

HET
TER PLEKKE
RECYCLEN
VAN
BIERBEKERS



THOMAS DEN HENGST

Verslag bacheloropdracht

Het ter plekke recyclen van bierbekers

“Een conceptontwerp van de Re-printer, een apparaat dat tijdens festivals, gebruikte bierbekers direct om kan zetten naar nieuwe producten.”

Student Thomas den Hengst

Student nummer S0201669

Studie Industrieel Ontwerpen

Bedrijf Melle Koot Ontwerpstudio
Oosterhamrikkade 108a, 8714 BJ Groningen

Examencommissie

Voorzitter Prof. Dr. Ir. A.O. Eger

Begeleider bedrijf M. Koot

Begeleider Universiteit Ir. W. de Kogel-Polak

Datum examen 30 augustus 2012

Dit verslag is ter afronding van de bachelor Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente

VOORWOORD

Dit verslag is geschreven naar aanleiding van de bacheloropdracht Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente. De opdracht is uitgevoerd in opdracht van Melle Koot Ontwerpstudio in Groningen. Dit verslag laat zien welke processen zijn doorlopen, welke keuzes zijn gemaakt en wat het uiteindelijke resultaat is van de opdracht.

Graag wil ik de mensen bedanken die me hebben geholpen gedurende deze stage. Melle Koot voor de ontspannen en professionele begeleiding tijdens deze opdracht en Wieteke de Kogel-Polak voor haar motiverende begeleiding vanuit de Universiteit Twente.

INHOUDSOPGAVE

1	Project context	9			
2	Stroomschema van het proces				
2.1	Programma van Eisen & Wensen	10	3.3.2	Splitter	48
2.1.1	Actoren	10	3.3.3	Schoonmaken	49
2.1.2	Functies	10	3.3.4	Shredder	50
2.1.3	Eisen en Wensen	11	3.3.5	Drogen	51
2.2	Rapid Prototyping	12	3.3.6	Extruderen & drogen	52
2.2.1	Rapid prototyping	12	3.3.7	Het resultaat	53
2.2.2	Stereolithographie	12			
2.2.3	Laminated object modeling	13	4	Kostenbeschouwing	
2.2.4	Selective laser sintering	14	4.1	Ontwikkelkosten	54
2.2.5	Fused deposition modeling	15	4.2	Productiekosten	55
2.2.6	Keuze Rapid prototyping techniek	16	5	Aanbevelingen	
2.3	Het bewerkingsproces	17	5.1	Het proces	56
2.3.1	Kunststof recycelen	17	5.2	De Re-printer	56
2.3.2	Productieproces monofilament	19	5.3	Haalbaarheid	58
2.3.3	Flowchart Re-printer	21	6	Conclusies	59
2.4	Analyse huidige methoden	22	7	Bronnenlijst	
2.4.1	3d printen	22	7.1	Literatuurbronnen	60
2.4.2	Extruderen	23	7.2	Mediabronnen	61
2.4.3	Drogen	24			
2.4.4	Granuleren	25		Bijlage	62
2.4.5	Schoonmaken	26			
2.4.6	Invoer	26			
2.4.7	Conclusie	26			
3	Conceptontwerp				
3.1	Idee & conceptfase	27			
3.1.1	Ideefase	27			
3.1.2	Conceptfase	32			
3.1.3	Keuze	37			
3.2	Conceptuitwerking	39			
3.3	Solidworks	46			
3.3.1	Invoer	47			

SAMENVATTING

Binnen dit verslag staat de ontwikkeling van een volledig nieuw apparaat centraal, de Re-printer. Een apparaat dat ter plekke van gebruikte bierbekers nieuwe producten kan maken. Dit apparaat kan op festivalterreinen worden neergezet en festivalbezoekers kunnen hun oude bierbekers invoeren. Hiervan wordt dan een souvenir of gadget gemaakt, passend bij het festival. Dit idee is afkomstig van Melle Koot, de opdrachtgever van dit project. Op basis van het gemaakte conceptontwerp zijn aanbevelingen gedaan, is er een kosteninschatting gemaakt en is het idee gevisualiseerd door middel van een 3d model. Hiermee kan Melle Koot naar andere partijen stappen om het idee uit te leggen.

De opdracht is als volgt aangepakt: eerst zijn de eisen en wensen van de betrokken partijen geanalyseerd. Dit is gedaan door met de opdrachtgever te praten en door te overleggen met een festivalorganisator. Vervolgens is er gekeken naar welke rapid prototyping techniek het meest geschikt is voor in de Re-printer. Verschillende technieken zijn vergeleken en Fused Deposition Modeling, beter bekend als '3d printen', bleek de meest geschikte techniek. Daarna is er een flowchart gemaakt van de benodigde bewerkingstappen binnen de Re-printer. De concept-flowchart bestaat uit invoer, wassen, vermalen, drogen, extruderen, 3d printen en uitvoer. Nu de verschillende bewerkingstappen helder zijn is er gekeken naar concrete oplossingen per bewerkingstap. Hier zijn verschillende concepten uit voortgekomen. Bij de keuze voor het concept bleek dat de flowchart gewijzigd diende te worden. Om de festivalbezoekers een stuk gebruiksgemak te geven is er besloten om de bekertjes in stapels in te voeren. Hierdoor moet de Re-printer zelf de bekertjes lossen. De bewerkingstap 'splitsen' is dus toegevoegd. Uiteindelijk is er een Solidworksmodel gemaakt van dit concept zodat de opdrachtgever met een concreet en inzichtelijk plan naar financiers en andere ontwikkelaars kan stappen om het idee te laten zien.

Nu de Re-printer een conceptuele vorm en inhoud heeft gekregen is er een grove inschatting gemaakt van verdere kosten. Er is een onderscheid gemaakt tussen ontwikkelkosten en productiekosten. Door het apparaat op te delen in kleine stukjes konden de kosten worden bepaald. De ontwikkelkosten zijn uiteindelijk geschat op 300.000 euro en de productiekosten op ongeveer 70.000 euro.

Na dit alles zijn er aanbevelingen en conclusies gegeven. Zo is het belangrijk om bij het verder ontwikkelen goed te kijken naar de gebruikers. Zowel festivalbezoeker als producenten en festivalorganisatie. Daarnaast is de benodigde tijd om één product te maken nog erg hoog, 20 tot 25 minuten. De meeste tijd gaat zitten in het 3d printen van het product. Waarschijnlijk zal in de komende jaren de printsnelheid van 3d printers omhoog gaan, toch dient hier nog goed naar gekeken te worden.

De conclusie van deze bacheloropdracht is dat het idee van de Re-printer, voor zover onderzocht tijdens dit project, technisch haalbaar is. Bovendien is het gestelde doel voor dit project bereikt. Het idee is gevisualiseerd en er is een kostenschatting gegeven. Er zijn echter nog zaken die aandacht verdienen. Dit is de verwerkingstijd, maar bijvoorbeeld ook de uitwerking van het extrusieproces. Er zijn nog veel vragen die beantwoord moeten worden om het concept verder uit te werken, maar met deze bacheloropdracht is er een goede basis gelegd voor het idee van de Re-printer.

SUMMARY

Central to this essay is the development of a new device, the Re-printer. A device that creates, on the spot, new products from used beer cups. This device can be placed on festivals where visitors can insert their old beer cups. From these cups, a souvenir or gadget is made, which is suited for the festival. This idea came from Melle Koot, who assigned this project. Based on the concept design recommendations are made, a cost estimate is made and the idea is visualized through a 3d model. With this, Melle Koot can approach other parties to explain the idea.

The assignment is done as follows: first, the wishes and demands of the involved parties are analyzed. This is done by talking to Mello Koot and a festival organizer. After that the most appropriate Rapid Prototyping technique for the Re-printer was established. Several techniques are compared and from those Fused Deposition Modeling, also known as '3d printing', was selected. Thirdly, a flow-chart was made. The flow-chart contained Re-printers necessary processing steps. These are input, washing, grinding, drying, extruding, 3d printing and output.

With those various steps analyzed, concrete solutions for each step were researched. Various concepts emerged from this process. While choosing a concept, it became clear that the flow-chart had to be modified. To provide the festival visitors with more ease of use, it was decided to insert the cups in stacks. Because of this, the Re-printer had to separate the cups. Therefore, the step 'separation' was added.

Lastly, this concept was modeled in Solidworks so that Melle Koot could present a concrete and insightful plan to financiers and other developers. Now that the Re-printer has a conceptual form and content, a rough estimate of the costs was given. Developmental costs and production costs are separated. By dividing the device in various particles,

an estimate of the costs could be determined. The developmental costs are estimated on 300.000 euro's and the production costs on 70.000 euro.

Furthermore, recommendations and conclusions are presented. It is important to take the user into account in further development. Both festival visitors, producers and festival organizers. Additionally, the time needed to create one product is very long, this takes 20 to 25 minutes. 3d printing is accountable for most of the time. It is likely that the speed of 3d printing will rise in the following years, however, this is a serious issue which requires further attention.

The conclusion to this bachelor assignment is that the idea of the Re-printer, as researched during this project, is technically feasible. Moreover, the aims for this project are reached. The idea is visualized and a cost estimate is given. However, there are some issues that require further attention. Examples are the processing time and the elaboration of the extrusion process. Many questions remain to be answered in order to elaborate this concept, but this bachelor assignment has laid a solid foundation for the idea of a Re-printer.

INLEIDING

Bij Melle Koot uit Groningen broeide al een tijdje het idee van een apparaat dat ter plekke van afval, nieuwe producten zou kunnen maken. 3d printers zijn nog steeds in opkomst en met behulp van deze nieuwe techniek zou het mogelijk kunnen zijn om een vervoerbaar apparaat te maken met de bovenstaande functie. Er heersten echter natuurlijk nog veel vragen: is dit technisch haalbaar? Hoe kan ik dit idee uitleggen aan andere mensen en wie heeft er mogelijkheid tot het daadwerkelijk uitvoeren van dit idee? Ik kwam in contact met Melle Koot en kon hem verder helpen met het uitwerken van de Re-printer.

Er is in opdracht van Melle Koot Ontwerpstudio een conceptontwerp gemaakt van de Re-printer, een apparaat dat op festivals neergezet kan worden en waar gebruikte kunststof bierbikers ingegooid kunnen worden. Deze bierbikers worden per direct omgezet naar een nieuw product. In deze inleiding wordt kort uitgelegd hoe dit verslag is opgebouwd en waar alle verschillende onderdelen van het proces te vinden zijn binnen dit verslag.

Het doel, dat beschreven staat in hoofdstuk 1, is geprobeerd te bereiken door te beginnen met het in kaart brengen van de eisen en wensen van de betrokken partijen, deze zijn te vinden in hoofdstuk 2.1. In dit hoofdstuk staan ook de belangrijkste functies van de Re-printer.

Nadat dit in kaart is gebracht wordt er gekeken naar welke Rapid Prototyping techniek het meest geschikt is voor in de Re-printer, dit alles in hoofdstuk 2.2.

Vervolgens is er gekeken naar het proces dat plaatsvindt binnen in de Re-printer. Welke bewerkingstappen zijn er nu precies nodig en hoe worden bepaalde bewerkingstappen nu al opgelost? Dit wordt behandeld in de hoofdstukken 2.3 en 2.4. In het hoofdstuk daarna worden er ideeën gegenereerd voor de verschillende bewerkingstappen.

Daarbij worden verschillende concepten behandeld en wordt er een keuze gemaakt voor de vorm van het uiteindelijke apparaat.

De uitwerking van het gekozen concept staat in hoofdstuk 3.2 en in het hoofdstuk daarna wordt het ontwerp omgezet in een 3d CAD model met behulp van Solidworks. Aan de hand van dit model is er een animatie en zijn er renders gemaakt en kan de opdrachtgever gemakkelijk het idee uitleggen aan mogelijke belanghebbenden. Naast het gehele conceptontwerp is er ook gekeken naar de kosten van het apparaat. In hoofdstuk 4 is een grove inschatting gemaakt van de ontwikkel- en productie-kosten van de Re-printer.

Zoals ook in de doelstelling is te lezen is het belangrijk aan te geven hoe haalbaar het idee is en naar welke aspecten nog goed gekeken dient te worden. In hoofdstuk 5 en 6 zijn de aanbevelingen en de conclusies te lezen.

In hoofdstuk 7 staan de literatuur en mediaverwijzingen.

1.0 PROJECT CONTEXT

In dit inleidende hoofdstuk wordt er een beeld gegeven van de context van deze opdracht. Zo is er te lezen wat de achtergrond van de opdrachtgever is, wat voor ideeën hij heeft en wat de precieze doelstelling is geweest gedurende dit project.

Opdrachtgever

Melle Koot Ontwerpstudio is een Gronings multidisciplinair ontwerpbureau dat zich focust op interieur en meubelontwerp. Het bedrijf bestaat uit vijf vaste werknemers en werkt volgens het Cradle 2 Cradle principe. Duurzaam ontwerp vindt daarnaast ook zijn uiting in het gebruik van natuurlijke materialen en de focus op recycelen. De klanten van Melle Koot zijn vooral bedrijven die behoefte hebben aan het tastbaar maken van hun identiteit door middel van meubels. Twee aspecten zijn hierbij van belang. Het eerste is de duurzame uitstraling van de interieurobjecten, het tweede is het handwerk dat de meubels een herkenbaar en natuurlijk ontwerp en uitstraling geeft. Naast dit interieurontwerp geeft de Cradle 2 Cradle methodiek ook mogelijkheden tot andere projecten op het gebied van duurzaamheid. Hier is dan ook het idee van de Re-printer uit voortgekomen (Koot, 2009).

Melle Koot wil graag weten of de Re-printer een haalbaar idee is. Hij ziet graag een resultaat waarmee hij het idee inzichtelijk kan maken voor financiers en ontwikkelaars. Daarnaast is hij benieuwd naar welke knelpunten er allemaal aanwezig zijn voor het verder uitwerken van het apparaat. Hij ziet juist nu mogelijkheden voor dit idee omdat het 3d printen in opkomst is. Hij wil dan ook graag deze Rapid Prototyping techniek verwerkt zien in de Re-printer.

Met deze techniek kunnen er producten gemaakt worden zoals fluitjes, zonnebrillen, frisbees en biermuntjes die leuk en gemakkelijk zijn tijdens festivals. Een lijst met producten die de Re-printer zou kunnen maken is weergegeven in bijlage 2. Melle

Koot ziet het voor zich dat bijvoorbeeld Grolsch een Re-printer aanschaft en deze op de festivalterreinen neerzet. Het apparaat vervult dus ook een bepaalde PR-functie.

Melle Koot ziet graag onderzoek naar vier typen plastics, namelijk PP, PLA, HDPE en PET.

Naast al deze zaken zijn er nog steeds veel vragen die allemaal behandeld worden binnen dit verslag. Wie zijn belanghebbende partijen en wat is hun rol? Welke materialen kunnen er worden verwerkt? Wat wordt de vorm van de Re-printer en hoeveel tijd kost het om van een aantal bierbikers een nieuw product te maken?

Doelstelling

Het doel van deze opdracht is het uitwerken van een conceptontwerp van de Re-printer waarmee aanbevelingen gedaan kunnen worden over de verdere ontwikkeling van het apparaat en de haalbaarheid van het idee. Daarnaast kan met het resultaat naar mogelijke financiers gestapt worden om het idee op een heldere manier uit te leggen. Ook wordt er een grove inschatting gedaan van de kosten van de Re-printer. De opdracht is uitgevoerd in een tijdsbestek van 3 maanden.

2.0 STROOMSCHEMA VAN PROCES

2.1 Programma van Eisen & Wensen

Voordat er echt begonnen kan worden met het ontwerpen van de Re-printer, dienen eerst de actoren, functies, eisen en wensen in kaart gebracht te worden. Deze geven een beeld van wat voor een apparaat er verwacht wordt en waar dit apparaat aan moet voldoen.

2.1.1 Actoren

De actoren zijn alle belanghebbende groeperingen van mensen die in contact staan met het uiteindelijke apparaat. De verschillende actoren, of gebruikers, zijn weergegeven in tabel 1. Binnen de actoren is een onderscheid gemaakt tussen primaire en secundaire gebruikers. Primaire gebruikers zijn de mensen die het product (de Re-printer) in hoofdzaak gebruiken. Dit zijn de festivalbezoekers, maar daarnaast ook de bierbrouwers zoals bijvoorbeeld Grolsch, die het apparaat aanschaf en onderhoud. Het opstellen van de actoren heeft enkele functies. Ten eerste ontstaat er een duidelijker beeld van alle betrokken partijen, dit bevordert de communicatie tussen opdrachtgever en student. Daarnaast kunnen de actoren worden gebruikt als kapstok voor het PvE.

Actoren	
Primaire gebruiker / belanghebbende	Secundaire gebruiker / belanghebbende
Eindgebruiker / festivalbezoeker	Ontwerpente partij
Financier / Bierbrouwer	Producent
	Distributeur
	Festivalorganisatie
	Overheid

Tabel 1: Een overzicht van de verschillende actoren

2.1.2 Functies

De functies van de Re-printer zijn de taken die het apparaat uit dient te voeren. In tabel 2 worden alle functies weergegeven welke de Re-printer moet bezitten. Deze functies zijn opgedeeld in interne en externe functies. Onder interne functies worden alle functies verstaan welke door het apparaat zelf worden uitgevoerd. De externe functies beschrijft de taken welke worden uitgevoerd door anderen dan het apparaat zelf. Dit is dus bijvoorbeeld het onderhoud van het apparaat of de taken die de eindgebruiker uit zal voeren.

Functies	
Intern	Extern
Nieuwe producten maken uit gebruikte bierbekers	Re-printer verplaatsen
Invoermogelijkheid bieden voor bierbekers	Gebruikte bierbekers invoeren
Bierbekers schoonmaken	Re-printer bedienen
Bierbekers vermalen	Re-printer repareren
Het verwerken van vermaalde bierbekers naar de geschikte inputsvorm voor Rapid Prototyping	Software van de Re-printer updaten
Het maken van een product dmv Rapid Prototyping	
Product aanbieden aan gebruiker	
Duurzaamheid uitstralen	
Plezier geven (met weggooien van afval)	
Bewustzijn creëren over afval bij gebruiker	
Misbruik van Re-printer tegengaan	

Tabel 2: Een overzicht van alle functies van de Re-printer

2.0 STROOMSCHEMA VAN HET PROCES

2.1.3 Eisen en Wensen

Eisen en wensen zijn belangrijk bij het verder ontwikkelen van het product. Wat wil de gebruiker, producent of ontwerper en wat mag dus niet vergeten worden? Per actor zijn de eisen en wensen vastgesteld. Dit is gedaan door in overleg te gaan met de opdrachtgever en door een festivalorganisator, Olaf Kok, te ondervragen. Er is bewust gekozen voor het niet uitvoeren van uitgebreid onderzoek omdat dit veel tijd kost en omdat de opdrachtgever ook in staat was om een inschatting te maken van de eisen en wensen van de verschillende actoren. Bovendien is het onderzoeken van de gebruikersgroepen niet het doel van deze opdracht. Alle eisen en wensen zijn weergegeven in bijlage 1.

Het nut van het opstellen van een Programma van Eisen (PvE) is er nog steeds. De lijst zorgt naast een betere communicatie tussen opdrachtgever en student ook voor een beter beeld van hoe en wat de Re-printer nu precies moet zijn. Bovendien biedt het een houvast gedurende het traject.

2.0 STROOMSCHEMA VAN HET PROCES

2.2 Rapid Prototyping

Binnen dit hoofdstuk wordt er onderzoek gedaan naar verschillende Rapid Prototyping technieken. De opdrachtgever heeft aangegeven graag een 3d printer in de Re-printer te willen plaatsen waarmee de uiteindelijke producten gemaakt kunnen worden. Binnen dit hoofdstuk wordt er gekeken naar mogelijk andere Rapid Prototyping technieken om er zeker van te zijn dat 3d printen de meest voordelige en gemakkelijke oplossing is. De technieken die behandeld worden zijn: Stereolithographie, Selective Laser Sintering, Fused Deposition Modeling en Laminated Object Modeling. Voordat er ingegaan wordt op deze technieken wordt er eerst verteld wat Rapid Prototyping precies is.

2.2.1 Rapid Prototyping

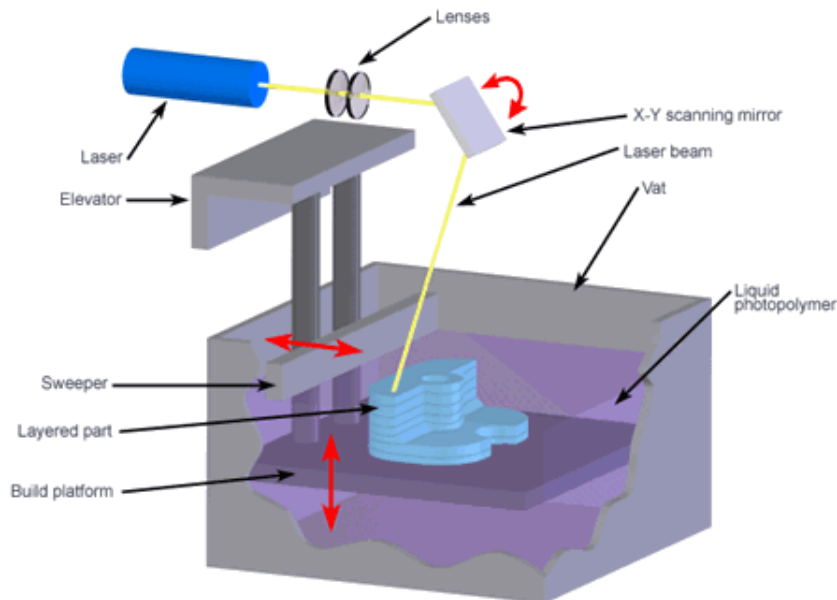
Rapid Prototyping, of RP, is een verzamelbegrip voor verschillende technieken. Deze technieken zijn in staat om een drie dimensionaal object laag voor laag op te bouwen aan de hand van de ontvangen data van een CAD-model (Peltola, S.M. et al., 2008). Zoals de naam ook al doet vermoeden worden deze technieken gebruikt om snel (rapid) een object te maken, zoals bijvoorbeeld een prototype (prototype).

Dit kan zowel subtractief als additief gebeuren. Zoals al blijkt uit de naamgeving is een subtractief proces een verspanend proces waarbij er materiaal wordt weggenomen, zoals frezen. Bij een additief proces voegt men materiaal toe. Omdat er bij het idee van de Re-printer slechts een beperkte hoeveelheid bewerkingsmateriaal beschikbaar is vallen eigenlijk alle subtractieve processen direct af.

2.2.2 Stereolithographie

Stereolithographie (SLA) gebruikt een laser om een lichtgevoelige vloeistof te verharden. Het proces is weergegeven in figuur 1 op de volgende pagina. Het te vormen object wordt laag voor laag opgebouwd en iedere keer wanneer er een laag is 'bestraald' zakt het ondersteunende platform ('build platform') enkele millimeters dieper in het bassin. De producten die met deze techniek worden vervaardigd zijn sterk genoeg om bijvoorbeeld in andere machines te gebruiken (Melchels, 2012; Chua, 2010; brilliant-technology, 2012). Daarnaast kent SLA nog enkele andere voordelen zoals het hebben van een hoge nauwkeurigheid, een hoge oppervlaktekwaliteit en er kunnen tegelijkertijd meerdere objecten worden gemaakt. (Chua, 2010) Een groot nadeel van deze techniek zijn de kosten. Een dergelijke machine kost al gauw €200.000 en de lichtgevoelige vloeistof kost ongeveer €200 per liter. Daarnaast moet de machine geventileerd worden vanwege ontstane uitlaatgassen (Brain, 2011). Ook is het zo dat de te maken onderdelen vaak een ondersteunend profiel nodig hebben gedurende het proces. Deze ondersteuning moet dan met de hand worden verwijderd. Ook moeten sommige bassins schoongemaakt worden met een oplosmiddel zoals alcohol. (Chua, 2010).

2.0 STROOMSCHEMA VAN HET PROCES



Figuur 1: Een getekend overzicht van het SLA-proces (custompartnet.com, 2009)

2.2.3 Laminated Object Modeling

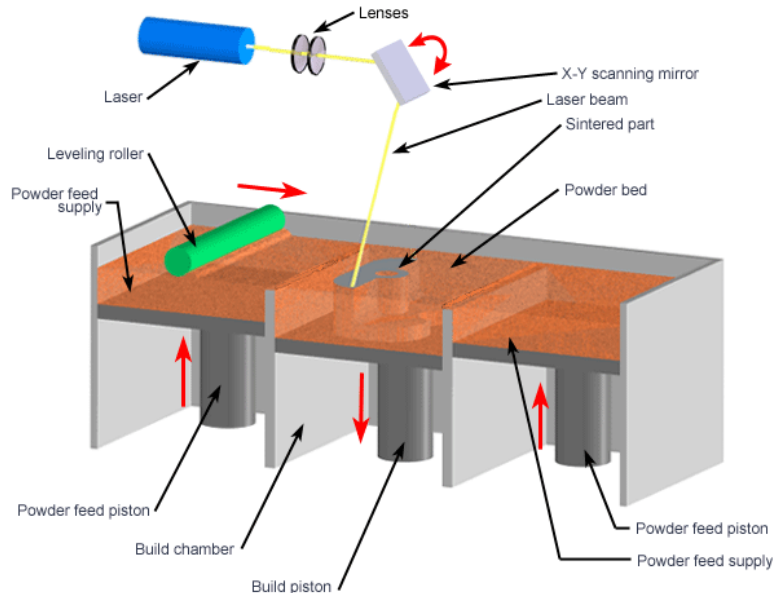
Bij Laminated Object Modeling wordt het product ook laag voor laag opgebouwd. Dit gebeurt door het gewenste materiaal klaar te leggen op een platform. In figuur 2 is het proces te zien. De eerste (bodem) laag wordt eruit gesneden door middel van een laser of een mes. Vervolgens wordt het object naar beneden gehaald en wordt er een nieuw 'vel' of laag van materiaal erover heen gelegd. Vervolgens beweegt het platform weer naar boven, tot de twee lagen elkaar raken. Nadat de twee lagen gelamineerd zijn door een verwarmde roller herhaald het proces zich tot het model volledig is opgebouwd. Voordelen zijn de lage kosten, zowel materialen als machines zijn niet erg duur. Er ontstaan gedurende het proces geen giftige stoffen. Het gehele proces kan zonder aanwezigheid van een persoon verlopen. Andere

voordelen zijn het kunnen opbouwen van grote objecten en er zijn veel materialen geschikt. (Wikipedia, 2012b; efunda, 2012) Daarnaast is het zo dat er geen extra ondersteunende structuur nodig is. Nadelen zijn echter het feit dat de laser erg exact moet zijn aangezien deze niet door de voorgaande lagen heen mag snijden. Het maken van dunne wanden is niet mogelijk omdat er in het nabewerkingsproces nog flink wat krachten op het product komen te staan. Dit geeft dan ook meteen het grootste nadeel van deze techniek, de nabewerking. Tijdens deze fase wordt het product losgemaakt van het ondersteunende materiaal waaruit het is gesneden. Dit kost erg veel tijd en gebeurt vaak met de hand (Chua et. al., 2010).

2.0 STROOMSCHEMA VAN HET PROCES

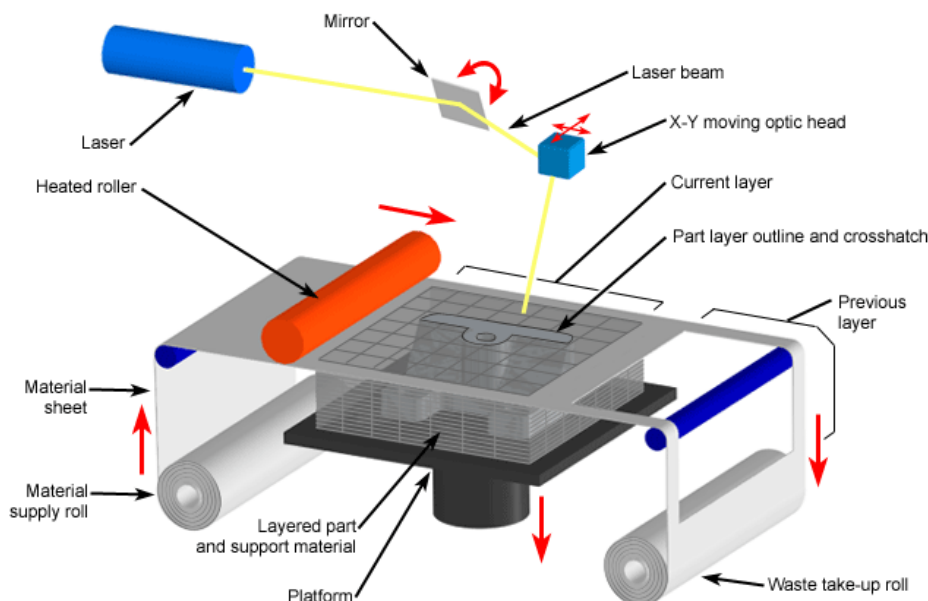
2.2.4 Selective Laser Sintering

Deze techniek is vergelijkbaar met Stereolithografie. Figuur 3 laat het proces zien. Hier wordt er echter geen vloeistof maar een poeder gebruikt. Ook hierbij wordt er gebruik gemaakt van een platform dat steeds iets dieper in het sinterpoeder wegzakt. Nadat de computer het te maken object heeft opgedeeld in lagen, verwarmd de laser de desbetreffende korrels van het poeder. Door de warmte, welke bijna de smeltemperatuur van de kunststof is, smelten deze korrels samen. Iedere keer dat het object naar beneden wordt gehaald wordt er ook een dunne nieuwe laag van sinterpoeder over het object gestreken, waarna het proces weer opnieuw kan beginnen. (Kumar, 2003; Wikipedia, 2012a; Chua, 2010). Bij deze techniek is er geen extra structuur nodig om het te vervaardigen product te ondersteunen.



Figuur 3: Een getekend overzicht van het SLS-proces (custompartnet.com, 2009)

Het overige poeder is namelijk een natuurlijke ondersteuner van het object. Daarnaast kan er gekozen worden uit een breed scala van verschillende materialen zoals nylon, staal, titaan en PS. SLS is een relatief goedkoop proces met een hoge nauwkeurigheid en oppervlaktekwaliteit. Ook de sterkte en de levensduur van de vervaardigde producten zijn goed. Een nadeel is dat het poeder vaak met de hand verwijderd moet worden met behulp van een borstel of luchtblazer (Chua, 2010).



Figuur 2: Een getekend overzicht van het LOM-proces. (custompartnet.com, 2009)

2.0 STROOMSCHEMA VAN HET PROCES

2.2.5 Fused Deposition Modeling

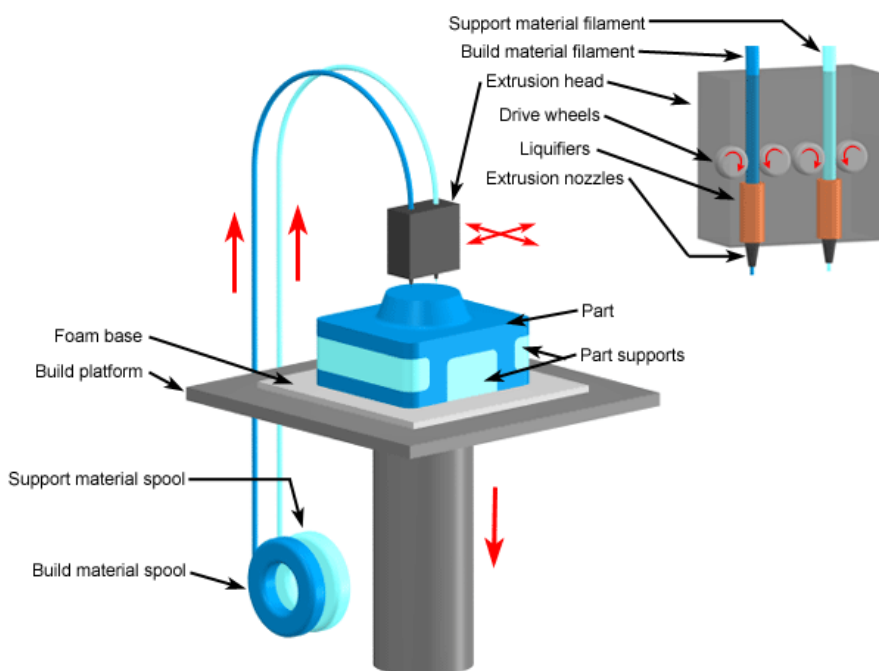
Omdat de hier behandelde technieken zeer snel aan het ontwikkelen zijn worden sommige termen door elkaar gehaald binnen de literatuur. Zo betekent 3d printen soms SLS, maar soms ook Fused Deposition Modeling (FDM). Als er voortaan binnen dit verslag over 3d printen wordt gesproken is dit equivalent aan het additieve bewerkingsproces FDM. FDM werkt als volgt, ook te zien in figuur 5. Het kunststof dat vaak als draad wordt aangevoerd wordt verwarmd en vervolgens geëxtrudeerd en op de juiste plek 'gespoten'. Nadat het de printer-kop uit is koelt het materiaal af en wordt het hard. Zo wordt het object laag voor laag opgebouwd. Enkele voordelen van FDM zijn dat de onderdelen die gemaakt worden ongeveer 85% van de sterkte hebben van gegoten onderdelen en dat er weinig materiaal verloren gaat omdat het apparaat alleen het materiaal gebruikt dat het nodig heeft. Ook hoeft het apparaat weinig schoonge-



Figuur 4: Een makerbot, een 3D printer voor hobbyisten

maakt te worden en is er niet altijd ondersteuning nodig, dit hangt namelijk af van de geometrie van het te maken onderdeel. Daarnaast is de ondersteu-

ning gemakkelijk te verwijderen. Nadelen zijn de snelheid van het gehele proces, deze ligt redelijk laag. Zo doet een printer er ongeveer 10 minuten over om bijvoorbeeld een fluitje te printen. Daarnaast is er een beperkte nauwkeurigheid beschikbaar. Daarbij moet wel gezegd worden dat nieuwe machines steeds nauwkeuriger en sneller producten kunnen maken en dat de ontwikkelingen elkaar in hoog tempo opvolgen. (Hoffman, 2011; Chua et. al., 2010). Figuur 4 is een afbeelding van een dergelijke 3d printer.



Figuur 5: Het FDM proces (custompartnet.com, 2009)

2.0 STROOMSCHEMA VAN HET PROCES

2.2.6 Keuze Rapid Prototyping techniek

Naar aanleiding van de voorgaande analyses blijkt FDM de meest geschikte techniek. SLA en LOM vallen redelijk snel af. LOM blijkt niet geschikt omdat de nabewerking veel tijd kost, daarnaast is er een beperkte mogelijkheid met betrekking tot de vorm van de te maken producten. SLA is een dure techniek, bovendien wordt het ontwerp van de Re-printer onnodig complex wanneer er voor SLA gekozen wordt.

SLS en FDM blijven over. SLS heeft als grote nadeel dat er poeder nodig is voor het proces, de kunststof bierbekers moeten dus omgezet worden naar poedervorm. Ook het naderhand schoonmaken van het onderdeel is niet optimaal. Wel geeft deze techniek een stevig eindproduct met een goede oppervlakte kwaliteit en is het poeder een natuurlijke ondersteuner.

FDM heeft, bij de juiste geometrie, geen nabewerking nodig. Bovendien gebruikt het, in tegenstelling tot SLS, alleen de benodigde hoeveelheid kunststof.

Een nadeel is wel dat de techniek erg traag is.

Er is uiteindelijk, om bovenstaande redenen, gekozen voor FDM. Dit betekent dat er aan het eind van het gehele proces een 3d printer staat die van de ingevoerde bekers een nieuw product zal maken.



Figuur 6: Een 3d printer met enkele 3d geprinte objecten

2.0 STROOMSCHEMA VAN HET PROCES

2.3 Het bewerkingsproces

Nu duidelijk is welke vormingstechniek gebruikt gaat worden is het verstandig om in kaart te brengen welke bewerkingsstappen nu nodig zijn om het juiste invoermateriaal te krijgen voor een 3d printer. Er gaan vieze, gebruikte bierbekers in en er komen schone, nieuwe producten uit. Welke stappen moeten er precies plaatsvinden om dit te behalen?

De invoer van een 3d printer is een kunststof draad, ook wel monofilament genoemd. De Re-printer combineert twee huidige processen in één apparaat. De Re-printer verwerkt namelijk kunststof afval (recycleproces) en maakt hier monofilament van (productieproces monofilament). Daarom is er voor het maken van een flowchart onderzoek gedaan naar beide processen.

Binnen dit hoofdstuk worden beide processen omschreven en worden ze gecombineerd tot een concept-flowchart. Het is een concept-versie omdat er nog het één en ander zou kunnen wijzigen wanneer er gekeken wordt naar de concrete invulling van de bewerkingsstappen.

De informatie in dit hoofdstuk is grotendeels afkomstig van het bedrijf API Institute (productie monofilament) uit Emmen en van Van Gansewinkel (recyclebedrijf). Er is een bezoek gebracht aan API Institute om informatie te ontvangen. Daarnaast is er telefonisch contact geweest met Van Gansewinkel.

2.3.1 Kunststof recyclen

Kunststof recyclen gebeurt steeds meer. Ondanks de stijgende populariteit is het nog steeds een ingewikkeld proces dat jaren van ontwikkeling nodig heeft voordat het effectief kan draaien. Op de volgende pagina is een overzicht gegeven van het huidige kunststof recycle-proces bij Van Gansewinkel.

2.0 STROOMSCHEMA VAN HET PROCES

INVOER



Het kunststof komt het proces binnen. Dit kunststof bestaat uit vele verschillende soorten typen in alle verschillende vormen. Er wordt binnen dit kunststof onderscheid gemaakt tussen 7 hoofdklassen: PET, HDPE, PVC, LDPE, PP, PS en alle overige typen kunststof.

Het sorteren gebeurt door middel van infrarood sensoren. Deze scannen al het kunststof dat over een lopende band binnen komt. Vervolgens worden er blazers ingeschakeld die het type kunststof precies in de juiste buis blazen.



SORTEREN

GRANULEREN



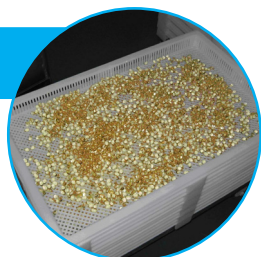
Nadat het kunststof is gesorteerd vindt het vermalen plaats. Van de pakken en flessen wordt kunststof scrap gemaakt. Dit zijn kleine kunststof vlokken van ongeveer 1 a 2 cm.

Het vermaalde kunststof is nog niet gewassen. Dit gebeurt in grote wasbaden met water van ongeveer 70 graden. Het warme water, in combinatie met chemicaliën wast het kunststof schoon. Soms wordt er met deze bakken ook nog gesorteerd, omdat bepaalde kunststofs blijven drijven, en anderen niet.



WASSEN

DROGEN



Het drogen gebeurt in grote tanks waar warme lucht op wordt geblazen. Dankzij doorlaatbaar gaas onderin deze tanks wordt de warme lucht de bak in geblazen en droogt het plastic.

De laatste stap omvat het inpakken en vervoeren. Soms wordt het kunststof scrap nog verwarmd, geëxtrudeerd en opgeknijpt tot granulaat. Soms wordt het ook direct verpakt als kunststof scrap en zo kunnen andere bedrijven het dan inkopen (Priebe, 2012; NatureWorks, 2005; Deiterich, 2010; Simmons, 2005)



INPAKKEN & VERVOEREN

2.0 STROOMSCHEMA VAN HET PROCES

2.3.2 Productieproces monofilament

Het productieproces van monofilament is redelijk eenvoudig. Het bedrijf API institute uit Emmen maakt dergelijk monofilament. Meer informatie is te vinden via <http://api-institute.com>. Tijdens een bezoek aan dit bedrijf is er het één en ander toegelicht over dit proces en is er uitgelegd wat er allemaal mogelijk is.

Eerst is het wel zo gemakkelijk om uit te leggen wat monofilament precies is. Filament staat eigenlijk voor draad. Mono staat voor het feit dat het niet opgebouwd is uit meerdere maar uit één enkele draad. Dit draad wordt gemaakt van kunststof scrap, ofwel kunststof korrels. Deze korrels worden een extruder ingevoerd en worden geëxtrudeerd tot kunststof draad (monofilament). Een extruder is een apparaat dat het kunststof verwarmd en samensmelt om het vervolgens door een opening te duwen waardoor er één draad ontstaat. Wanneer het de extruder uitkomt wordt het draad gelijdelijk aan afgekoeld door een koelbak met water. Het draad is uitgehard en kan nu worden opgewonden om een spindel om het vervolgens te kunnen vervoeren. Het gehele proces is weergegeven op pagina 20.

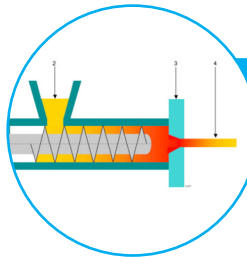
2.0 STROOMSCHEMA VAN HET PROCES

INVOER



Voor het maken van monofilament zijn kleine deeltjes kunststof nodig. Dit kan kunststof scrap, maar kan ook kunststof granulaat zijn.

Het kunststof scrap wordt ingevoerd in een extruder. Dit apparaat verwarmd en smelt het kunststof om naar één kunststof draad, monofilament.



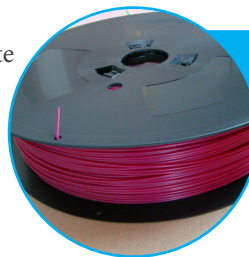
EXTRUDEREN

AFKOELEN



Het koelproces, dat plaatsvindt na het extruderen is erg belangrijk en dient gelijdelijk te gebeuren om een constante diameter draad te krijgen. Bij Api-institute in Emmen wordt het kunststof door een koelbad gehaald dat geleidelijk van temperatuur veranderd. Er zijn ook machines die het draad in de lucht laten afkoelen, maar het dan wel zo nu en dan gelijkmatig oprekken.

Het draad wordt opgewonden op een spindel om te kunnen worden vervoerd.



OPWINDEN

INPAKKEN & VERVOEREN



De laatste stap omvat het inpakken en vervoeren. Het kunststof monofilament kan direct worden gebruikt voor allerlei 3d printers.

2.0 STROOMSCHEMA VAN HET PROCES

2.3.3 Flowchart Re-printer

Kijkende naar het proces dat plaatsvindt bij het recyclebedrijf Van Gansewinkel, kan er gezegd worden dat sorteren in het geval van de Re-printer niet nodig is. Er komt namelijk een van te voren ingesteld materiaal het apparaat binnen. Ook het inpakken en vervoeren is in het geval van de Re-printer niet nodig. Dit betekent dat de Re-printer in ieder geval de processen invoer, vermalen, wassen en drogen moet omvatten.

Wordt er nu gekeken naar het proces van de productie van monofilament, dan kan er gezegd worden dat de Re-printer kunststof scrap dient te extruderen, te koelen, en dat een 3d printer het afgekoelde monofilament moet ontvangen om er iets van te maken.

Wanneer dit gecombineerd wordt levert dit een flowchart op voor de Re-printer. Namelijk:

Invoer - schoonmaken - vermalen - drogen - extruderen - 3d printen. Dit proces is nogmaals weergegeven in figuur 7.

Er zijn hier enkele keuzes gemaakt die het nog waard zijn om vermeld te worden.

1. Er is hier bewust gekozen om eerst schoon te maken en daarna pas te granuleren. Dit omdat er in de Re-printer alleen qua vorm vergelijkbare producten worden ingevoerd. Dit betekent dat er een geschikte waslijn kan worden opgezet voor deze vorm. Wanneer echter het kunststof eerst vermalen wordt, betekent dit dat er gewerkt dient te worden met wasbakken. Deze wasbakken hebben enkele nadelen, waaronder gewicht en formaat. Daarnaast worden er ook vaak chemicaliën gebruikt om het kunststof schoon te maken. Bovendien is het voor de gebruiker interessanter en begrijpelijker om hun eigen beker gewassen te zien worden.
2. Dit is geen definitieve flowchart. Er is hier

in het achterhoofd gehouden dat de huidige flowchart nog kan wijzigen of van volgorde kan veranderen wanneer bezig gegaan wordt met de concrete uitwerking van de verschillende stappen.



Figuur 7: De concept-flowchart van de Re-printer

2.0 STROOMSCHEMA VAN HET PROCES

2.4 Analyse huidige methoden

Nu het stroomschema van de Re-printer vastligt, kan er worden gekeken welke nu al bestaande apparaten bepaalde bewerkingsstappen invulling geven. Daarnaast worden er ook technische details en technische eisen gegeven voor de verschillende bewerkingsstappen. Omdat er bij iedere stap bepaalde eisen worden gesteld is het logisch om het gehele proces van achter naar voren door te lopen zodat iedere stap bepaalde (technische) eisen geeft aan de stap daarvoor. Dit zal dus in deze volgorde worden besproken: uitvoer, 3d printen, extruderen, drogen,

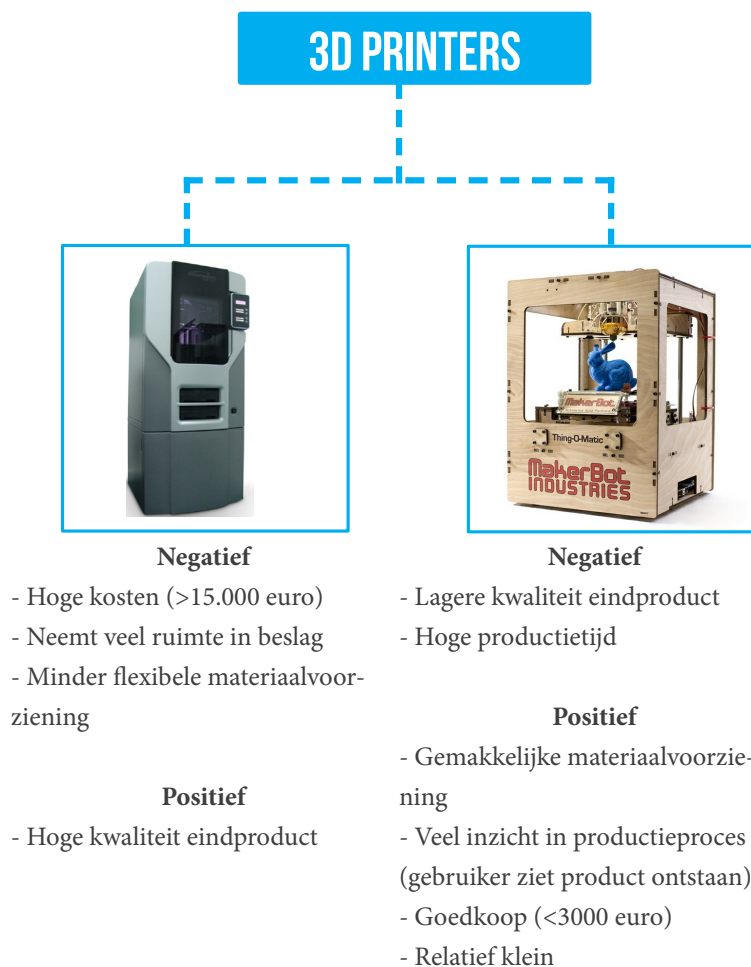
vermalen, schoonmaken en invoer.

Over de uitvoer is nu weinig te zeggen. Waarschijnlijk pakken gebruikers het product zelf uit het apparaat.

2.4.1 3d printen

In het vorige hoofdstuk is al een uitleg gegeven over hoe Fused Deposition Modeling precies werkt. Eerst is er gekozen welk type 3d printer er gebruikt gaat worden. Zoals ook in de figuur te zien is er een onderscheid gemaakt tussen dure, professionele tegenover goedkope amateuristische 3d printers. Een nadeel van duurdere 3d printers is dat deze minder flexibel zijn qua materiaalvoorziening. Dit omdat er cassettes in het apparaat gezet moeten worden. Bij de wat goedkopere printers staat de vorm van aanvoer niet vast, zolang er maar een monofilament aan de printerkop wordt aangeboden.

Een algemeen nadeel dat na onderzoek naar boven kwam is dat PET helaas niet geprint kan worden. Dit heeft te maken met de te hoge smelttemperaturen die de huidige 3d printerkoppen niet aankunnen. In bijlage 2 is nog meer informatie te vinden over de verschillende smelttemperaturen van de verschillende kunststoffen. Overige voor en nadelen van de printers staan ook opgesomd in figuur 8 (Additive3d, 2012).



Figuur 8: Overzicht voor- en na-delen 3d printers

2.0 STROOMSCHEMA VAN HET PROCES

2.4.2. Extruderen

Voordat er naar de machines gekeken wordt, staat er eerst even kort uitgelegd wat extruderen nu precies is.

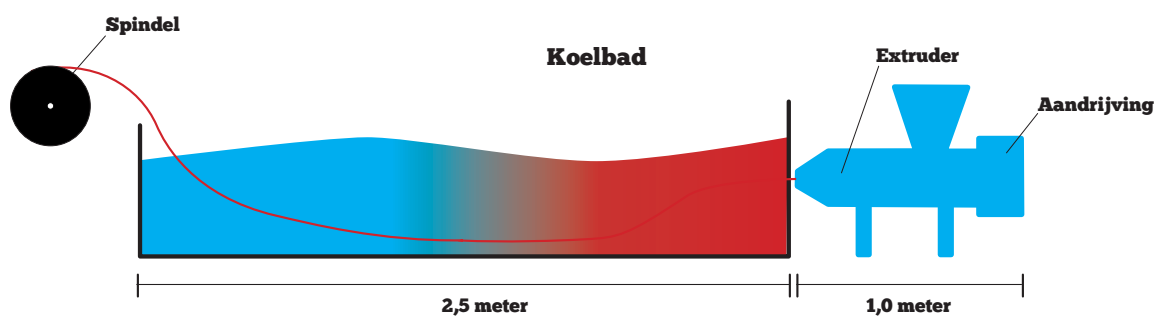
Extruderen is een vormgevingstechniek waarbij er, in geval van de Re-printer, kunststof scrap door een matrijs wordt geduwd. Enkele warmteelementen verwarmen het kunststof tot boven de smeltemperatuur. Vervolgens wordt het gesmolten plastic door een gat geperst (extrusieprofiel) waardoor er dus een filament ontstaat. De schroef die het kunststof voortbeweegt wordt aangedreven door een motor. In bijlage 3 is nog een berekening te vinden waarbij wordt uitgerekend wat ongeveer de kracht zal zijn om het kunststof te extruderen. De berekende kracht bedraagt een kleine 500 N. Vergeleken met het extruderen van een metaal zoals koper onder dezelfde omstandigheden is dit relatief weinig. Het extruderen van bijvoorbeeld koper kost ongeveer 2 KN. Deze extruders hebben een maat van ongeveer 2 x 1,5 x 1,5m. Dit betekent dat de extruder waarschijnlijk een stuk kleiner kan worden gemaakt omdat er een stuk minder kracht nodig is voor het extruderen van het plastic.

Het monofilament dat wordt geëxtrudeerd moet een kunststof draad zijn met een constante diameter van 1,75 mm (Protoparadigm, 2011). De tolerantie op deze diameter is 0,1 mm. Daarnaast dient het

filament mooi rond te zijn. Wanneer dit niet zo is dan gaan er dingen mis bij het smelten van het filament in de kop van de 3d printer. Deze printkop verwarmt namelijk het materiaal, maar wanneer het ene stuk filament iets dikker of dunner is dan het andere stuk, kan het zo zijn dat bepaalde delen kunststof niet helemaal goed verwarmd worden. Dit heeft dan weer invloed op de oppervlaktekwaliteit van het eindproduct.

Er zijn veel machines te vinden die kunststof granulaat omzetten naar monofilament. Deze machines hebben allemaal één ding gemeen: Het innemen van veel ruimte. De machines zijn dusdanig groot dat ze eigenlijk niet geschikt zijn voor in de Re-printer.

Bij het bedrijf API-institute in Emmen wordt er ook filament gemaakt en dit gebeurt met een relatief kleine extruder van ongeveer 2 x 0,5 x 1 m. Zoals te zien in figuur 9 neemt het bad de meeste ruimte in. De temperatuur in het bad daalt langzaam waardoor het draad constant afkoelt, hierdoor kan er aan de eis van 0,1 mm tolerantie worden voldaan (J. Jager, Api-Institute, persoonlijke mededeling, 2 mei 2012).



Figuur 9: Schematische weergave werking monofilament productielijn bij Api-Institute

2.0 STROOMSCHEMA VAN HET PROCES

Hoeveelheden en snelheden

Wanneer er gekeken wordt naar de extrusiesnelheid en de hiervoor genoemde gegevens kan er het één en ander gezegd worden over de snelheid van het extruderen. De machine van API-Institute kan ongeveer 50 kilogram per uur extruderen. Er zijn echter ook machines die tot 160 kg per uur extruderen. 50 kg/uur komt bij een diameter van 1,75 mm neer op een snelheid van ongeveer 60 meter per minuut. Een hogere snelheid wordt bereikt door het verhogen van de draaisnelheid van de schroef of het groter maken van de diameter van de schroef. Hoe hoger de snelheid, hoe meer energie het kost om het materiaal te verwarmen en te laten smelten.

Wanneer de Re-printer in ongeveer 10 seconden een draad moet kunnen extruderen komt dit bij 10 bierbikers neer op ongeveer 21,6 kg per uur. Met de huidige technieken zal hier dus niet de uitdaging liggen. Wel ligt de uitdaging bij het ontwerpen van een extruder met een klein formaat die nog steeds voldoet aan de gestelde eisen.

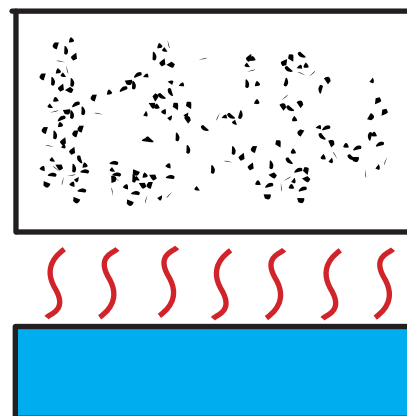
Inkt en bedrukking

Kunststof bierbikers zijn vaak bedrukt met inkt. Het gevolg van deze inkt in dit gehele proces is dat het eindproduct waarschijnlijk enigszins de kleur bevat van de opdruk. Een deel van de inkt blijft in een filter hangen dat zich in de extruder bevindt. Een ander deel zal doorgang vinden en de kleur van het eindproduct beïnvloeden. (J. Komijn, Van Gansewinkel, persoonlijke mededeling, 14 mei 2012).

Er is uiteindelijk gekozen om het ontwerpen van de extruder voor de 3d printer niet mee te nemen in deze bacheloropdracht. De extruder wordt vanaf nu als black box aangenomen waar kunststof scrap in gaat, en monofilament uitkomt. Omdat de benodigde kennis en benodigde informatie niet aanwezig is valt het ontwerpen van een dergelijk complex apparaat buiten het kader van deze opdracht.

2.4.3. Drogen

Voor het drogen van het kunststof scrap wordt een warmeluchtblazer gebruikt. Dit apparaat blaast warme lucht (70 a 80 graden) tegen de kleine kunststof delen aan. De kunststofdeeltjes liggen in een bak met kleine gaatjes in de bodem. Hierdoor kan de warme lucht erdoorheen en worden de kunststof deeltjes droog geblazen. Dit is techniek die ook gebruikt wordt bij Van Gansewinkel.



Figuur 10: Het droogblazen van kunststof scrap

2.0 STROOMSCHEMA VAN HET PROCES

2.4.4 Vermalen

Voor het vermalen van kunststof worden veel verschillende soorten machines en technieken gebruikt. De meest voorkomende techniek is te zien in de figuur 11. Deze techniek verwerkt verschillende soorten kunststoffen, ook PP, PET, PLA en HDPE. De werking komt neer op verschillende metalen schijven die langs elkaar draaien. Op deze manier wordt het kunststof naar binnen gedraaid en vermaald. Het aantal haken en de dikte van de bladen is afhankelijk van welk materiaal er vermaald moet worden.

Net zoals bij het extruderen zijn alle vermalers gemaakt om grote hoeveelheden kunststof (50 kg/uur te verwerken. Hierdoor zijn de meeste vermalers erg groot. (Jordanreductionsolutions, 2009)

Één van de kleinste vermalers welke gevonden is via het internet is te zien in figuur 2.1. Dit apparaat is bijna 2,5 meter hoog en beslaat ongeveer 1 m² aan oppervlak.

De vermaler welke in de Re-printer wordt geplaatst zal kunststof bierbekers van verschillende typen kunststof moeten kunnen vermalen tot korrels van waarschijnlijk ongeveer 1 a 2 cm.

Voor nu is er geen specifieke vermaler uitgekozen voor in de Re-printer. Er is besloten dat de techniek van het apparaat in figuur 2.0 gebruikt gaat worden en er zijn eisen gesteld aan het uitgangspunt van het vermalen.



Figuur 11: Afbeelding van een vermaler



Figuur 12: Afbeelding van een relatief kleine vermaler
Panchal-plastics.com (2009)

2.0 STROOMSCHEMA VAN HET PROCES

2.4.5 Schoonmaken

Bij Van Gansewinkel worden veel verschillende kunststoffen gerecycled. Het schoonmaken gebeurt hier met verschillende wasbaden. Het water heeft een temperatuur van ongeveer 70 graden. Daarnaast bevinden er zich chemicaliën in het water waardoor het afval en vet gemakkelijk los laat van het kunststof. (J. Komijn, persoonlijke mededeling, 14 mei 2012). In figuur 13 is een schematische weergave van een dergelijk bad te zien. Het kunststof wordt door een bad geleid waar het wordt schoongespoeld. Het is redelijk snel duidelijk dat een dergelijk bad erg lastig is voor in de Re-printer. Dit komt door het volume, het formaat en het gewicht dat dergelijke systemen met zich meebrengen.

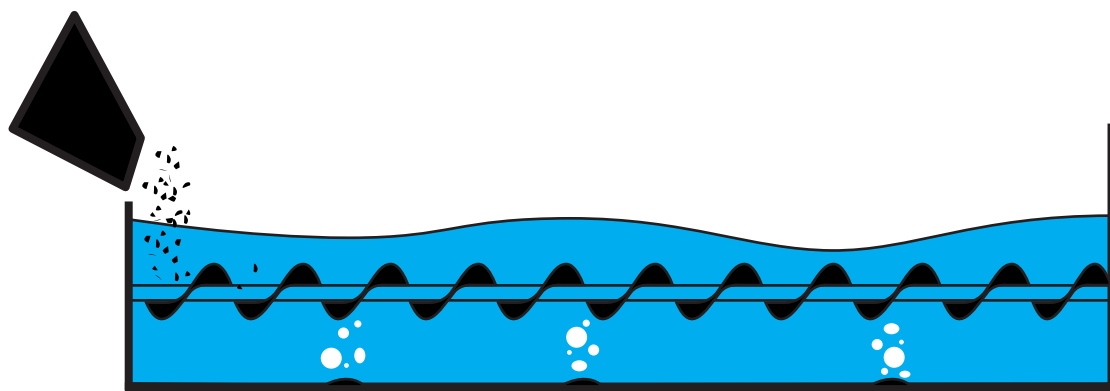
2.4.6 Invoer

De vorm van de invoer is nu nog onbekend. In bijlage 2 is echter nog wat informatie te vinden over wat de verschillende dichtheden zijn van de bierbeker-materialen en wat er allemaal geprint zou kunnen worden.

2.4.7 Conclusie

Naar aanleiding van deze analyse van de systemen en apparaten kan er worden besloten dat de onderdelen vermaler, extruder en 3d printer kunnen

worden ingekocht. De bewerkingsstappen invoer, wassen, drogen en uitvoer moeten nog worden vormgegeven. Daarnaast zal ook de aansluiting tussen al deze bewerkingsstappen een vorm moeten krijgen. Het extrusieproces wordt vanaf nu gezien als een black box waar kunststof scrap in gaat en waar geschikt monofilament uit komt. Ook het koelproces van het filament valt binnen de bewerkingsstap 'extruderen'.



Figuur 13: Schematische afbeelding van een wasbad

3.0 CONCEPTONTWERP

3.1 Idee & conceptfase

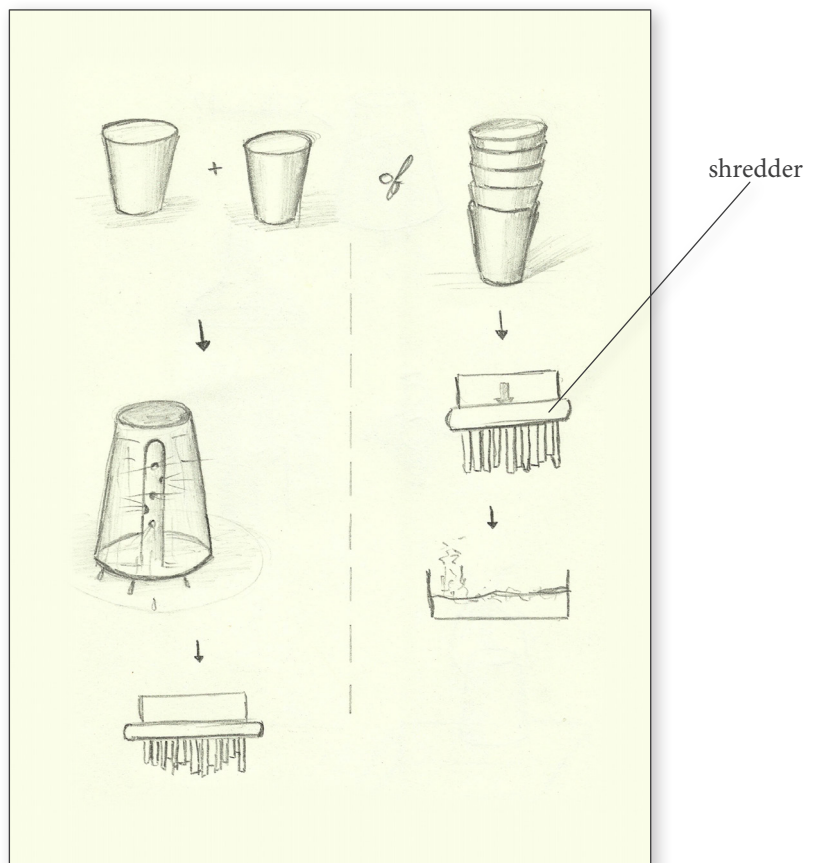
3.1.1 Idee fase

Tijdens de Idee-fase is er begonnen met het vinden van oplossingen per bewerkingsstap. Iedere stap is apart bekeken en er zijn oplossingen voor verzonnen. Vervolgens zijn er enkele verschillende concepten geschetst. Hiermee is naar de opdrachtgever gestapt. Met de opdrachtgever is er toen gekozen voor een combinatie van verschillende concepten.

In dit hoofdstuk wordt er eerst een deel laten zien van het proces dat is doorlopen voordat de concepten zijn vormgegeven. Een ideefase. Vervolgens zijn deze ideeën gevat in een morfologisch schema en daaruit zijn weer drie concepten voortgekomen.

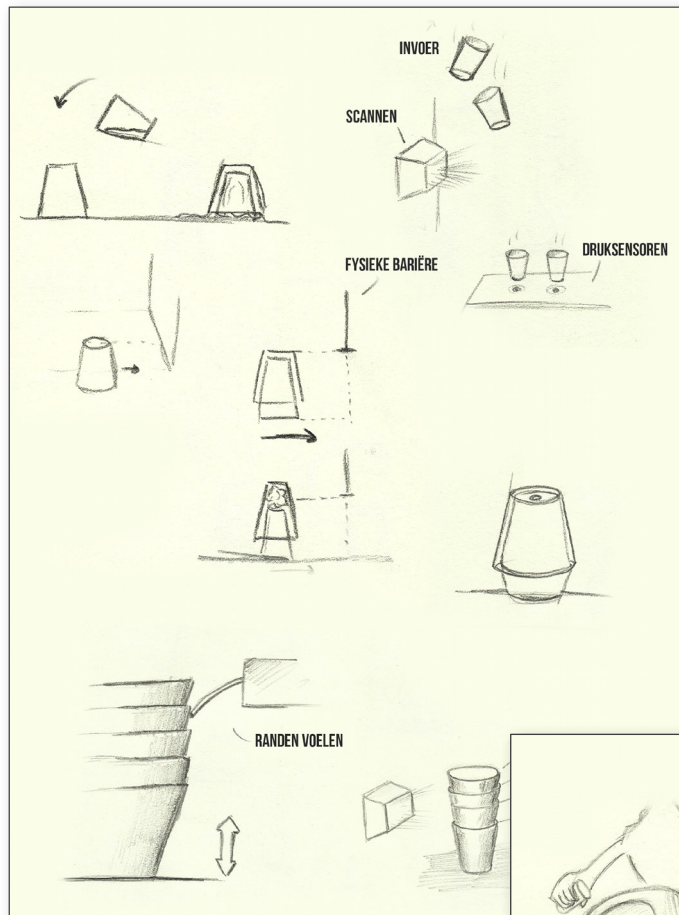
Nadat het concept is gekozen is er een nieuwe flowchart gemaakt en is er beter nagedacht over de verschillende oplossingen per bewerkingsstap.

Figuur 14 laat zien welke invloed de manier van invoer heeft op de rest van het proces. Wanneer er los wordt ingevoerd, zal er eerst moeten worden gewassen. Wanneer er echter eerst stapels worden ingevoerd zal er eerst vermalen moeten worden om het vervolgens schoon te kunnen maken.



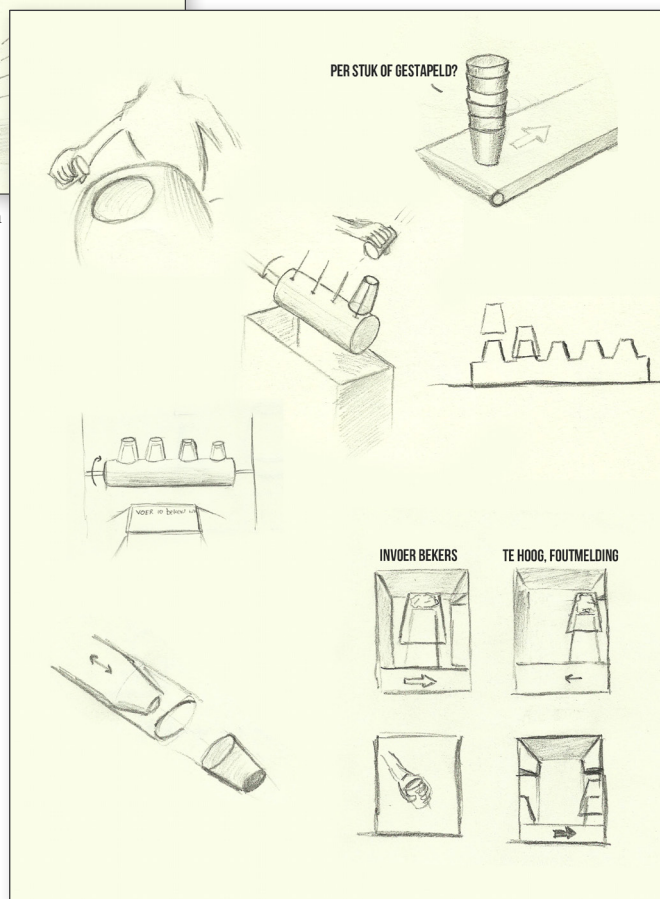
Figuur 14: Ideeschets over verschil tussen invoer in stapels en losse invoer

3.0 CONCEPTONTWERP



Figuur 15: Ideeën over het controleren en scannen van de invoer

In de figuren op deze pagina zijn ideeën weergegeven over de manier van het controleren van de invoer (figuur 15). Hoe weet de Re-printer dat er genoeg bekers zijn en dat ze allemaal geschikt zijn? Dit kan door middel van gewichtssensoren, een scanner of door een fysieke barrière zoals te zien in het midden van figuur 15.

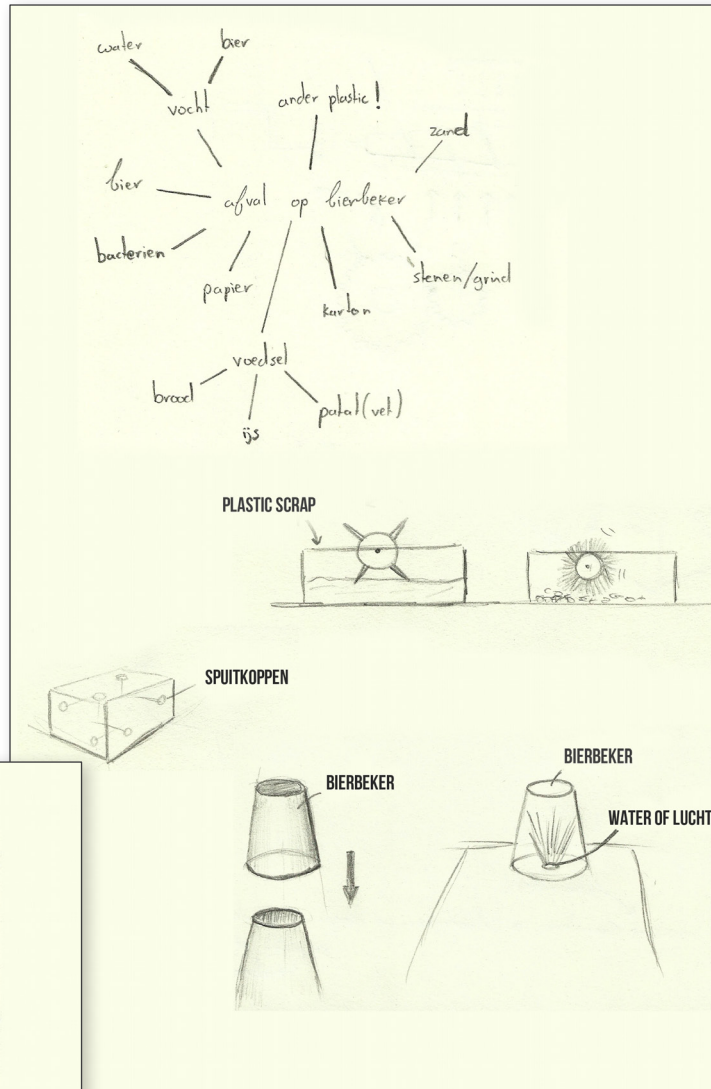


Figuur 16: Ideeën over de wijze van invoer

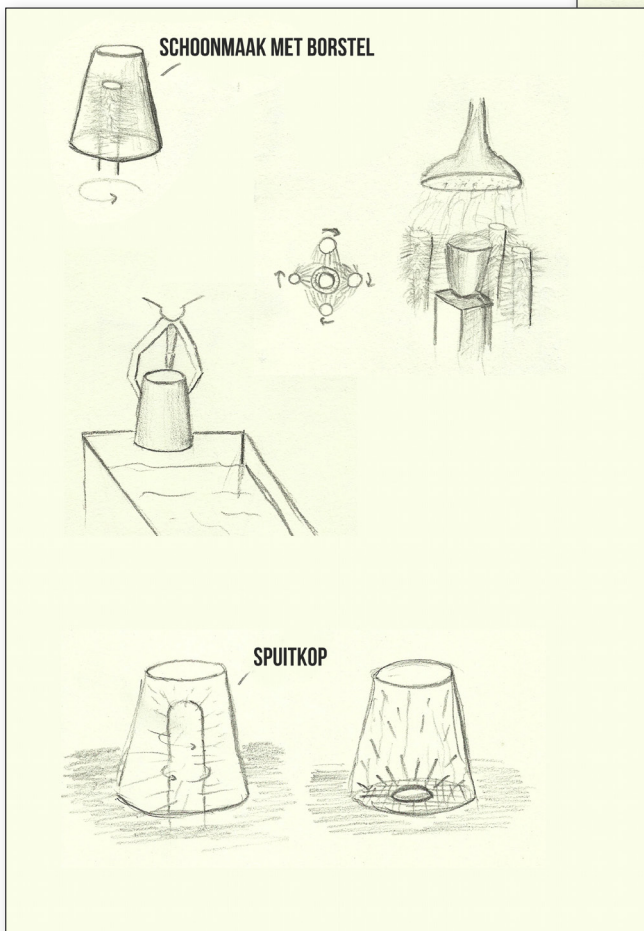
De wijze van invoer heeft invloed op veel zaken. Ook hier kan er al geselecteerd worden op bijvoorbeeld formaat. Zoals rechtsonderin te zien is. Daarnaast kan de invoer ook op vorm selecteren door gebruik te maken van een tegenvorm.

3.0 CONCEPTONTWERP

Het schoonmaken is een belangrijk proces binnen de Re-printer. Eerst is er nagedacht over welk afval en vuil er allemaal rekening mee kan worden gehouden en vervolgens zijn verschillende ideeën weergegeven over hoe de bickers schoongemaakt worden. Zo kan er met spuitkoppen gewerkt worden, maar kan er ook met borstels worden schoongemaakt. In figuur 17 is te zien hoe een beker in een bad kan worden ondergedompeld om schoon te maken.

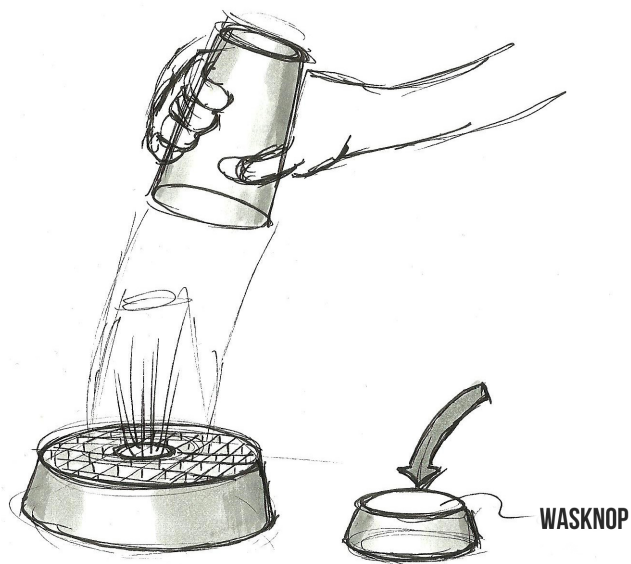


Figuur 18: Ideeschets over het schoonmaakproces



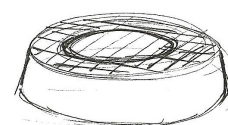
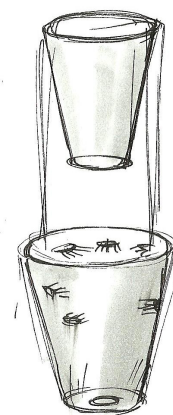
Figuur 17: Ideeschets over schoonmaakproces

3.0 CONCEPTONTWERP



De gebruiker zou ook zelf de bekens eerst schoon kunnen maken alvorens ze in te voeren. In de figuren 19 en 20 is een idee te zien over een schoonmaakonderdeel voor bierbekers.

Figuur 19: Schoonmaakunit voor de gebruiker zelf

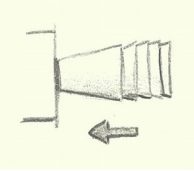
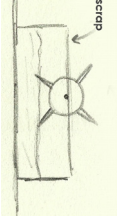
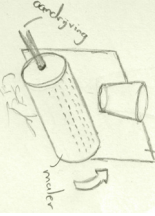
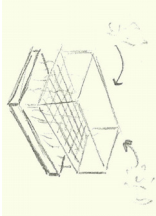
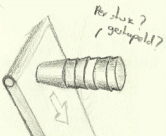
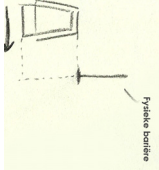
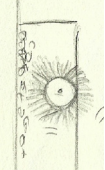
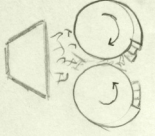
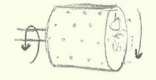
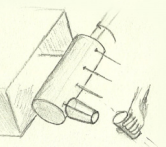
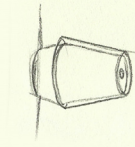
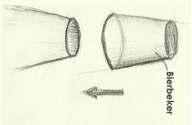
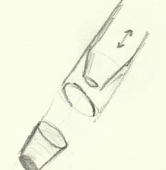
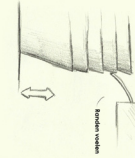
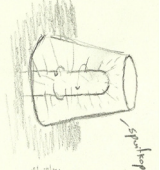
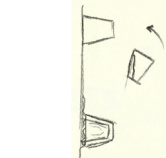
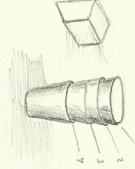
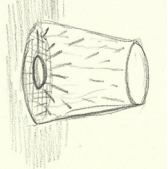
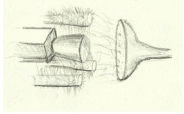


Figuur 20: Schoonmaakunit voor gebruiker zelf

3.0 CONCEPTONTWERP

Op deze pagina staan alle ideeën weergegeven in een morfologisch schema. Met 'filteren' wordt de stap bedoeld waarbij de invoer wordt gecontroleerd op geschiktheid (materiaal, gewicht, inhoud). Bij de stap 'buffer' is nog nagedacht over hoe een tekort

aan invoer kan worden aangevuld met een buffer waar plastic in zit.

ONDERDEEL	OPLOSSINGEN	INVOER	FILTEREN	SCHOONMAKEN	BUFFER	VERMALEN	DROGEN
							
							
							
							
							
							

Tabel 3: Morfologisch schema met verschillende oplossingsrichtingen

3.0 CONCEPTONTWERP

3.1.2 Conceptfase

Uit alle bovenstaande ideeën zijn drie concepten ontwikkeld. Bij sommige concepten staat niet het volledige proces getekend omdat de vorm of het apparaat van de ontbrekende stappen al vastliggen.

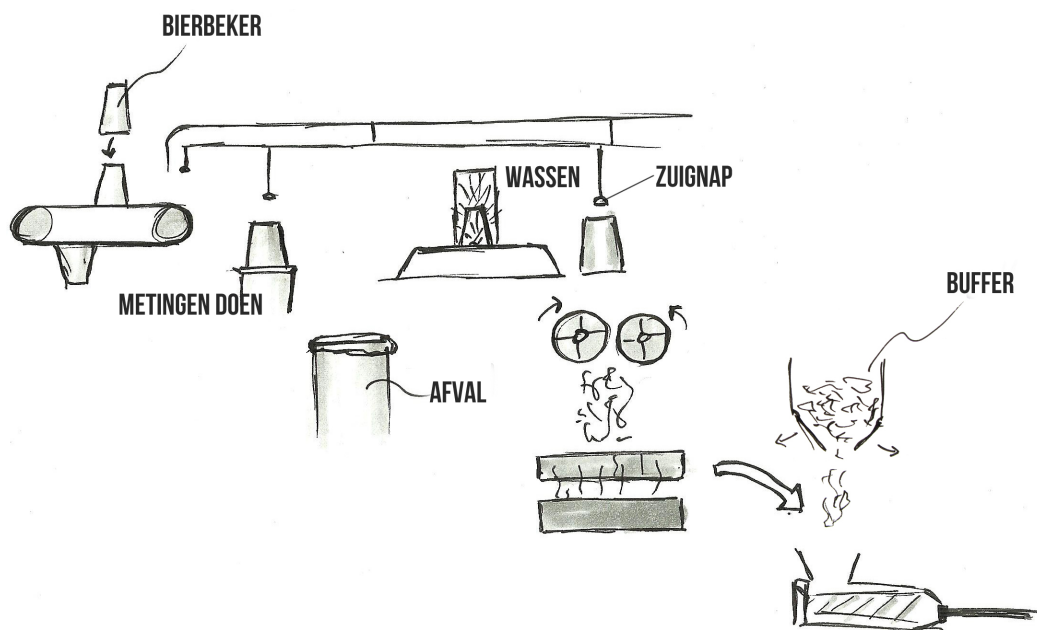
Concept 1

Dit concept is geïllustreerd in figuur 21. De gebruiker zet de verzamelde bekers één voor één op een tegenvorm. Dit is de invoer van de Re-printer. Vervolgens worden de bekers, buiten het zicht van de gebruiker, geselecteerd. Ongeschikte materialen, objecten of producten worden weggegooid. Daarna worden de gekozen bekers schoongemaakt. Nadat

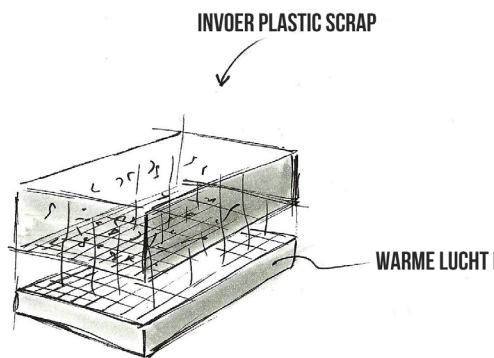
het kunststof is vermalen wordt het gedroogd met warme lucht. Na het drogen wordt er zo nodig nog wat kunststof toegevoegd om ervoor te zorgen dat er genoeg kunststof aanwezig is voor het gekozen eindproduct, dit gebeurt met een buffer. Hierna kan het kunststof geëxtrudeerd en geprint worden.

Vanwege de buffer is het niet erg als de gebruiker verkeerd of minder bekers invoert.

In de figuren 22 en 23 is het was- en droog-proces te zien voor dit concept. In figuur 24 is te zien dat de bekers vervoerd worden met een zuignap.

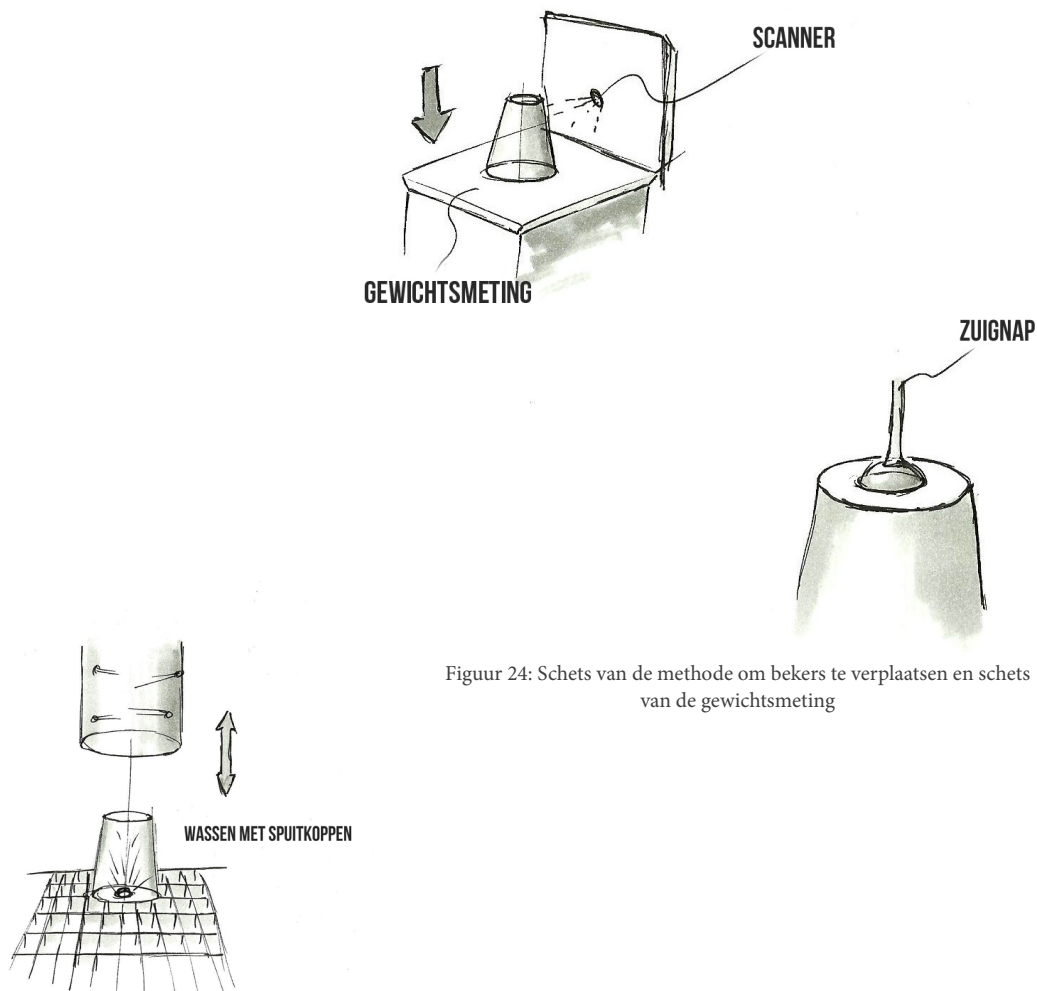


Figuur 21: Schets van concept één

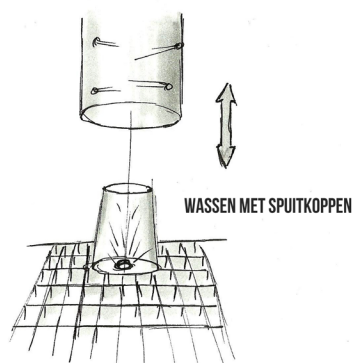


Figuur 22: Droogmethode

3.0 CONCEPTONTWERP



Figuur 24: Schets van de methode om bekertjes te verplaatsen en schets van de gewichtsmeting



Figuur 23: Wasmethode

Voordelen	Nadelen
Bewerkingsstappen zijn goed te onderscheiden, prettig voor gebruiker. Duidelijke weergave van het proces.	Het invoer-onderdeel wordt erg vies.
Gebruiker hoeft niet veel te doen. Enkel invoeren. Drempelverlagend.	De Re-printer heeft veel onderhoud nodig: Legen afvalbak, schoonmaken, aanvullen buffer.
Gebruiker kan in principe alles invoeren, buiten het zicht wordt de invoer gefilterd.	Geen gecombineerde bewerkingsstappen waardoor veel ruimte in beslag wordt genomen
	De buffer met kunststof zorgt voor vreemde tegenstelling tussen bewustzijn creëren over afval en het gebruik van 'nieuw' kunststof binnen het apparaat.

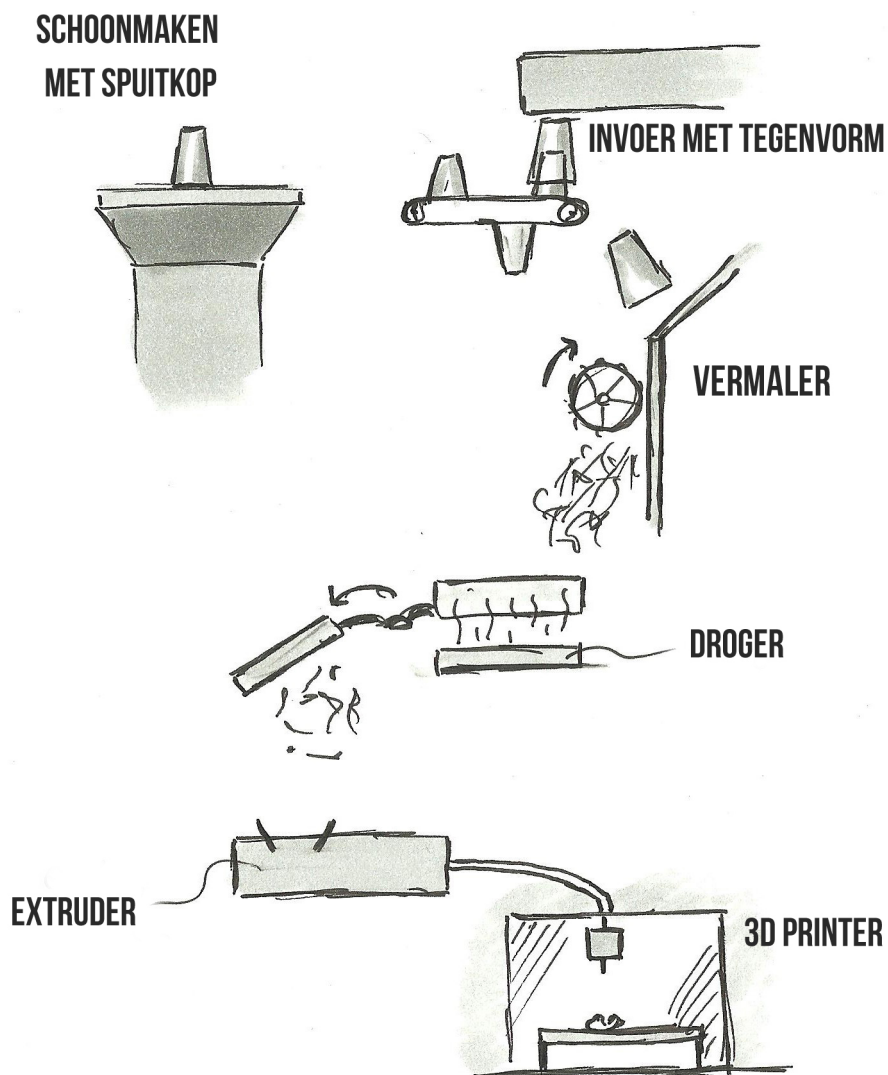
Tabel 4: Een overzicht van de voor- en na-delen van concept 1

3.0 CONCEPTONTWERP

Concept 2

Bij dit concept, zie figuur 25, neemt de gebruiker een deel van het proces voor zijn rekening. De gebruiker maakt namelijk zijn of haar eigen bekervorm schoon alvorens ze in te voeren. Daarnaast verschilt dit concept van concept 1 met het ontbreken van een buffer, de gebruiker moet dus zelf ook de juiste hoeveelheid kunststof in de juiste vorm invoeren.

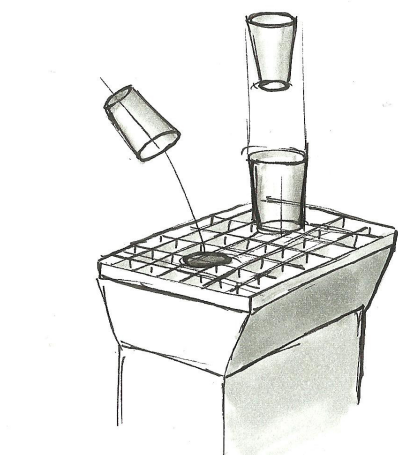
Het overlaten van bepaalde taken voor de gebruiker maakt het apparaat natuurlijk minder gecompliceerd, maar het legt ook een grote verantwoordelijkheid bij de gebruiker. Figuur 26 laat het schoonmaakonderdeel zien dat de gebruikers zelf moeten bedienen.



Figuur 25: Concept twee

3.0 CONCEPTONTWERP

SCHOONMAKEN MET SPIITKOP



Figuur 26: Schoonmaakonderdeel voor gebruiker

Voordelen	Nadelen
Gebruiker neemt deel aan proces, kan positief worden ervaren	Gebruiker neemt deel van het proces over, dit is drem-pelverhogend en kan leiden tot festivalbezoekers die 'geen zin hebben'.
Re-printer zelf is een stuk eenvoudiger	Gebruiker is relatief lang bezig met schoonmaken en één voor één invoeren, kan zorgen voor desinteresse.
Onderhoud van Re-printer minder groots	Gebruiker heeft grote verantwoordelijkheid: De bekens moeten volledig schoon zijn vanwege extrusieproces.
	Gebruiker moet zelf juiste hoeveelheid toevoegen, kan leiden tot lange tijdsduur en irritaties.

Tabel 5: Een overzicht van de voor- en na-delen van concept 2

3.0 CONCEPTONTWERP

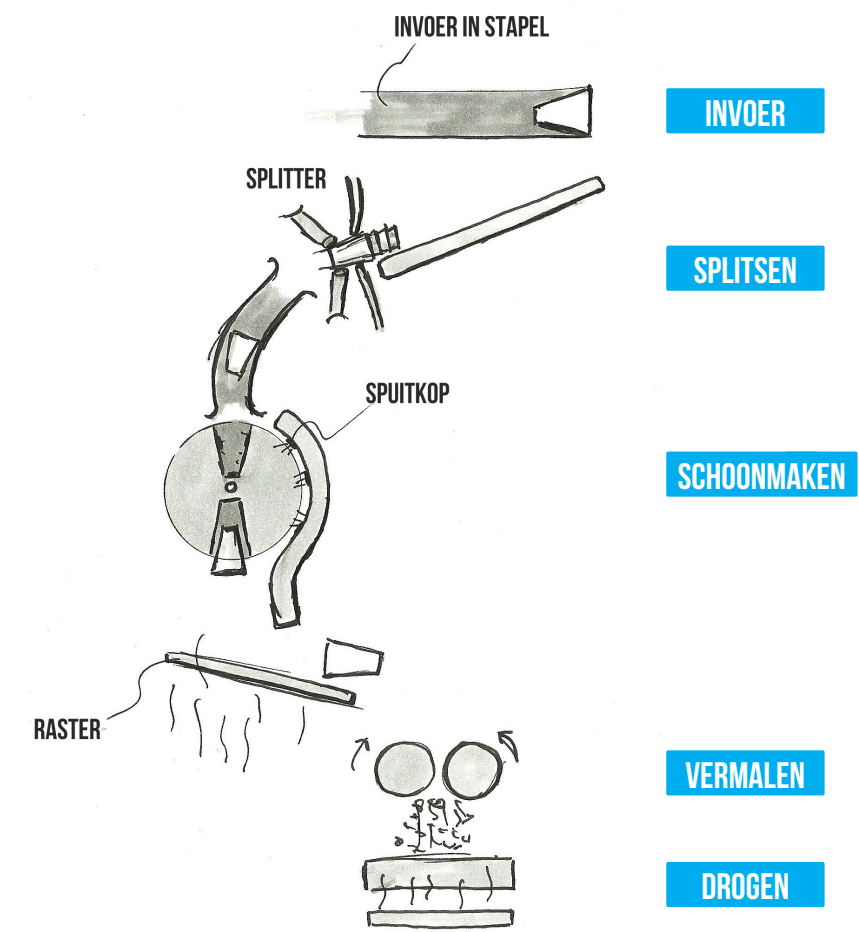
Concept 3

Dit concept is weergegeven in figuur 27. Het laatste concept heeft als unicum dat de gebruiker een hele rij gestapelde bickers in één keer kan invoeren. Tijdens de ideefase heerste het idee dat dit niet mogelijk was omdat de bierbickers dan eerst vermaald moesten worden. Na het uittekenen van verschillende ideeën is er een oplossing bedacht voor het

zowel invoeren in stapels, als het niet wassen met een wasbad. Hierdoor is de invoer erg gemakkelijk en gaat erg snel. De Re-printer haalt zelf de bickers los, wast, vermaalt en droogt het kunststof. Dit betekent dus dat er een nieuwe bewerkingsstap (splitsen) is toegevoegd aan het concept. Het wassen gebeurt hier op een iets andere manier dan bij de vorige concepten.

Voordelen	Nadelen
Gebruiker voert snel en gemakkelijk in	Gebruiker is verantwoordelijk voor het invoeren van lege bickers, de controle op de bickers is minder sterk.
Gecompliceerd ontwerp zorgt voor futurische uitstraling naar de eindgebruiker toe	Redelijk gecompliceerd ontwerp, er is waarschijnlijk veel schoonmaak en onderhoud nodig.

Tabel 6: Een overzicht van de voor en nadelen van concept 3



Figuur 27: Concept drie

3.0 CONCEPTONTWERP

3.1.3 Keuze

Met het voorgaande overzicht van de concepten is er naar de opdrachtgever gestapt voor een overleg. In dit overleg is er gekozen voor bepaalde oplossingsrichtingen. Er is dus niet gekozen voor één van de drie concepten. Dit omdat de concepten vooral hebben gediend als communicatiemiddel. Bovendien is er aan de hand van de concepten nagedacht over de mogelijkheden en volgorde van het gehele proces. Normaliter zouden de concepten naast het PvE gelegd worden om te kijken welk concept het meest voldoet aan de eisen en wensen. Maar omdat de concepten vooral bedoeld zijn om de voor- en na-delen van de mogelijkheden in kaart te brengen, is er aan de hand van deze concepten niet te zeggen over of ze de gestelde eisen kunnen halen. Daarnaast was er te weinig tijd om de concepten volledig uit te kunnen werken.

De gemaakte keuzes staan hieronder opgesomd met daarbij enige argumentatie.

- *Er bevindt zich geen buffer in de Re-printer*
Deze buffer zou in eerste instantie het gat vullen tussen de hoeveelheid ingevoerde kunststof en de hoeveelheid benodigde kunststof voor het nieuwe product. Voordelen van een dergelijke buffer zijn dat de gebruiker niet persé al het benodigde kunststof zelf hoeft in te voeren. Dit kan gemakkelijk zijn wanneer de gebruiker bijvoorbeeld een ongeschikte beker invoert. De Re-printer zou een ongeschikte beker er zelf uit kunnen halen in plaats van de beker weer 'uit te spugen' en de gebruiker om een vervangende beker vragen. Dit geeft dus een stuk gebruiksgemak.
De reden waarom er dan toch uiteindelijk niet is gekozen voor een buffer is dat de Re-printer een apparaat is dat de gebruiker na wil laten denken over de mogelijkheden van afval. Het zou ingaan tegen het imago en het idee van het apparaat wanneer er dan 'nieuw' kunststof wordt toegevoegd. Hierdoor

verbruikt de gebruiker nog meer kunststof, in plaats van het hergebruiken daarvan.

- *Het volledige proces in de Re-printer is te zien en te volgen*

Zoals ook hiervoor al uitgelegd is is het belangrijk dat de Re-printer laat zien wat er met afval kan gebeuren. Door het apparaat volledig inzichtelijk te maken kan de gebruiker zijn of haar eigen bekens volgen en zien wat er gebeurt met het afval.

- *De gebruikers kunnen stapels bekens invoeren*
Om het gebruiksgemak te vergroten is er besloten om de gebruiker de bierbekers in stapels in te laten voeren. Dit scheelt de gebruiker het van elkaar afhaken van de bekens. Gevolg hiervan is uiteraard wel dat de Re-printer zelf de bierbekers moet splitsen alvorens ze schoon te maken. Dit geeft echter ook een bepaald effect mee met het apparaat omdat de gebruikers dat ook allemaal kunnen zien.

- *De gebruiker maakt de bekens eerst zelf schoon alvorens ze in een stapel in te voeren*
Let op, deze keuze is in eerste instantie wel gemaakt. Later is echter gebleken dat dit toch geen logische keuze is en dat het één voor één laten schoonmaken zeer tegenstrijdig is met het invoeren in een stapel. Bovendien zorgde deze keuze voor een extra drempel bij de festivalbezoekers en neemt een extra schoonmaakplek ook weer meer ruimte in. Er is dus uiteindelijk gekozen om de gebruikers alleen de bekens te laten invoeren en om het apparaat de bekens te laten schoonmaken.

- *Drogen gebeurt pas na het vermalen*
Deze keuze is gebaseerd op de aanname dat het drogen van kunststof scrap stukken gemakkelijker en sneller gaat dan het drogen van bierbekers. Dit heeft twee redenen. De eerste is dat bij kunststof scrap het oppervlak waarop geblazen makkelijker te bereiken is waardoor het vocht sneller verdampt. Het tweede

3.0 CONCEPTONTWERP

argument is dat het vocht dat in een bierbeker zit, lastig weg kan aangezien bierbekers ook waterdicht zijn.

Naast de bovengenoemde keuzes zijn er ook zaken besproken als: Wat gebeurt er met materiaal dat niet geschikt is voor de Re-printer? De kans is groot dat mensen van alles in het apparaat zullen stoppen om te kijken of het werkt. Daarnaast is het zo dat het onderscheid tussen verschillende formaten bekers ook redelijk lastig is. Hieruit is geconcludeerd dat het ontwerp dat nu gemaakt wordt in eerste instantie bedoeld is voor één type kunststof en één type beker. Daarnaast is het mogelijk om bij de start van dit project iemand bij de Re-printer te zetten om

de mensen uit te leggen wat ze moeten doen en om toezicht te houden op wat er het apparaat in gaat. Daarnaast gaat de Re-printer zelf controleren op formaat, gewicht en vorm, dit zorgt ervoor dat al een bepaald deel van verkeerde invoer op tijd kan worden opgemerkt.

De flowchart is dus nog gewijzigd en staat weergegeven in figuur 28. Vergeleken met de conceptflowchart op pagina 21 is de bewerkingsspliten toegevoegd, hier worden de bekers losgehaald van de stapel waarin ze zijn ingevoerd. Vanaf het volgende hoofdstuk wordt het huidige concept uitgewerkt.



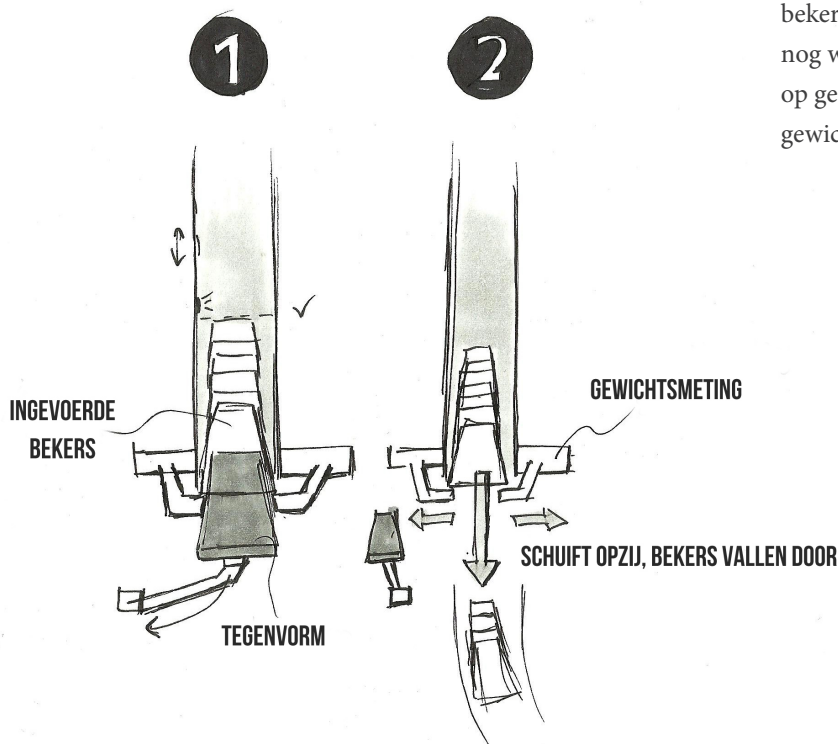
Figuur 28: De definitieve flowchart van de Re-printer

3.0 CONCEPTONTWERP

3.2 Conceptuitwerking

Nadat de conceptringing is gekozen is deze uitgewerkt tot een dusdanig niveau waarmee een Solidworks model gemaakt kan worden. De uitwerking van dit concept is te zien in dit hoofdstuk. Iedere bewerkingsstap zal wanneer nodig worden behandeld, beginnend bij de invoer. Soms is er nagedacht

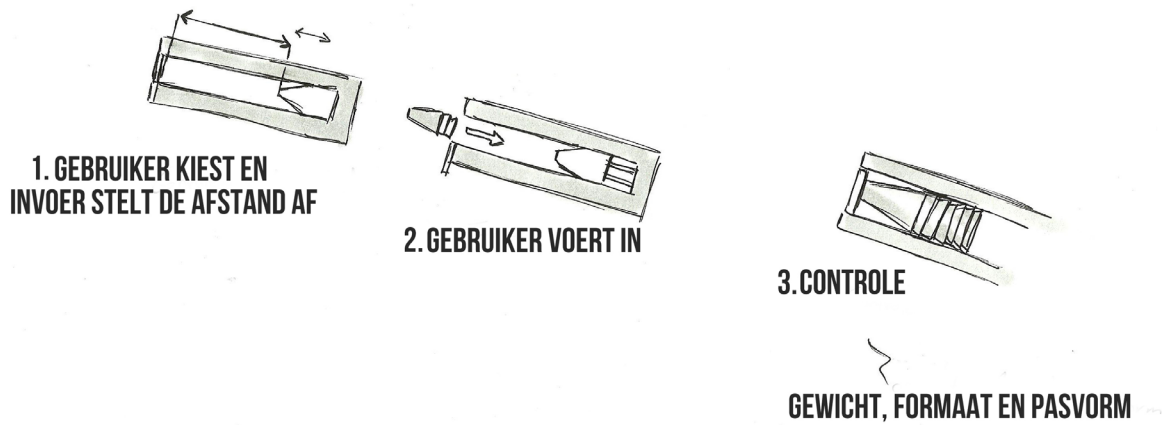
over andere mogelijke oplossingen voor de bewerkingsstap.



Idee over invoer van de stapel bekers. Deze moeten namelijk nog wel gecontroleerd worden op geschiktheid. Dit kan met een gewichtsmeting en met sensoren.

Figuur 29: Idee voor de invoer van bierbikers

3.0 CONCEPTONTWERP

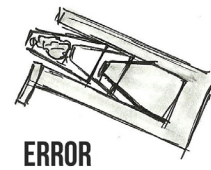


Figuur 30: Verschillende ideeën voor de invoer van het apparaat

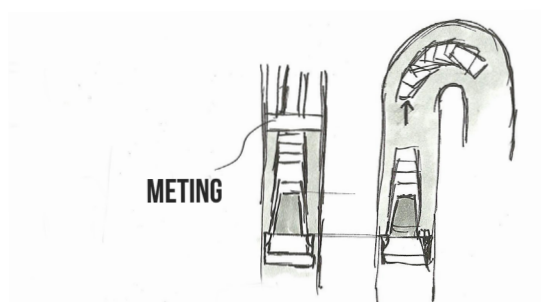
In figuur 30 is een uitwerking te zien van een mogelijke invoer door middel van een verschuivende tegen-vorm.

1. De gebruiker kiest een te maken product waardoor het apparaat weet hoeveel bekers daarvoor nodig zijn. De ruimte voor invoer wordt hierop afgesteld.
2. De gebruiker voert de bekers in.
3. Controle, als de gebruiker teveel of te weinig bekers heeft ingevoerd, weet het apparaat dat omdat er te weinig, of juist teveel ruimte over is.

In figuur 31 is te zien dat er te weinig ruimte over is vanwege afval in de laatste bierbeker.



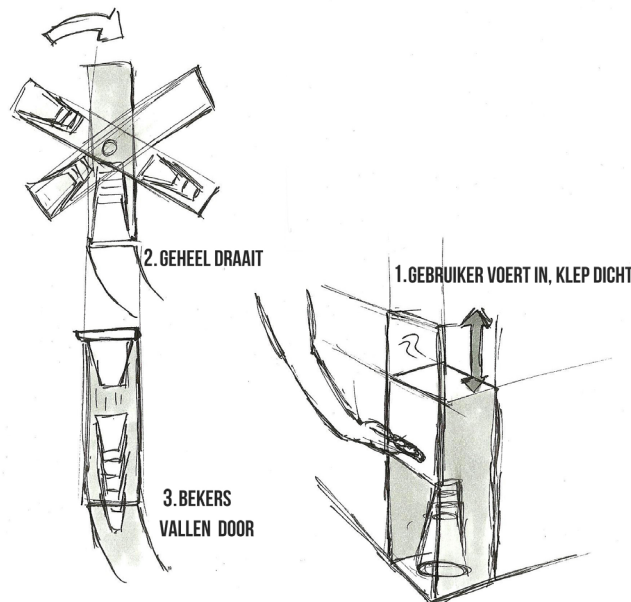
Figuur 31: Een bierbeker met afval



Figuur 32: Idee voor invoer stapel bierbikers

Een ander idee voor de invoer is een recht-opstaande stapel bekers, die na de meting omhoog wordt geduwd naar de volgende bewerkingsstap. Zie figuur 32.

3.0 CONCEPTONTWERP



Figuur 33: Invoermethode voor stapel bierbikers

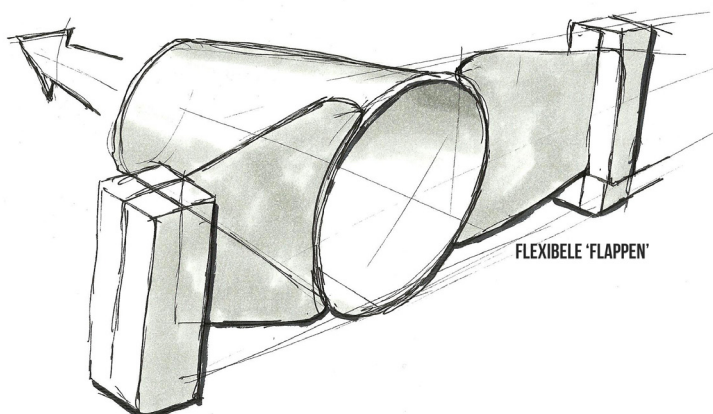
Een ander idee voor invoeren is te zien in figuur 33. Een onderdeel dat in totaliteit draait waardoor bikers het apparaat in vallen.

1. Gebruikers voeren de bickers in door ze op een tegenvorm te zetten. Vervolgens doen ze de klep dicht.
2. Na het wegen en scannen van de bickers draait de gehele invoer 180 graden.
3. De bickers vallen naar beneden richting de volgende bewerkingsstap.

Er is in het uiteindelijk concept gekozen voor deze wijze van invoer.

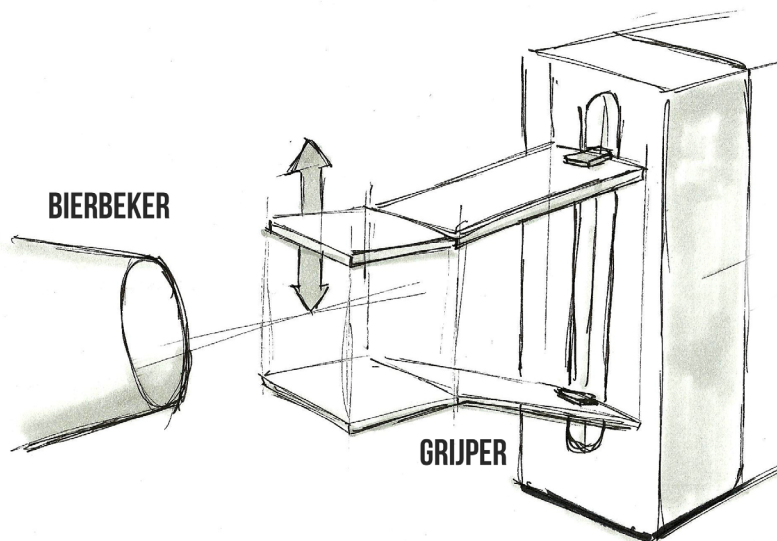
Aangezien de Re-printer stapels bickers binnen krijgt, maar ze niet tegelijk kan wassen, dienen de bickers losgehaald te worden. Dit gebeurt bij de bewerkingsstap 'splitsen'. Het onderdeel bestaat uit twee flexibele flappen waar de stapel bickers invallen (figuur 34). Vervolgens trekt een grijper, figuur 35,

de bickers één voor één los en laat ze los boven het volgende onderdeel. In het uiteindelijke concept is er gekozen om één flexibele flap te gebruiken met daarin een gat, waar de bickers invallen.



Figuur 34: Schets van de werking van het onderdeel dat stapels bickers splitst

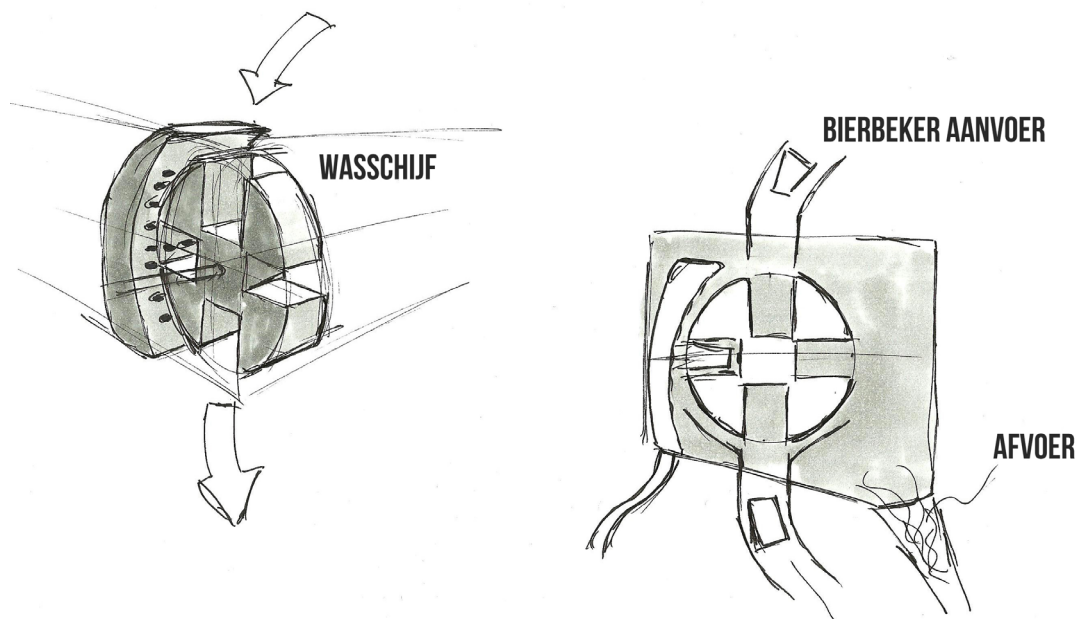
3.0 CONCEPTONTWERP



Figuur 35: Een grijper pakt de bekers één voor één

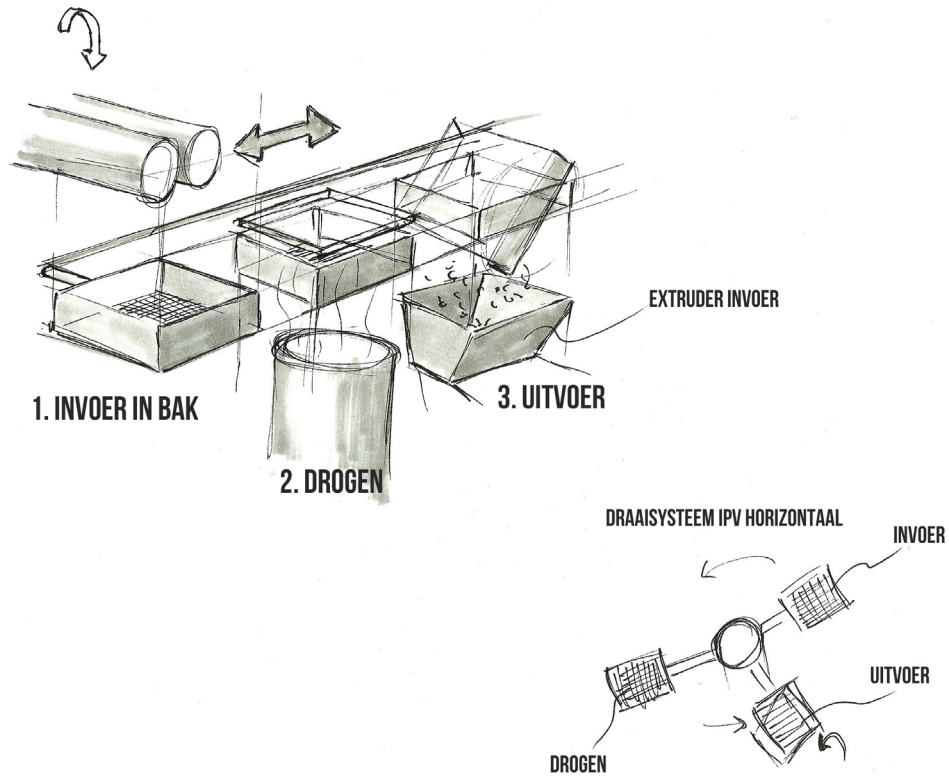
Het wassen van de bekers gebeurt met een wasschijf. De bekers vallen in de schijf zoals te zien is in figuur 36. Vervolgens bevinden er zich zowel in als om de schijf heen, spuitkoppen. Terwijl de schijf een halve

draai maakt spuiten deze koppen warm water op en in de beker om hem schoon te maken.



Fguur 36: Uitwerking schoonmaakprincipe door middel van wasschijf

3.0 CONCEPTONTWERP



Figuur 37: Uitwerking van het droogprincipe

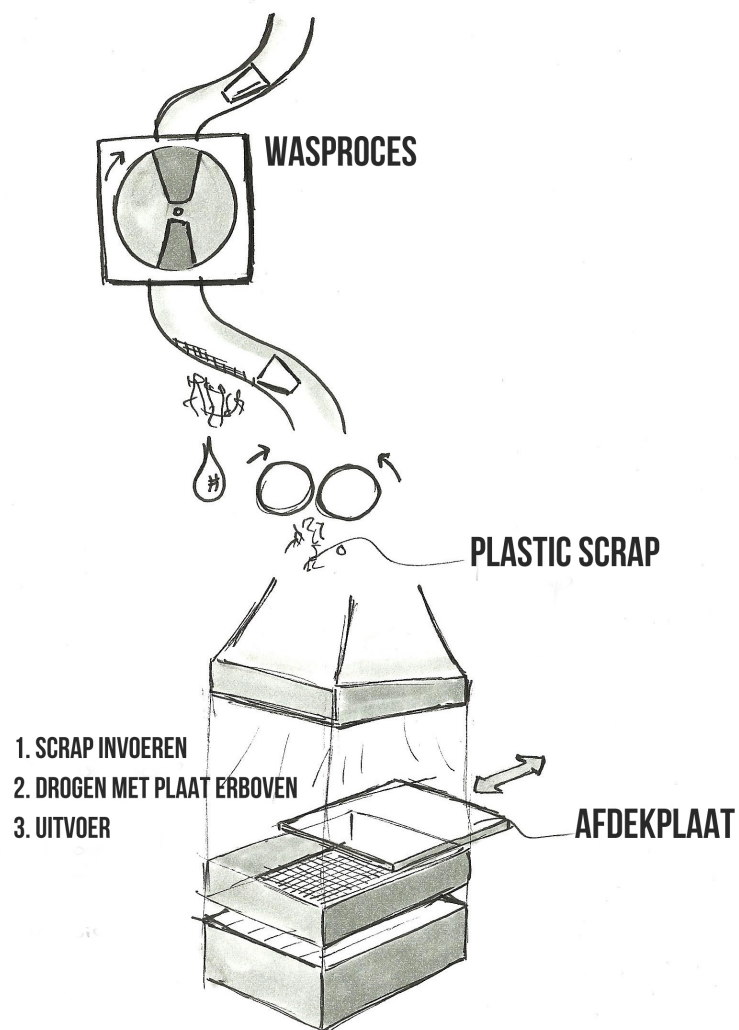
In figuur 37 is de uitwerking te zien van het systeem dat het kunststof scrap zal drogen. Een bak beweegt zich voort over een baan en het proces bestaat eigenlijk uit drie stappen:

1. Invoer van kunststof scrap in de droogbak
2. Drogen dmv warme luchtblazer
3. Legen in extruder

3.0 CONCEPTONTWERP

In figuur 38 worden zowel het drogen als het was-sen beschreven. Er is uiteindelijk gekozen voor de droogmethode te zien in figuur 37. Uiteindelijk zijn

alle ideeën samen genomen en verwerkt in één 2d schets van de werking van het apparaat. Deze is te zien in figuur 39.

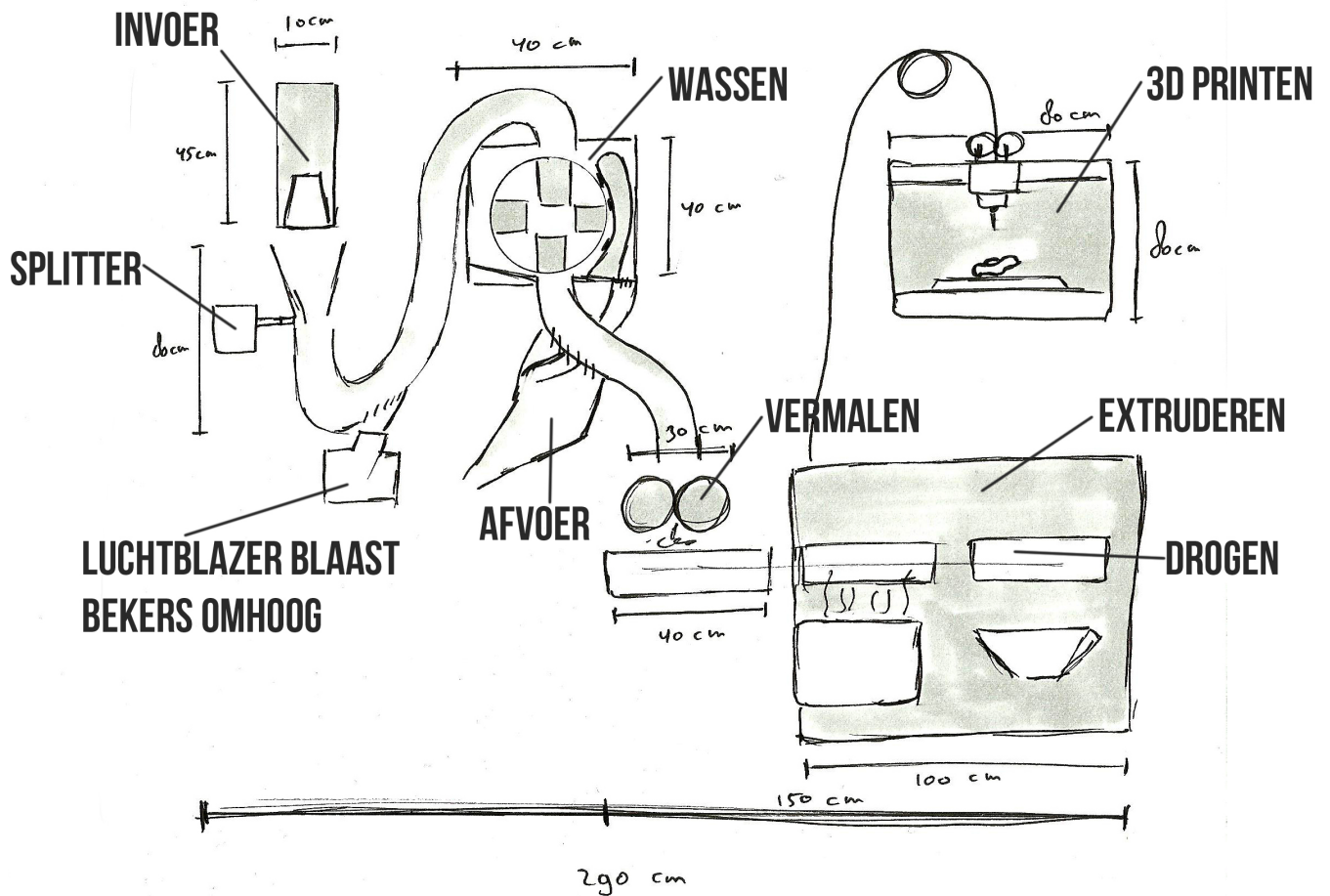


Figuur 38: Idee voor droog en wasproces

3.0 CONCEPTONTWERP

Figuur 39 laat het huidige idee van de Re-printer zien. Nadat de bickers zijn ingevoerd worden ze losgehaald bij de splitter. Vervolgens blaast een luchtblazer de bickers één voor één omhoog waarna ze in een wasschijf vallen. Nadat ze zijn gewassen,

worden ze vermalen en worden ze gedroogd met de drie al eerder genoemde stappen. Na extrusie is het alleen nog maar een kwestie van 3d printen en het nieuwe product ligt klaar.



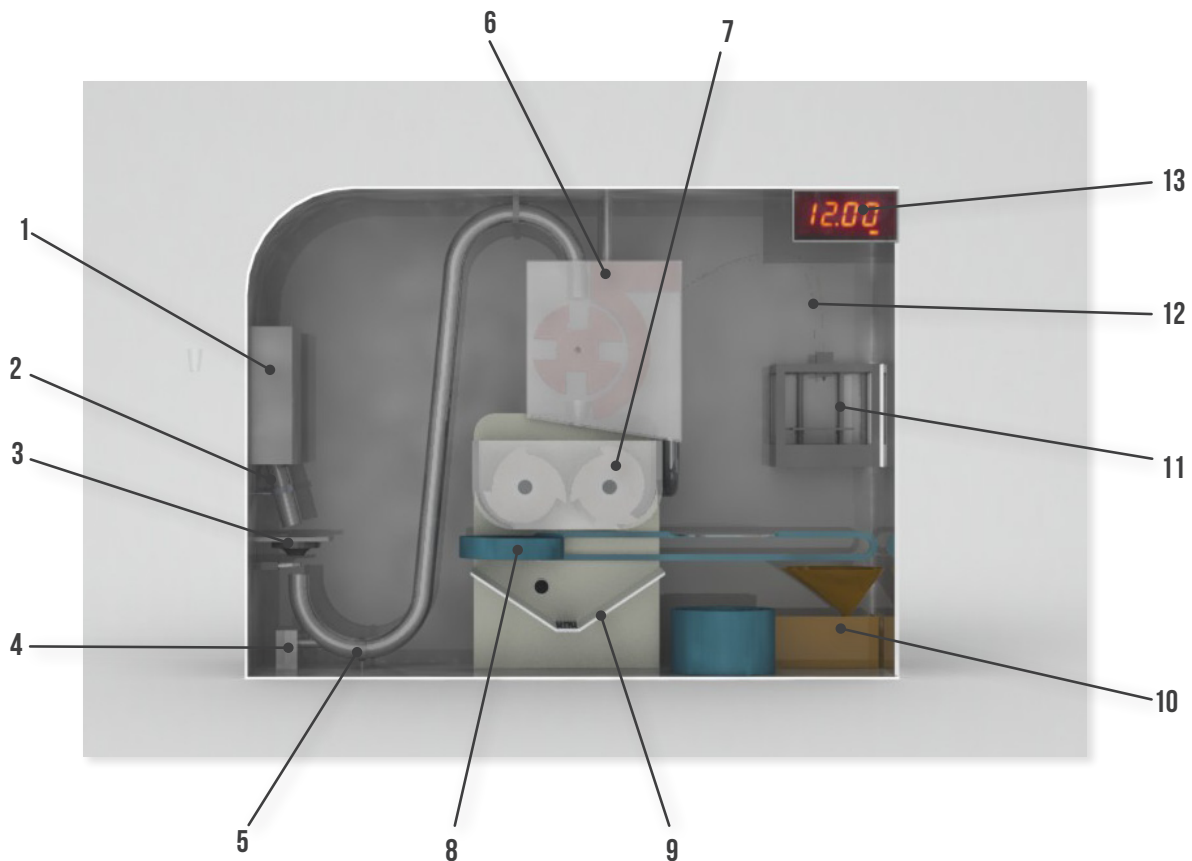
Figuur 39: Schets voor Solidworks

3.0 CONCEPTONTWERP

3.3 Solidworks

Nadat het uiteindelijke concept is vastgesteld is er begonnen met het omzetten van dit idee naar een 3d model. Een 3d model zorgt ervoor dat het idee erg gemakkelijk uitgelegd kan worden. Daarnaast geeft het ook tijdens het maken ervan een duidelijk beeld van de onderdelen die nog niet goed zijn uitgewerkt.

In dit hoofdstuk wordt het gemaakte Solidworks model uitgelegd. In figuur 40 is de Re-printer te zien met de namen van de verschillende onderdelen. Deze onderdelen worden op de komende pagina's behandeld.



Figuur 40: Uiteindelijk Solidworks model

- | | |
|----------------|----------------|
| 1. Invoer | 8. Droger |
| 2. Buis één | 9. Afvoer |
| 3. Splitter | 10. Extruder |
| 4. Luchtblazer | 11. 3D printer |
| 5. Buis twee | 12. Bekasting |
| 6. Schoonmaak | 13. Klok |
| 7. Shredder | |

3.0 CONCEPTONTWERP

3.3.1 Invoer

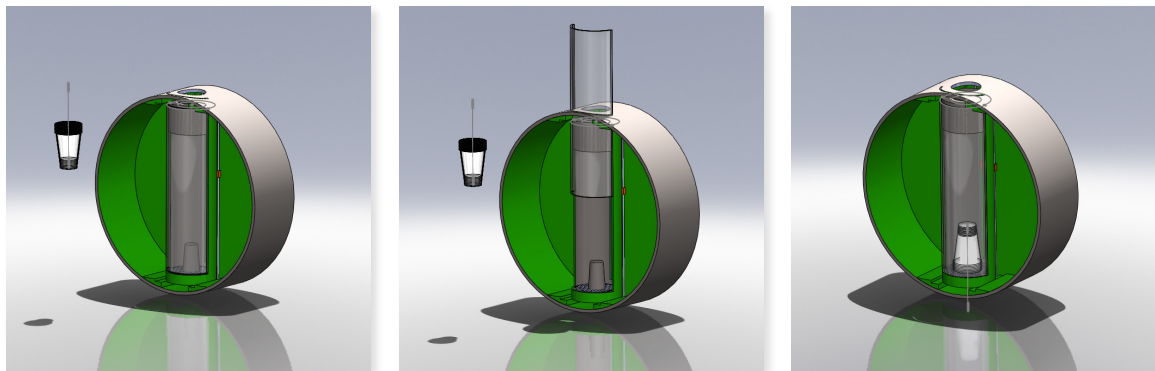
In de figuur 41 staat met drie afbeeldingen uitgelegd hoe het onderdeel werkt.

De gebruiker start met de meest linker figuur, de klep is dicht. De gebruiker beweegt de klep omhoog (middelste afbeelding) en zet de bickers op de tegen-vorm. Vervolgens sluit de gebruiker de klep weer. In de bodem van het plateau zitten gaten waardoor vocht afgevoerd kan worden. Wanneer de klep is gesloten draait het volledige onderdeel waardoor de bickers in buis één zullen vallen, dit is te zien in figuur nummer.

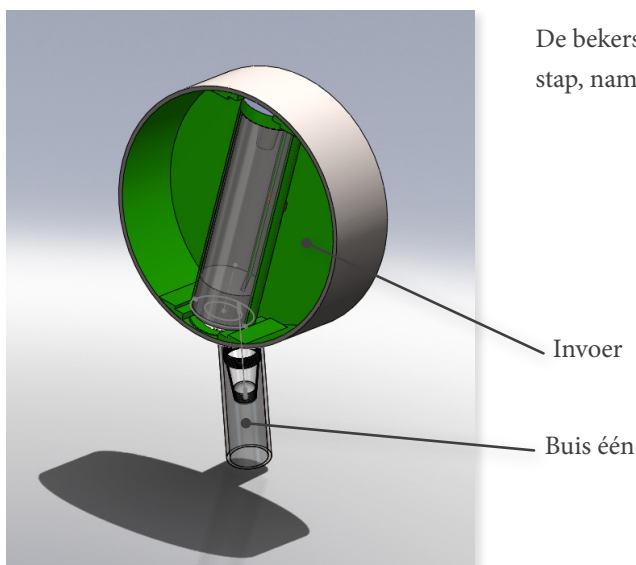
Er is een scanner gemodelleerd welke de bickers kan scannen op inhoud en materiaaltype. Ook kan er

een gewichtssensor onderin worden aangebracht zodat de Re-printer kan meten of er ook de juiste hoeveelheid materiaal aanwezig is.

Een mogelijke sensor voor het scannen van de bickers is de SMT 3000C van het bedrijf Sensor Partners. Deze sensor kan controleren of er nog materiaal aanwezig is in de bierbeker. (sensorpartners.nl, persoonlijke mededeling, 26 juni 2012)



Figuur 41: Drie stappen van de invoer van een stapel bierbikers



De bickers gaan nu via buis één naar de tweede bewerkings-stap, namelijk het loshalen van de bickers.

Figuur 42: Bickers vallen door buis één naar volgend onderdeel

3.0 CONCEPTONTWERP

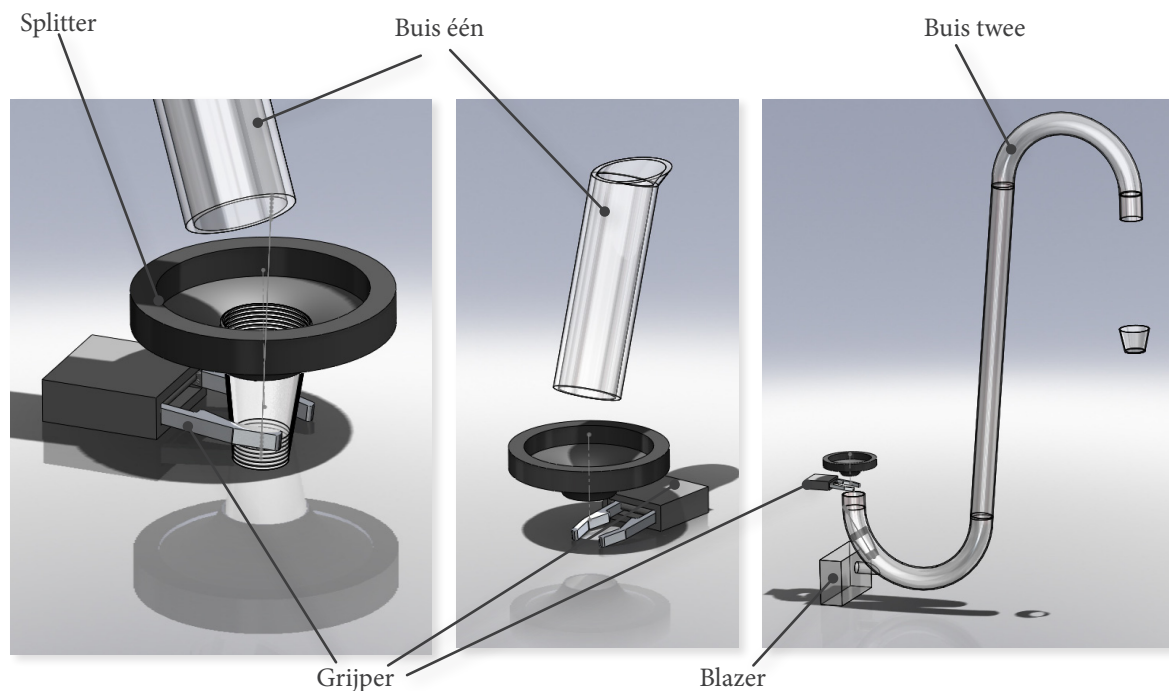
3.3.2 Splitten

In dit onderdeel worden de verschillende bekers van elkaar losgehaald om vervolgens de volgende bewerkingsstappen één voor één te kunnen doorlopen. De bekers vallen in een ring van flexibel materiaal (linker afbeelding in figuur 43). Een gripper trekt vervolgens de bekers één voor één naar beneden. Hier vallen de bekers in een volgende buis, buis twee. In deze buis vallen de bekers eerst nog een stuk naar beneden, vervolgens zal een luchtblazer de bekers één voor één omhoog blazen, dit is te zien in de rechter afbeelding.

Grijpers zijn al op de markt in verschillende vormen en maten. Figuur 44 laat een dergelijke gripper zien.



Figuur 44: Mechanische Gripper



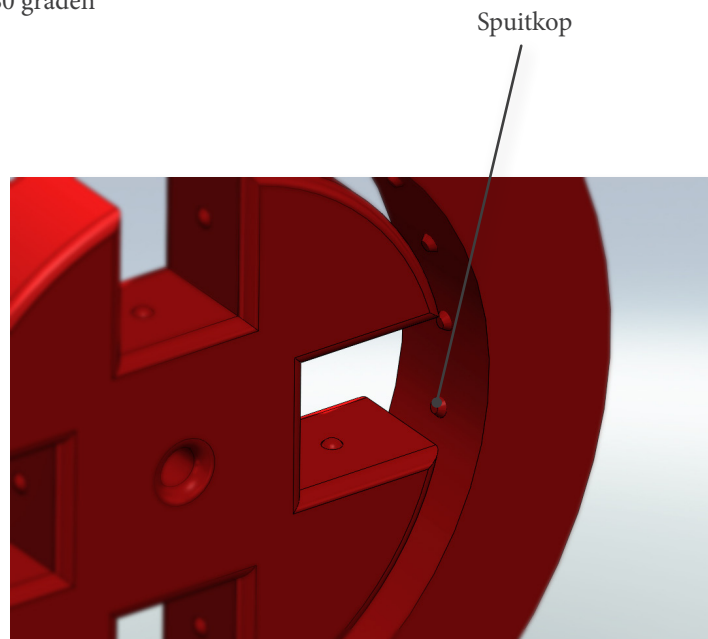
Figuur 43: Drie beelden van de splitter

3.0 CONCEPTONTWERP

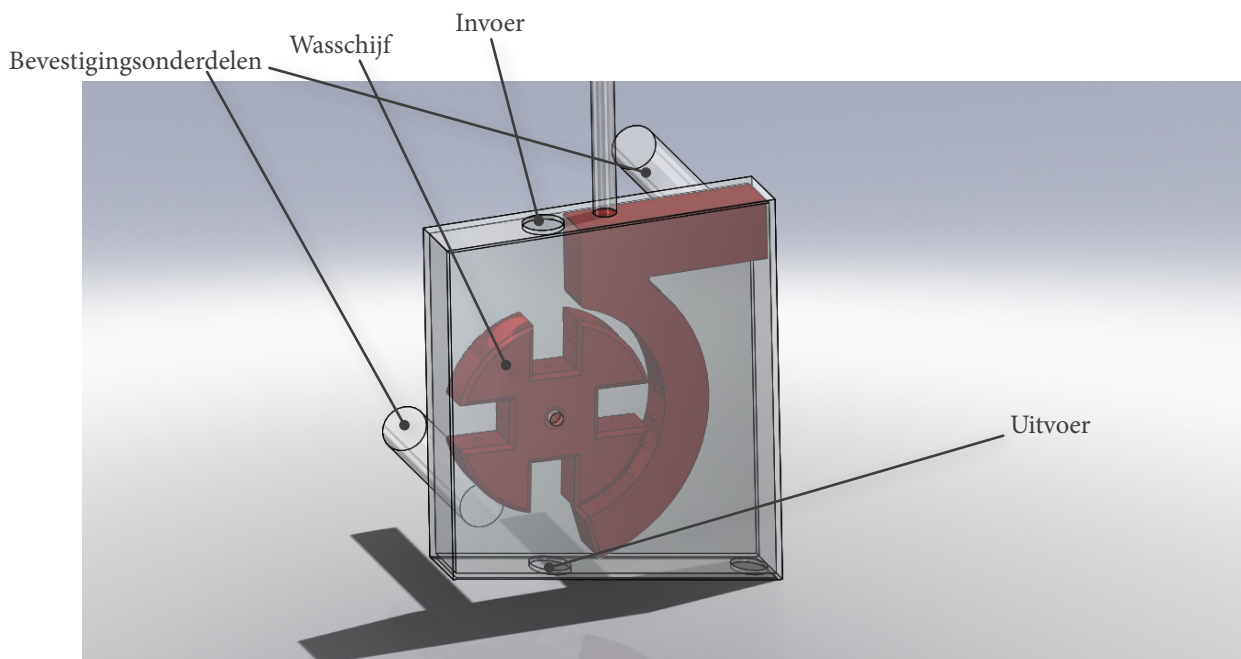
3.3.3 Schoonmaken

De bakers worden vervolgens één voor één verder vervoerd naar het onderdeel dat ze schoon zal maken. Dit schoonmaken gebeurt met warm water, onder hoge druk. De bakers worden bovenin ingevoerd en vallen in één van de vier inkepingen in de wasschijf. Vervolgens draait de schijf 180 graden

langs verschillende spuitkoppen (zie figuur 44). De spuitkoppen spuiten warm water zowel in als om de beker. Hierdoor wordt de beker gewassen en nadat deze een half rondje heeft gehad valt de beker door een buis richting de vermaler.



Figuur 44: Solidworks model van de wasschijf met de spuitkoppen



Figuur 45: Solidworks model van het totale onderdeel dat de bakers wast

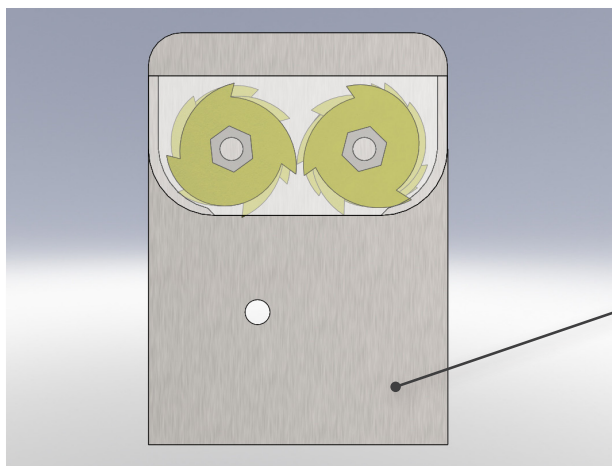
3.0 CONCEPTONTWERP

3.3.4 Vermaler

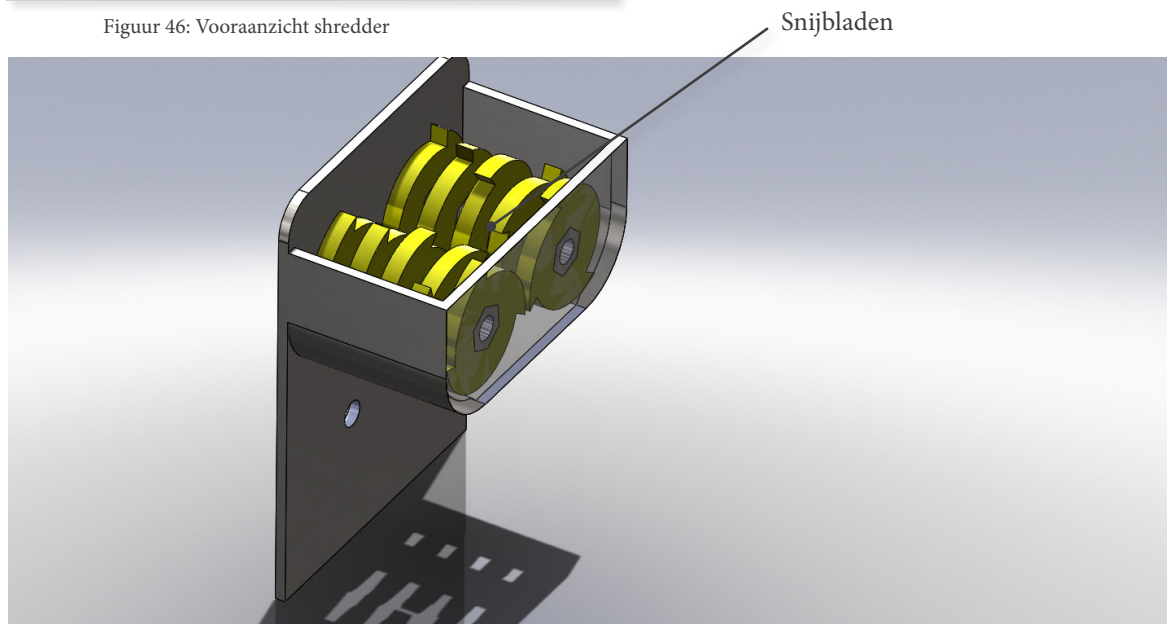
Bij deze vermaler worden de bekertjes één voor één vermalen tot kunststof scrap. Dit gebeurt door middel van metalen schijven die met de snijbladen naar elkaar toe draaien. Hierdoor wordt al het kunststof naar binnen gedruwd en vermalen/gesneden. Deze machines zijn al op de markt te verkrijgen en dit onderdeel kan waarschijnlijk gewoon ingekocht worden. Het kunststof scrap valt vervolgens in een bak waar het weer als één geheel verder wordt verwerkt. Deze bak is te zien in figuur 47.

De achterplaat van de bak van de shredder dient

ook nog als ondersteuning van het onderdeel dat hierna besproken zal worden.



Figuur 46: Vooraanzicht shredder



Figuur 47: Vermaler

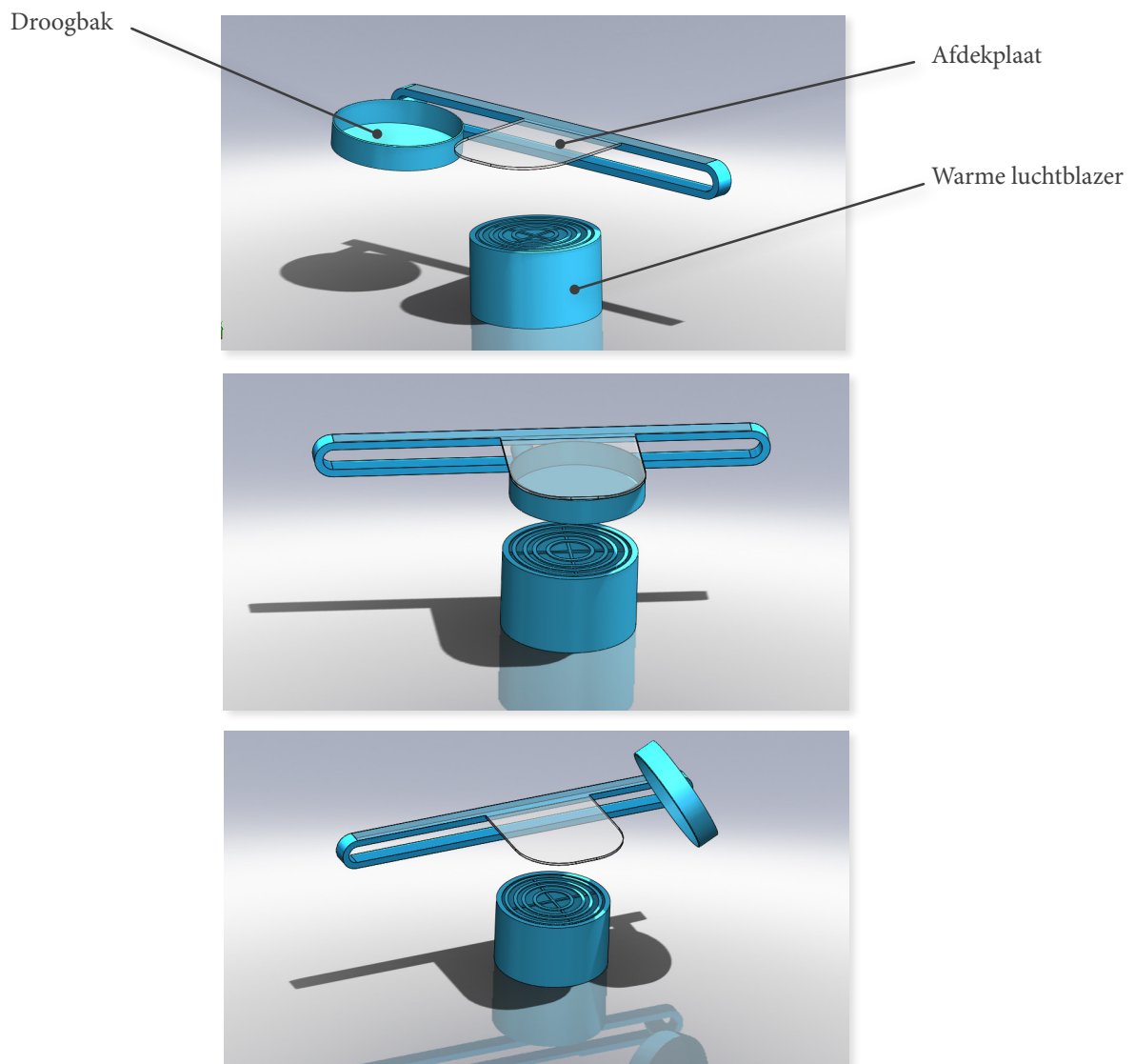
3.0 CONCEPTONTWERP

3.3.5 Drogen

In deze fase wordt het kunststof scrap gedroogd. Dit gebeurt in drie stappen. De eerste stap is het vullen van de droogbak, te zien in de bovenste afbeelding van figuur 48. De kunststof deeltjes vallen uit de vermaler in de droogbak. Wanneer alle deeltjes in de bak zitten schuift de bak over een baan tot onder de afdekplaat. Hier wordt er met warme lucht de deeltjes gedroogd, middelste afbeelding. Festivalbezoekers kijken van schuinboven op deze hande-

ling en zien dus de kunststof deeltjes opspringen.

De laatste stap omvat het legen van de bak in de extruder, de onderste afbeelding. Dit gebeurt door de bak om te draaien. Er is nagedacht over andere manieren van legen (wegschuiven van onderkant, uitzuigen van de bak) maar uiteindelijk is er voor deze methode gekozen omdat deze het gemakkelijkst is, leuk is om naar te kijken en omdat er waarschijnlijk de minste kunststof in de bak blijft zitten.

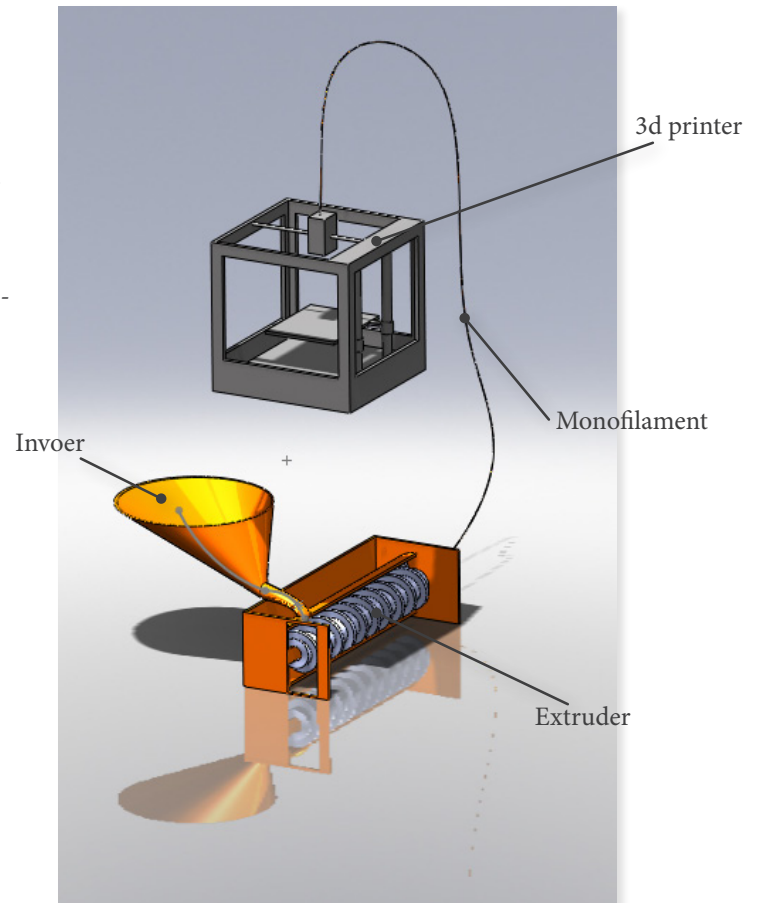


Figuur 48: De drie stappen waarin het kunststof wordt gedroogd.

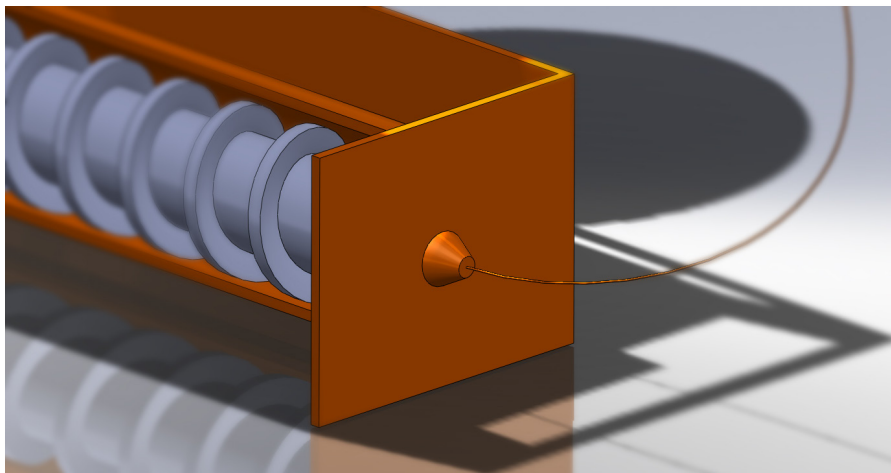
3.0 CONCEPTONTWERP

3.3.6. Extruderen & drogen

Zowel het extruderen als het 3d printen zal worden uitgevoerd door reeds bestaande machines of mechanismen. In figuur 49 is de extruder met de 3d printer te zien. Ook het begeleiden van de draad naar de 3d printer is binnen dit concept niet uitgewerkt. Dit is namelijk allemaal afhankelijk van de vorm en formaat van de extruder. Bij de aanbevelingen zal hier ook nog iets over gezegd worden.



Figuur 49: De extruder, het monofilament en de 3d printer



Figuur 50: Detail van de extruderkop

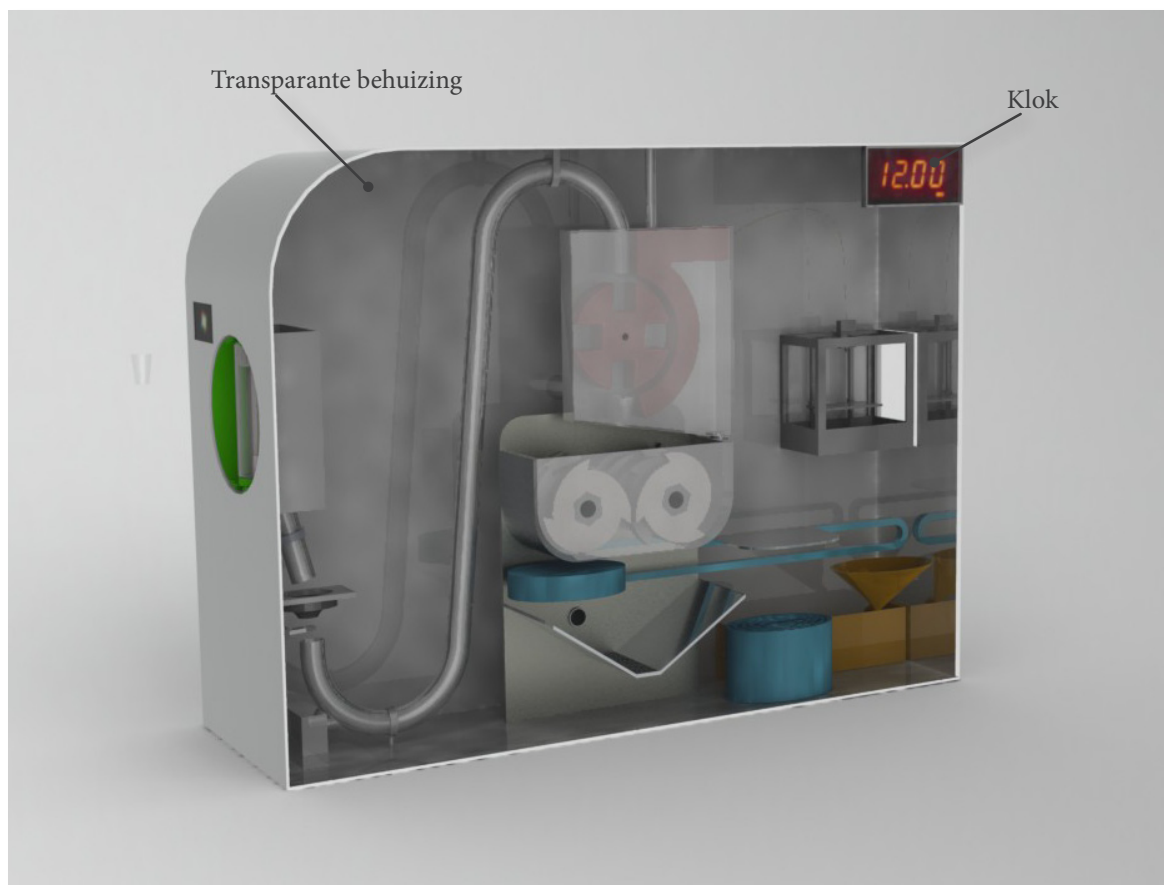
3.0 CONCEPTONTWERP

3.3.7. Het resultaat

Het resultaat van dit gehele proces is te zien in figuur 51. De bekasting van het geheel is aan één zijde transparant. Hierdoor kunnen gebruikers het gehele proces goed volgen. De andere kant biedt voldoende stevigheid om alle belasting te kunnen dragen. Er is ook nog een klok bevestigd aan de kast, om hierop de tijd weer te geven die nog nodig is tot het nieuwe product kan worden uitgenomen. Hierdoor worden

de gebruikers geïnformeerd over hoe lang het proces nog gaat duren.

Van dit concept is ook een animatie gemaakt om de werking goed te kunnen laten zien. Deze kan echter niet in het verslag worden opgenomen. Wel zal deze tijdens het bachelorexamen worden getoond.



Figuur 51: Uiteindelijke model van de Re-printer

4.0 KOSTEN BESCHOUWING

Zoals ook in de doelstelling te lezen is, diende er een kostenplaatje gemaakt te worden. Dit is gedaan op basis van een zo goed mogelijk gefundeerde schatting. Er is een onderscheid gemaakt tussen ontwikkelkosten en productiekosten. Onder de ontwikkelkosten worden alle kosten verstaan die nodig zijn om het gehele apparaat te ontwikkelen. Dit gaat dus om het doen van onderzoek, maken van prototypes en het uitvoeren van tests. Vervolgens, wanneer het apparaat eenmaal ontwikkeld is, zou het gemaakt kunnen worden voor de productiekosten.

volledige tabel is te zien in bijlage 5. Op deze pagina is in tabel 7 te zien in welke grove richtingen het apparaat is opgedeeld en hoeveel manuren, materiaalkosten en ontwikkelkosten deze onderdelen met zich meebrengen. Het totale apparaat zou dan, met een veiligheidsfactor van 1,5, geproduceerd kunnen worden voor 411.195 euro.

4.1 Ontwikkelkosten

De ontwikkelkosten zijn bepaald door eerst de Re-printer zoveel mogelijk op te delen. Vervolgens zijn voor alle onderdelen het aantal manuren bepaald die nodig zijn om het onderdeel te ontwikkelen. De

	Manuren	Arbeidskosten	Materiaalkosten	Totaal
Invoer	492	€ 36.900	€ 6.830	€ 43.730
Splitsen	216	€ 16.200	€ 1.750	€ 17.950
Schoomaken	844	€ 63.300	€ 13.650	€ 76.950
Vermalen	160	€ 12.000	€ 15.000	€ 27.000
Extruderen	80	€ 6.000	€ 30.500	€ 36.500
3D printen	40	€ 3.000	€ 2.000	€ 5.000
Bekasting	300	€ 22.500	€ 8.500	€ 31.000
Software & aansturing	400	€ 30.000	€ 6.000	€ 36.000
Totaal	2532	€ 189.900	€ 84.230	€ 274.130
Totaal + marge				€ 411.195

Tabel 7: Een ingekort overzicht van de geschatte ontwikkelkosten

4.0 KOSTENBESCHOUWING

4.2 Productiekosten

De productiekosten zijn op een vergelijkbare wijze vastgesteld. Het apparaat is ook hier opgedeeld in dezelfde categorieën. Voor ieder onderdeel zijn vervolgens de kosten geschat. In tabel 8 is een ingekort overzicht te zien van de productiekosten. In bijlage 6 staat de volledige tabel. Ook hier is een veiligheidsmarge van 1,5 toegepast. Dit is een redelijk hoge vei-

ligheidsmarge, maar dit is zo gekozen om er zeker van te zijn dat de kosten niet hoger uitvallen. Dit blijft een grove schatting, waardoor het beter is een veilige marge te gebruiken. Mocht er nog gebruik zijn gemaakt van bepaalde bronnen, dan staat dat in de bijlage vermeld.

	Productiekosten
Invoer	€ 6.330
Splitsen	€ 1.050
Schoonmaken	€ 7.150
Vermalen	€ 15.000
Extruderen	€ 20.500
3D printen	€ 2.000
Bekasting	€ 8.500
Software & aansturing	€ 6.000
Montage	€ 2.000
Totaal	€ 68.530
Totaal + marge	€ 102.795

Tabel 8: Ingekort overzicht van de geschatte productiekosten

5.0 AANBEVELINGEN

Er is onderzoek gedaan naar de bewerkingsstappen, er is gekeken naar de mogelijke concrete invulling ervan, er ligt nu een concept op tafel met een concrete vorm en er kan iets gezegd worden over de kosten. Nu kan iets gezegd worden over hoe realistisch dit idee is, waar nog goed naar gekeken moet worden en wat negatieve en positieve aspecten zijn. Binnen dit hoofdstuk worden er aanbevelingen gegeven op zowel het gebied van het proces, als het apparaat zelf.

5.1 Het proces

- *Stap eerst naar financiers en ontwikkelaars toe*
Voordat het idee verder uitgewerkt wordt, is het slim om eerst te inventariseren of de geldschieters en de ontwikkelaars het wel zien zitten om aandacht te besteden aan dit idee. Met de huidige uitwerking is het idee inzichtelijk en begrijpelijk te maken voor deze actoren. Wanneer deze groepen geïnteresseerd zijn, kan er verder worden ontwikkeld.
- *Let in het vervolg meer op de gebruikers*
Met het huidige idee en de weergave van het huidige concept kan naar gebruikers toegestapt worden. Er zijn in de loop van de opdracht veel aannames gedaan over de eisen en wensen van de gebruikers. Er dient hier in het vervolg beter naar gekeken te worden door middel van bijvoorbeeld een enquête. Sluit het apparaat goed aan bij de doelgroep? Wat wil de doelgroep voor producten en hoelang willen ze bijvoorbeeld wachten op een dergelijk product?

5.2 De Re-printer

- *Houd ruimte vrij voor de extruder*
Omdat de extruder is aangenomen als black-box dient deze nog ontworpen en ontwikkeld te worden. Deze zou ook kunnen worden ingekocht. Binnen

het ontwerp van de Re-printer is er bewust ruimte over gehouden voor het extruderen omdat dit proces waarschijnlijk de meeste ruimte in zal nemen. De extruder zelf zal niet het grootste probleem zijn. Het koelproces zal echter ruimte en vooral ook veel onderzoek nodig hebben. De tolerantie voor draad is gewoon dusdanig klein dat hier goed naar gekeken moet worden.

- *De kwaliteit van het eindproduct*
De kwaliteit van het eindproduct kan invloed hebben op andere technische eisen. Zo kan bijvoorbeeld de scrapgrootte of de tolerantie van het monofilament wijzigen omdat de eindgebruiker misschien ook tevreden is met een product van iets mindere kwaliteit.
- *Let op de positie van de extruder*
De extruder ligt in het huidige ontwerp onderin het apparaat. Er zullen echter verschillende batches kunststof langskomen, dit is dus geen continu proces. Dit betekent dat zowel het monofilament dat gemaakt wordt uit een batch van 2 bierbikers, als het filament dat gemaakt wordt uit 20 bierbikers naar de 3d-printer moet worden geleid. In het huidige ontwerp kan dit nog niet. Dit valt binnen het ontwerp van de extruder. De extruder zou bijvoorbeeld boven de 3d printer gezet kunnen worden zodat het filament direct de printer inzakt.
- *Let op de doorstroming*
Een lastig aspect dat zojuist ook al is genoemd is het feit dat de Re-printer geen continu proces is. Het gaat om iedere keer weer een nieuwe lading van bekertjes. Hierdoor kan er bij het extruderen een probleem ontstaan omdat de extruderschroef bijvoorbeeld deels leeg is. Om dit te voorkomen kan de Schroef misschien van te voren al gevuld worden met kunststof scrap. Hierdoor zal er altijd genoeg kunststof in de extruder zitten waardoor deze niet leeg komt te staan.

5.0 AANBEVELINGEN

- *Het kunststof moet schoon zijn*

Als er vuil in de extruder komt kan het gehele extrusieproces niet meer goed verlopen en zal er een ongeschikt monofilament gemaakt worden (luchtbellen, vuil). Let dus bij de verdere uitwerking goed op hoe schoon de bekeraars zullen zijn. Misschien dient er nog een tweede wasschijf toegevoegd te worden die bijvoorbeeld het grove vuil verwijderd. Dit kan echter pas achterhaald worden wanneer het ontwerp wordt getest.

- *Onderhoud en reparatie*

Tijdens het proces is er veel aandacht besteed aan de interne functies, maar minder aan de externe functies. Hierdoor is de focus op onderhoud en reparatie naar de achtergrond geraakt. Er dient gekeken te worden naar hoe de verschillende onderdelen gemakkelijk te bereiken en te onderhouden zijn. De uitwerking van de extruder heeft hier uiteraard ook weer invloed op. Zo is het misschien mogelijk om alle onderdelen te bevestigen aan de achterkant van de Re-printer. Deze zou dan als een soort deur open kunnen waardoor alle onderdelen goed te bereiken zijn voor onderhoud.

- *Re-printer wordt vies*

Bij het testen van het huidige ontwerp zou het kunnen zijn dat de onderdelen tot aan de wasschijf erg vies worden van het bier en ander vuil. Hier dient ook goed over nagedacht te worden omdat het apparaat er natuurlijk wel schoon en netjes uit moet blijven zien. Bovendien kan bier erg gaan stinken. Er kunnen bijvoorbeeld spuitkoppen bij de invoer worden gemonteerd, of er kunnen gaten onderin buis twee worden gemaakt waardoor overtollig vocht ook weg kan.

- *De tijdsduur van het gehele proces*

Een groot nadeel van het huidige idee is dat het maken van een product erg lang kan duren. Om een beeld te geven van de benodigde verwerkingsstijd

is in bijlage 4 is een schatting gedaan van de totale benodigde tijd: 26 minuten. Ook is de tijdsduur weer gegeven in een figuur zodat te zien is welke processen deels tegelijk kunnen lopen. Er kan tijd worden gewonnen door bijvoorbeeld de kwaliteit van het eindproduct te verminderen of door een duurdere 3d printer te gebruiken. Ook is de ontwikkeling van 3d printen in volle gang, wanneer de ontwikkeling zich doorzet is het zo dat er binnen enkele jaren al een stuk sneller geprint kan worden.

5.0 AANBEVELINGEN

5.3 Haalbaarheid

Is dit idee haalbaar? Is het mogelijk om in de komende jaren een Re-printer uit te werken, te testen en te ontwikkelen? Binnen dit hoofdstuk wordt de haalbaarheid behandeld en wordt er een antwoord gegeven op de vraag: Is het maken van een Re-printer een realistisch en haalbaar idee?

Als er gekeken wordt naar de technische haalbaarheid kan er gezegd worden dat dit idee voor zover onderzocht is binnen deze opdracht, technisch mogelijk is. Daar hangt echter een grote ‘maar’ aan. Het ontwikkelen en testen van dit apparaat gaat veel tijd kosten. Naast dat er überhaupt onderzoek gedaan moet worden naar alle gebruikers en hun eisen en wensen, dient het gehele idee nog beter uitgewerkt te worden voordat er prototypes gemaakt kunnen worden.

Daarnaast blijft een groot nadeel de tijdsduur van het gehele proces, maar dit is ook al genoemd in het hoofdstuk ‘Aanbevelingen’.

6.0 CONCLUSIES

Het doel van deze bacheloropdracht is het uitwerken van een conceptontwerp van de Re-printer waarmee aanbevelingen gedaan kunnen worden over de verdere ontwikkeling van het apparaat en de haalbaarheid van het idee. Daarnaast kan met het resultaat naar mogelijke financiers gestapt worden om het idee op een heldere manier uit te leggen. Ook wordt er een grove inschatting gedaan van de kosten van de Re-printer.

Er is begonnen met het uitwerken van de eisen, wensen en functies van het apparaat. Vervolgens zijn de Rapid Prototyping technieken Selective Laser Sintering, Laminated Object Modeling, Stereolithographie en Fused Deposition Modeling onderzocht. Hieruit bleek Fused Deposition Modeling, of 3d printen, de beste oplossing. Het idee van de Re-printer is vervolgens gevat in een conceptontwerp, welke is uitgewerkt in Solidworks. De Re-printer werkt met de bewerkingsstappen te zien in figuur 52 en zal in een geschatte 26 minuten van meerdere bekers, een nieuw product maken. Het extrusieproces is niet uitgewerkt binnen deze opdracht vanwege een gebrek aan tijd en kennis. Het gehele apparaat kan waarschijnlijk ontwikkeld worden voor ongeveer 400.000 euro en wanneer dit is gedaan kan de Re-printer geproduceerd worden voor ongeveer 70.000 euro.

Voor zover onderzocht binnen deze opdracht, is het technisch mogelijk om een Re-printer te maken. Omdat het idee echter in haar kinderschoenen staat is er nog veel tijd nodig voor het verder uitwerken hiervan. Daarnaast is de tijd die het apparaat nodig heeft om een product te maken nu geschat op ongeveer 25 minuten. Dit is veel tijd, en daarom dient er gekeken te worden naar hoe deze tijd verminderd kan worden en wat gebruikers over hebben voor het laten maken van een product uit hun oude bierbekers.



Figuur 52: Een overzicht van de verschillende bewerkingsstappen

7.0 BRONNENLIJST

7.1 Literatuurbronnen

Peltola, S.M., Grijpma, D.W., Melchels, F.P.W. & Kellomäki, M. (2008). A review of rapid prototyping techniques for tissue engineering purposes. *Annals of Medicine*, 40(4), pp. 268-280

Melchels, F.P.W., Feijen, J. & Grijpma, D.W. (2010). A review on stereolithography and its applications in biomedical engineering. *Biomaterials*, 31(2010), 6121-6130

Wikipedia (2012a). Stereolithography. Geraadpleegd op 23 april 2012, <http://en.wikipedia.org>

Brillianttechnology (2012). Rapid Prototyping. Geraadpleegd op 23 april 2012, <http://brillianttechnology.nl>

Brain, M. (2011). How Stereolithography 3-D Layering Work, costs of Stereolithography. Geraadpleegd op 23 april 2012, <http://computer.howstuffworks.com>

Kumar, S. (2003). Selective laser Sintering: A Qualitative and Objective Approach. *JOM*, 55(10), 43-47

Wikipedia (2012b). Laminated object manufacturing. Geraadpleegd op 23 april 2012, <http://en.wikipedia.org>

Efunda(2012). Laminated Object Manufacturing. Geraadpleegd op 23 april 2012, <http://efunda.com>

Chua, C.K., Leong, K.F. & Lim, C.S. (2010). *Rapid Prototyping Principles and Applications* (3rd Edition). Singapore: World Scientific.

Hoffman, T. (2011). 3D Printing: What you need to know. Geraadpleegd op 24 april 2012, <http://pcmag.com>

Priebe, M.B. (2012a). What is the Kunststof Recycling Process? A Look at How Plastic is Processed During Recycling. Geraadpleegd op 27 april 2012, <http://ecolife.com>

Priebe, M.B. (2012b). How to Recycle PP (Plastic #5) An Overview on Recycling Plastic #5. Geraadpleegd op 27 april 2012, <http://ecolife.com>

NatureWorks (2005). NatureWorks® PLA in the Recycling Stream in the United States. Geraadpleegd op 27 april 2012, <http://www.kunststofredesignproject.org>

ProtoParadigm(2011). Filament tolerances and print quality. Geraadpleegd op 1 mei 2012, <http://protoparadigm.com>

7.0 BRONNENLIJST

Additive3d (2012). Comparison Chart of all 3D Printer Choices for approximately \$20,000 or less. Geraadpleegd op 27 april 2012, <http://additive3d.com>

Deiterich, A. (2010). How are plastic water bottles recycling with oil? Geraadpleegd op 26 april 2012, <http://livestrong.com>

Simmons, A. (2005). The recycling of polypropylene containers, An assessment of the viability of establishing the recycling of polypropylene containers. Peterborough, United Kingdom; Recoup

Jordanreductionsolutions (1999). Industrial Shredder. Geraadpleegd op 25 april 2012, <http://www.jordanreductionsolutions.com>

7.2 Mediabronnen

Custompart.com (2009). Geraadpleegd op 25 juni, 2012, <http://www.custompartnet.com/wu/stereolithography>

Panchal-plastics.com (2009). Geraadpleegd op 28 juni 2012, <http://www.panchal-plastic.com/products/grinder-shredder/4>

BIJLAGE

1.0 Programma Van Eisen en wensen

In tabel 9 staat de opgestelde lijst met eisen en wensen van de verschillende actoren.

Opdrachtgever / Melle Koot	
Eisen	Wensen
Re-printer kan PLA, PP, HDPE en PET verwerken	Re-printer kan ook PE en andere kunststofs verwerken
Re-printer kan bierbekers om zetten naar nieuwe producten	Re-printer kan ook voor andere situaties gebruikt worden buiten festivals
Re-printer vermaakt ingevoerde bierbekers	Er kunnen onbepert veel bierbekers tegelijkertijd worden ingevoerd
Re-printer maakt kunststof schoon	
Re-printer extrudeert kunststof naar filament	
Re-printer gebruikt Rapid Prototyping voor het maken van een nieuw product	
Re-printer is bestand tegen verschillende weersomstandigheden	
Producent	
Eisen	Wensen
Re-printer is te produceren met de huidige productietechnieken	
De software van de Re-printer is binnen 30 minuten te updaten	
Ieder onderdeel is binnen 10 minuten te bereiken bij reparatie	
Distributeur	
Eisen	Wensen
De Re-printer is te verplaatsen met een aanhanger	De Re-printer is te verplaatsen zonder extra materiaal
Bierbrouwer	
Eisen	Wensen
Productiekosten van de Re-printer zijn maximaal 100.000 euro	Gebruik van de Re-printer heeft meer waarde dan het inleveren van een bierbeker voor geld
Re-printer voegt iets toe aan duurzame uitstraling van bedrijf	
De output van Re-printer is waarddevol voor de eindgebruiker	
Zonder uitleg is de Re-printer te bedienen door eindgebruiker	
Re-printer is te verplaatsen met een aanhanger	

BIJLAGE

Festivalorganisatie	
Eisen	Wensen
De Re-printer beschadigt het terrein niet	De Re-printer heeft als uiterste maten 1x1,5x2 meter (lxbxh), vanwege opslag
Re-printer beschadigt niemand bij normaal gebruik	De Re-printer heeft geen onderhoud nodig
Re-printer voegt iets toe aan duurzame uitstraling van festival	
Re-printer is bestand tegen verschillende weersomstandigheden	
Re-printer belemmert geen bezoekers of medewerkers (o.a. zicht)	
Re-printer zorgt voor inkomsten dankzij PR of reductie schoonmaakkosten	
De Re-printer zorgt voor een schoner festivalterrein	
Eindgebruiker / festivalbezoeker	
Eisen	Wensen
Het totale proces duurt niet langer dan 15 minuten	Gebruikers kunnen zelf een ontwerp invoeren
Output van Re-printer voegt iets toe aan de festivalervaring.	Er kunnen grote hoeveelheden bierbekers tegelijkertijd ingevoerd worden
Festivalbezoeker kan kiezen uit verschillende ontwerpen	
Gebruik van Re-printer heeft meer waarde dan het weggooien van een bierbekertje	
Re-printer is zonder externe instructies te gebruiken	
Overheid	
Eisen	Wensen
Re-printer houdt zich aan de regelgeving	Re-printer kan ook voor andere doeleinden worden gebruikt dan alleen op festivals
Re-printer beschadigt niemand bij normaal gebruik	
Re-printer voegt iets toe aan duurzame uitstraling van festival	

Tabel 9: Een overzicht van de eisen en wensen van de actoren

BIJLAGE

2.0 Extruderen

Materiaal	Dichtheid (g/cm ³)
PP bierbeker 200 ml	0,91
PLA bierbeker 200 ml	1,25
HDPE dop	0,96
PET 1,5 liter fles	1,4

Tabel 10: Dichtheid van de verschillende materialen

Materiaal	Gewicht
PP bierbeker 200 ml	6 gram
PLA bierbeker 200 ml	6,5 gram
HDPE dop	2 gram
PET 1,5 liter fles	50 gram

Tabel 11: Gewicht van verschillende bickers

Op deze pagina staan enkele tabellen met verschillende waarden. Dit is gegeven om enigszins een gevoel en inschatting te hebben van de hoeveelheden en benodigdheden voor de Re-printer.

10 bickers hebben een gewicht van 60 gram. Met een dichtheid van 0,91 g/cm³ betekent dit 65 cm³ voor 10 bickers van PP. Dit komt neer op 2702 cm aan monofilament, hiermee kan een redelijk afstand overbrugd worden. Hier is ook nog wat over gezegd bij de aanbevelingen.

Product	Gewicht (gram)	Aantal benodigde bickers
Broodbak	800	133
Frisbee	150	25
Zonhoed	100	17
Zonnebril	70	12
Waterpistooltje	60	10
Iphone Case	40	7
Waterflesje	20	4
Fluitje	10	2
Haar clip	5	1
Tandenstoker	5	1
Biermuntje	5	1
Bierbeker	6	1

Tabel 12: Overzicht van te maken producten en de benodigde hoeveelheid bickers

Materiaal	Smelttemperatuur	Extrusietemperatuur
PLA	180-220	210
HDPE	130-137	170
PP	160-170	200
PET	260	290
PS	240	

Tabel 13: Overzicht van temperatuureigenschappen van verschillende kunststoffen

BIJLAGE

3.0 Berekening extrusiekracht

Om enigszins een beeld te hebben van hoeveel kracht de extruder gebruikt, is er een berekening gemaakt van de benodigde extrusiekracht.

De formule voor de extrusiekracht F_w , is

$$F_{\text{extr}} = A_0 * C_{\text{extr}} * \ln(A_0/A_1)$$

Met A_0 de doorsnede van het uitgangsblok en A_1 de doorsnede van het product. C_{extr} is een extrusieconstante welke voor kunststof ongeveer rond de 80 MPa wordt geschat.

A_0 is ongeveer $1,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ en A_1 is $9,62 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$. Wanneer de formule wordt ingevuld ziet deze er als volgt uit.

$$F_{\text{extr}} = 1,25 \cdot 10^{-3} * 80.000 * \ln(1250/9,62) = 486,7 \text{ N}$$

Dit getal geeft een beetje een beeld van hoeveel kracht er waarschijnlijk ongeveer nodig is om het kunststof te extruderen. Deze kracht komt ongeveer overeen met de hoeveelheid kracht die een persoon van 50 kg op de aarde uitoefent. Een extruder die bijvoorbeeld ook koper kan extruderen heeft al gauw 5 kN nodig. Dit betekent dat een extruder van 500 N waarschijnlijk een stuk minder ruimte in kan nemen. Er moet hier nogmaals duidelijk bij gezegd worden dat zowel de extrusieconstante als de diameters A_1 en A_0 zijn geschat.

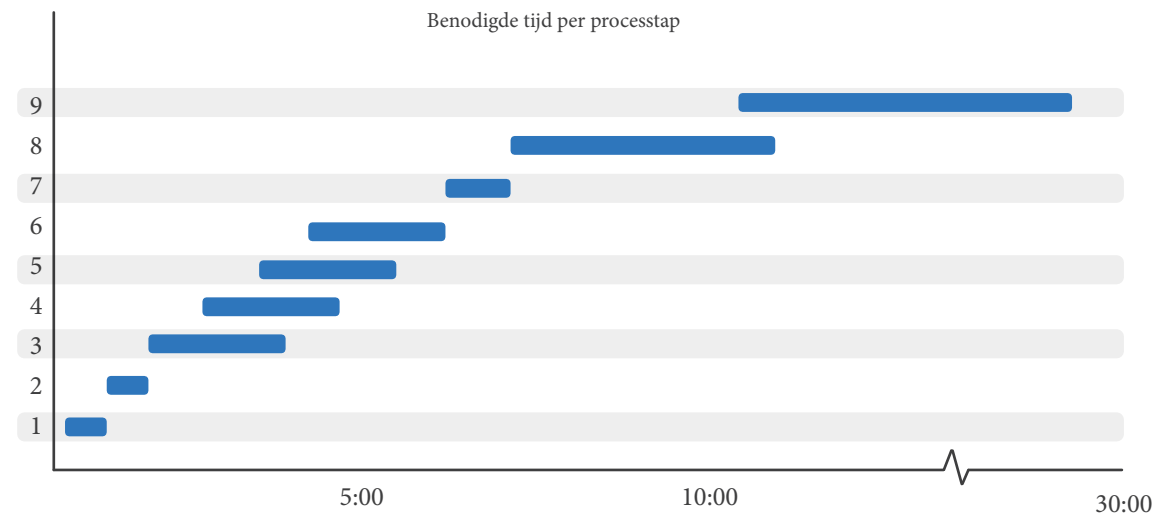
BIJLAGE

4.0 Tijdsduur proces

Het gehele proces van invoer tot uitvoer van het product duurt waarschijnlijk relatief lang. Hieronder wordt een inschatting per processtap gegeven om zo op een totale verwerkingstijd te komen. Er is bij onderstaande schatting uitgegaan van een invoer van 20 bierbekers. De cijfers in de figuur zijn de processtappen uit de tabel.

	Processtap	Tijdsduur (minuten:seconden)
1	Productkeuze, introductie apparaat	0:30
2	Invoer bierbekers (inclusief metingen)	0:30
3	Splitten van de bierbekers	1:40
4	Omhoog blazen bekens	1:40
5	Wassen bekens	1:40
6	Vermalen bekens	1:40
7	Drogen kunststof scrap	0:40
8	Extruderen kunststof scrap	3:00
9	3D printen	15:00
	Totaal	26:50

Tabel 13: De geschatte benodigde tijdsduur per processtap



BIJLAGE

5.0 Ontwikkelkosten

	Manuren	Arbeidskosten	Materiaalkosten	Totaal
Invoer				
Interface	160	€ 12.000	€ 1.000	€ 13.000
Display	8	€ 600	€ 1.000	€ 1.600
Invoerunit	320	€ 24.000		€ 24.000
Aandrijving		€ 0	€ 150	€ 150
Sensor		€ 0	€ 150	€ 150
Sluitklep		€ 0	€ 1.000	€ 1.000
Invoercilinder		€ 0	€ 3.000	€ 3.000
Gewichtsmeter		€ 0	€ 500	€ 500
Buis één	4	€ 300	€ 30	€ 330
Splitsen				
Rubberen splitter	160	€ 12.000	€ 1.000	€ 13.000
Grijparm	8	€ 600	€ 500	€ 1.100
Buis twee	8	€ 600	€ 50	€ 650
Luchtblazer	40	€ 3.000	€ 200	€ 3.200
Schoonmaken				
Bekasting	80	€ 6.000	€ 500	€ 6.500
Wasschijf	320	€ 24.000	€ 5.000	€ 29.000
Waskop	320	€ 24.000	€ 5.000	€ 29.000
Spuitskoppen	80	€ 6.000	€ 2.000	€ 8.000
Aandrijving	4	€ 300	€ 150	€ 450
Afvoer	40	€ 3.000	€ 1.000	€ 4.000
Vermalen				
Shredder	160	€ 12.000	€ 15.000	€ 27.000
Extruderen				
Invoerbuis	40	€ 3.000	€ 500	€ 3.500
Extruder	40	€ 3.000	€ 30.000	€ 33.000
3d printen				
3d printer	40	€ 3.000	€ 2.000	€ 5.000
Bekasting				
Afvoer	40	€ 3.000	€ 1.000	€ 4.000
Waternet en distributie	80	€ 6.000	€ 2.000	€ 8.000
Luchtnet en distributie	80	€ 6.000	€ 1.000	€ 7.000
Klok	20	€ 1.500	€ 500	€ 2.000
Bekasting	80	€ 6.000	€ 4.000	€ 10.000
Software & Aansturing				
Software ontwikkeling	320	€ 24.000	€ 4.000	€ 28.000
Hardware	80	€ 6.000	€ 2.000	€ 8.000
Totaal	2532	€ 189.900	€ 84.320	€ 274.130

In tabel 14 staan de ontwikkelkosten van de Re-printer. De verschillende waarden zijn achterhaal door eerst het aantal manuren te schatten en dat te vermenigvuldigen met de kosten/manuur (75 euro).

Tabel 13 Overzicht van de geschatte ontwikkelkosten

BIJLAGE

6.0 Productiekosten

	Productiekosten
Invoer	
Display	1.000
Invoerunit	
Aandrijving	150
Sensor ¹	150
Sluitklep	1.000
Invoercilinder	3.000
Gewichtsmeter	1.000
Buis één	30
Splitsen	
Rubberen splitter	300
Grijparm	500
Buis twee	50
Luchtblazer	200
Schoonmaken	
Bekasting	500
Wasschijf	2.000
Waskop	2.000
Spuitskoppen	2.000
Aandrijving	150
Afvoer	500
Vermalen	
Shredder ²	15.000
Extruderen	
Invoerbuis	500
Extruder ³	20.000
3d printen	
3d printer	2.000
Bekasting	
Afvoer	1.000
Waternet en distributie	2.000
Luchtnet en distributie	1.000
Klok	500
Bekasting	4.000
Software & Aansturing	
Software ontwikkeling	4.000
Hardware	2.000
Montage	2.000
Totaal	68.530

Tabel 15 laat de geschatte waarden zien voor de productiekosten van de verschillende onderdelen. De uiteindelijke kosten zijn nog vermenigvuldigd met een veiligheidsfactor van 1,5 om er zeker van te zijn dat de daadwerkelijke kosten niet hoger uitvallen.

1. <http://www.sensor.nl/>
2. <http://www.globalrecyclingequipment.com>
3. <http://www.alibaba.com>

Tabel 5 laat de geschatte productiekosten per onderdeel zien

