveerd in Nemo is duidelijk geworden wat kinderen de meest interessante opstelling vonden namelijk de zogenaamde 'ballenfabriek'. Het doel van deze opstelling is om de werking van sorteermachines duidelijk te maken. De bedoeling is dat kinderen de juiste gekleurde ballen van de juiste grootte en het juiste gewicht sorteren. Wanneer dit gelukt is kan er een streepjescode in gescand worden waarna de selectie verstuurd wordt. De opstelling lijkt op een gigantische knikkerbaan, te zien in figuur 2.28 en 2.29. Hieruit kan geconcludeerd worden dat een baan met ballen erin aanstekelijk werkt op kinderen.

figuur 2.28



figuur 2.29



Een andere populaire opstelling is de waterval waarin kinderen de stroming kunnen aanpassen door het water in te dammen en zo door middel van een waterrad een zo groot mogelijke elektrische stroom op te wekken, zoals te zien in figuur 2.30.

figuur 2.30



### 2.3.2 De Dolle Pret

In Almelo bevindt zich een van de grootste overdekte speelparadijzen van Nederland, de Dolle Pret. Een bezoek hieraan moet inzicht geven in het gedrag van kinderen door ze een dagje te observeren. Ook kan gekeken worden welke toestellen kinderen leuk vinden en welke niet.

Het eerste dat opviel bij binnenkomst is het enorme kabaal dat de kinderen produceren. Gelukkig was hier rekening mee gehouden en zijn oordopjes meegebracht. Het volgende dat op viel was dat de kinderen echte druktemakers zijn: ze rennen zich een slag in de rondte en hebben dan weinig oog meer voor de omgeving waardoor ze vaak ergens tegen aan lopen of struikelen. Vooral bij een glijbaan waarbij kinderen met een mat naar beneden glijden was het een valfestijn! De matten werden na gebruik gewoon losgelaten waardoor ze midden voor de glijbaan kwamen te liggen waar veel kinderen langs renden. Ook renden de kinderen chaotisch rond bij de voet van de glijbaan. Het resultaat van rennende kinderen, een stel matten en een gladde ondergrond laat zich vrij makkelijk raden!

Ook werd er veel gebruik gemaakt van skelters en verscheidene fietsen waarbij het duidelijk werd dat kinderen al spelend zich niet echt bewust zijn van de omgeving aangezien er meerdere tafels en stoelen omver werden gereden.

#### Misbruik

Een ander belangrijke observatie was dat kinderen erg creatief zijn in het misbruiken van de toestellen. Naast de eerder genoemde matten glijbaan was er een stukje verderop een baan met rollers waar kinderen met een plastic slee overheen kunnen rollen. Een van de creatieve geesten vond het wel spannend om een van die sleeën te pakken en deze te testen op de mattenglijbaan! Hieruit kan geconcludeerd worden dat het aanwezig zijn van losse objecten leidt tot het verkeerd gebruiken ervan.

Ook de toestellen zelf worden niet altijd gebruikt waarvoor ze bedoeld zijn. Er hing namelijk een bordje 'Niet lopen op de glijbaan!' dat flink genegeerd werd. Meer kinderen gingen namelijk over de glijbaan zelf naar boven dan via de trap ernaast. Ook gingen de meeste kinderen niet zittend naar beneden zoals op de borden vermeldt stond maar in verboden houdingen zoals liggend, achterstevoren, op de knieën en zo voorts.

#### Gedrag

Tijdens de zoektocht naar een favoriet speeltoestel viel het op dat kinderen net kuddedieren zijn; wanneer het ergens druk is gaan andere kinderen daar ook heen en blijft de rest nagenoeg onbezocht, en wanneer er een groepje naar een ander toestel gaat volgen de meesten al snel. Oftewel, als er een schaap over de dam is volgen er meer.

Een ander punt wat gebruikt kan worden bij het ontwerp van het speeltoestel is dat op viel dat kinderen onderling veel wedstrijdjes met elkaar doen zoals 'Wie het eerste beneden is van de glijbaan' en 'Wie het eerst bij het volgende toestel is'. Ook willen vooral jongens elkaar overtreffen met wie de stoerste houding aanneemt bij het gebruik van de glijbaan.



### 2.3.3 Conclusies doelgroeponderzoek

- Kinderen zijn het meest geïnteresseerd in interactieve opstellingen. Dit was goed te zien in Nemo waarbij er nauwelijks kinderen te vinden waren op de afdelingen met veel informatieborden en teksten. De kinderen waren vooral te vinden bij de ballenfabriek en de waterval. Een speeltoestel is op zichzelf al interactief, maar er kan dus gekeken worden naar extra features waarmee kinderen zelf aan de gang kunnen
- Het uiteindelijke speeltoestel kan beter geen losse onderdelen bevatten aangezien kinderen deze ook voor hele andere doeleinden gebruiken.
- Kinderen vertonen onderlinge competitiedrang, hiervan zou gebruik kunnen worden gemaakt bij het ontwerpen van een speeltoestel.
- Kinderen gebruiken toestellen vaak op manieren waarvoor het niet bedoeld is en zijn erg creatief hierin. Er moet dus op gelet worden dat bij misbruik geen gevaarlijke situaties kunnen ontstaan.

## 2.4 Programma van Eisen

Aan een speeltoestel worden de nodige eisen gesteld, als eerste zullen de wettelijk verplichte eisen vermeld worden waarna dit aangevuld wordt met eisen wat het toestel moet kunnen en wat niet.

Wettelijk vastgestelde eisen:

Deze eisen zijn geen technische richtlijnen, maar een aantal resultaatsverplichtingen. Volgens de norm EN 1176-5. Een aantal hiervan komen uit 'Veiligheid van speelterreinen<sup>2</sup>' De volledige norm moet aangevraagd worden wat behoorlijk wat geld kost.

C4-1 De vrije valhoogte mag op geen enkel punt van het draaitoestel meer dan 1000 mm bedragen.

C4-2.1 Naast een draaitoestel moet zich een vrije ruimte van minstens 2000 mm bevinden.

C4-2.2 Boven een draaitoestel moet zich een vrije ruimte van minstens 2000 mm bevinden.

C4-3 Het niveau van de oppervlakte onder het draaitoestel moet gelijk zijn aan het niveau van de schokabsorberende ondergrond in de valruimte.

C4-4 Als er zitjes of staanplaatsen voorzien zijn dan moeten deze zo ontworpen zijn dat een gebruiker er niet aan kan blijven haperen bij het verlaten van het draaitoestel.

C4-5 De draai as van het toestel mag niet meer dan 5° afwijken van de verticale.

C4-6 Draaitoestellen moeten zo ontworpen zijn dat, onder normale of voorzienbare omstandigheden,

de draaisnelheid aan de rand niet hoger kan zijn dan 5 m/s (dit is de normale maximale loopsnelheid van kinderen).

C4-7 Aanwezige handgrepen hebben een diameter tussen de 18 mm en 45 mm.

De volgende eisen gelden specifiek voor een klassiek draaitoestel, waar het eindontwerp onder valt.

C4-9 TYPE B: klassiek draaitoestel (met meedraaiende bodem)

C4-9.1 Het platform moet solide zijn.

C4-9.2 De elementen aanwezig op het platform moeten in dezelfde draairichting bewegen als het platform.

C4-9.3 De aanwezige elementen mogen niet uitsteken buiten het platform.

C4-9.4 Indien er een vliegwiel aanwezig is moet deze volledig zijn afgeschermd.

C4-9.5 Afhankelijk van de afstand van de onderkant van het platform tot de bodem (h) dient de ruimte onder het platform te voldoen aan één van de mogelijkheden die in figuur 2.31 te zien zijn.

figuur 2.31

hoogte "h"	vereisten
$h < 60 \text{ mm}$	-
$60 \text{ mm} < h < 110 \text{ mm}$	h blijft constant van buitenzijde tot 300 mm verder naar de draaias toe h bedraagt overal minstens 60 mm Van 300 mm van de buitenzijde tot aan de as moet de ondergrond vlak zijn
$110 \text{ mm} < h < 400 \text{ mm}$	h bedraagt overal minstens 110 mm Een afscherming moet aanwezig zijn
$h > 110 \text{ mm}$	de onderkant van het platform vormt een ononderbroken vlak oppervlak. h verkleint van buiten naar binnen h bedraagt overal tenminste 110 mm
$h > 400 \text{ mm}$	h bedraagt overal minstens 110 mm Een afscherming moet aanwezig zijn

Wanneer het toestel gefabriceerd wordt moet het voldoen aan het 'Warenwet besluit attractie- en speeltoestellen<sup>3</sup>'. Daarnaast moet sterrenwacht zelf voldoen aan de norm 1177 dat gaat over val dempende ondergrond.

Verdere eisen:

Het toestel moet:

- Kinderen vermaak bieden
- Kinderen prikkelen na te denken over middelpuntzoekende krachten
- Zorgen dat kinderen hun energie kwijt kunnen
- Makkelijk te bedienen zijn
- Plaats bieden aan minimaal 4 personen
- Aan te drijven zijn door minimaal 3 personen
- Passen bij de sterrenwacht
- Kinderen uitnodigen om te gaan spelen
- Slijtvast zijn
- Voldoende lang meegaan
- Eenvoudig te assembleren zijn
- Eenvoudig te onderhouden zijn
- Kans op letsel beperken (dit is met kinderen niet uit te sluiten; wanneer de kans op letsel nihil is, is het geen speeltoestel)
- Roestvrij zijn

Het toestel mag geen:

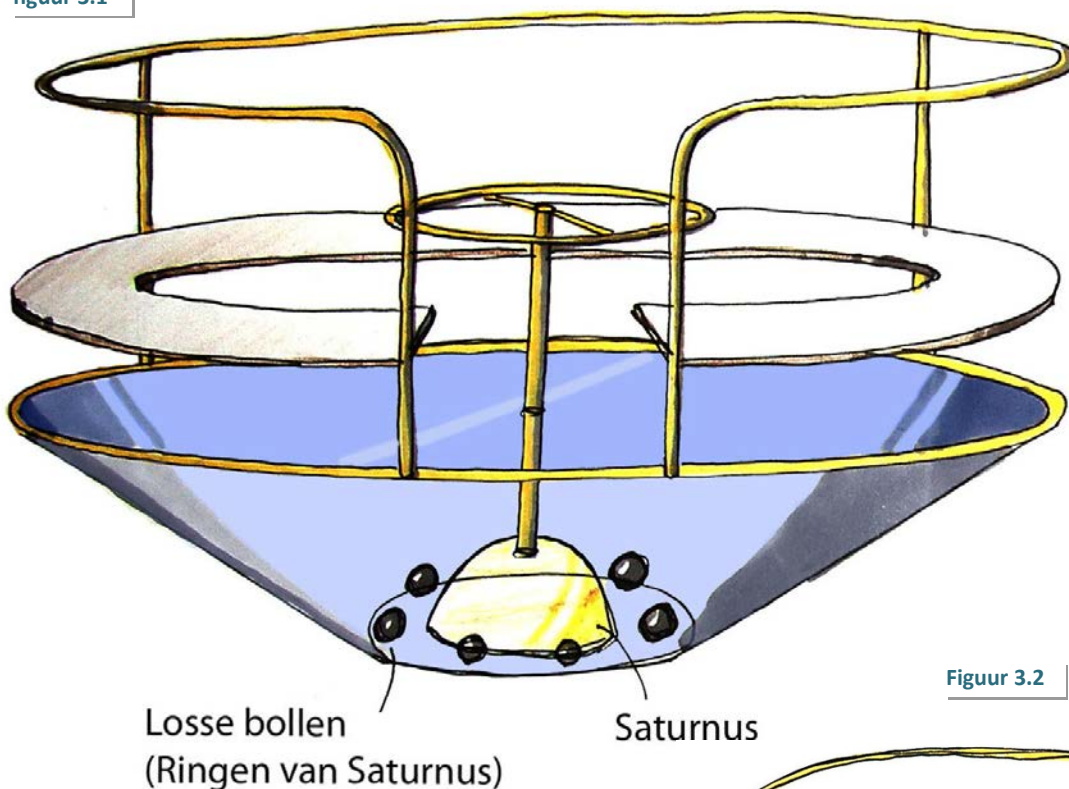
- Scherpe randen bevatten
- Uitstekende onderdelen hebben aan de buitenkant

## Hoofdstuk 3 Concepten

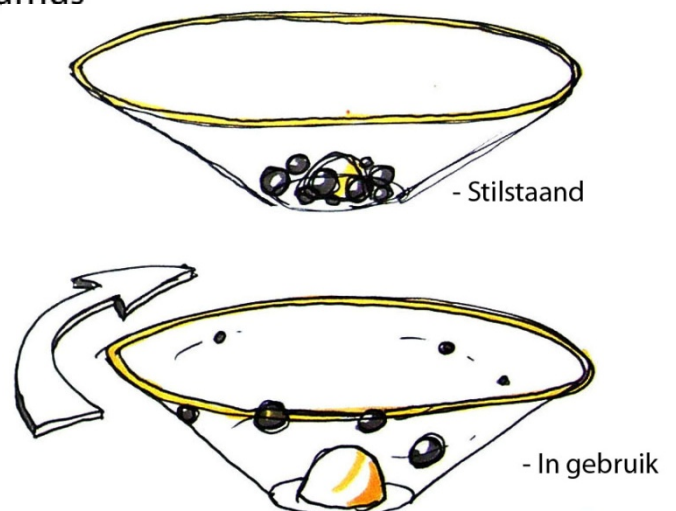
### Concept 1

In een vrij vroeg stadium van het project is er begonnen met het maken van schetsen, waarbij een van de eerste ideeën is afgeleid van de ballenfabriek die in Nemo te vinden is. Het idee is een aangepaste versie van het klassieke draaitoestel en is te zien in figuur 3.1. Kinderen draaien zelf het toestel rond door zich af te zetten aan het middelste gedeelte dat vast zit aan de grond. De bedoeling is dat de losse ballen die in de trechtervorm aan de onderkant van het toestel zitten steeds verder naar de buitenkant bewegen naar mate het toestel een hogere omwentelingsnelheid krijgt. Dit is uitgebeeld in figuur 3.2. De ballen zijn gevarieerd in grootte en gewicht zodat elke bal een andere uitwijking heeft. Er zou ook een variatie in soortelijk gewicht mogelijk zijn waardoor kinderen zich gaan afvragen hoe het komt dat ballen van dezelfde grootte een verschillende uitwijking hebben! Voordeel van dit concept is dat het in groepsverband gebruikt kan worden wat goed bij de sterrenwacht past omdat de kinderen vooral in groepen een bezoek komen brengen, meestal vanuit een school. Hier komt bij dat kinderen een beeld hebben hoe ballen zich normaal gedragen, en zich dus zullen verwonderen waarom ze bijvoorbeeld naar de buitenkant bewegen.

figuur 3.1

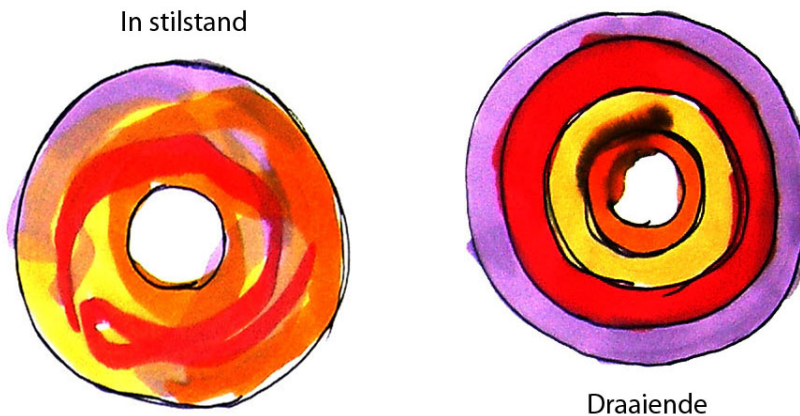


Figuur 3.2



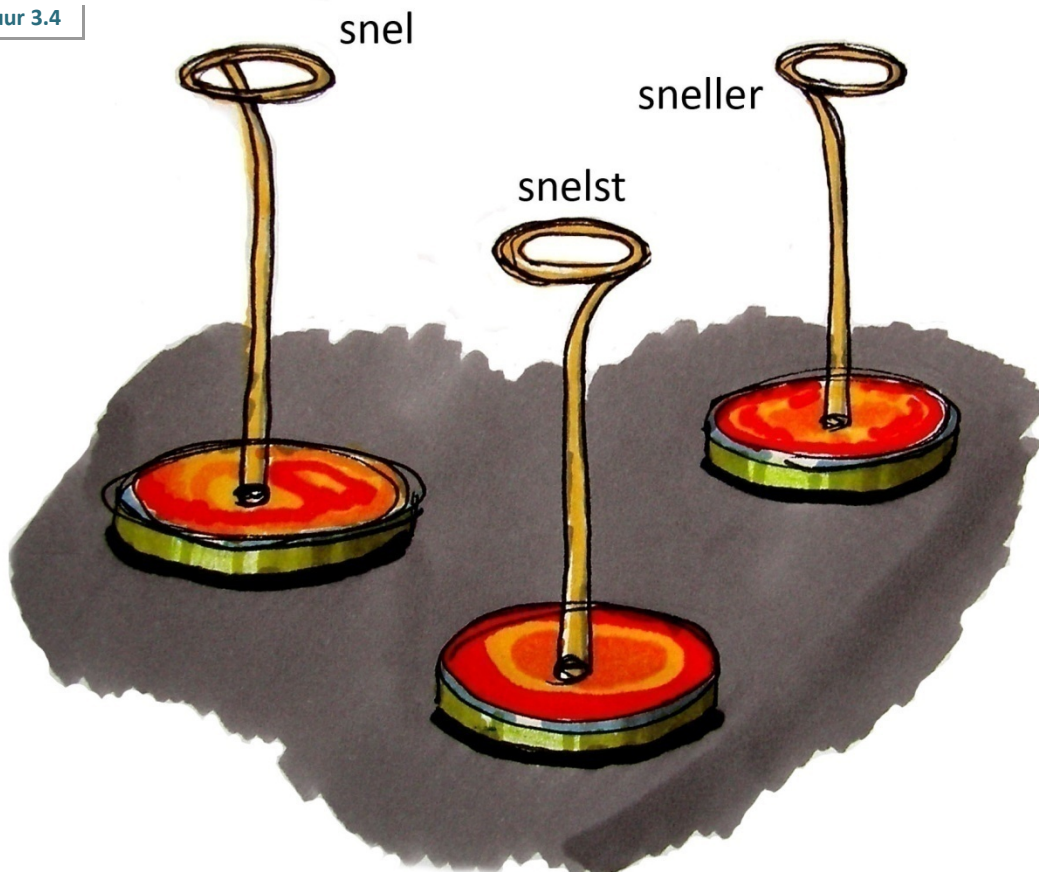
Op de tekening in figuur 3.3 is een variatie te zien waarin vloeistoffen gebruikt worden. De trechter uit het vorige idee kan vervangen worden door een platte schijf met daarin verschillende vloeistoffen met een verschillend soortelijk gewicht. Het idee is dan dat wanneer de omwentelingsnelheid van het toestel toeneemt de stoffen zich gaan scheiden en zo ringen vormen. Wanneer de vloeistoffen onderling verschillen van kleur vormt zich het beeld wat aan de rechterkant te zien is op de tekening.

Figuur 3.3



Een ander idee dat voortkwam uit het vorige concept is op de tekening te zien in figuur 3.4. Dit idee bestaat uit 3 verschillende eenpersoons draaischijven. De gebruiker kan zichzelf aan de staaf in het midden ronddraaien. Uit het marktonderzoek is gebleken dat kinderen onderling graag allerlei wedstrijden houden waar dit idee duidelijk op is gebaseerd. Hier wordt gebruik gemaakt van de het hiervoor beschreven idee met vloeistoffen, dus naar mate het toestel sneller ronddraait zullen de verschillende vloeistoffen duidelijkere ringen vormen.

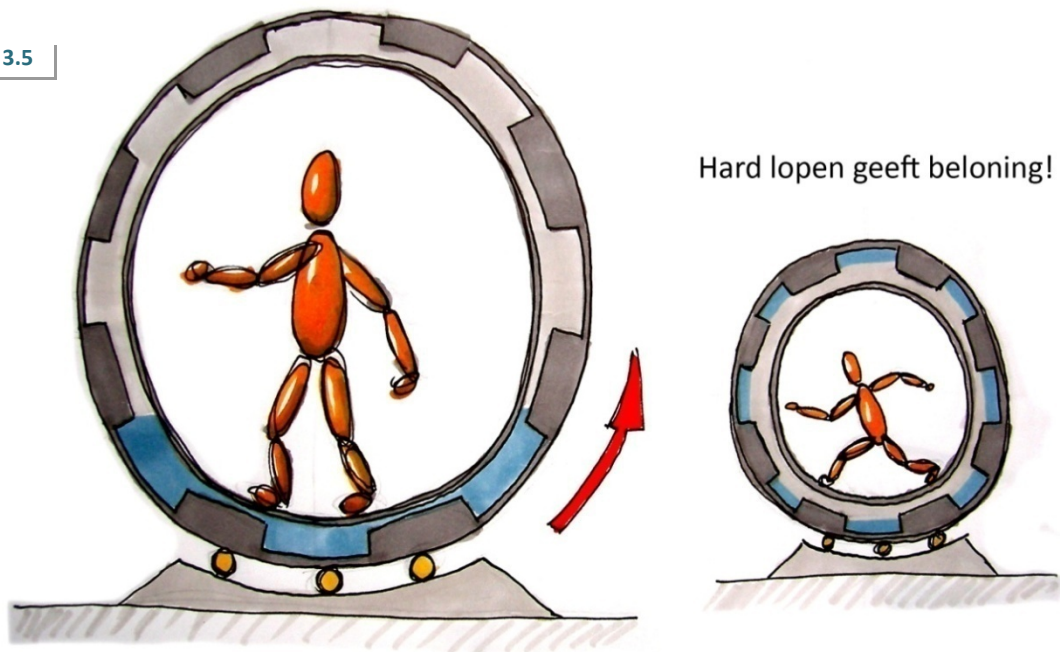
Figuur 3.4



## Concept 2

Het volgende concept is gebaseerd op een ronddraaiende emmer water. Wanneer deze hard rondgeslingerd wordt zal het water tegen de bodem van de emmer aangedrukt worden onder invloed van de middelpuntvliedende kracht en wanneer de emmer maar hard genoeg wordt rondgeslingerd zal het water niet uit de emmer bewegen. Dit principe is gecombineerd met het looprad dat ook in het marktonderzoek te vinden is en is te zien in figuur 3.5. De gebruiker stapt in het rad en probeert door hard te lopen zoveel mogelijk water in de ruimtes aan de buitenkant van het rad te krijgen om uiteindelijk een patroon te krijgen dat rechts in de figuur is afgebeeld. Nadeel van het toestel is dat het maar door één persoon gebruikt kan worden. Wel zouden er meerdere naast elkaar gezet kunnen worden zodat er een vorm van competitie kan worden gehouden. Dit concept heeft als nadeel ten opzichte van concept 1 dat de relatie met het heelal minder duidelijk aanwezig is en mede daardoor af valt.

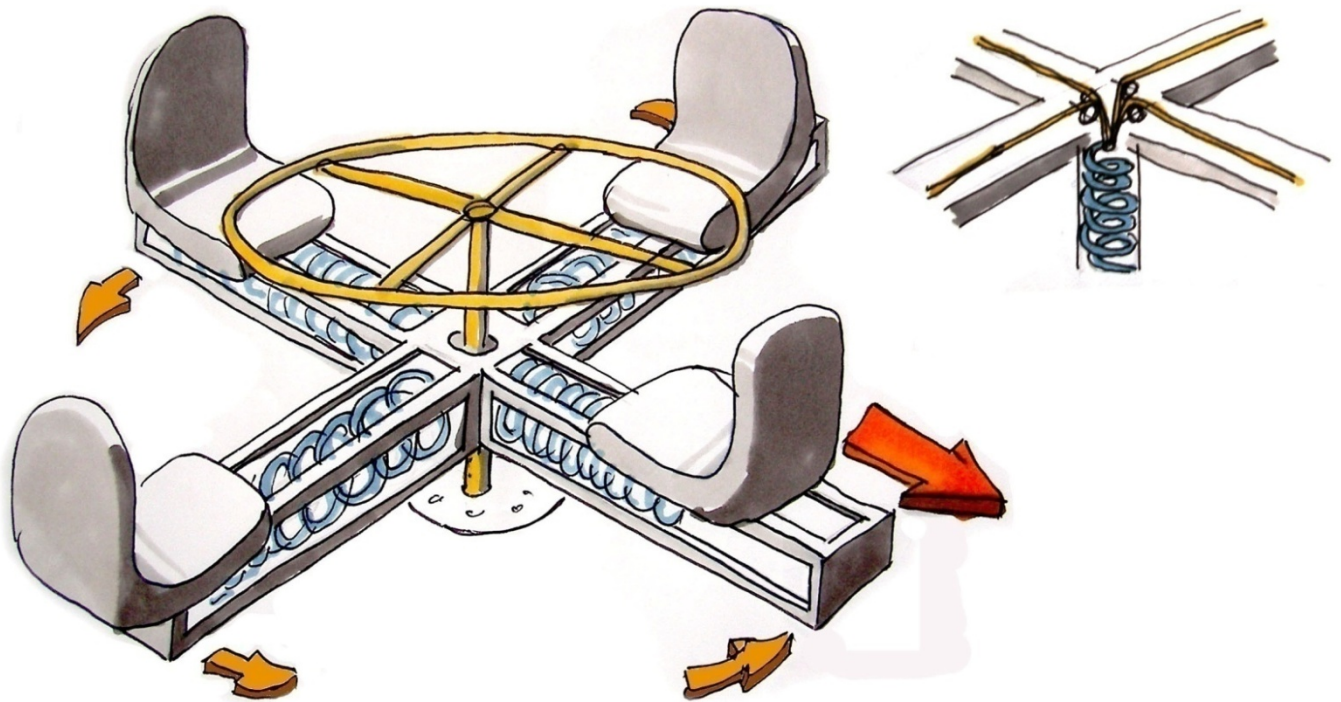
Figuur 3.5



## Concept 3

In tegenstelling tot de vorige concepten ervaart in dit derde concept de gebruiker zelf wat de middelpuntvliedende krachten teweeg brengen. Zoals te zien is in figuur 3.6 (volgende bladzijde) zitten de vier stoelen van dit draaitoestel op rails waardoor ze naar- en van het middelpunt af kunnen schuiven. Wanneer het toestel aan het draaien wordt gezet zullen de stoelen steeds verder naar de buitenkant geduwd worden door de middelpuntvliedende krachten die de gebruiker tegen de rugleuning aan drukt. Om ervoor te zorgen dat de stoelen bij een vermindering van de rotatiesnelheid ook weer in de oorspronkelijke positie terug keren zitten de stoelen vast aan een veer. Nadeel van dit concept is dat wanneer het toestel hard draait de gebruikers het toestel niet meer kunnen aansturen. Dit betekent dat ofwel de ervaring minder wordt doordat de gebruiker niet verder naar buiten kan schuiven (of de aansturing kan niet meer gedaan worden). Aan de rechterkant op de tekening is er nog een mogelijkheid getekend om alle 4 de stoelen een even grote uitwijking te geven door ze vast te maken met een niet verende kabel die gezamenlijk aan een veer vast zitten. Dit voorkomt dat zwaardere kinderen een grotere uitwijking krijgen dan lichtgewicht. Het grootste nadeel van dit concept is de veiligheid. Onbeschermde schuivende en verende onderdelen brengen het gevaar met zich mee dat kinderen bekneld kunnen raken. Vanwege deze twee nadelen is dit concept afgevalen.

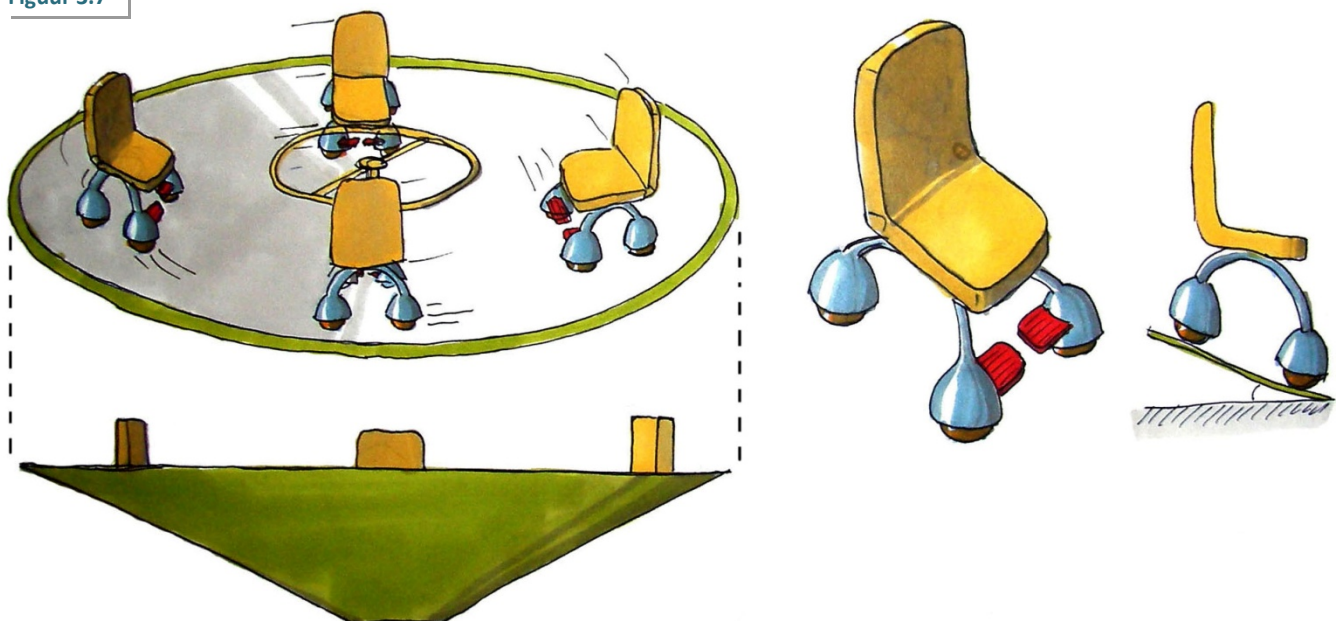
Figuur 3.6



#### Concept 4

Er volgen nog twee concepten die wat gewaagder zijn dan de vorige. Eén ervan is te zien in figuur 3.7. Het idee is dat de gebruiker plaats neemt in een van de stoelen en zichzelf lanceert door zich af te zetten aan het middenstuk. De stoelen zijn geplaatst op ballen wat ervoor zorgt dat de stoel alle kanten op kan bewegen. De voor- en achterste set ballen zijn geplaatst onder een hoek. Nadelen zijn dat ten eerste de stoelen niet vast zitten, dus die liggen zeer waarschijnlijk binnen de kortste keren buiten de baan. Daarnaast is het de vraag of de stoelen zich wel in een cirkelbaan gaan bewegen. Ook worden de stoelen een soort botsauto's aangezien kinderen wel van misbruik houden. Dit concept is afgevallen.

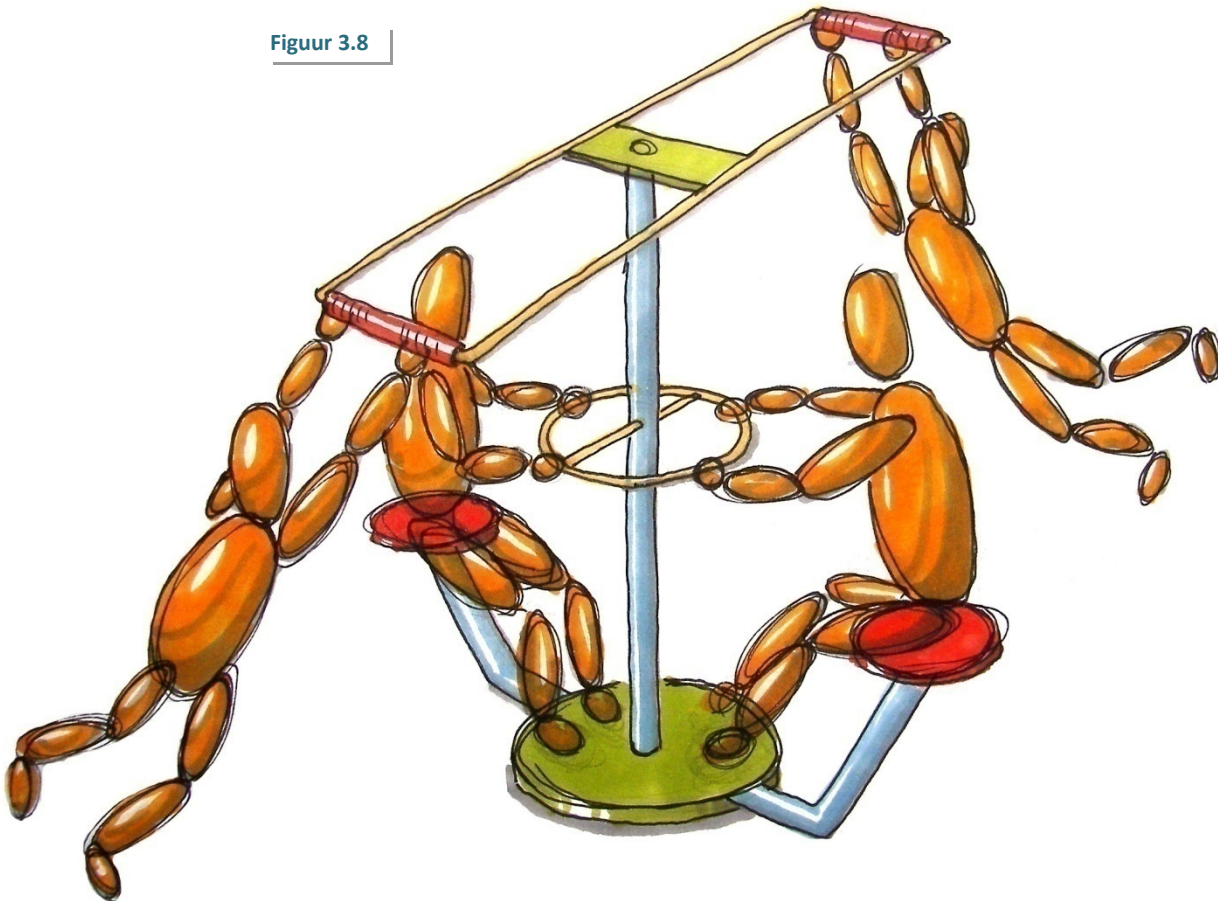
Figuur 3.7



## Concept 5

Het vijfde en laatste concept, te zien in figuur 3.8, is een combinatie van de draaiende paddenstoel (zie markonderzoek figuur 2.9) en de aandrijving van een klassiek draaitoestel. Het toestel zou op twee manieren kunnen werken: Manier 1: twee personen die zitten en het toestel aandrijven sturen alleen de bovenkant aan, dus dat de hangende personen als enige ronddraaien. Manier 2: twee personen drijven het hele toestel aan en draaien zelf ook mee. Nadeel van de eerste variant is dat het rek waaraan de kinderen hangen ver naar buiten moet omdat ze anders in aanraking komen met de kinderen die de aandrijving regelen. Nadeel van de tweede variant is dat wanneer de persoon die hangt loslaat en naar voren valt hard in aanraking komt met een van de ronddraaiende stoelen. Goede punten aan het concept zijn dat middelpuntvliedende krachten sterk ervaren wordt door de hangende mensen omdat het steeds zwaarder wordt naar mate het toestel sneller gaat draaien. Ook is er een vorm van competitie, namelijk wie het langste blijft hangen! Door het gevaar wat het toestel met zich meebrengt is dit concept afgefallen.

Figuur 3.8

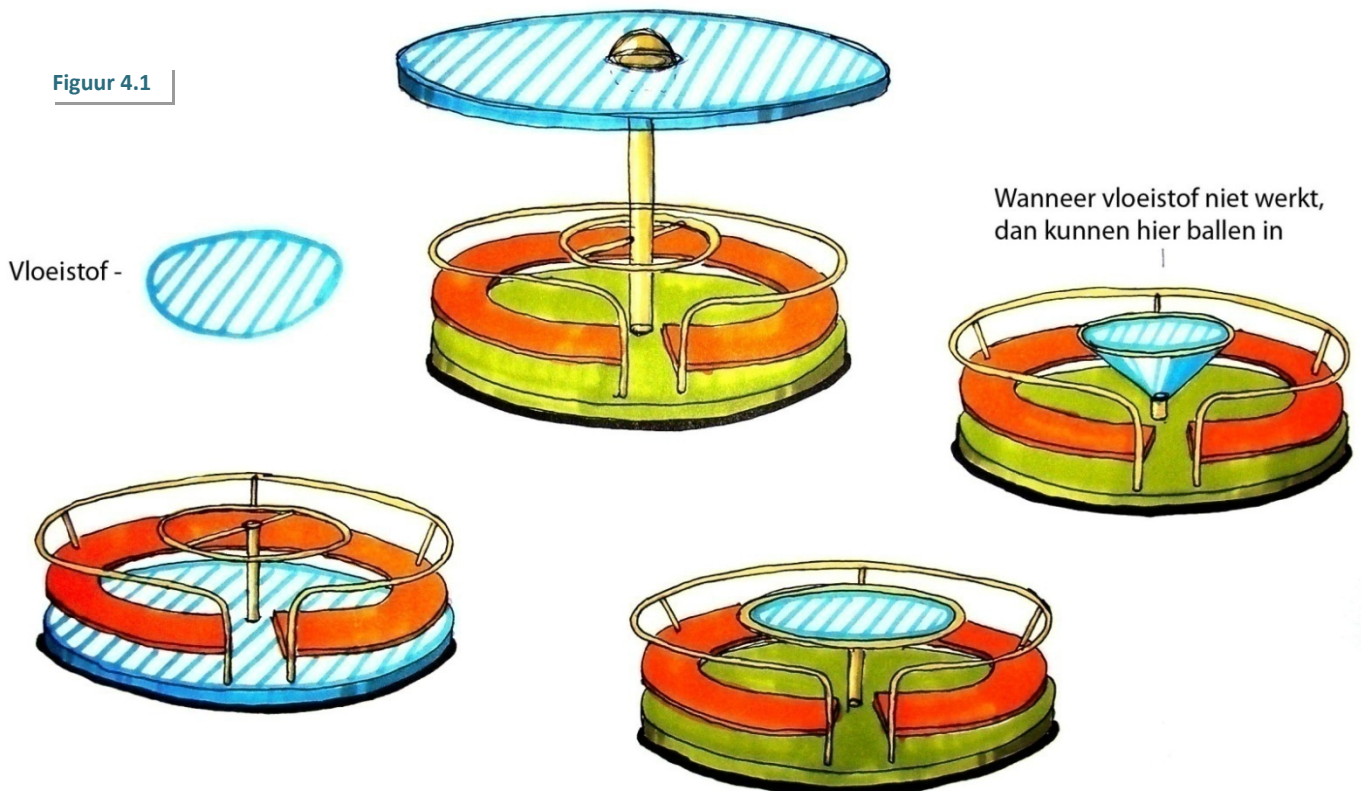


Zo tegen het eind van de conceptfase is er een artikel geschreven voor het blad van de sterrenwacht genaamd 'Sterrenkids'. Dit is een blad die naar verschillende leden en scholen gaat met allerlei artikelen over de sterrenwacht en over het heelal. Het artikel dat ik heb geschreven is gericht aan de kinderen en beschrijft de opdracht tot zover. Het artikel is te vinden in bijlage 1.

## Hoofdstuk 4 Eindconcept

Doordat het eerste concept uit hoofdstuk 3 veel voordelen heeft ten opzichte van de andere concepten, met als voornaamste redenen de veiligheid en dat het toestel gebruikt kan worden door meerdere kinderen tegelijk, is gekozen om deze variant van het klassieke draaitoestel verder uit te werken.

De kinderen die gebruik maken van dit toestel moeten door middel van of ballen of vloeistoffen geprikkeld worden na te denken over middelpuntvliedende krachten. Als eerste is er gekeken waar de ballen of vloeistoffen geplaatst zouden kunnen worden in de meest standaard vorm van een klassiek draaitoestel, zoals te zien in figuur 4.1.



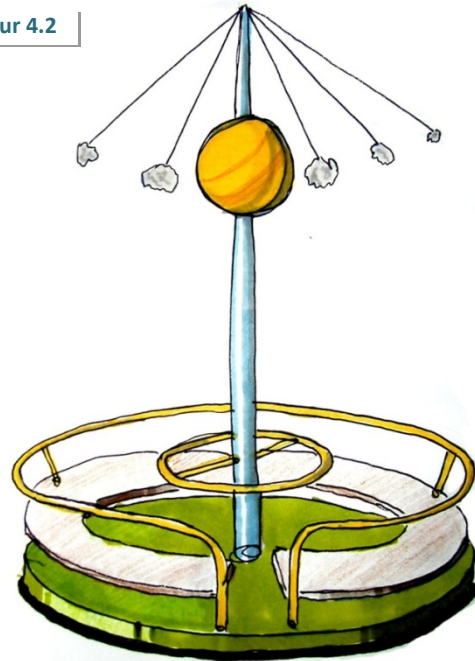
De optie rechtsonder lijkt de meest voor de hand liggende omdat het effect van de middelpuntvliedende krachten goed in het zicht is van de kinderen in het toestel. De bovenste optie is omslachtig en onnodig duur, wel kan er ook tijdens regen gespeeld worden. In de optie linksonder is het effect ook redelijk goed te zien voor de gebruiker, alleen slijt het doorzichtige materiaal erg hard doordat er veel op gelopen wordt waardoor het zicht op de vloeistoffen verminderd. Er is dus gekozen voor de optie rechtsonder en rechts in het geval wanneer ballen gebruikt gaan worden.

In de figuur 4.2 (volgende pagina) is nog een andere manier te zien om middelpuntvliedende krachten duidelijk te maken. Wanneer het toestel draait zullen de gewichten naar de buitenkant uitwijken. Goed punt van dit toestel is dat de naam van het project, 'Ringen van Saturnus', duidelijk in beeld komt, de gewichten stellen de ringen voor die om de planeet heen draaien. Nadeel is dat het toestel op de tekening niet werkt omdat de cirkelvormige buis in het midden niet met het toestel mee hoort te draaien omdat de gebruiker zich daarmee af dient te zetten. Dit betekent dat de



planeet en gewichten ook niet draaien. Dit probleem is niet zo te makkelijk verhelpen omdat de cirkelvormige buis aan de grond vast moet zitten, en het gedeelte waar de planeet en gewichten aan zitten verbonden moet worden met het draaigedeelte. Om het werkend te krijgen zal er dus een constructie moeten komen die buiten de cirkelvormige buis loopt, maar tegelijkertijd het aandrijven niet mag hinderen. Wat wel kan is afzetzpalen buiten het toestel plaatsen, maar dan komt de gebruiker verkeerd om te zitten en kan niet naar de planeet kijken.

Figuur 4.2



## 4.1 Vormgeving

Kenmerkend voor sterrenwachten zijn de bolvormige koepels waarin zich de telescoop bevindt, elke sterrenwacht heeft er namelijk een. Een aantal voorbeelden van deze koepels zijn te zien op de vier sterrenwachten te zien in figuur 4.3. De meest linker foto is de sterrenwacht Cosmos zelf.

Figuur 4.3



De koepels zijn opgebouwd uit kunststof platen die samen de halve bol vormen. Aan een zijde zit een opening waardoor de telescoop kijkt. Deze opening loopt van onder tot boven zodat de telescoop zo gepositioneerd kan worden dat alles aan de hemel in beeld kan worden gebracht. De opening is bij Cosmos duidelijk te zien aan de zwarte lijnen, op de foto aan de rechterkant van de bol.

De vormgeving van de koepel is vertaald in het speeltoestel dat te zien is in figuur 4.4. Deze vormgeving is de meest directe vertaling, het toestel heeft dezelfde opbouw als de koepels door de verticale gebogen platen. Wel is er een stuk afgesneden om te voldoen aan de vereiste maximale valhoogte van 1 meter. Ook wordt zo duidelijker dat het om een draai/speeltoestel gaat. Het probleem van deze variant is echter dat de gebruiker niet prettig kan zitten omdat de rugleuning naar binnen toe buigt.

Figuur 4.4



Het laatstgenoemde probleem is makkelijk te verhelpen door de koepel om te draaien zodat er zich een soort kuip vormt, te zien in figuur 4.5 aan de linkerkant. Tijdens het tekenen van dit toestel ontstond het idee wat uitgebeeld is aan de rechterkant. Door de naden van het linkertoestel los te maken ontstaan er een achttal stoelen. Wanneer deze stoelen onderaan gescharnierd en geveerd worden krijgen deze een uitwijking wanneer het toestel gaat draaien waardoor de gebruiker zelf ervaart hoe middelpuntvliedende krachten op hem inwerken! Dit in combinatie met in het midden een ballenspel of de eerder besproken vloeistoffen zal uitgewerkt worden tot een eindmodel.

Figuur 4.5

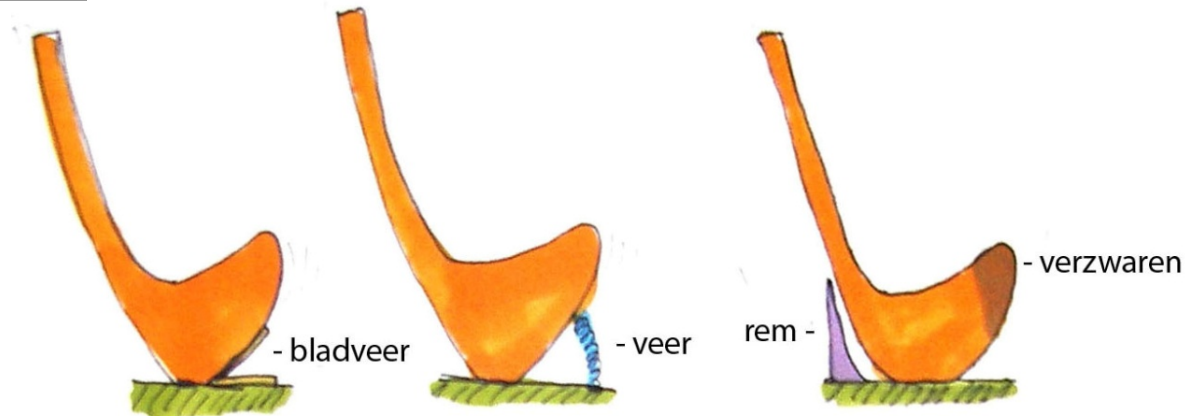


Sneller draaien betekent grotere uitwijking!

## 4.2 Vering

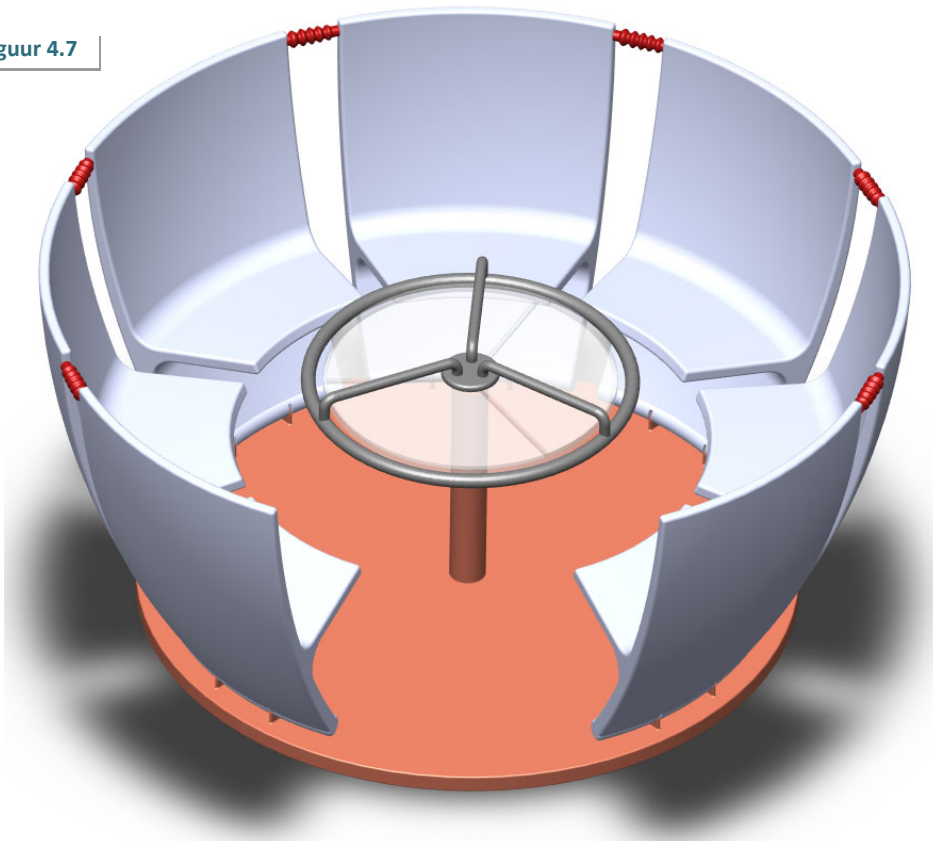
Nu het duidelijk is welke ideeën gebruikt gaan worden in het uiteindelijke ontwerp is gekeken hoe de stoelen zouden kunnen terugveren. Een aantal vroege schetsen zijn te zien in figuur 4.6. Het probleem bij de meeste oplossingen is dat er rekening gehouden moet worden met lichaamsdelen van kinderen die er tussen zouden kunnen komen zoals vingers, armen enzovoorts. Hierdoor vallen de rechter twee al af. De bladveer zou in een andere positie wel de oplossing kunnen bieden.

Figuur 4.6



In de figuur 4.7 hieronder is een Solidworks model te zien waarin ook een veersysteem is verwerkt. Het idee hier is om de stoelen aan de onderkant op een simpel scharnier te plaatsen, en aan de bovenkant te verbinden door middel van veren (de veren zijn in rood weergegeven). Probleem bij deze variant is dat ten eerste de belasting verdeeld moet zijn, dus overal dienen even zware kinderen te zitten, en ten tweede is de cirkel niet compleet omdat er ook een ingang in zit waardoor de balans ook zoek is.

Figuur 4.7

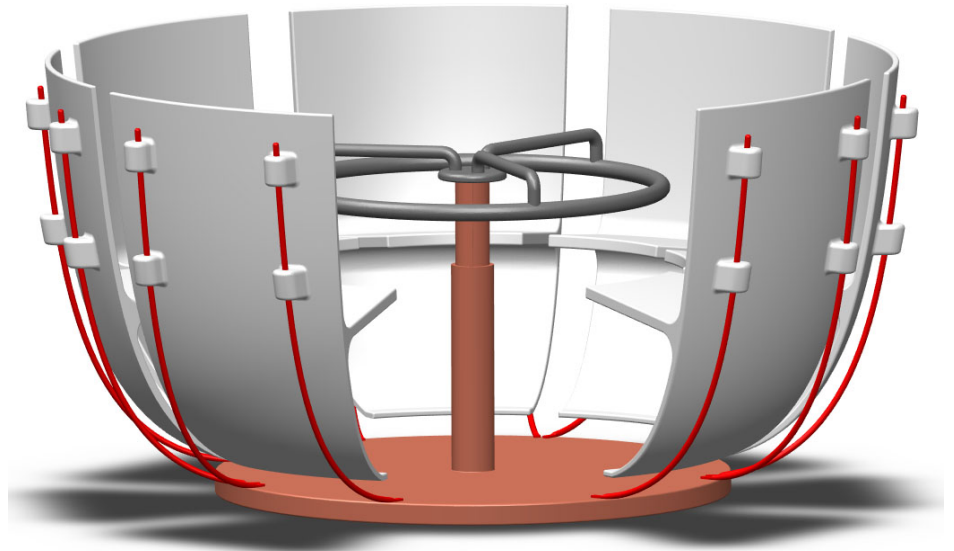


Tijdens een bezoek aan het centrum van Enschede stuitte ik op het speeltoestel dat te zien is op figuur 4.8. Dit toestel is een wip-wap, dat geveerd wordt door 2 gekromde buizen. Dit idee is overgenomen in het toestel dat te zien is op figuur 4.9 waarbij de stoelen zijn opgehangen aan 2 buizen (weergegeven in het rood) die voor de vering zorgen. Voordeel van deze veermethode is dat er een ruimte vrij gelaten kan worden tussen de stoel en de buizen zodat kinderen daar niet bekneld kunnen raken. Groot nadeel van deze methode is dat het de vormgeving niet ten goede komt. Er is ook nog geprobeerd de buizen aan de beide zijanten van de stoel te plaatsen maar het blijft afbreuk doen aan de vormgeving.

Figuur 4.8



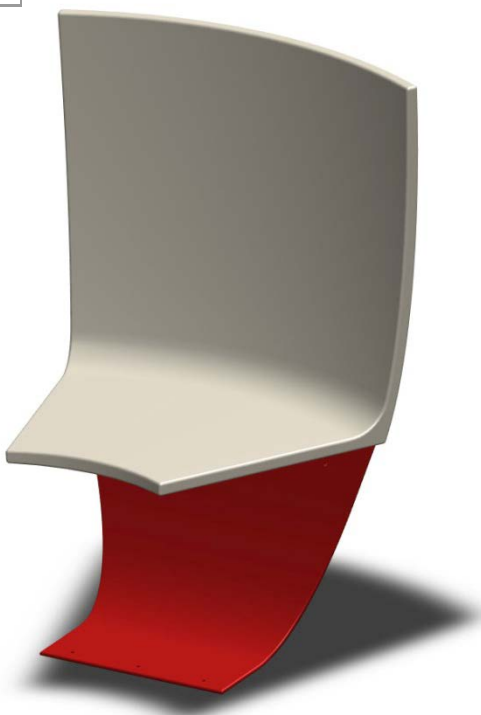
Figuur 4.9



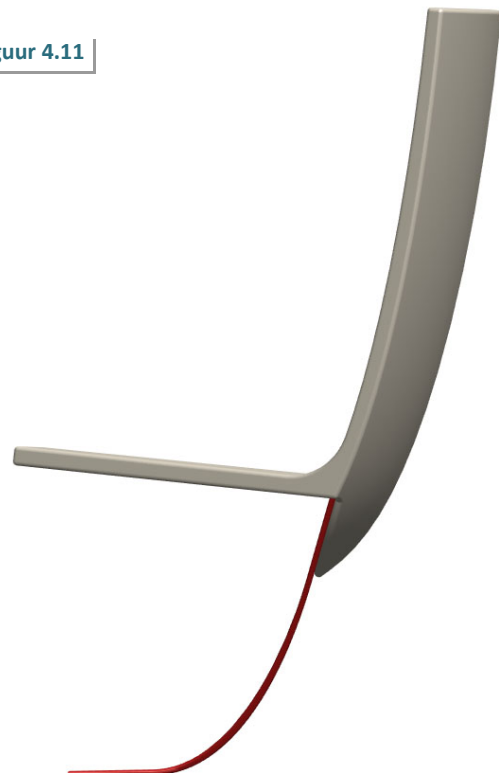
#### 4.2.1 Bladveer

Na allerlei ingewikkelde constructies zoals hiervoor te lezen was de uiteindelijke oplossing uiteindelijk vrij simpel, namelijk de stoel zelf op een bladveer te plaatsen. Van de stoel en de bladveer zijn Solidworks modellen gemaakt die te zien zijn in figuur 4.10 en 4.11 respectievelijk gezien vanuit een isometrisch perspectief en een zijaanzicht. De bladveer is in het rood weergegeven. De veer zelf is in één richting gebogen, anders is het buigen niet mogelijk.

Figuur 4.10



Figuur 4.11

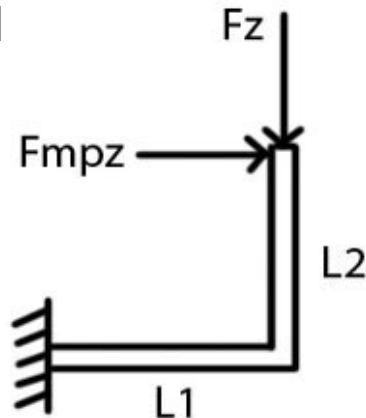


Nu het duidelijk is wat voor veer er gebruikt gaat worden kan er een schatting gemaakt worden hoe dik deze veer moet zijn. Uiteindelijk is er bepaald dat de uitwijking van de bovenste punt van de stoel 20 tot 25 cm moet uitwijken wanneer er een persoon plaatsneemt van 11 -12 jaar die zwaarder is dan 95% van de kinderen. Dit komt neer op  $52 \text{ kg}^4$ , en samen met het gewicht van de stoel komt dit neer op ongeveer 60 kg. Het toestel draait bij deze berekening een gestelde maximum snelheid van 5 m/s (gemeten aan de buitenkant). Het draaitoestel zal in totaal zeven stoelen bevatten. Van deze zeven stoelen zullen er drie zijn die bovengenoemde uitwijking zullen hebben en vier ervan zullen een stijvere (dus dikkere) veer krijgen. De reden hiervoor is dat wanneer de uitwijking van de stoel maximaal is diegene op deze stoel niet makkelijk meer bij de aandrijfstang kan. Wanneer dit dus voor alle stoelen zou gelden houdt het toestel dus op met draaien. Doordat vier stoelen eens stijvere veer krijgen kunnen de personen daarop zorgen voor de aandrijving.

### Berekening dikte bladveer

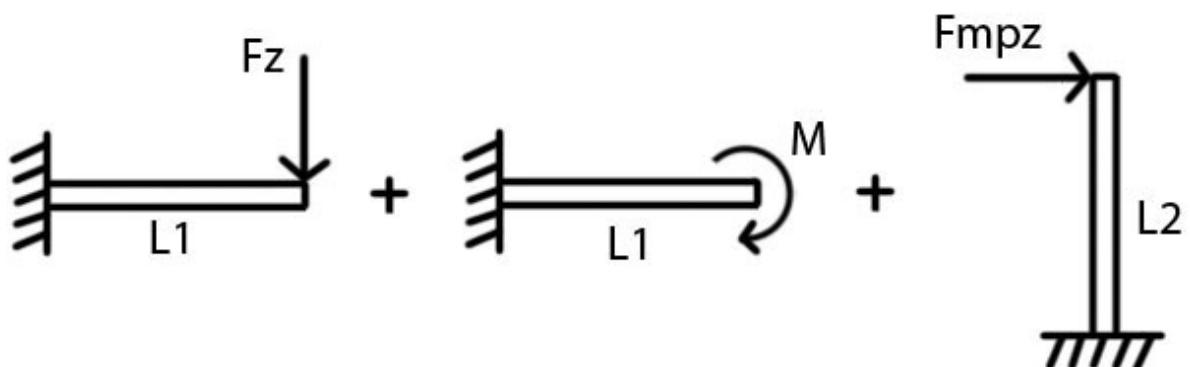
Samen met een medewerker van de sterrenwacht, Jan Bossink, is uitgezocht hoe de dikte van de bladveer benaderd kan worden. Dit resulteerde in het model dat te zien is in figuur 4.12.

Figuur 4.12



De hoekverdraaiing aan de bovenkant van de bladveer kan vervolgens berekend worden door de hoekverdraaiingen afgebeeld in figuur 4.13 op te tellen. Het moment in het middelste gedeelte van de formule wordt veroorzaakt door de middelpuntvliedende kracht (hier weergegeven als  $F_{mpz}$ ) en heeft de grootte  $F_{mpz} * L_2$ .

Figuur 4.13



De bijbehorende formules zijn:

$$\theta_1 = \frac{F_z L_1^2}{2 E I_z} + \theta_2 = \frac{M L_1}{E I_z} + \theta_3 = \frac{F_{mpz} L_2^2}{2 E I_z}$$

Wanneer deze 3 hoekverdraaiingen bij elkaar op zijn geteld kan de uitwijking van de top van de stoel worden bepaald door dit te verrekenen met de hoogte van de stoel +  $L_2$ . Maar eerst zal de totale hoekverdraaiing berekend worden. Invullen van de formule met:

$$F_z = 60 \text{ kg} * 9,8 = 588 \text{ N}$$

$$L_1 = 0,31 \text{ m}$$

$$L_2 = 0,32 \text{ m}$$

$$E = \text{Verenstaal} = 210 * 10^9 \text{ Pa}$$

$I_z$  = Oppervlakte traagheidsmoment, om de berekening iets eenvoudiger te maken is de bladveer beschouwd als een balk met een basis van 0,4m en een hoogte van x m. Deze x is dus de dikte van de veer die berekend moet worden. Voor de eerste berekening is deze op 0,01 m gezet.

$I_z$  wordt berekend voor een balk met de formule  $1/12 * b * h^3$ . En is in dit geval dus  $1/12 * 0,40 * 0,01^3 = 3,33 * 10^{-8}$ .

$$M = F_{mpz} * L_2$$

Eerst de berekening van  $F_{mpz}$ . Volgens de wet is vastgesteld dat het toestel aan de buitenkant een maximale snelheid mag hebben van 5 m/s. Bij deze snelheid zal de uitwijking dus maximaal zijn. Ook is vastgesteld dat de maximale diameter van een klassiek draaitoestel 2000 mm mag zijn. Deze diameter komt dicht bij het uiteindelijke model dat iets kleiner zal zijn.

$F_{mpz}$  kan berekend worden met de formule  $F_{mpz} = m \omega^2 r$ .

$$m = 60 \text{ kg}$$

$\omega = 2\pi/T$  waarbij T de tijd is die nodig is voor 1 omwenteling. De omtrek van het toestel is

$$\pi * d = \pi * 2,00 = 6,28 \text{ m. T is dus } 6,28/5 = 1,26 \text{ s. De hoeksnelheid } \omega \text{ is dan } 2\pi/1,26 = 5 \text{ RAD/s}$$

$$F_{mpz} = 60 * 5^2 * 1,00 = 1500 \text{ N}$$

$$M = 1500 * 0,32 = 480 \text{ Nm}$$

Hiermee zijn alle onbekenden bekend en kan de formule van ingevuld worden.

$$\theta_1 = \frac{F_z L_1^2}{2 E I_z} + \theta_2 = \frac{M L_1}{E I_z} + \theta_3 = \frac{F_{mpz} L_2^2}{2 E I_z}$$

$$\frac{588 * 0,31^2}{2 * 210 * 10^9 * 3,33 * 10^{-8}} + \frac{480 * 0,31}{210 * 10^9 * 3,33 * 10^{-8}} + \frac{1500 * 0,32^2}{2 * 210 * 10^9 * 3,33 * 10^{-8}}$$

Met als uitkomst  $\theta = 0.036 \text{ RAD}$

Bij kleine hoeken kan de uitwijking benaderd worden door de lengte maal de hoek in RAD, de uitwijking van de stoel is dus bij benadering  $0,9 * 0,036 = 0,032$  m. Dit is te weinig. Met de grafische rekenmachine is de hele som achter elkaar ingetypt en met de mogelijkheid om sommen nadat ze zijn ingevoerd nog aan te passen is de waarde van  $I_z$  veranderd in de waarden die hieronder zijn weergegeven:

$I_z$  bij een dikte van 0,009 m wordt  $2,43 * 10^{-8}$ . De hoekverdraaiing wordt dan 0,050 RAD waardoor de uitwijking 0,045m wordt.

$I_z$  bij een dikte van 0,008 m wordt  $1,71 * 10^{-8}$ . De hoekverdraaiing wordt dan 0,071 RAD waardoor de uitwijking 0,064m wordt.

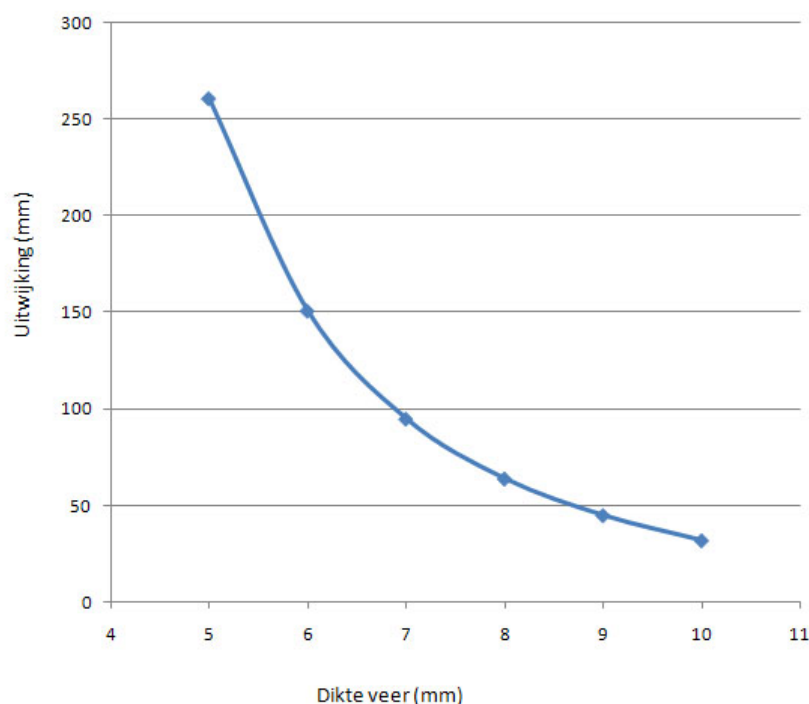
$I_z$  bij een dikte van 0,007 m wordt  $1,14 * 10^{-8}$ . De hoekverdraaiing wordt dan 0,106 RAD waardoor de uitwijking 0,095m wordt.

$I_z$  bij een dikte van 0,006 m wordt  $7,2 * 10^{-9}$ . De hoekverdraaiing wordt dan 0,168 RAD waardoor de uitwijking 0,151m wordt.

$I_z$  bij een dikte van 0,005 m wordt  $4,17 * 10^{-9}$ . De hoekverdraaiing wordt dan 0,290 RAD waardoor de uitwijking 0,261m wordt.

Deze waarden zijn in een grafiek gezet (figuur4.14) waarin duidelijk het verband te zien is tussen de dikte van de veer en de uitwijking. De conclusie die hierbij hoort is dat de uitwijking exponentieel afneemt naar mate de veer dikker is.

**Figuur 4.14**



### Conclusie:

De uitwijking waarnaar gezocht wordt ligt tussen de 20 en 25 cm. Uit de grafiek is dan af te lezen dat de bladveer een dikte moet krijgen die ligt tussen 5.5 en 5.9 mm. Bij de overige vier stoelen is een uitwijking van ongeveer 5 cm geschikt zodat de gebruiker nog prima bij de aandrijfstang kan en tegelijkertijd wel een uitwijking zal merken. De bladveer zal op die plekken een dikte van 8.8 mm krijgen.

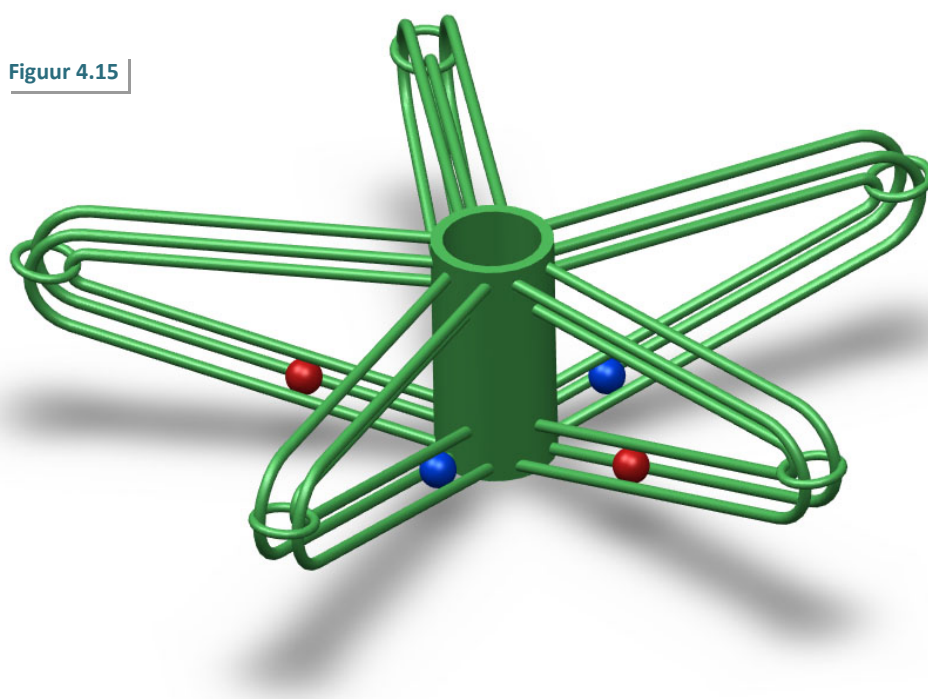
### 4.3 Ballenrek

Een andere belangrijke feature van het speeltoestel is de visuele manier waarop middelpuntzoekende krachten duidelijk gemaakt worden aan kinderen. In het eerste gedeelte van het hoofdstuk eindconcept is te lezen dat dit door middel van ballen of vloeistoffen gedaan kan worden. Allereerst is uitgezocht of het idee met de vloeistoffen eigenlijk wel mogelijk is. Hiervoor is contact opgenomen met dr.ir. Martin van St. Annaland die bedreven is in scheikunde en chemie. Deze heeft wegens tijdgebrek het probleem doorgeschoven op een promovendus genaamd Ivo Roghair. Deze gaf aan dat het idee moeilijk uit te voeren is omdat de vloeistoffen wanneer ze gescheiden zijn niet meer terugkeren in de oorspronkelijke positie. Ook is het zo dat er verschillende compartimenten moeten worden gemaakt, want wanneer men bijvoorbeeld een glas water om zijn as ronddraait zal de vloeistof zelf niet gaan draaien. Samen met de reden dat vloeistoffen voor de kinderen lastiger te interpreteren zijn is dit idee komen te vervallen.

#### Ballen:

Nu het duidelijk is geworden dat het idee met de vloeistoffen niet gaat werken is het idee met de ballen verder uitgewerkt. Het eerste idee dat te zien is in figuur 3.1 (hoofdstuk 3, concept 1) bestaat uit een trechtervorm waarin de ballen vrij kunnen bewegen. In deze vorm zullen de ballen echter niet naar de buitenkant bewegen. Dit komt doordat wanneer het toestel gaat draaien de ballen onderin de trechter zullen gaan rollen. Hierdoor blijven de ballen min of meer op de plaats en laten het speeltoestel als het ware onder zich door rollen. Hierdoor bewegen de ballen niet in een cirkelbaan en zijn daardoor niet onderhevig aan middelpuntvliedende krachten.

Er zal dus een manier gevonden moeten worden om ervoor te zorgen dat de ballen wel in een cirkelbaan gaan bewegen maar zicht tegelijkertijd naar de buitenkant kunnen bewegen. Dit kan door de ballen in een rails te plaatsen. Hier is een Solidworks model van gemaakt en is te zien in figuur 4.15. Dit gedeelte zal in het midden van het toestel komen te zitten vlak onder de aandrijfstang en zal 1 op 1 meedraaien met het toestel. De hellingshoek van de rails zijn in dit model nog willekeurig gekozen. Dit model is namelijk in een vroeg stadium gemaakt om het idee duidelijk te maken. De ballen worden volledig ingesloten door de 3 stangen zodat kinderen de ballen niet los kunnen halen van het toestel. De ringen aan de buitenkant van de vijf rails zijn er om te voorkomen dat kinderen de stangen uit elkaar kunnen trekken om op die manier de ballen eruit te halen.





Nu het idee duidelijk is kunnen de rails verder uitgewerkt worden. Op de een of andere manier had ik de gedachte dat de middelpuntvliedende kracht die op de ballen werkt zou afnemen naar mate de ballen verder van het middelpunt af zouden rollen wat verklaard waarom de rails in het vorige model een lineaire stijging hebben. Dit klopt niet want de middelpuntvliedende kracht neemt juist toe naar mate de ballen verder van het middelpunt af rollen. Dit kan uitgelegd worden met behulp van de formule voor de berekening van de middelpuntvliedende kracht:  $F_{mpz} = m \omega^2 r$ . Wanneer de ballen verder van het middelpunt af rollen neemt de straal dus toe. De massa  $m$  en hoeksnelheid  $\omega$  blijven gelijk, dus moet  $F_{mpz}$  wel toenemen. Wanneer het ballenrek van figuur 4.15 rond gaat draaien zullen de ballen dus onderin blijven liggen tot dat de middelpuntvliedende kracht groter wordt dan de wrijvingskracht in combinatie met de zwaartekracht, waarna de ballen versneld naar de buitenkant zullen rollen waar ze blijven hangen tot het omgekeerde gebeurt. Dit is niet het beoogde effect. Het mooiste effect zou zijn wanneer de ballen geleidelijk naar de buitenkant bewegen naar mate het toestel een grotere omwentelingssnelheid krijgt. Dit kan bereikt worden door de rails een curve te geven.

## Berekening $F_{mpz}$

Om de curve te kunnen schatten is de begin- en eindsteilheid berekend. Dit is gedaan door de middelpuntzoekende kracht op deze 2 punten te berekenen voor een stalen bol en een PMMA bol en vervolgens uit het krachtenspel een hoek te berekenen. Eerst de berekening van de stalen bol:

-Beginpunt stalen bol:

Formule:  $F_{mpz} = m \omega^2 r$

Het beginpunt van de rails is op 0,1 meter  $\rightarrow r = 0,1$

Staal heeft een soortelijk gewicht van  $7,85 \text{ g/cm}^3$

De bol met een diameter van 3 cm heeft een inhoud van  $\frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} * \pi * 1,5^3 = 14,14 \text{ cm}^3$

De massa van de bol is dus  $\rightarrow m = 14,14 * 7,85 = 0,11 \text{ kg}$

Wanneer het toestel begint met draaien is een lage omwentelingstijd genomen van 5 seconden per rondje  $\rightarrow \omega = 2\pi/5$

Invullen geeft  $F_{mpz} = 0,11 * (2\pi/5)^2 * 0,1 = 0,017 \text{ N}$

-Eindpunt Stalen bol:

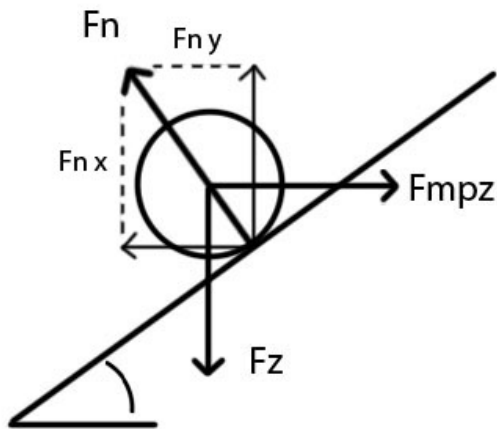
Voor de berekening van het eindpunt is de wettelijk vastgestelde maximumsnelheid genomen, en een straal van 0,4 m.

De omwentelingstijd wanneer het toestel de maximumsnelheid heeft is zoals eerder uitgerekend 1,26 seconden  $\rightarrow \omega = 2\pi/1,26$

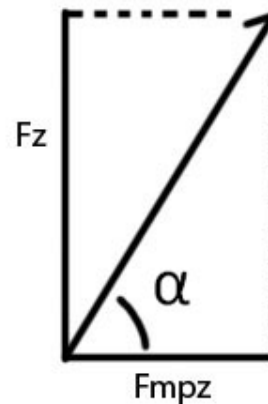
Invullen geeft  $F_{mpz} = 0,11 * (2\pi/1,26)^2 * 0,4 = 1,09 \text{ N}$

## Berekening hoek

Figuur 4.16



Figuur 4.17



De krachten die werken op de bal weergegeven figuur 4.16, met uitzondering van de verwaarloosbare rolwrijving, kunnen weergegeven worden in de volgende evenwichtsvergelijkingen:

$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= F_{mpz} - F_{nx} & \Sigma F_x = 0 &\rightarrow F_{nx} = F_{mpz} \\ \Sigma F_y &= F_{ny} - F_z & \Sigma F_y = 0 &\rightarrow F_{ny} = F_z \end{aligned}$$

De hoek kan vervolgens berekend worden met  $\text{TAN } \alpha = (F_z/F_{mpz}) \rightarrow \alpha = \text{TAN}^{-1}(F_{mpz}/F_z)$  te zien in figuur 4.17.

De hoek die de rails moet hebben bij het beginpunt is dus  $\text{TAN}^{-1}(0,017/(0,11*9.8)) = 0,9$  graden.  
De hoek die de rails moet hebben bij het eindpunt is  $\text{TAN}^{-1}(1,09/(0,11*9.8)) = 45$  graden.

Er is ook nog snel een hoek berekend met een  $r$  van 0,25 m en een omwentelingstijd van 3s. Dit komt neer op 6,3 graden, dit geeft aan dat de curve vrij vlak kan beginnen.

Hetzelfde is gedaan voor een bol van PMMA, ook met een diameter van 3 cm. PMMA heeft een soortelijk gewicht van  $1,19 \text{ g/cm}^3$ . De massa van de bol is  $14,14 * 1,19 = 16,8 \text{ g} = 0,017 \text{ kg}$ . Verder zijn de getallen gelijk aan die van de stalen bol.

Beginpunt PMMA bol:

$$F_{mpz} = 0,017 * (2\pi/5)^2 * 0,1 = 0,0027 \text{ N}$$

Eindpunt PMMA bol

$$F_{mpz} = 0,017 * (2\pi/1,26)^2 * 0,4 = 0,17 \text{ N}$$

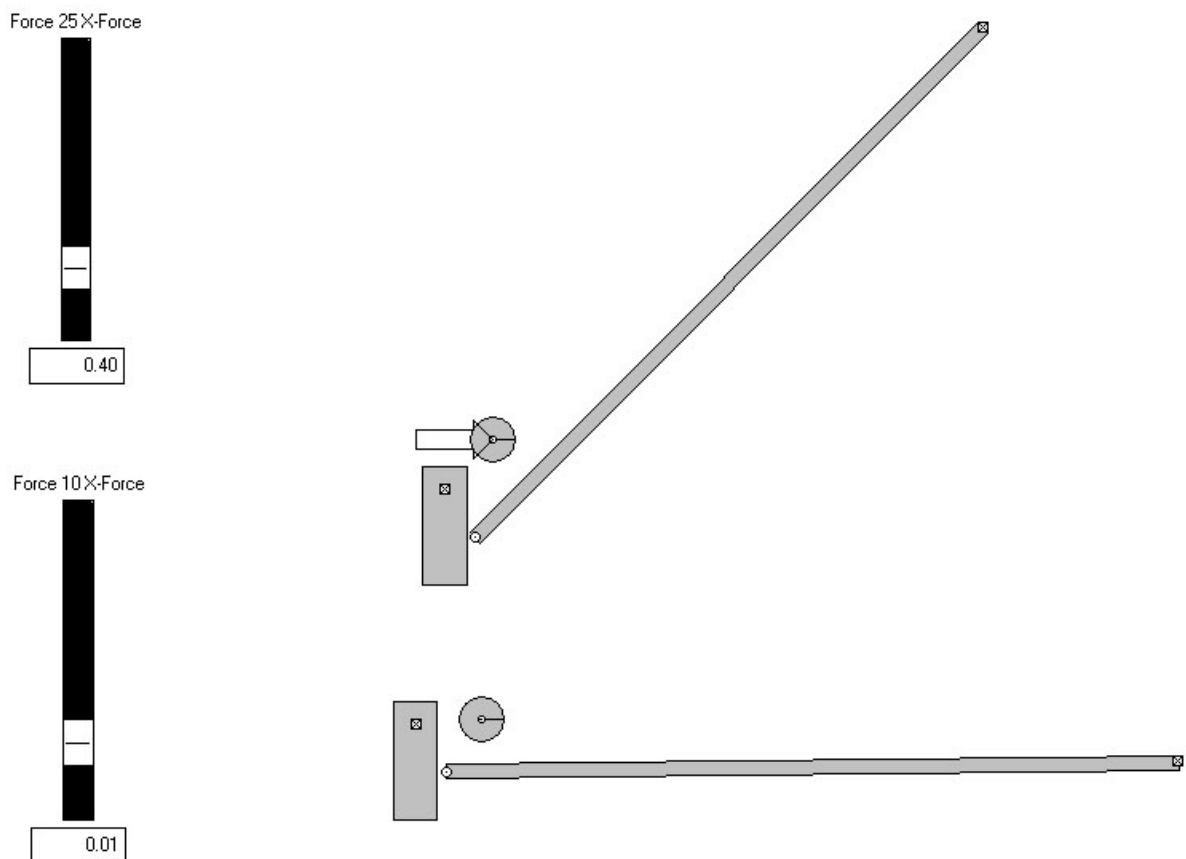
De hoek die de rails moet hebben bij het beginpunt is  $\text{TAN}^{-1}(0,0027/(0,017*9.8)) = 0,9$  graden  
De hoek die de rails moet hebben bij het eindpunt is  $\text{TAN}^{-1}(0,17/(0,017*9.8)) = 45$  graden

Dit is dus precies gelijk aan de metalen bol, hieruit kan geconcludeerd worden dat het niet uit maakt van welk materiaal de ballen zijn. In eerste instantie is dit resultaat jammer, want het was leuk geweest om in de rails onderling variatie te krijgen, dus dat de ene bal bij een hogere draaisnelheid eerder boven is dan de andere. Wat nu wel kan is totaal verschillende ballen gebruiken, bijvoorbeeld

een doorzichtige plastic bol die een stuk lichter lijkt dan een stalen kogel, en dan verwondering opwekken dat beide ballen een identieke uitwijking hebben. Voordeel van de open rails is dat kinderen zelf kunnen voelen hoe zwaar de ballen zijn door ze in de rails te bewegen.

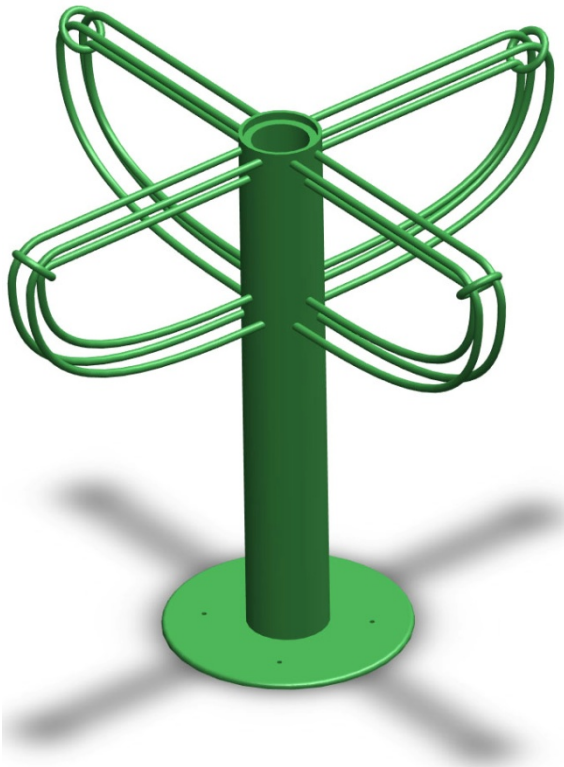
Om de berekeningen te controleren en te kijken of de rolweerstand inderdaad verwaarloosd mag worden zijn de berekende hoeken gecontroleerd in Working Model. Dit is een programma waarmee het gedrag van simpele mechanische constructies kunnen worden getest. Op figuur 4.18 is een screenshot te zien van het programma met de opstelling die gebruikt is. De cirkels stellen de ballen voor, deze hebben de massa en eigenschappen gekregen van de stalen bol. Aan het middelpunt van de cirkels is een horizontale kracht gekoppeld waarvan de grootte ingesteld kan worden met de schuifknoppen aan de linker kant. De rails zijn weergegeven door de lange balk, deze zijn in de hoeken gepositioneerd die berekend zijn. Uit de test is gekomen dat de hoeken nagenoeg overeenkomen met Working model. De bovenste bal begint te rollen tussen 1,0 en 1,1 N, en de onderste iets onder de 0,02 N wat dus klopt!

Figuur 4.18 screenshot van Working model

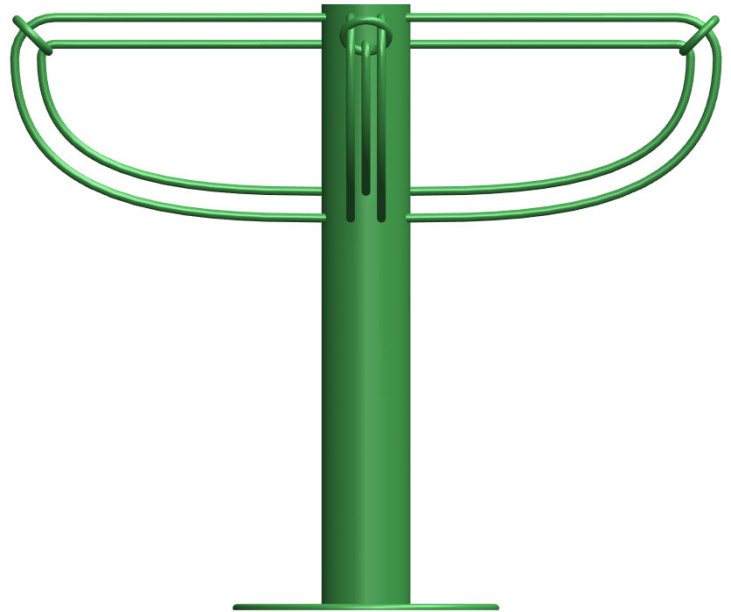


Van het ballenrek is een Solidworks model gemaakt dat te zien is in de figuren 4.19 en 4.20. Aan het zijaanzicht is goed te zien dat de curve vrij vlak begint en langzaam toeloopt. De ballen kunnen ook naar het bovenste gedeelte geschoven worden, dit is gedaan omdat kinderen graag met de vingers aan de ballen willen zitten. Het materiaal dat het meest geschikt is voor dit onderdeel is roestvrij staal. De reden hiervoor is de vereiste stijfheid, met name de gebogen rails.

Figuur 4.19



Figuur 4.20



#### 4.4 Maten

Via DINED<sup>5</sup> is gekeken naar de maten van kinderen en is het speeltoestel daar globaal op aangepast zodat nagenoeg elk kind van de basisschool uit de voeten kan met het toestel. Maten tussen jongens en meisjes verschillen onderling op de meeste plaatsen opvallend weinig. De belangrijkste maten zullen worden behandeld.

Allereerst de stoelen. Op figuur 4.21 (volgende pagina) is een doorsnede te zien van het speeltoestel, hierbij is de stoel aan de rechterkant precies doormidden gesneden. De maat aangegeven met nummer 1 is het zitvlak. DINED geeft aan dat de gemiddelde 'buttock-popliteal depth' 429 mm is bij kinderen van 10-11 jaar. Voor kinderen van 7-8 jaar is dit 354 mm. Het zitvlak van de speeltoestellen is 350 mm zodat ook de wat kleinere kinderen gebruik kunnen maken van de rugleuning. De nog kleinere kinderen zullen wat achterover moeten hangen, hier is wel speling voor want de maat van DINED is bij rechtop zittende personen. Voor oudere en wat grotere kinderen is er genoeg beenruimte.

Maat 2 is de zithoogte, ook wel popliteal heigt genoemd. Voor kinderen van 10-11 jaar is dit 424 mm en voor kinderen van 7-8 jaar is dit 349 mm. In het speeltoestel is deze maat 350 mm. Hiervoor is gekozen zodat de kleinere kinderen ook nog met de voeten plat op de grond kunnen komen. Zoals eerder aangegeven is er genoeg beenruimte voor de wat oudere en grotere kinderen.

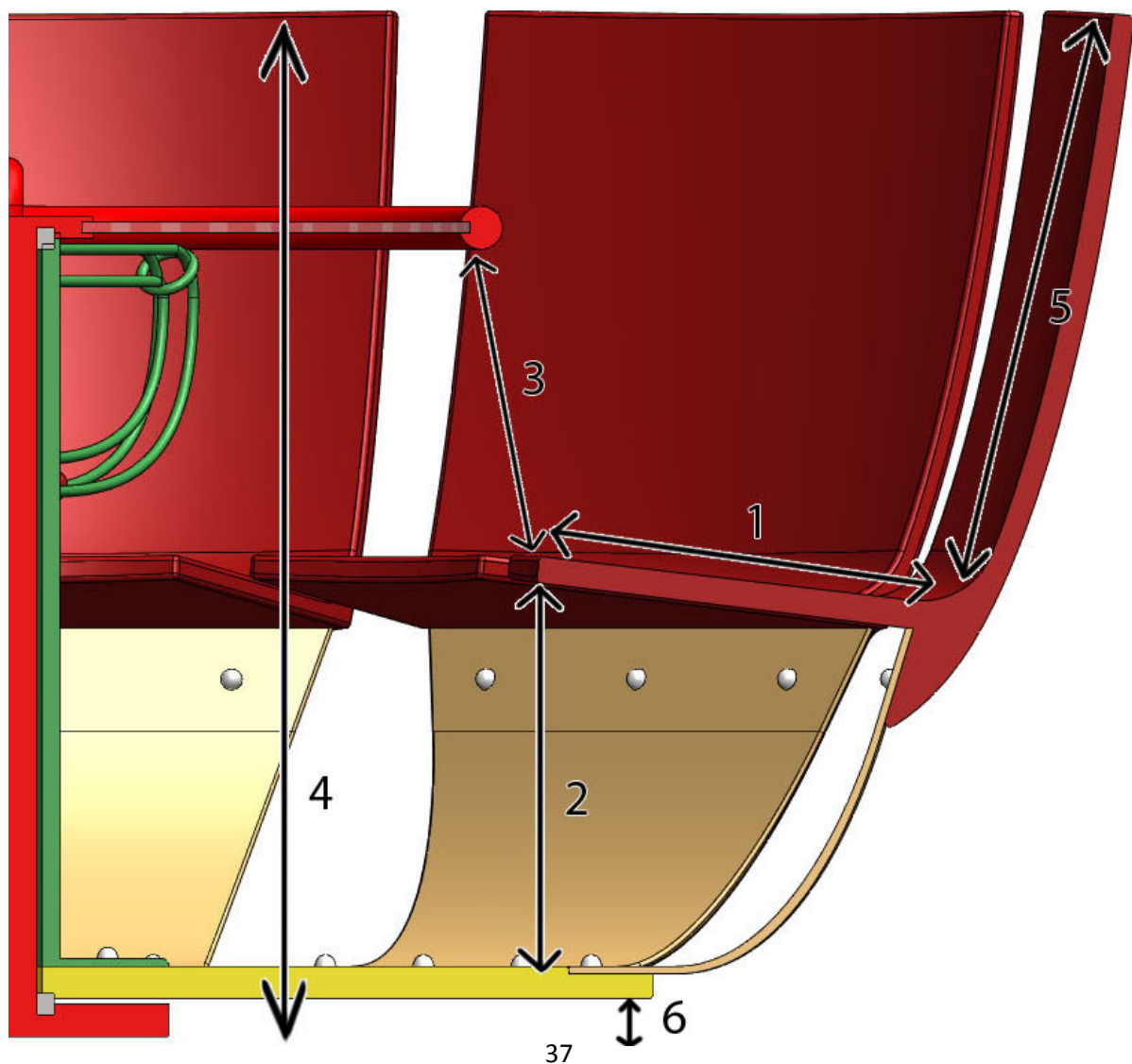
Maat 3 moet groot genoeg zijn zodat het doorschuiven naar verschillende stoelen nog goed te doen is en er nog ruimte is om handen te plaatsen. Bij DINED heet dit de 'thigh clearance' en is 113 mm gemiddeld bij kinderen van 11-12 jaar. De kleinste 95% zit onder de grens van 135 mm. Maat 3 van het toestel is een kleine 30 cm en is dus ruim voldoende. De ruimte tussen het ballengedeelte en de stoelen is ongeveer 170 mm en is dus ook geen probleem.

Verder is er nog een maat te zien met het nummer 4. Deze maat geeft de hoogte van het toestel aan. Volgens de wet mag het toestel niet hoger zijn dan 1000 mm, ook wel aangegeven als valhoogte. Het toestel is onder de meter gebleven, namelijk 98 cm.

Maat 5 is de rugleuning. De 'shoulder height sitting' is hierbij van belang. Voor kinderen van 11-12 is het gemiddelde 486 mm en 95% zit onder de 532 mm. In het toestel is deze hoogte 560 mm en biedt dus voldoende ondersteuning. Beter was het geweest wanneer de stoelen ook het hoofd zouden ondersteunen, maar de middelpuntvliedende krachten zijn niet zo groot dat er kans is op nek- of rugblessures.

Verder is er in de figuur nog een maat 6 te vinden, deze moet volgens EN1176-5<sup>2</sup> voor klassieke draaitoestellen overal minstens 60 mm zijn, en de maat moet constant zijn van buitenzijde tot 300 mm verder naar de draaias toe. Ook moet de ondergrond in dit gebied vlak zijn. Het rode gedeelte is in het uiteindelijke model 60 mm, en er is nog een speling, dus voldoet het toestel hier aan.

Figuur 4.21 Doorsnede door het middelpunt van het speeltoestel

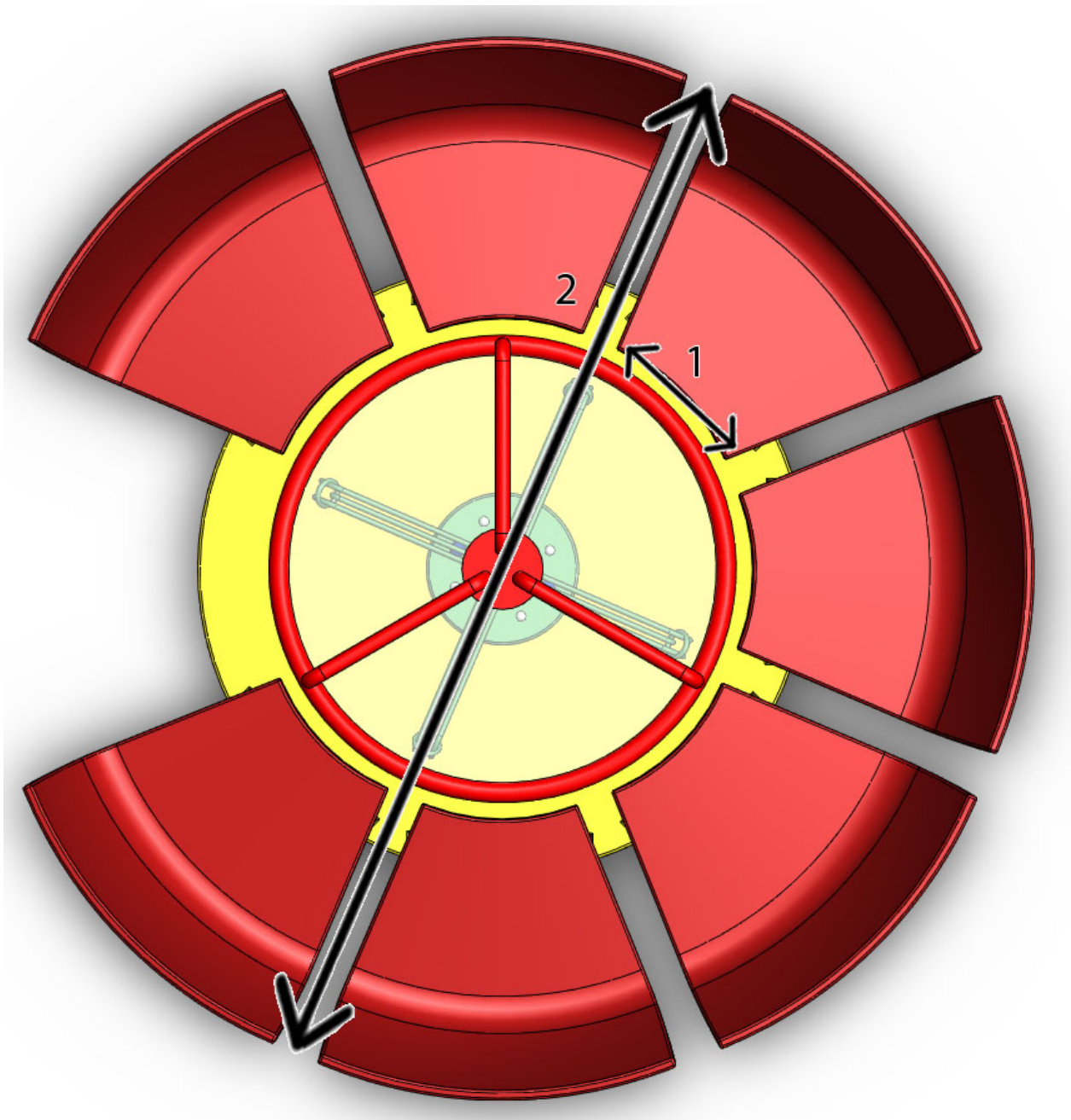


In figuur 4.22 is een bovenaanzicht te zien van het speeltoestel, hierin zijn ook een aantal maten te zien die nog nader toegelicht worden. Wat meteen opvalt is de ruimte tussen de stoelen, hier is namelijk een 90 mm vrijgelaten zodat kinderen niet met vingers, armen en dergelijke tussen de stoelen kunnen komen.

Dan de maten, maat 1 is de smalle voorkant van de stoelen en is 300 mm. DINED geeft aan dat bij 11 tot 12 jarige meisjes deze 'hip breadth' gemiddeld 272 mm is. Dit is een van de maten die wel redelijk verschilt tussen jongens en meisjes. Het gemiddelde bij de jongens is namelijk 266 mm. De 300 mm is in ieder geval voldoende voor 90% van de meisjes (en dus ook jongens).

De diameter van het gehele toestel is 2080 mm en is aangegeven met nummer 2. Volgens EN1176-5 mag de categorie roterende stoelen geen grotere diameter hebben dan 2000 mm, maar dit geldt niet voor klassieke draaitoestellen. Toch is er om die reden niet te ver van afgeweken.

Figuur 4.22 Boven-aanzicht van het speeltoestel



## 4.5 Overige onderdelen

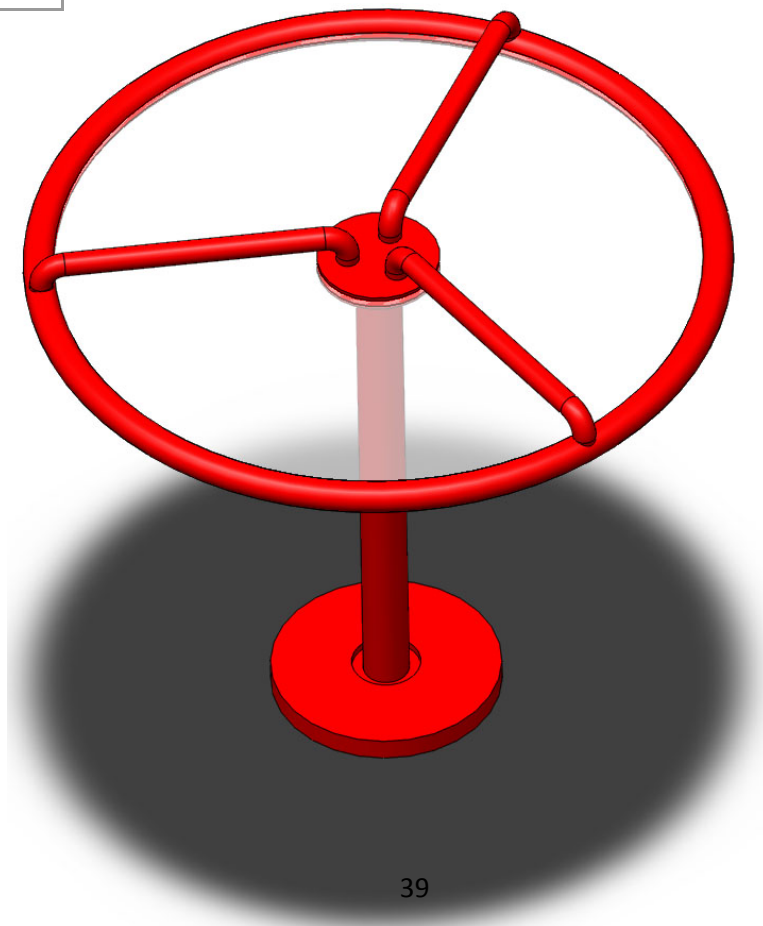
Er zijn nog een aantal onderdelen van het speeltoestel die nog niet in het verslag zijn voorgekomen, die zullen in dit stuk worden behandeld. Dit zijn de aandrijfstang en afdekschijf, lagers en het onderstel.

### Aandrijfstang en afdekschijf

Het aandrijfgedeelte samen met de afdekschijf is te zien in figuur 4.23. Doordat dit gedeelte van het toestel niet mee draait, en het ballenrek wel, is het noodzakelijk door middel van een afdekschijf de boel af te schermen. Wanneer er gekeken wordt naar het bovenaanzicht op de vorige pagina en wanneer in gedachten de draaiing van het toestel afgespeeld wordt, dan zie je wat er gebeurt wanneer iemand een arm in het middelste gedeelte steekt dat tussen een van de rails van het ballenrek en de aandrijfstang terecht komt. Dit soort taferelen worden dus voorkomen door de afdekplaat.

Doordat kinderen zeer waarschijnlijk ook op de afdekschijf gaan staan moet deze dik genoeg zijn om het gewicht van een aantal kinderen te weerstaan. De schijf moet echter wel doorzichtig zijn om als gebruiker nog zicht van boven te houden op het ballenrek. Dit kan prima van plexiglas gemaakt worden. Mits sterk genoeg is glas wel een betere optie omdat dit beter zicht biedt. Omdat deze schijf sterk moet zijn zouden de rode armen die het middelste gedeelte met de buitenste buis verbinden waarschijnlijk weggelaten kunnen worden. Hierdoor wordt het zicht op het ballenrek verbeterd maar neemt de stijfheid en sterkte wel af. Een verbeterpunt aan figuur 4.23 zou kunnen zijn om de rode armen ook op gelijke hoogte met het de afdekschijf te maken, waardoor de afdekplaat uit drie delen zal bestaan. Voordeel hiervan is dat kinderen zich op die manier minder snel aan de armen zullen stoten.

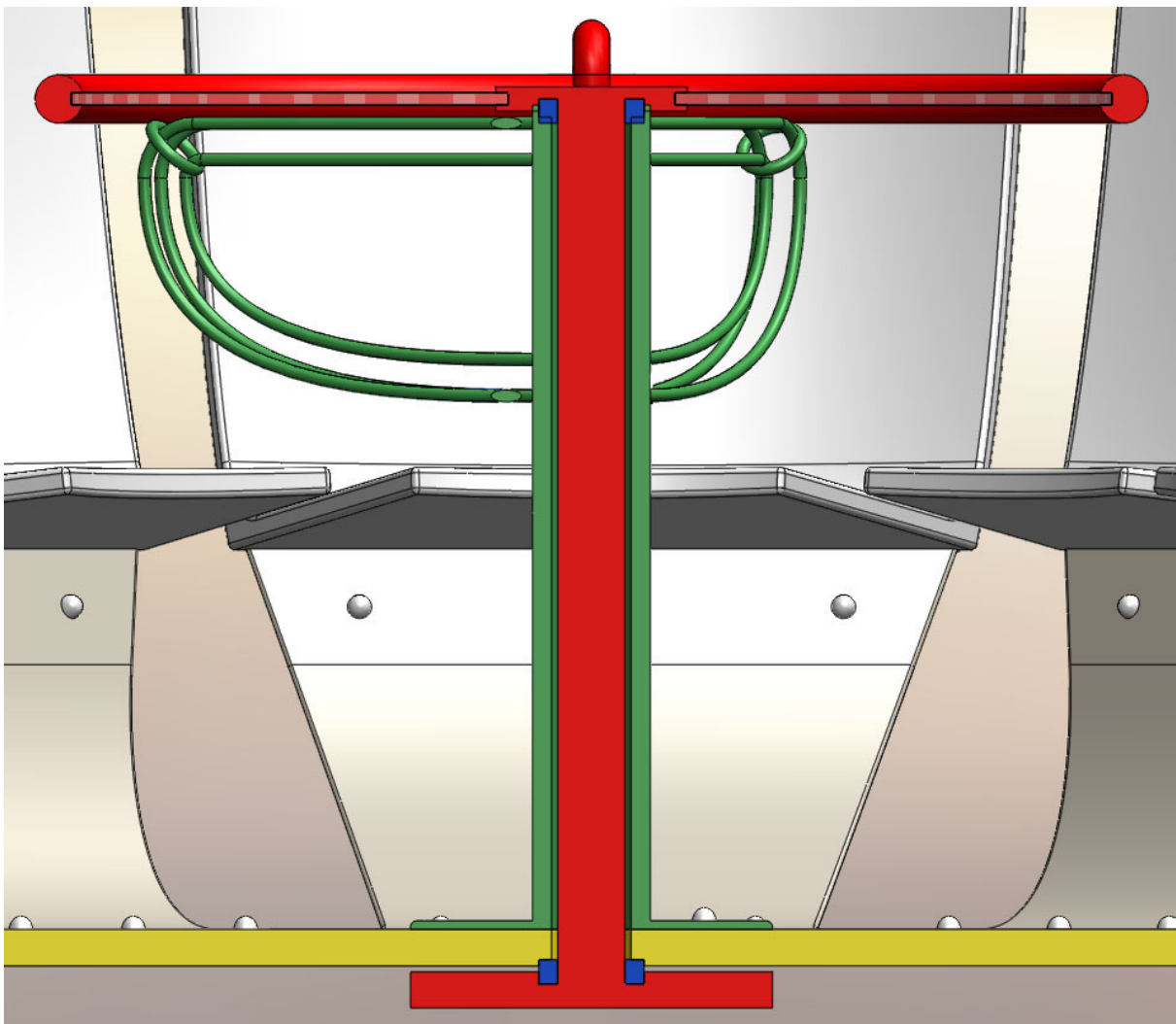
Figuur 4.23



## Lagering

Een onderdeel dat ook nog niet in het verslag is voorgekomen is de lagering. Wegens tijdgebrek zijn er geen specifieke lagers uitgezocht, maar de plaats waar de lagers geplaatst kunnen worden is wel aangegeven. Dit is te zien in figuur 4.23. De lagers zijn aangegeven in het blauw en zijn kogellagers. De onderste van de twee lagers moet in verticale richting veel kunnen dragen en de bovenste vooral loodrecht op de as. De onderste lager moet de grootste last dragen en zal dus forser zijn. De onderste lager zit vast aan het rode aandrijfgedeelte en aan het gele plateau. De bovenste lager zit vast aan het groene ballenrek en ook aan het rode aandrijfgedeelte. In de figuur is ook te zien dat er een ruimte is overgelaten tussen het ballenrek en het aandrijfgedeelte. Ditzelfde geldt voor het gele plateau zodat er hier geen wrijving op treedt.

Figuur 4.23

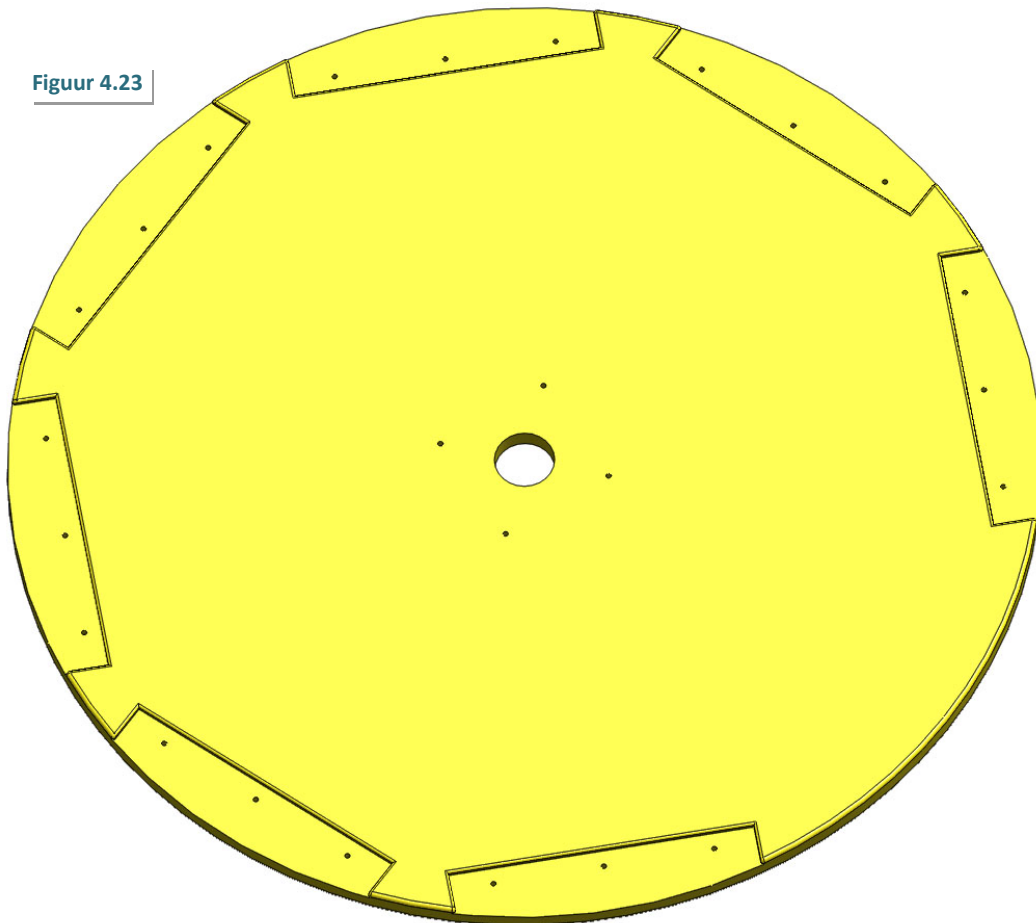




## Onderstel

Het onderstel van het toestel is te zien op figuur 4.24. De uitsparingen zijn gemaakt zodat de bladveren op gelijke hoogte komen met het onderstel waardoor de kinderen hier niet over kunnen struikelen. Een goedkopere manier is de uitsparingen weg te laten en de bladveren een afronding te geven (wat in ieder geval gedaan is). Aan de onderkant kan op veel plekken nog materiaal weggehaald worden waardoor een soort frame ontstaat. Er moet echter wel rekening gehouden worden met de vereiste hoogte waarop het toestel zich moet bevinden (na te lezen in het programma van eisen) Hierdoor wordt niet alleen materiaal bespaard maar neemt de stijfheid ook toe. Het materiaal dat het meest geschikt is hiervoor is roestvrij staal. Hiervoor is gekozen doordat dit materiaal de benodigde stijfheid heeft.

Figuur 4.23

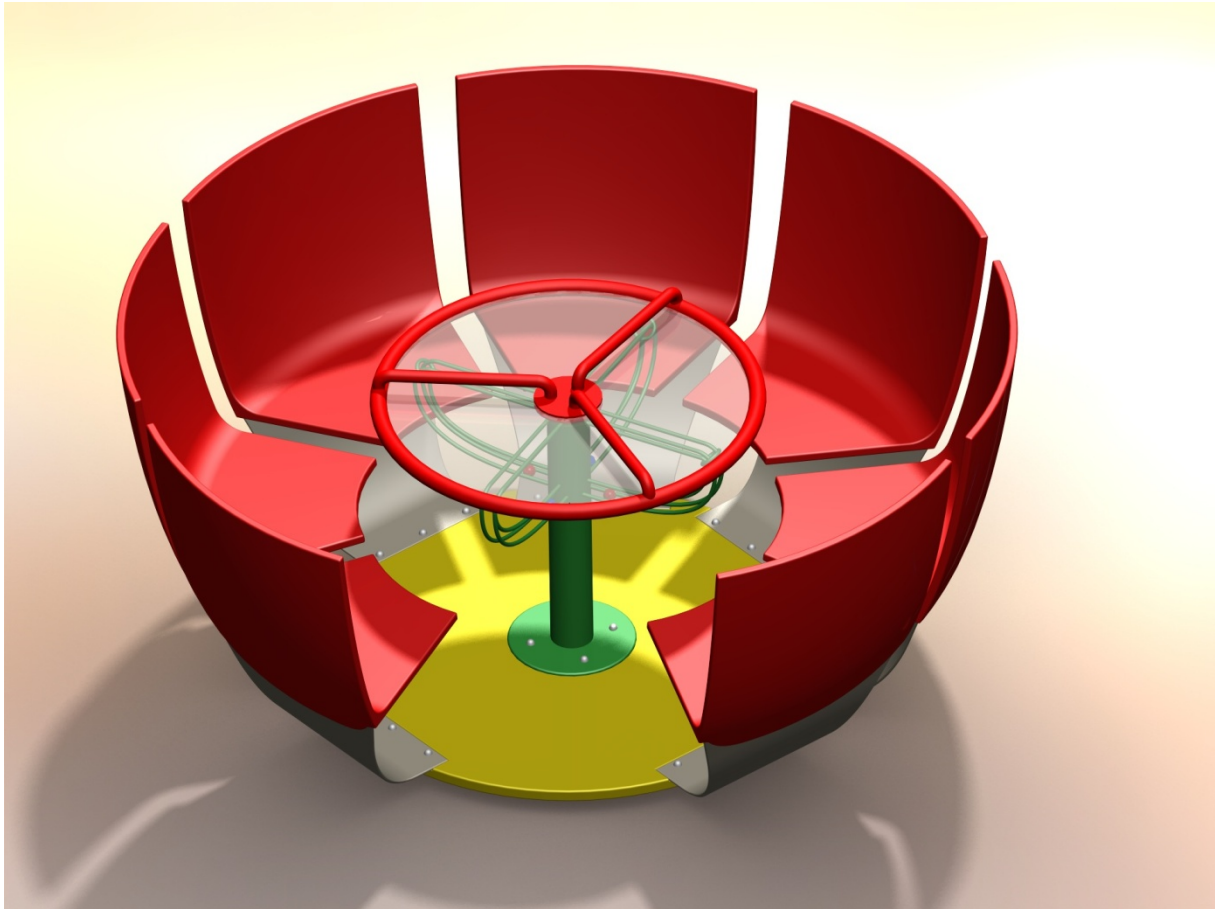


## Stoelen

Het materiaal dat het meest geschikt is voor de bovenkant van de stoelen is kunststof. De reden hiervoor is de kromming die de stoel heeft wat met het gieten van kunststof geen probleem moet zijn. De stoel kan het beste uit twee gedeelten opgebouwd worden namelijk de leuning en het zitvlak. Door bijvoorbeeld het zitvlak van dun naar dik te laten lopen laat het product makkelijk los uit een mal. Het spuitgieten hiervan is echter wel duur en past mogelijk niet in het budget.

## Eindmodel:

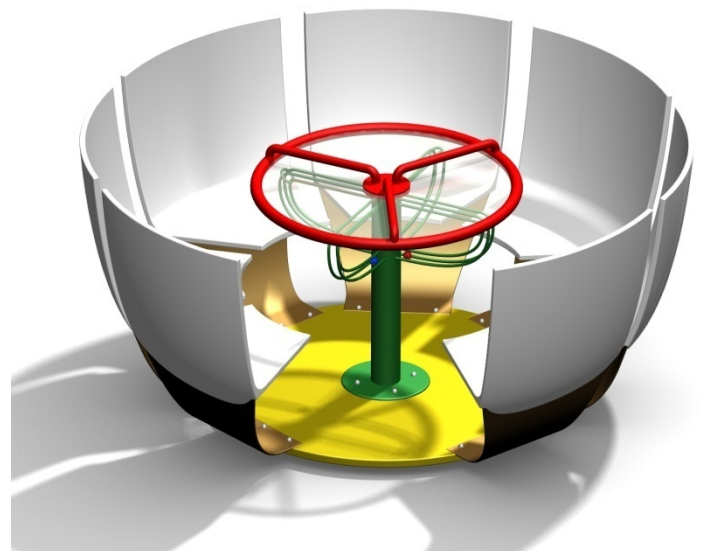
Eindmodel met rode stoelen



Eindmodel bij de sterrenwacht, bij gebrek aan hogere resolutie is deze wat klein



Eindmodel met witte stoelen



## Hoofdstuk 5 Conclusies en aanbevelingen

### Doelstelling

De doelstelling zoals deze in de inleiding is verwoord is als volgt:

Wat Cosmos wil is een speeltoestel waaraan de kinderen plezier beleven en hun energie kwijt kunnen, maar waarbij ze ook geprikkeld worden om na te denken hoe het bijvoorbeeld komt dat in een centrifuge alles van het middelpunt af wordt geduwd. Daarnaast kan het speeltoestel dienen als trekpleister voor mensen die langsfietsen.

Het eerste punt, een speeltoestel waar de kinderen plezier aan kunnen beleven is zonder dat het toestel nog is gebruikt moeilijk meetbaar. Wel heeft het toestel de meerwaarde van het ballenrek en de verende stoelen ten opzichte van standaard klassieke draaitoestellen. Met andere woorden, kinderen die al plezier beleven met een standaard klassieke draaitoestel zouden minstens zoveel plezier beleven met dit draaitoestel. Ook is aangetoond dat knikkerbanen populair zijn bij kinderen en dus zal de toevoeging van het ballenrek waarschijnlijk bij veel kinderen in trek vallen. Ook de verende stoelen zijn spannend en leuk om zelf mee te spelen door bijvoorbeeld zelf hard te duwen.

Bij het typen van dit laatste stuk sta ik er ineens bij stil dat wanneer kinderen doorhebben dat de stoelen kunnen veren ze natuurlijk met 8 man aan een stoel gaan hangen om maar te kijken tot hoever deze nou eigenlijk kunnen veren. Wanneer deze 8 man dan tegelijkertijd loslaten kan de terugverende stoel voor erg nare situaties zorgen. Er zal dus een vorm van demping in moeten komen waardoor de stoel met een lage snelheid terug veert. Dit kan gerealiseerd worden door een zuiger onder de stoel te plaatsen. De zuiger zo ontwerpen zodat er geen vingers en dergelijke tussen kunnen komen levert waarschijnlijk geen probleem op. Wel is het zo dat het grootste gedeelte van de kracht op de stoel voortkomt uit de middelpuntzoekende krachten, dus is het de vraag hoever een aantal kinderen de stoel in stilstand kunnen doorbuigen.

Verder met de doelstelling, de kinderen kunnen hun energie zeker kwijt in het toestel. Doordat de hellingshoek van de rails in het ballenrek steeds groter wordt zullen kinderen gaan proberen de ballen zo hoog mogelijk in het rek te krijgen. Dit kan zelfs nog versterkt worden door op de rails een meetlint weer te geven waardoor de kinderen tot het uiterste gedreven zullen worden.

Doordat de middelpuntzoekende krachten op twee manieren in het toestel verwerkt zijn is het aannemelijk dat kinderen zich bewust worden van het feit dat er wanneer het toestel draait er een kracht is die dingen naar de buitenkant duwt en dat deze steeds groter wordt naar mate het toestel harder gaat ronddraaien. Tijdens de rondleiding bij de sterrenwacht zelf kan de gids bijvoorbeeld de kinderen een aantal opdrachten te geven die ze door te spelen met het toestel kunnen uitvoeren. Ook kan de gids de relatie van middelpuntzoekende krachten en het heelal eventueel uitleggen.

Door de aparte vorm van het speeltoestel en de opvallende kleuren zullen voorbij fietsende mensen het toestel zeker opmerken en wellicht onthouden als reden om een bezoek te komen brengen.

Concluderend vind ik zeker dat er aan de doelstellingen is voldaan.

## Wat kon beter

Uiteraard zijn er ook dingen die minder gelaagd en minder goed zijn uitgewerkt aan het toestel. Zo is bijvoorbeeld weinig gedaan met materialen en de letterlijke constructie van het toestel. Er is tot zekere hoogte wel duidelijk hoe het toestel in elkaar zit. Wanneer het ontwerp doorgegeven zou worden aan bijvoorbeeld een speeltoestellenfabrikant kunnen ze er zeker mee uit de voeten. Echter wanneer dit gedaan wordt door een bedrijf die niet gespecialiseerd zijn in het maken van speeltoestellen zullen er een hoop vraagtekens zijn met als voorbeeld de lagering van het toestel.

Dan de planning, er is in het begin van het project wel een planning gemaakt (zie bijlage 2) waarin het project in 3 maand af zou moeten zijn, maar hier is weinig van terecht gekomen. De planning tot aan de uitwerking van het eindconcept klopte aardig en is ook nageleefd. Voor de uitwerking van het eindconcept was echter 3 weken ingepland wat uiteindelijk een dikke 2 maand heeft geduurd. Dit had er mede mee te maken dat ik te vroeg ben begonnen met het modelleren van het model in Solidworks en ik heb daardoor veel tijd verloren in het maken van modellen die in een later stadium weer op de schop zijn gegaan. Het was dus efficiënter geweest om wat langer door te werken op papier, wellicht had het model dan dieper uitgewerkt kunnen worden.

Ook sluit de vormgeving niet naadloos aan bij de sterrenwacht. Dit komt met name door de ruimte die tussen de stoelen is gelaten waardoor het toestel weinig meer weg heeft van de karakteristieke bolvormige telescoopkoepel. Wat wel overblijft is dat het toestel in mijn ogen wel een originele en opvallende vormgeving heeft. Ook is het in mijn ogen zeker mooi te noemen.

## Bronnen:

- 1: [http://nl.wikipedia.org/wiki/Middelpuntzoekende\\_kracht](http://nl.wikipedia.org/wiki/Middelpuntzoekende_kracht), accessed 31-03-2009.
- 2: Norm EN 1176-5 gehaald uit: 'Veiligheid van speelterreinen' Verantwoordelijke uitgever: ir. Jan Deconinck - Koning Albert II-laan 16 - 1000 Brussel. Wettelijk depot: D/2001/9298/1.
- 3: [http://wetten.overheid.nl/BWBR0008223/geldigheidsdatum\\_31-03-2009](http://wetten.overheid.nl/BWBR0008223/geldigheidsdatum_31-03-2009), accessed 31-03-2009
- 4: <http://dined.io.tudelft.nl/en,kima1993,410>, accessed 31-03-2009.
- 5: <http://dined.io.tudelft.nl/en,kima1993>, accessed 31-03-2009.

Een aantal figuren uit het marktonderzoek komen van de websites van speeltoestelfabrikanten. Dit zijn:

- <http://www.yalp.nl/producten/speeltoestellen/draaitoestellen.html>
- <http://www.speeltoestellen.nl/index.php?id=108>
- <http://www.vbm.nu/speeltoestellen.php?pagina=overzicht>
- [http://www.vaneespeeltoestellen.nl/speeltoestellen/wip-wap\\_298.html](http://www.vaneespeeltoestellen.nl/speeltoestellen/wip-wap_298.html)
- [http://www.proludic.nl/index.php?ID\\_page=31&ref=J2401](http://www.proludic.nl/index.php?ID_page=31&ref=J2401)
- <http://www.europlay.be>
- <http://www.speelgroep.nl/gallery>

De figuren in het gebruiksonderzoek bij Nemo komen van:

- [www.e-nemo.nl](http://www.e-nemo.nl)

Foto's van de sterrenwacht:

- [www.e-cosmos.nl](http://www.e-cosmos.nl)

## Bijlagen:

### Bijlage 1: Artikel gericht aan basisschool kinderen

Hoi!

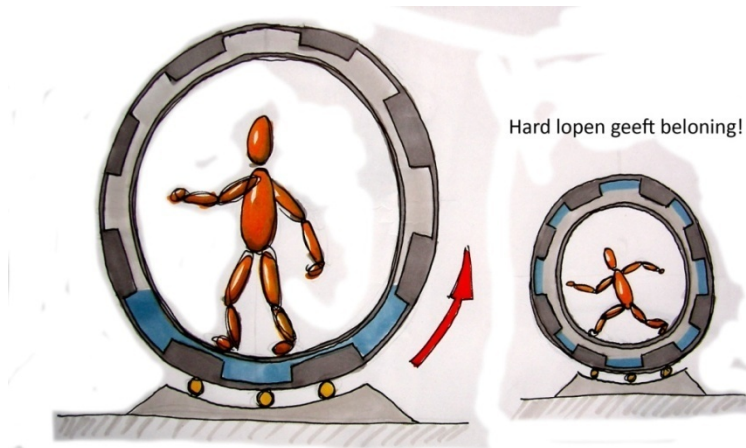
Ik zal mezelf eerst even voorstellen, ik ben Bas Korfage en ik studeer industrieel ontwerpen aan de universiteit Twente in Enschede. Deze studie die ik volg gaat over het ontwerpen en vormgeven van producten. Als voorbeeld kan je denken aan je fiets, hoe komt het dat je fiets er zo uitziet? Waarom heeft een meisjesfiets geen stang aan de bovenkant? Waardoor ziet een mountainbike er stoer uit? Bij het zoeken naar de antwoorden op deze vragen ben je al een beetje aan het ontwerpen en vormgeven!

Nu zal je denken, wat heeft dit alles te maken met de sterrenwacht? Nou, van de sterrenwacht heb ik de opdracht gekregen om een speeltoestel speciaal voor jullie te ontwerpen. En niet zomaar een speeltoestel, maar eentje die je iets zal leren over middelpuntzoekende krachten!

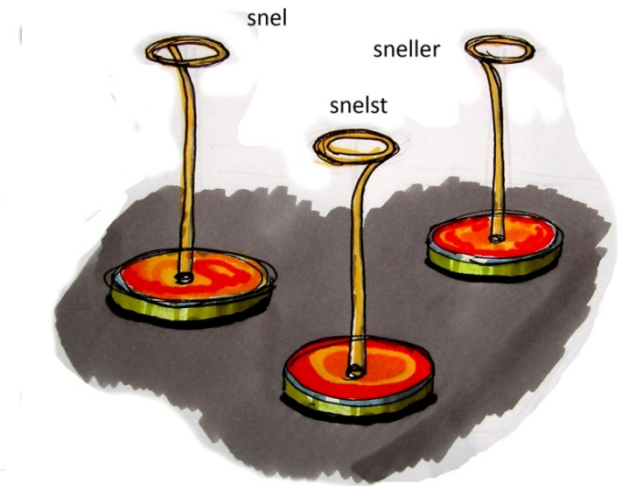
Middelpuntzoekende watter? Je hebt vast wel eens een emmer water rondgezwaaid of in een zweefmolen gezeten, hierin zijn deze middelpuntzoekende krachten te vinden. Zwaai maar eens een emmer met een laagje water in de rondte, wanneer je hard genoeg zwaait blijft het water door deze middelpuntzoekende krachten in de emmer plakken! Dit komt ook voor in de zweefmolen, wanneer die snel gaat draaien zal je scheef komen te hangen, en hoe sneller hij draait hoe schever je komt te hangen! Ook dit komt door de middelpuntzoekende krachten.

Deze krachten komen ook in het heelal voor, je hebt vast wel eens een plaatje gezien van een planeet met een soort ring eromheen. Deze ring bestaat vaak uit stenen. Hoe komt het dat de ring er zo uit ziet? En hoe blijft de ring op zijn plaats? Dat komt weer door de middelpuntzoekende krachten, de stenen die de ring vormen worden naar de planeet toegetrokken door de zwaartekracht. Dezelfde zwaartekracht die er voor zorgt dat jij naar beneden valt als je springt! Je vraagt je nu misschien af hoe het komt dat de stenen niet vallen, dit komt doordat planeten draaien. Door de draaiing van de planeet worden de stenen naar buiten geslingerd, net als het water in de rondzwaaiende emmer!

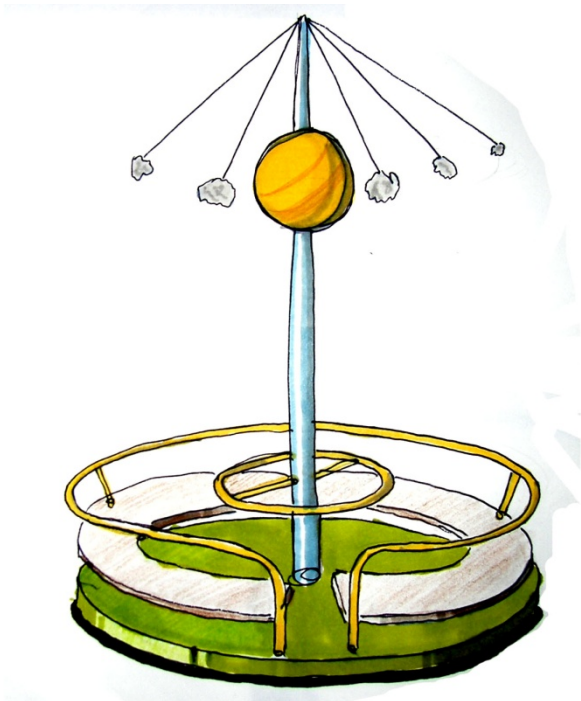
Om de jonge bezoekers van de sterrenwacht te laten ervaren hoe middelpuntzoekende krachten te werk gaan ontwerp ik een speeltoestel waarbij je al spelende hier achter komt! Een aantal mogelijke toestellen staan hieronder. Wanneer het toestel af is hopen we jullie allemaal te zien bij de sterrenwacht!



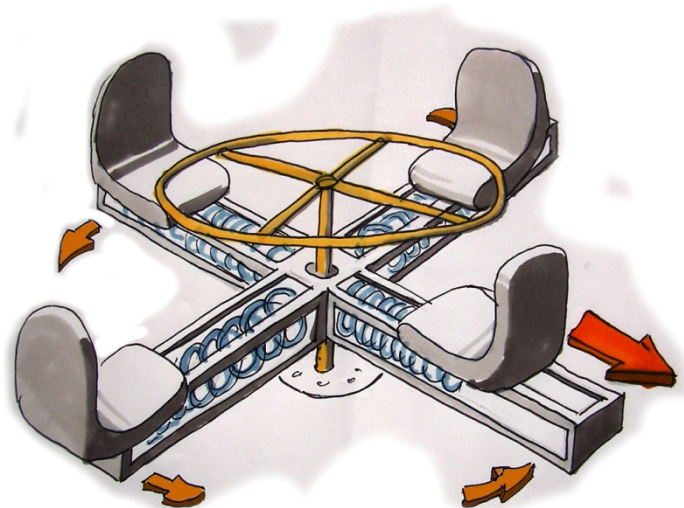
Hard lopen zorgt ervoor dat het water aan de buitenkant blijft zitten!



Wie het hardst draait wordt beloond met een kleurspel!



Hard draaien zorgt ervoor dat de stenen aan de bovenkant naar buiten bewegen!



Hoe harder je draait des te meer je naar de buitenkant beweegt, aangegeven met de pijl bij de rechter stoel!

## Bijlage 2: Planning

week 42	week 43	week 44	week 45	week 46	week 47	week 48	week 49
13-okt	20-okt	27-okt	3-nov	10-nov	17-nov	24-nov	1-dec
Plan van Aanpak uitloop							
Marktonderzoek en interviews							
	Vorbereiden en maken Tentamens						
			Marktonderzoek en interviews				
				PvE opstellen			
					Concepten Ontwikkelen		

week 50	week 51	week 52	week 53	week 1	week 2	week 3	week 4
8-dec	15-dec	22-dec	29-dec	5-jan	12-jan	17-jan	24-jan
Conceptkeuze							
	Uitwerking Eindconcept						
		Vakantie					
				Uitwerking Eindconcept		Uitloop	