FOOD ATELIER

TASTEFUL INNOVATIONS

UNIVERSITEIT TWENTE.

COMING SOON: 3D FOODPRINTING!

commercieel aantrekkelijke toepassingen van 3D foodprinting

Titelpagina

Dit verslag is bestemd voor Het Foodatelier en de Universiteit Twente

UT/IO-17.07.12

Universiteit Twente, Opleiding Industrieel Ontwerpen, postbus 217, 7500AE Enschede, tel. (053)4899111

Coming soon: 3D foodprinting! Commercieel aantrekkelijke toepassingen van 3D foodprinting.

J.W. van Manen - s0201685

Het Foodatelier en de Universiteit Twente

Datum van publicatie: 17 juli 2012

Oplage van vier exemplaren, 154 bladzijden, twee bijlagen

Dit rapport is geschreven in het kader van de Bachelor Eindopdracht

Samenvatting

De eerste ontwikkelingen op het gebied van 3D printen (Rapid Manufacturing) kwamen eind jaren ’80 en zijn gebaseerd op het principe een 3D object laagsgewijs op te bouwen. Het proces begint bij het ontwerpen van een virtueel 3D CAD model die bij een 3D printer kan worden ingeladen en vervolgens met verschillende methoden kan worden “geprint”. Elke methode werkt volgens hetzelfde principe (het laagsgewijs opbouwen van een object), maar maakt gebruik van een andere techniek. Zo wordt een object bij FDM laagsgewijs opgebouwd door een materiaal als plastic (ABS) direct te printen, en maken SLS en SLA gebruik van een laser om lagen van respectievelijk poeder en een fotopolymeer uit te harden. In vergelijking met conventionele methoden, onderscheid RM zich door daar waar nodig materiaal toe te voegen in plaats van te verwijderen.

De voordelen van Rapid Manufacturing zijn over het algemeen de mogelijkheid om complexe geometrieën te produceren, met uiterste nauwkeurigheid grondstoffen te plaatsen en doseren, (mogelijk) lagere productiekosten in vergelijking met conventionele methoden, de mogelijkheid om zelf onderdelen te kunnen printen zonder het gebruik van specifieke gereedschappen (met de bijkomende veranderingen in de logistiek) en producten die voor/op het individu kunnen worden geproduceerd/afgestemd.
Rapid Manufacturing kent ook een aantal “nadelen” waarvan wordt verwacht dat ze in de toekomst zullen worden opgelost. Zo is de hardware (vooral voor de particuliere consument) nog vaak te duur, kent de gebruiksvriendelijkheid van de software nog de nodige barrières, ligt de productiesnelheid voor grote aantallen nog te laag en liggen de productiekosten voor een groot deel van de producten nog te hoog. De kosten zijn een goed voorbeeld van de relativiteit van de nadelen omdat deze afhankelijk zijn van onder andere de functie van het product.

Door in het proces van Fused Deposition Modelling een grondstof als ABS te vervangen door een voedingsstof als chocola, ontstaat er een nieuwe toepassing; 3D foodprinting. 3D foodprinting geniet veel media-aandacht vanwege het futuristische karakter en de mogelijke impact die 3D foodprinting in de toekomst kan hebben op de samenleving. Op het Internet circuleren al verschillende 3D foodprinting concepten rond die kunnen worden opgedeeld in visueel aantrekkelijke- maar onrealistische concepten, visueel onaantrekkelijke maar realistische concepten en varianten van 3D foodprinting vanuit bijvoorbeeld een medisch en industrieel perspectief.

5

SAMENVATTING

3D foodprinting is een nieuwe toepassing van een bestaande techniek en is commercieel nog niet aantrekkelijk en (grootschalig) toepasbaar. Vooralsnog is 3D foodprinting vooral een leuke manier om te experimenteren met RM en om te spelen met voedsel.

Om 3D foodprinting commercieel aantrekkelijk en grootschalig toepasbaar te maken, zal er nog veel onderzoek moeten worden gedaan naar de hedendaagse problemen (commerciële kansen). Voorbeelden van deze problemen zijn de toepasbaarheid van printbare voedingsstoffen, de gebruiksvriendelijkheid van zowel de software als de hardware en de acceptatie van 3D foodprinting door de samenleving. Verwacht wordt dat, net als bij Rapid Manufacturing, ook deze problemen in de toekomst zullen worden opgelost en dat met deze verbeteringen 3D foodprinting commercieel aantrekkelijk(er) zal worden.

Het Foodatelier uit Enschede en de Universiteit Twente zien veel potentie in 3D foodprinting en doen daarom onderzoek naar de commerciële toepassingen van 3D foodprinting. Aan de hand van het onderzoek en een georganiseerde workshop zijn drie verschillende concepten/toepassingen voor verschillende sectoren opgesteld; een thuistoepassing van 3D foodprinting, het printen van een ijsklontje voor in de horeca en een concept waarin het printen twee soorten chocola een toegevoegde waarde heeft.

Het geprinte ijsklontje is uitgewerkt tot een visueel en commercieel aantrekkelijk concept. Het printen van ijs is een bestaande techniek (ontwikkeld door McGill University) maar wordt op het gebied van 3D foodprinting nog niet toegepast. Door het printen van ijs te combineren met (bestaande) software waarin een 3D model kan worden verkregen uit foto’s, is de consument in staat om op een eenvoudige manier een ijsklont te laten printen met daarin het contour van bijvoorbeeld een gezicht. De ijsklont wordt laagsgewijs opgebouwd waarna een holte van het contour kan worden opgevuld met een sterke drank of likeur. Zowel een drankmerk als een club/restaurant kan zich zo profileren als een innovatief en toonaangevend bedrijf. Het ijsklontje voegt niets toe aan de smaak, maar verhoogt wel de algehele beleving tijdens het uitgaan, speelt in op de behoefte aan gepersonaliseerde producten en het imago van een individu. Om de utopische voorstelling van het ijsklontje uiteindelijk commercieel toepasbaar te maken, zal er door Het Foodatelier en de Universiteit Twente een vervolgonderzoek worden gedaan.

Summary

The first developments of 3D printing (Rapid Manufacturing) came during the late ‘80s and were based on the principle of building a 3D object layer by layer. The process starts with designing a virtual 3D CAD model, which can be uploaded to a 3D printer and fabricated via several printing methods. Each method uses the same principle (building up an object layer by layer), however uses a different technique. FDM builds up an object by printing a material like for example ABS directly on a platform. SLA and SLS make use of a laser which respectively hardens out layers of a photopolymer and metal powder. In comparison with conventional methods, RM distinguishes itself by adding material where required, instead of removing material.

The advantages of Rapid Manufacturing are generally the ability to produce complex geometries, positioning and dosing a material with extreme precision, often leading to lower production costs compared to conventional methods, moreover the ability to print objects without the use of specific tools (with the additional changes in the logistics) and products which can be produced/tuned for/in the individual.
Rapid Manufacturing also has a number of “disadvantages” which are expected to be solved in the future. For example, the hardware is (especially for the private consumer) often too expensive, the existing software is often too complicated for the general consumer, the production rate for large amounts of products is still too low and the costs of production are still too high for the majority of the products. The high costs are a good example of the relativity of the disadvantages because they depend upon, inter alia, the function of the product.

By replacing a raw material like ABS in the process of FDM by a nutrient such as chocolate, a new application of RM arises; 3D foodprinting. 3D foodprinting is having a lot of media attention because of the futuristic nature and the potential impact 3D foodprinting might have on society in the future. On the Internet there are several 3D foodprinting concepts circulating, which can be divided into visually-appealing but unrealistic concepts, visually unattractive but realistic concepts and variants of 3D foodprinting from a medical and industrial perspective.

7

SUMMARY

3D foodprinting is a new application of an existing technology and is yet commercially unattractive and can not be applied on a large scale. However 3D foodprinting is yet a fun way to experiment with RM and play with food.
To make 3D foodprinting commercially attractive and applicable on a larger scale, more research has to be done to contemporary problems (commercial opportunities). Examples of these opportunities are the applicability of printable nutrients, the usability of both the software and the hardware and the acceptance of 3D foodprinting by society. It is expected that, as with Rapid Manufacturing, these problems will be solved in the near future and that these improvements will make 3D foodprinting commercially more attractive.

Het Foodatelier from Enschede and the University of Twente both see great potential in 3D foodprinting and decided to examine the commercial use of 3D foodprinting. Based on the research and an organized workshop, three different concepts/applications for different sectors were set up; a home use of 3D foodprinting, the printing of an ice cube for the catering industry and a concept where printing two types of chocolate has an added value.

The printed ice cube was elaborated into a visual and commercially attractive concept. The printing of ice is an existing technology (developed by McGill University) but yet not been applied as 3D foodprinting. By combining the printing of ice with (existing) software in which a 3D model can be obtained from pictures, the consumer will be able to easily print the contour of his/her face in an ice cube. The ice cube is built up in layers where at the “end”, the cavity of the contour will be filled with liquor.
Both a liquor brand as a club/restaurant can thus present itself as an innovative and leading company. The ice cube adds nothing to the taste, but does increases the whole experience when going out, responds to the need for personalized products and besides it is very fun to have an ice cube containing your face. To finally commercially apply the utopian concept of the ice cube, Het Foodatelier and the University of Twente will perform a follow-up study.

Inhoud

Titelpagina ***3***

Verklarende woordenlijst ***10***

Inleiding ***14***

Het Foodatelier ***19***

Rapid Manufacturing ***20***

De techniek achter Rapid Manufacturing *20*

Reeds bestaande Rapid Manufacturing en –Prototyping methoden *23*

Wat is er allemaal mogelijk met Rapid Manufacturing wat met conventionele methoden niet mogelijk is? *38*

Welke problemen kent Rapid Manufacturing? *43*

3D foodprinting ***50***

De huidige techniek achter 3D foodprinting *52*

Aan welke eisen moeten voedingsstoffen voldoen en hoe kunnen deze eigenschappen van voedingsstoffen worden bewerkt? *56*

Welke bedrijven en instanties houden zich bezig met het onderzoek naar (toepassingen van) 3D foodprinting? ***61***

Visuele prototypes en concepten *62*

Thuisprinters *68*

Overige *74*

Wat maakt 3D foodprinting (commercieel) aantrekkelijk? ***78***

Wat zijn de voordelen/mogelijkheden van 3D foodprinting? *78*

Welke toepassingen maken 3D foodprinting (in de toekomst) commercieel aantrekkelijk? *81*

Welke aspecten zouden moeten worden verbeterd om deze toepassingen van 3D foodprinting commercieel aantrekkelijk(er) en mogelijk te maken? *93*

Voor welke actoren zou 3D foodprinting (in de toekomst) aantrekkelijk kunnen zijn? *98*

INHOUD

Concepten **102**

"Programma van Eisen" 103

Concept 1: Schat?! Print jij de hond even? 104

Concept 2: Drank met ijs? Ijs met drank! 108

Concept 3: Het wenschocolaatje 114

Eindconcept: Ice sensation **118**

Technische specificatie machines 118

Specificaties van de verschillende concepten 127

Commerciële aantrekkelijkheid van de 'Ice sensation' 128

Prijsindicatie van de 'Ice sensation' 130

Scenario van de 'Ice sensation' 131

Evaluatie van de 'Ice sensation' 132

Conclusie **136**

Aanbevelingen **138**

Bijlagen **144**

Bijlage 1: Samenvatting workshop 3D foodprinting 144

Bijlage 2: Artikel Culinaire Saisonnier over 3D foodprinting 148

Verklarende woordenlijst

3D foodprinting: het 3D printen van voedsel middels een 3D printer.

3D (food)printer: een 3D printer waarmee naast grondstoffen ook voedingsstoffen kunnen worden geprint.

3D printen: verschillende productiemethoden waarbij een object laagsgewijs wordt opgebouwd.

Rapid Prototyping, Rapid Manufacturing en Layered Manufacturing (synoniemen): productiemethoden om in "hoog" tempo prototypes te vervaardigen met behulp van computer informatie verkregen uit een CAD proces.

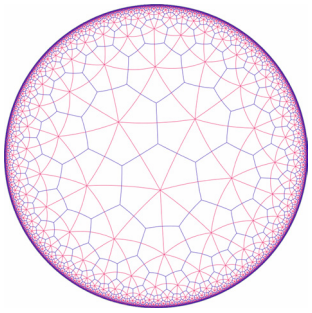
Open-source: beschrijft de praktijk die in productie en ontwikkeling vrije toegang geeft tot de bronmaterialen (de source) van het eindproduct.

3D CAD programma: CAD staat voor Computer Aided Design. Met behulp van een 3D CAD programma kunnen (onder andere) 3D modellen worden ontworpen.

CAM: Computer-Aided Manufacturing; een programma dat in staat is om verschillende extensies van 3D-bestanden in te laden en om te zetten tot een CNC voor een RM-machine met het af te leggen pad, snelheid, bewerkingsmethode enzovoort.

CNC: Computer Numerical Control; een computergestuurd programma ("script") dat wordt gegenereerd middels een CAM-programma.

.stl: STL staat voor Surface Tesselation Language of Standard Triangulation Language. .stl-bestanden beschrijven alleen de oppervlakte van een geometrie middels driehoeken (zie afbeelding 1). Hierdoor is de geometrie in een .stl-bestand altijd een grove benadering van de werkelijkheid.

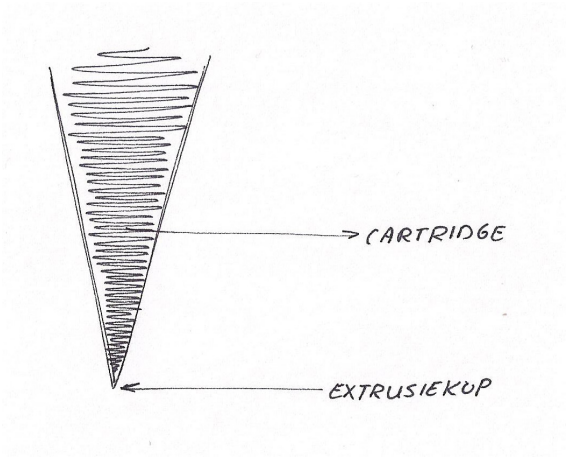


Afbeelding 1 - Een cirkel in .stl - © dmitrybryant.com

VERKLARENDE WOORDENLIJST

Cartridge: de cilinders van de 3D printer waar de grondstoffen of voedingsstoffen in worden opgeslagen (zie afbeelding 2).

Extrusiekop: de printkop (holle naald) waar de grond- en/of voedingsstoffen mee worden geprint (zie afbeelding 2).



Afbeelding 2 - Schematisch weergave van cartridge en extrusiekop

Conventioneel voedsel: "ouderwets" voedsel of voedsel dat wordt verkregen met hedendaagse bereidingsmethoden en niet middels 3D foodprinting.

Grondstoffen (in de setting van het verslag): grondstoffen die kunnen worden gebruikt bij 3D printen (inclusief voedingsstoffen).

Voedingsstoffen (in de setting van het verslag): eetbare grondstoffen die (na bewerking) kunnen worden gebruikt bij het 3D printen van voedsel.

Viscositeit: viscositeit is de eigenschap van een vloeistof die aangeeft in welke mate de vloeistof weerstand biedt tegen vervorming door schuifspanning. Hoe hoger de viscositeit, hoe stroperiger de vloeistof (water heeft een lage viscositeit en honing een hoge viscositeit).

Voorwoord

In 2011 gaf Het Foodatelier samen met de Universiteit Twente een presentatie voor verschillende bedrijven over de kansen van 3D foodprinting. Met de getoonde interesse hebben we besloten een vervolgonderzoek te doen naar de commerciële kansen van 3D foodprinting. Om te bepalen wat 3D foodprinting aantrekkelijk maakt voor de commerciële sector, hebben we april 2012 een workshop gegeven om bedrijven uit verschillende sectoren te informeren over de huidige stand van zaken van 3D foodprinting en om te bepalen waar de commerciële kansen van 3D foodprinting liggen.

Fred van Houten trapt af voor de dag 3d foodprinting #food @fnd @dorset
- Marc Foodatelier

Dit verslag is een Bachelor Eindopdracht van de opleiding Industrieel Ontwerpen (faculteit Construerende Technische Wetenschappen) van de Universiteit Twente en is een vooronderzoek om te bepalen welke richting (op het gebied van 3D foodprinting) Het Foodatelier en de Universiteit Twente in de toekomst in zullen slaan.

Graag zou ik de volgende personen willen bedanken voor hun bijdrage aan de totstandkoming van dit verslag:

- Dr. Ir. Tom Vaneker van de Universiteit Twente voor zijn begeleiding gedurende het gehele onderzoek en ontwerpproces.
- Marc Oude Luttikhuis en alle andere medewerkers van Het Foodatelier voor hun advies, ondersteuning en mening gedurende het gehele onderzoek en ontwerpproces.
- Alle deelnemers van de workshop voor hun interesse en inzet tijdens de workshop.

VOORWOORD

Het gehele onderzoek en ontwerpproces zal in dit verslag op een grafische/visuele manier worden beschreven. Het eindresultaat zal tevens worden geëxposeerd in de Bijenkorf Enschede. Ook zal er een artikel over 3D foodprinting verschijnen in het Culinaire Saisonnier: 'het seizoensmagazine voor de professionele gastronomische sector, fanatieke kookamateurs en doorgewinterde epicuristen' (zie bijlage 2).

Dit verslag is geen onderzoek naar de verschillende Rapid Manufacturing technieken, maar onder andere een uiteenzetting van de verschillende Rapid Manufacturing methoden en de huidige stand van zaken op het gebied van 3D foodprinting. We borduren niet voort op reeds uitgevoerde onderzoeken maar gebruiken verschillende technieken, toepassingen en kennis om tot een commercieel aantrekkelijke en originele toepassing/ concept te komen. De informatie over de ontwikkelingen op het gebied van 3D foodprinting is zoveel mogelijk verkregen uit primaire bronnen. Geprobeerd is om de verschillende technische onderdelen op een zo begrijpelijk mogelijk manier uit te leggen zonder al te diep in te gaan op de technischere aspecten.

Mijn naam is Jorn van Manen en hoop u met dit verslag te informeren over (de mogelijkheden van) 3D (food)printing, maar bovenal te vermaken met interessante informatie en mooie plaatjes.

Inleiding

'3D-geprinte onderkaak voor hoogbejaarde vrouw' [1], *'3D printen met The Pirate Bay'* [2] en *'Een croissantje uit de printer'* [3]; 3D printen is de toekomst! De laatste maanden verschijnen er in de media de meest interessante technieken voor 3D printen. Een 83-jarige vrouw uit België kreeg met de noodzakelijke verwijdering van een geïnfecteerde onderkaak een volledig geprinte implantaat. Duitse wetenschappers zijn er onlangs zelfs in geslaagd kunstmatige bloedvaten te printen. The Pirate Bay verwacht dat over 20 jaar mensen hun schoenen zullen downloaden en printen (zie afbeelding 3) en biedt tegenwoordig daarom niet alleen films en muziek aan, maar ook 'Physibles'; 3D-printbare digitale bestanden. Peter Schmitt (PhD '11) heeft samen met Bob Schwartz (Media Lab IT consultant) in het MIT Media Lab al compleet werkende klokken geprint (inclusief tandwielen en kettinkjes) en ABN AMRO verwacht in 2016 een wereldwijde markt van geprinte producten van $ 3,1 miljard en in 2020 van $ 5,2 miljard [4].

Top loopt voor ;-) Kom maar kijken RT @pascaljalhay: @HarOldenbeuving @ MoshikRoth @deheij ism universiteit twente? #zullenwekennisdelen?

- Wouter de Heijn

3D printen komt neer op het laagsgewijs opbouwen van een (complexe) geometrie (zie afbeelding 3 en 4). Eén van de verschillende methoden om een doorsnede te printen is door met behulp van een extrusiekop een materiaal met uiterste nauwkeurigheid te plaatsen en doseren. De cartridge van de 3D printer werkt hetzelfde als de cartridge van een inkjet printer, maar print in plaats van inkt, een materiaal als ABS (plastic). Door het plastic te vervangen door een voedingsstof als chocola, kan er een eetbaar object worden geprint; 3D foodprinting. Een 3D "foodprinter" is dan ook gewoon een 3D printer die in plaats van een grondstof, een voedingsstof print. De extrusiekop van een 3D printer kan worden vergeleken met een mechanisch aangedreven slagroomspuit die, op dezelfde manier als een inkjet printer, een plaatje/contour print. Door herhaaldelijk een doorsnede van een object met slagroom te printen, kan een object laagsgewijs worden opgebouwd. Voedsel is een van de grootste productgroepen ter wereld, wat gaat 3D foodprinting in de toekomst voor ons betekenen?

MIT, Electrolux en Philips kwamen al eerder met prachtige visuele concepten en Cornell University kwam onlangs met een open-source 3D printer waar ook voedsel mee kan worden geprint. De media bleek geïntrigeerd door de mogelijke impact die de introductie van 3D foodprinting zou kunnen hebben voor de maatschappij.

3D foodprinting maakt het mogelijk om met uiterste nauwkeurigheid voedingsstoffen te plaatsen en doseren. Deze nieuwe toepassing van een bestaande techniek stelt koks in de toekomst in staat om tot geheel nieuwe gerechten te komen.

3D foodprinting kent naast de voordelen ook een aantal problemen. Zo vereist het ontwerpen van 3D modellen middels 3D CAD software nog veel expertise, zijn 3D printers nog vrij ongebruiksvriendelijk, moeten veel voedingsstoffen voor het printen worden bewerkt en voegt het 3D printen van voedsel nog niets toe aan de smaakbeleving van voedsel. Echter, men verwacht dat deze problemen in de nabije of verdere toekomst zullen worden opgelost. Zo worden 3D CAD programma's en 3D printers steeds gebruiksvriendelijker en is het bewerken van voedingsstoffen slechts een kwestie van experimenteren.

Afbeelding 3 - Complexe vorm
© behance.net

Afbeelding 4 - Complexe vorm
© Shapeways

De Universiteit Twente en Het Foodatelier zien veel potentie in 3D foodprinting en doen daarom gezamenlijk onderzoek naar de commerciële kansen van 3D foodprinting. Om inzicht te krijgen in deze commerciële kansen, organiseerden de Universiteit Twente en Het Foodatelier een workshop voor bedrijven uit verschillende sectoren (catering, industrie en bakkerij). Doel van het onderzoek is om te onderzoeken wat met de huidige kennis en reeds bestaande printmethoden een commercieel aantrekkelijke- en realistische toepassing van 3D foodprinting zou kunnen zijn.

Interessant! Nu benieuwd naar output RT @pascaljalhay: Dus dit is de toekomst#foodprinting

- Kim van Velzen

In dit verslag zal een overzicht worden gegeven van alles omtrent 3D foodprinting. Om u bekend te maken met het fenomeen 3D printen zal er worden begonnen met een uiteenzetting over de techniek achter 3D printen, reeds bestaande printmethoden en de mogelijkheden en "onmogelijkheden" van 3D printen.
Met deze kennis zal in het daaropvolgende hoofdstuk worden ingegaan op de (huidige) techniek achter 3D foodprinting, te gebruiken voedingsstoffen bij 3D foodprinting en hoe de eigenschappen van voedingsstoffen kunnen worden bewerkt alvorens te worden geprint. Vervolgens zal worden ingegaan op de actoren op het gebied van 3D foodprinting.
Tot slot zullen de huidige voor- en nadelen van 3D foodprinting, wat 3D foodprinting aantrekkelijk maakt voor de commerciële sector en de "noodzakelijke" verbeteringen om 3D foodprinting succesvol te implementeren worden behandeld.

Dit theoretische onderzoek is een uiteenzetting van de hedendaagse mogelijkheden op het gebied van 3D (food)printing en zal worden gebruikt om tot een drietal realistische en commercieel aantrekkelijk concepten te komen. Met behulp van de belangrijkste voordelen en nadelen van 3D (food) printing zal het meest geschikte concept vervolgens worden uitgewerkt. Het eindresultaat is geen variant op reeds uitgevoerde projecten, maar is een commercieel aantrekkelijke en realistische toepassing die gebruik maakt van bestaande en "bewezen" technieken. Na dit verslag zal er een vervolgonderzoek verschijnen om het printen van een ijsklontje in de nabije toekomst mogelijk te maken.
Print u over een aantal jaren uw maaltijd? Time to discuss the foodture!

Christmas dinner out of 3D printer

December 13, 2011

Can you image you and your family sitting around a 3D printer waiting for your Christmas dinner?

The University of Twente and Het Foodatelier (the Food Studio) in the Netherlands will conduct a joint investigation into the technical and economic feasibility of 3D food printing.

In recently years many experiments have been carried on with the 3D food printing, such as chocolate 3D printer. The 3D printing technology builds three-dimensional object layer by layer. This technique has several advantages in relation to food making. This allows you to create form and flavor combinations that are difficult or impossible to implement in traditional cooking method. The 3D printing process is a fully automated process, it will be as easy as using a microwave oven for non-professionals to print their food.

The University of Twente and Het Foodatelier see great potentials and will initiate a joint development of 3D food printing. Diverse culinary specialists and food producers will join this development.

Around mid-February 2012 Het Foodatelier will organized workshop with the University of Twente for discovering various applications in the field of 3D food printing.

The project is led by Professor Fred van Houten of the UT program design, production and management. “We have been working a long time with 3D printing, therefore we have a lot of interests in the food and culinary industry. We see opportunities in special shapes from food. If you want to make a cake with the shape of your car, you can soon 3D print it. Of course you must use suitable raw material, with sufficient viscosity and firmness. Then you can combine multiple ingredients.”

www.3Ders.org

Het Foodatelier

Het Foodatelier helpt klanten in de levensmiddelenindustrie met vraagstukken op het gebied van marketing, consumentenonderzoek en product- & conceptontwikkeling en werkt volgens het principe 'Foodarchitectuur'; aantrekkelijke, doordachte en bruikbare producten voor de consument. Het Foodatelier is altijd op zoek naar nieuwe concepten en uitdagingen op het gebied van food.

De laatste jaren is 3D printen in een stroomversnelling geraakt en wordt door velen gezien als de grondlegger van een nieuwe revolutie in de manier waarop goederen worden geproduceerd. Dit luidt een nieuw tijdperk van 'mass customization' in. Wereldwijd wordt er veel onderzoek gedaan naar alles omtrent 3D printen waardoor het niet langer slechts sciencefiction is. Met 3D foodprinting als nieuwe toepassing in de wereld van 3D printen, zien Het Foodatelier en de Universiteit Twente veel potentie in 3D foodprinting en willen daarom nauw betrokken blijven bij de ontwikkelingen van 3D foodprinting.

Met de nodige kennis over sales, marketing, technologie en food, wil Het Foodatelier ervoor zorgen dat de interactie tussen de 3D print technologie en voedsel leidt tot bijvoorbeeld een nieuwe en unieke smaakbeleving. Het uiteindelijke doel is het ontwikkelen van inspirerende- maar realistische 3D foodprinting concepten die technisch en economisch haalbaar zijn.

In het kader van 3D foodprinting organiseerden Het Foodatelier in samenwerking met de Universiteit Twente een workshop voor mensen van verschillende bedrijven en sectoren (horeca, bakkerij, industrie enzovoort). Het doel van deze workshop was de deelnemers te informeren en te inspireren. Voor Het Foodatelier zelf was het doel geïnspireerd worden over de mogelijk commerciële kansen van 3D foodprinting. Het uiteindelijke resultaat van de workshop is gebruikt om het onderzoek een specifieke richting te geven en uiteindelijk tot een commercieel aantrekkelijke toepassing te komen.

Het Foodatelier
www.hetfoodatelier.nl

Geweldig dit te ervaren @MOL_Foodatelier: @vrlab #universiteit enschede 3d foodprinting

- Restaurant Dorset

Rapid Manufacturing

3D printen is de laatste jaren in een stroomversnelling geraakt, geniet steeds meer belangstelling en er wordt wereldwijd onderzoek gedaan naar alles omtrent 3D printen. Er zijn steeds meer mogelijkheden en steeds minder onmogelijkheden. Peter Weijermarshausen (CEO van Shapeways): *"Het grootste voordeel van 3D printen is dat fantasie de enige beperking is van wat iemand kan maken."*.

De eerste ontwikkelingen op het gebied van 3D printen (Rapid Prototyping [RP] of Rapid Manufacturing [RM]) kwamen eind jaren '80 en wordt door velen gezien als de grondlegger van een nieuwe revolutie in de manier waarop goederen worden geproduceerd; een nieuw tijdperk van 'mass customization'. Sindsdien is 3D printen in een stroomversnelling geraakt en zijn bedrijven en onderzoeksinstellingen van over de hele wereld onderzoek gaan doen naar 3D printen.

Afbeelding 5 - Eiffeltoren

De techniek achter Rapid Manufacturing

Een van de eerste, werkende 3D printers was gepatenteerd in 1993 door de MIT professoren Michael Cima (Sumitomo Electric Industries Professor of Engineering), Emanuel Sachs (Fred Fort Flowers) en Daniel Fort Flowers (Professor of Mechanical Engineering). Deze 3D printer was als eerste in staat om kunststoffen, keramiek en metalen te printen. Het doel van de eerste 3D printers was het produceren van modellen om ideeën van bijvoorbeeld architecten te visualiseren [5]. 3D printen is niet goedkoop maar leek voor moeilijk te produceren objecten een goedkopere oplossing dan objecten die worden vervaardigd uit conventionele methoden.

In tegenstelling tot conventionele methoden waarbij een geometrie wordt gevormd door materiaal te verwijderen, wordt bij 3D printen een (complexe) geometrie laagsgewijs opgebouwd door materiaal daar waar nodig toe te voegen. De term Rapid Manufacturing (of Rapid Prototyping) is de verzamelnaam voor alle productiemethoden waarbij een product laag voor laag wordt opgebouwd.

RM begint bij het ontwerpen van een 3D computermodel middels een 3D CAD programma (zie afbeelding 5). Door 2D contouren (vectoren*) te extruderen* wordt de gebruiker in staat gesteld een virtueel 3D model te ontwerpen. Uitsneden of toevoegingen aan het basisontwerp kunnen wederom worden verkregen uit 2D contouren. Het ontworpen model wordt in het 3D CAD programma geëxporteerd als een .stl-bestand (net als vanuit Photoshop een plaatje wordt opgeslagen als een .jpg, .jpeg of .gif) en dient als uitgangspunt voor de computeraansturing van een RM-machine. Naast .stl-bestanden worden ook bestandstypen als .wrl, .ply en .sfx gebruikt.

Het .stl-bestand wordt ingeladen in een CAM-programma die het virtuele model uit het .stl-bestand automatisch opdeelt in 2D doorsneden. De dikte van de doorsneden zal afhankelijk zijn van het te gebruiken materiaal of methode. Het CAM-programma berekent per doorsnede het af te leggen pad door de RM-machine (CNC); de af te leggen weg door de extrusiekop en de plaatsen waar materiaal moet worden geprint. De gegenereerde gegevens worden ingeladen in de RM-machine waarna de machine kan beginnen met het laagsgewijs opbouwen van een fysiek product.

RM opent deuren in het vervaardigen van bijvoorbeeld complexe (3D dubbel gekromde) geometrieën, zeer gedetailleerde onderdelen en samenstellingen, een grote vormvrijheid en veel specifieke toepassingen door de verscheidenheid aan methoden en machines. Om een goed beeld te geven over reeds bestaande printmethoden en mogelijke toepassingen zal in het volgende hoofdstuk worden ingegaan op de werking, mogelijkheden en kenmerken van de verschillende printmethoden.

** Extruderen: extruderen is in principe een vormgevingstechniek, maar is in de context van een 3D CAD programma het omzetten van een 2D contour naar een "virtuele 3D balk" met als doorsnede de vorm van het 2D contour.*

** Vectoren: een vector is een wiskundige beschrijving van punten en lijnen. In tegenstelling tot de pixels van foto's, blijft een vector met het inzoomen altijd scherp.*

Reeds bestaande Rapid Manufacturing en –Prototyping methoden

Rapid Manufacturing en –Prototyping kent veel verschillende methoden om laagsgewijs tot een model te komen. Waar RP zich vooral richt op het produceren van prototypes gaat RM een stap verder door functionele modellen te printen.

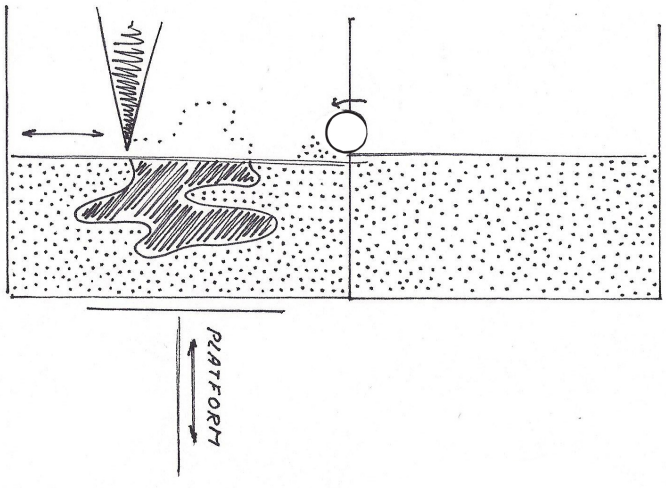
De meest gebruikte methode is Stereolithografie waar een product wordt verkregen door een vloeistof onder invloed van licht uit te harden. Een andere veel gebruikte methode is Fused Deposition Modelling waar een model wordt verkregen door een materiaal direct te printen. De voordelen en nadelen van de verschillende methoden zijn afhankelijk van de setting en kunnen daardoor als relatief worden beschouwd. Zo zal de resolutie van de oppervlaktekwaliteit van een zichtmodel minder van belang zijn dan de oppervlaktekwaliteit van een kogellager. De oppervlaktekwaliteit van de verschillende methoden zal om deze reden niet worden meegenomen.

In de volgende paragrafen zullen respectievelijk de printmethoden ‘3D Printing’, ‘Selective Laser Sintering’, ‘Electron Beam Melting’, ‘Fused Deposition Modelling’, ‘Stereolithografie’ en ‘Laminated Object Manufacturing’ worden behandeld. Per methode zal de werking van de techniek, de voor- en nadelen, mogelijk toepasbare materialen en enkele voorbeelden worden genoemd. Met de uiteenzetting van de verschillende RM-methoden zal een algemeen beeld worden geschetst die later in dit verslag ondersteuning zal bieden aan het hoofdstuk over 3D foodprinting.

3D printing (3DP)

'Plaster-Based 3D printing' of 'Powder Bed and Inkjet Head 3D printing' [3DP] is een RP-methode en werd in 1995 gepatenteerd door MIT. Als er door mensen wordt gesproken over 3D printen, wordt meestal de 3DP-methode bedoeld.

3DP maakt gebruik van een platform waar een laag poeder met behulp van een roller gelijkmatig over wordt uitgestreken (zie afbeelding 6). Een extrusiekop print met behulp van een (specifiek) vloeibaar bindmiddel een doorsnede op de laag poeder waardoor het poeder uithard (te vergelijken met de manier waarop de hedendaagse 2D printers op papier printen).
Het platform zakt vervolgens een vooraf ingestelde (parametrische) afstand waarna er weer gelijkmatig een laag poeder over het platform wordt uitgestreken. De volgende doorsnede zal op dezelfde manier worden geprint. Het proces eindigt zodra het gehele model is geprint of de maximale hoogte van het platform is bereikt. Het model kan vervolgens uit het reservoir worden gehaald en worden ontdaan van het niet uitgeharde poeder. Het niet uitgeharde poeder kan worden hergebruikt en dient tevens ter ondersteuning van vrijhangende structuren. Door een kleurstof toe te voegen aan het bindmiddel kan het gehele product of een gedeelte van een oppervlakte in kleur worden geprint (zie afbeelding 7).



Afbeelding 6 - Versimpelde, schematische tekening 3DP

3DP wordt vaak vroeg in een ontwerpproces gebruikt om prototypes en concepten te visualiseren. Volgens Z Corporation is het grootste voordeel van 3DP de grote verscheidenheid aan te printen materialen. Zo kunnen er materialen worden geprint met de eigenschappen van bijvoorbeeld plastic of rubber door respectievelijk een speciale epoxy en elastomeren te gebruiken als bindmiddel [6].
Een ander voordeel van 3DP is de snelheid waarmee producten (tot op zekere hoogte) kunnen worden geproduceerd. Met een printsnelheid van 25 mm tot 50 mm per uur lijkt het printen middels een 3DP-methode nog vrij veel tijd in beslag te nemen. Echter, dit is in vergelijking met de tijd die het zou kosten om een product middels conventionele methoden te produceren slechts een fractie.
Een nadeel van 3DP is dat de vervaardigde producten een lage sterkte hebben en daardoor niet als functioneel kunnen worden bestempeld.

Een paar voorbeelden van producten die kunnen worden geprint aan de hand van 3DP zijn gekleurde 3D landkaarten, zichtmodellen waar een kleur een contactoppervlak indiceert en (visuele) concepten van consumentenproducten (inclusief labels). Naast het direct printen van producten kunnen er ook mallen en matrijzen worden geprint om producten uit te vervaardigen.

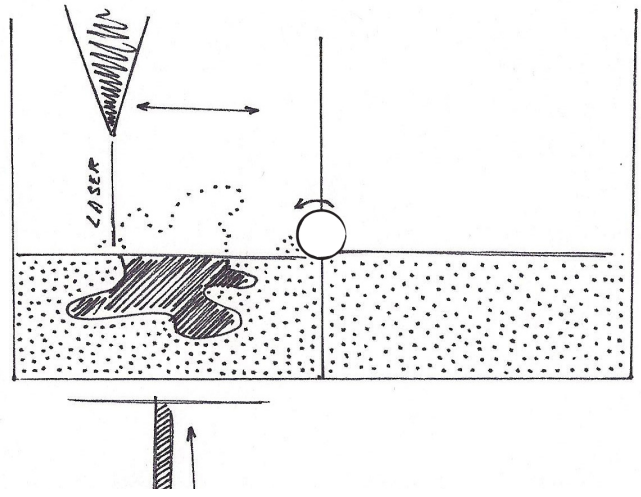
Afbeelding 7 - FDM in kleur
© Carlo H. Sequin

ding 8 - Geprint schedel (FDM)
© nerdalert.com

Selective Laser Sintering (SLS)

Selective Laser Sintering [SLS] is een RM-methode en bouwt een product laagsgewijs op door met behulp van een laser het oppervlak van een specifiek poeder tot het smeltpunt te verhitten. De term Selective Laser Reactive Sintering [SLRS] wordt gebezigd als er gebruik wordt gemaakt van de thermische reactie van de (verschillende) componenten van het poeder.

De printer maakt gebruik van een in hoogte te variëren platform/ reservoir waar een laag poeder over wordt uitgestreken (zie afbeelding 9). Deze laag poeder wordt met behulp van een "roller" zowel glad gestreken als samengeperst. Met behulp van een CNC sintert de computergestuurde laserstraal (continu of met pulsen) lokaal het poeder volgens de 2D doorsnede. Het succes van SLS hangt in grote mate dan ook af van het absorberen van de warmte van de laser door het gekozen materiaal [7].
Na het sinteren van het poeder zakt het platform een vooraf ingestelde (parametrische) afstand waarna er een nieuwe laag poeder kan worden uitgestreken. Na het uitstrijken van dit poeder kan de volgende doorsnede worden "geprint". Deze stappen worden herhaald tot het gehele product is geprint of de maximale opbouwhoogte van het reservoir is bereikt. Aan het eind van het proces kan het product uit het reservoir worden gehaald en worden ontdaan van het niet uitgeharde poeder. Als nabewerking kan worden gedacht aan het uitharden of polymeriseren van de kunststof, het verwijderen van de ondersteuningsstructuur en eventueel het afwerken of lakken van het oppervlak.



Afbeelding 9 - Versimpelde, schematische tekening SLS

Net als bij 3DP is een voordeel van SLS is dat het niet uitgeharde poeder ondersteuning biedt aan vrijhangende structuren [8]. Op deze manier kan vrijwel elke geometrie worden geprint.
Een ander voordeel van SLS is de grote hoeveelheid toepasbare materialen om tot een fysiek product te komen. Voorbeelden van te gebruiken materialen zijn onder andere wax, cermet*, keramieken, nylon/glas composieten, metaal-polymeer poeders, metalen, polymeren en nylon [9].
Nadelen van SLS zijn de noodzaak tot nabehandelen, een poreus eindproduct en het missen van de mogelijkheid om te printen in kleur.

SLS wordt gebruikt voor bijvoorbeeld testmodellen, mallen voor gietwerk en het produceren van kleine hoeveelheden (functionele) onderdelen.

* *Cermet: cermet is een composiet materiaal wat is samengesteld uit een keramiek (cer~) en een metaal (~met).*

Afbeelding 10 - Voorbeeld SLS
© ilovericesociety.com

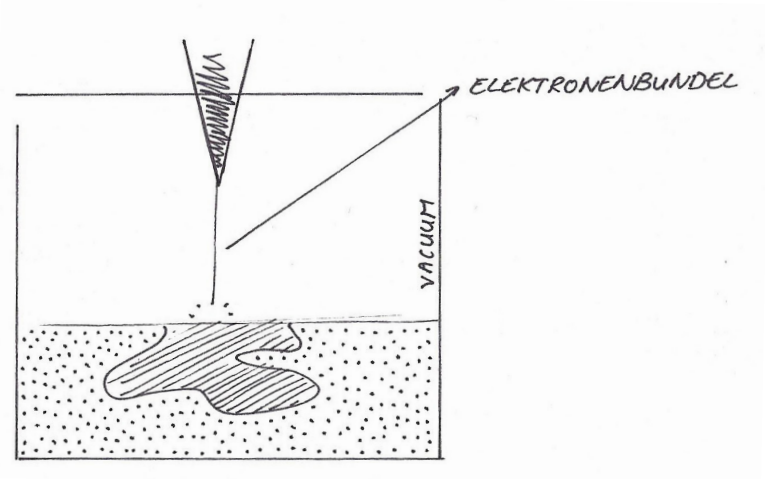
Electron Beam Melting (EBM)

Electron Beam Melting [EBM] is een RM-methode waar een fysiek product laagsgewijs wordt opgebouwd door metaalpoeder in een hoog vacuüm te smelten met behulp van een elektronenbundel (zie afbeelding 11). EBM onderscheid zich ten opzichte van SLS door het gebruik van een hoog vacuüm en een elektronenbundel waardoor de verkregen producten zeer sterk zijn. De elektronenbundel wordt opgewekt door een gloeidraad en wordt gestuurd door een magnetische lens en veld. Door het vacuüm is er tijdens het proces geen zuurstof aanwezig waardoor oneffenheden door oxidatie niet zullen optreden [10].

Het voordeel van EBM is dat door de hoge temperatuur van de elektronenbundel en het vacuüm, een product wordt verkregen met de maximale dichtheid van het gebruikte materiaal. Hierdoor zijn de uiteindelijke producten erg sterk en hoeven in tegenstelling tot SLS niet meer thermisch nabewerkt te worden. Daarnaast is EBM sneller ten opzichte van andere RM-methoden.

EBM maakt gebruik van metaalpoeders als titanium en cobalt-chroom. Door het gebruikte materiaal en de bewerkingsmethode zijn de uiteindelijke producten geschikt voor situaties waarin weerstand tegen grote krachten en temperaturen vereist zijn. Voorbeelden van producten uit EBM zijn prothesen, implantaten (vanwege de eigenschappen van titanium)(zie afbeelding 12) en onderdelen voor in de auto- en luchtvaartindustrie [10].

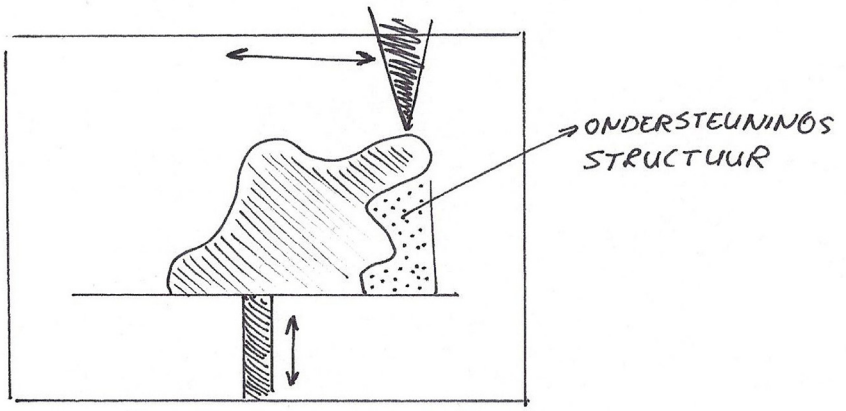
Afbeelding 12 - Schedelprothese
© gizmag.com



Afbeelding 11 - Versimpelde, schematische tekening EBM

Fused Deposition Modelling (FDM)

Fused Deposition Modelling [FDM] is een veel gebruikte RP-methode. FDM bouwt een product, net als bij SLS, op uit verschillende doorsneden. In tegenstelling tot SLS maakt FDM geen gebruik van poeder, maar print een materiaal direct op het platform van de 3D printer.



Afbeelding 13 - Versimpelde, schematische tekening FDM

Met de informatie uit een CNC print de computergestuurde extrusiekop de doorsneden van een object uit een gesmolten kunststof op het platform van de 3D printer (zie afbeelding 13). Zodra het gesmolten kunststof door afkoeling weer gestold is, zakt het platform een vooraf ingestelde (parametrische) afstand waarna de volgende doorsnede kan worden geprint. Dit proces eindigt zodra de maximale hoogte van het platform is bereikt of zodra het gehele product is geprint.

Waar bij SLS het poeder ondersteuning bood aan de geometrie, zal bij FDM een ondersteuningsstructuur moeten worden geprint. Zodra het product is uitgehard kan deze ondersteuningstructuur eenvoudig met de hand worden verwijderd en kan de oppervlakte eventueel worden nabewerkt.

Bij FDM is het met behulp van de ondersteuningsstructuren mogelijk vrijwel elke geometrie te printen. FDM kan gebruik maken van dezelfde kunststoffen die in een serieproductie ook zullen worden gebruikt. Alhoewel de eigenschappen van het geprinte kunststof kunnen verschillen met de eigenschappen van het uiteindelijke materiaal, kan een product vrijwel identiek worden nagemaakt.

Nadelen van FDM zijn de hoge productiekosten (tijdsduur van het printen, aanschaf machine en te gebruiken materialen) en het restmateriaal (ondersteuningstructuur (zie afbeelding 14)). De verwachting is dat met de tijd de productiekosten zullen afnemen door goedkopere printers, sneller printen enzovoort.

FDM maakt gebruik van thermoplasten die worden verwarmd en geprint door de extrusiekop. Veel gebruikte en bekende materialen bij FDM zijn Polylactic Acid (PLA), Acrylonitril-Butadieen-Styreen (ABS), Poly-Carbonaat (PC) en Poly-Phenyl-Sulfone (PPSU). FDM heeft wanddikten tot minimaal 0,5 mm en heeft een nauwkeurigheid van ongeveer 0,2 mm [8].

*Thermoplasten: een kunststof die zacht wordt zodra het wordt verhit.

Voorbeelden van producten die zijn vervaardigd middels FDM zijn visualiserende prototypes, onderdelen van producten, kunst artefacten en siliconen matrijzen voor nulseries.

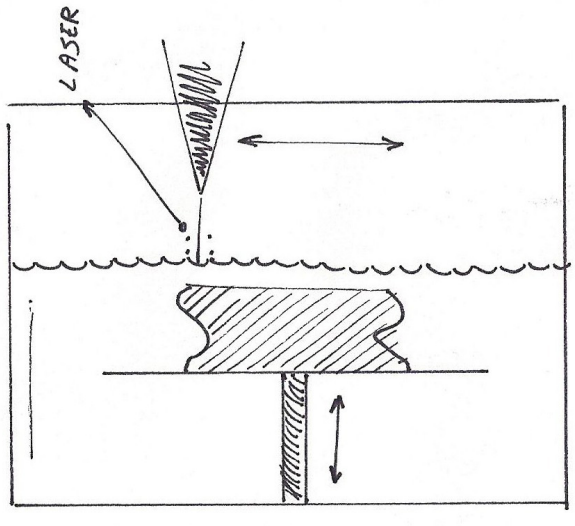
Afbeelding 14 - Ondersteunende structuur

Afbeelding 15 - Hart van plastic
© thermalstructures.com

Stereolithografie (SLA)

Stereolithografie [SLA; Stereolithography Apparatus] is een van de meest toegepaste en eerst ontwikkelde RP-technieken (eerste patent in 1986). SLA is het laagsgewijs opbouwen van een geometrie door een lichtgevoelige kunststof uit te laten harden onder invloed van UV-licht.

Een stereolithografische 3D printer bestaat onder andere uit een met vloeibare fotopolymeer* gevuld reservoir, een platform en een computergestuurde laserstraal (zie afbeelding 16). Bij aanvang van het proces bevindt het platform zich vlak onder het vloeistofoppervlak. De laserstraal (UV-licht) belicht de (uit een CNC verkregen) doorsnede van een product waardoor de vloeibare fotopolymeer zal uitharden. Na het "printen" van de eerste doorsnede zal het platform, net als bij SLS en FDM, een vooraf ingestelde afstand zakken tot wederom vlak onder het vloeistofoppervlak. Na het zakken van het platform kan de volgende doorsnede worden belicht die zich zal hechten aan de vorige doorsnede. Tijdens het proces wordt tevens een ondersteuningsstructuur geprint die nodig zal zijn om specifieke delen van het product te ondersteunen. SLA gaat net zolang door tot de "maximale hoogte van het platform" is bereikt of het product in zijn geheel "geprint" is. Aan het eind van proces beweegt het platform zich weer naar boven, kan het product van het platform worden gehaald, de ondersteuningsstructuur worden verwijderd, het product worden uitgehard of gepolymeriseerd en eventueel worden nabewerkt.



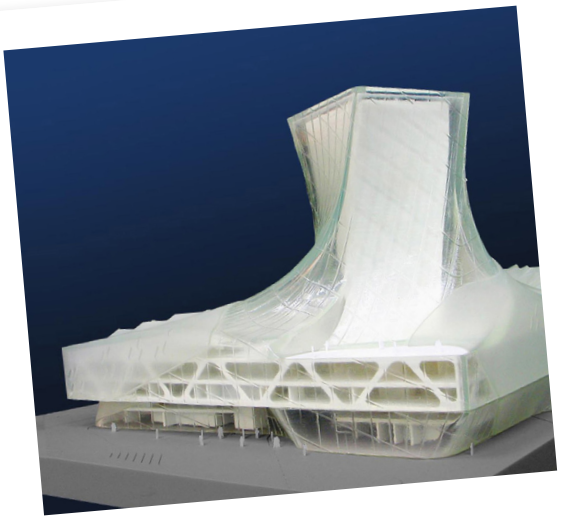
Afbeelding 16 - Versimpelde, schematische tekening SLA

Het voordeel van SLA is de grote nauwkeurigheid (dikten tot minimaal 0,5 mm en een nauwkeurigheid van ongeveer 0,05 mm), de printsnelheid en de mogelijkheid om grote onderdelen te "printen".

Nadelen van SLA zijn de beperkt te gebruiken materialen, het gebruik van toxische chemicaliën, de noodzaak tot nabewerken en de nodige ondersteuning van vrijhangende structuren [10].

Stereolithografie maakt het mogelijk om complexe 3D dubbel gekromde oppervlakten te printen, zowel zeer gedetailleerde onderdelen als zeer gedetailleerde samenstellingen te printen, het printen met grote vormvrijheid met ingesloten ruimtes, het printen van siliconen matrijzen voor producten van kunststof en identieke zichtmodellen van kunststofproducten [8].

** Fotopolymeer: Een materiaal dat een chemische verandering ondergaat wanneer het aan ultraviolet licht worden blootgesteld* [11].

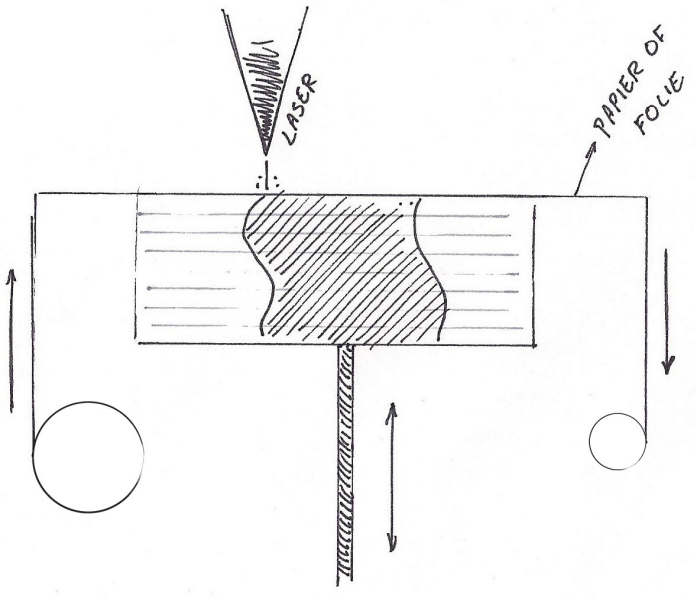


Afbeelding 17 - Voorbeeld SLA
© Czech National Library

Laminated Object Manufacturing (LOM)

Laminated Object Manufacturing [LOM] is in navolging van Stereolithografie, de (tegenwoordig) minst toegepaste RP-methode en wordt met name gebruikt voor het vervaardigen van mallen en matrijzen. LOM is gebaseerd op het op elkaar plakken van vellen of folies waarbij per vel of folie een doorsnede van een product wordt uitgesneden.

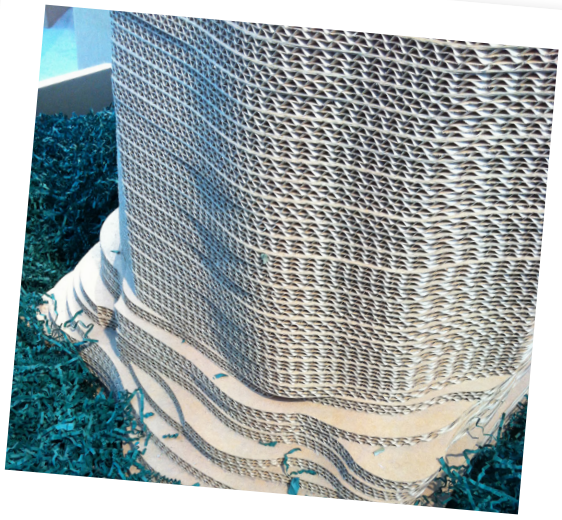
Net als bij de eerder besproken methoden maakt een LOM-machine gebruik van een in hoogte te varieren platform (zie afbeelding 18). Over het platform wordt een laag vel of folie gerold waaruit vervolgens de contour van een doorsnede en de contour van het platform wordt gesneden. Over deze laag wordt lijm als bindmiddel uitgestreken waarna een nieuwe laag over het platform wordt gerold. Ook bij LOM zakt het platform een vooraf ingestelde (parametrische) afstand. De "restvorm" van de doorsneden dient tegelijkertijd ter ondersteuning van de daaropvolgende lagen. Tijdens het proces wordt al rekening gehouden met het verdelen van de "restvorm" in lossende blokken zodat deze na het proces (en na het uitharden de lijm) gemakkelijk verwijderd kunnen worden.



Afbeelding 18 - Versimpelde, schematische tekening LOM

De te gebruiken materialen bij LOM zijn vellen of folies van papier (karton, hout enzovoort), kunststof en keramiek [8]. De voordelen van LOM zijn de goedkope materialen en de mogelijke grootte van producten. Een nadeel van LOM (in vergelijking met andere RM-methoden), is de nauwkeurigheid (dikten tot minimaal 1 mm en een nauwkeurigheid van ongeveer 0,5 mm).

Voorbeelden van toepassingen van LOM zijn het vervaardigen van complexe 3D dubbel gekromde oppervlakten, grote zichtmodellen (zie afbeelding 19), zandgietmatrijzen en een grote vormvrijheid [8].



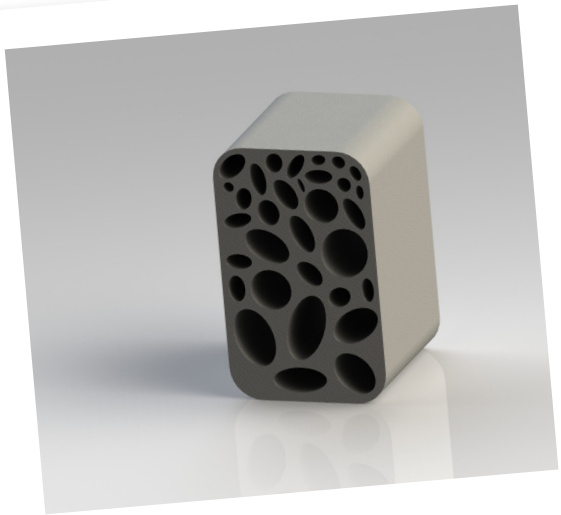
Afbeelding 19 - Foto van Floriade 2012

Andere toepassingen

3D printen gaat veel verder dan deze printmethoden die vooral ingaan op reeds bestaande technieken om tot complexe vormen te komen. Elke methode gaat uit van hetzelfde principe om laagsgewijs een 3D object op te bouwen en is niet alleen handig voor de technische sector, maar blijkt ook een uitkomst te zijn voor kunstenaars.

Het Solar Sinter Project is een mooi voorbeeld van een artistieke toepassing van RM. Markus Kayser bewees in 2011 dat met een oude lasersnijder, zand uit de Egyptische woestijn en de zon tot een 3D artefact kan worden gekomen. Door het zonlicht te bundelen kon het zand worden gesmolten tot glas en, op dezelfde manier als bij SLS, een geometrie laagsgewijs kan worden opgebouwd [12] (zie afbeelding 23 en 24).

Een ander voorbeeld, in navolging van FDM, is het printen van beton. Als er plastic doorsneden worden geprint, waarom zouden er dan geen betonnen doorsneden kunnen worden geprint? Het printen van beton biedt nieuwe mogelijkheden in zowel vorm als functie. Zo zal het niet alleen mogelijk zijn om fantasierijke, organisch ogende objecten te maken die moeilijk of onmogelijk zijn te maken met matrijzen, maar kan de techniek de eigenschappen van beton continu variëren waardoor het beton zowel lichter als sterker wordt dan conventioneel beton (zie afbeelding 21). Door de huidige 3D printers te vergroten (zie afbeelding 22), zou het in theorie mogelijk zijn om hele gebouwen te printen.



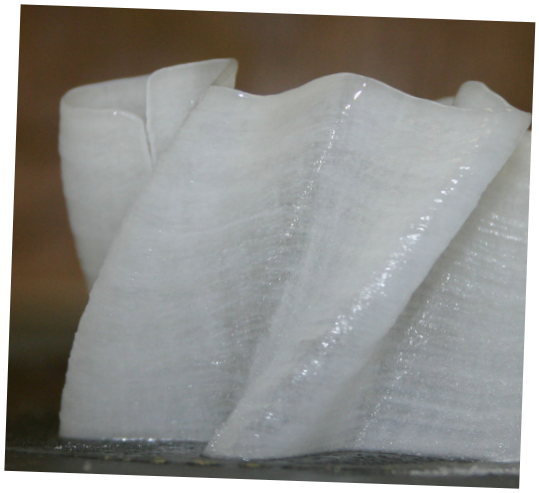
Afbeelding 21 - Variable dichtheid

Afbeelding 22 - Concept betonprinter

© Yanko Design

McGill University (Montreal, Quebec) doet zelfs onderzoek naar de mogelijkheden van RM voor constructies met ijs (zie afbeelding 20). De universiteit is gespecialiseerd in RM en technische ontwerpen voor in extreme omgevingen. Het printen van ijs betreft voorlopig alleen nog het printen van commerciële- en industriële onderdelen en constructies voor de ijstoerisme industrie. Op Internet circuleren al plaatjes rond van ijsgeprinte konijntjes en een gedetailleerd beeldje.

Concluderend kan er worden gesteld dat er verschillende methoden zijn om volgens hetzelfde principe tot een fysiek product te komen. Zo wordt bij FDM en EBM een materiaal direct geprint, worden bij 3DP en SLS doorsneden opgebouwd door lagen poeder uit te laten harden en maakt SLA gebruik van de eigenschap van fotoploymeren om onder invloed van licht uit te harden. Afhankelijk van de functie van een product zal er een keuze moeten worden gemaakt over de te gebruiken methode. Zo kan de keuze voor een bepaalde methode worden gebaseerd op bijvoorbeeld de productietijd, nabewerking, materiaal, functie van het product, kosten of de resolutie waarmee geprint kan worden. De voor- en nadelen van een methode zijn dan ook afhankelijk van de setting.
In het volgende hoofdstuk zal worden ingegaan op de unieke mogelijkheden van RM ten opzichte van conventionele methoden.



Afbeelding 20 - Voorwerp van ijs
© McGill University

Afbeelding 23 - Geprinte schaal
© Solar Sinter Project

Afbeelding 24 - Markus Kayser in de woestijn
© Solar Sinter Project

Wat is er allemaal mogelijk met Rapid Manufacturing wat met conventionele methoden niet mogelijk is?

Met de beschrijving van de verschillende methoden zijn er al verschillende voordelen en nadelen van Rapid Manufacturing (en Rapid Prototyping) genoemd. Alvorens een product zal worden geproduceerd middels een RM-methode zal het aan bepaalde kenmerken moeten voldoen wil het bijvoorbeeld kostenefficiënt zijn. Zo zal RM aantrekkelijker zijn bij een kleine serie producten omdat bijvoorbeeld het instellen van de machine, het ontwerpen van een mal en de voorraadkosten veel tijd en geld zullen besparen.

In dit hoofdstuk zal worden ingegaan op de mogelijkheden die RM biedt ten opzichte van conventionele methoden. Zoals eerder al werd aangegeven zijn de huidige mogelijkheden en voordelen relatief en zal er in de toekomst steeds meer mogelijk zijn. Op deze hedendaagse mogelijkheden van RM zal later worden terug gekomen bij de keuze- en uitwerking van de 3D foodprinting concepten.

Complexe geometrieën

Het belangrijkste kenmerk van RM is de mogelijkheid om tot complexe structuren te komen door een geometrie laagsgewijs op te bouwen. Op deze manier is het mogelijk een object op te bouwen met een complexe, inwendige structuur. Een voorbeeld hiervan is een verbrandingsmotor waar inwendig een complexe structuur van koelingkanalen kan worden aangebracht waardoor de warmte van de motor beter kan worden afgevoerd. Tot deze inwendige structuur zou met conventionele methoden niet kunnen worden gekomen omdat met de “ouderwetse” gereedschappen de inwendige structuur van een massief blok niet kan worden bewerkt zonder een product “open te breken”. Er zullen gedurende het proces dan ook geen gereedschappen nodig zijn. Wat productontwerpen betreft hoeft er minder tot geen rekening meer worden gehouden met bijvoorbeeld productiemethoden en kan een product dus naar functie worden ontworpen. Naast het printen van producten is het natuurlijk ook mogelijk om matrijzen met een complexe inwendige structuur te printen.

Nauwkeurigheid

Vanwege deze unieke- en interessante productiemethode wordt er wereldwijd veel onderzoek gedaan naar RM. Met nieuwe kennis en ontwikkelingen komen er steeds betere 3D printers op de markt. De nauwkeurigheid waarmee materialen kunnen worden geplaatst en gedoseerd is een goed voorbeeld van een alsmaar verbeterende eigenschap. De resolutie waarmee een object kan worden geprint is onder andere afhankelijk van de gebruikte methode en materiaal. De nauwkeurigheid is relatief omdat de kwaliteit van de resolutie afhankelijk is van de functie van een product en de wens van de ontwerper. Bijvoorbeeld, de resolutie zal bij het printen van een model voor de vormstudie van een fotocamera minder van belang zijn dan bij het zichtmodel van een fotocamera.

Aangenomen dat de kwaliteit van de resolutie bij de meeste RM-methoden hoog is (en constant verbetert), kan er worden gesteld dat ook de nauwkeurigheid waarmee materialen kunnen worden geplaatst en gedoseerd een unieke eigenschap van RM is. RM biedt hiermee niet alleen de mogelijkheid om bijvoorbeeld tot producten te komen met een complexe, inwendige structuur, maar kan deze inwendige structuur ook van de nodige details worden voorzien. Ten opzichte van conventionele methoden is de resolutie geen unieke eigenschap. Echter, het ontbreken van deze hoge nauwkeurigheid zou de unieke eigenschap van het laagsgewijs opbouwen van complexe structuren voor een groot deel tenietdoen.

Het materiaal

De kwaliteit van de materialen van geprinte producten hangt af van de te gebruiken methode. Afhankelijk van het gewenste materiaal of de gewenste sterkte van een materiaal, zal er een afweging moeten worden gemaakt tussen de verschillende methoden. Zo zal de sterkte van een onderdeel voor de ruimte-industrie maximaal moeten zijn en zal Electron Beam Melting in dit geval de meest voor de hand liggende keuze zijn. Voor het produceren van een zichtmodel van een blikje cola zal daarentegen Fused Deposition Modelling voldoende zijn, niet alleen vanwege de voldoende kwaliteit van het materiaal, maar ook vanwege de lagere de kosten (los van de vraag of de geometrie van een blikje cola kan worden geprint met FDM).

Naast de verschillen in kwaliteit, kunnen er ook verschillende kleuren materiaal worden geprint. Waar een inkjet printer gebruikt maakt van de kleuren Cyan, Magenta, Yellow en Key (zwart) om tot alle mogelijke kleuren te komen, kan ook een 3D printer van hetzelfde principe gebruik maken om producten in kleur te printen. Het printen van kleur is overigens wel afhankelijk van de methode.

Kostenefficiëntie

Het kiezen van de juiste methode hangt niet alleen af van de gewenste oppervlaktekwaliteit of de kwaliteit van het materiaal, maar ook van de kosten ten opzichte van conventionele methoden (of ten opzichte van andere RM-methoden). RM-methoden zijn in de setting van conventionele methoden in massaproductie vaak duurder. Echter, bij kleinere aantallen zullen de kosten lager liggen omdat er in principe direct kan worden geprint zonder speciaal matrijzen te maken of gereedschappen in te stellen. Waar bij conventionele methoden vooral de productie/bewerking van producten kostenbepalend is, is bij RM vooral het volume van het gebruikte materiaal kostenbepalend.

Afhankelijk van de functie van het product zal er bij het kiezen van een methode altijd een afweging moeten worden gemaakt tussen de gewenste kwaliteit van het product, het beschikbare budget en de productietijd van een product. Deze drie factoren zijn op hun beurt weer afhankelijk van onder andere de complexiteit van de geometrie, de gewenste oppervlaktekwaliteit, de gewenste kwaliteit van het materiaal en het gewenste aantal producten. Door een afweging te maken tussen de verschillende methoden kan worden bepaald welke methode het meest geschikt is voor de gewenste criteria. Ook de productie middels conventionele methoden zal hierbij moeten worden overwogen omdat dat de kwaliteit, productietijd of kosten van conventionele methoden positiever kan uitpakken.

Logistiek

Door niet meer speciaal matrijzen te hoeven maken of speciale gereedschappen in te stellen, is de werkvoorbereiding minimaal. Juist de mogelijkheid om geen gebruik meer te hoeven maken van speciale matrijzen en gereedschappen zorgt voor een geheel nieuw logistiek voordeel van RM-methoden. Bedrijven zijn in staat om zelf onderdelen te printen zonder hierin afhankelijk te zijn van externen. Zo zal Ferrari bij het missen van een specifiek onderdeel van een nieuwe Ferrari het betreffende onderdeel niet te hoeven bestellen uit Canada, maar zullen ze in staat zijn om met behulp van het CAD-model het missende onderdeel zelf te printen.

Doordat bedrijven zelf in staat zijn om speciale onderdelen te printen is het niet meer nodig om enkele of hele ladingen onderdelen uit het buitenland te laten importeren. Daar komt bij dat grote voorraden van onderdelen niet meer nodig zijn maar bedrijven onderdelen “on demand” kunnen printen. Dit bespaart niet alleen tijd, ruimte en geld, maar kan/zal ook immense gevolgen hebben voor de hedendaagse logistiek. Zo kwam TNT Post op een soortgelijke manier in de problemen omdat het briefverkeer grotendeels werd vervangen door e-mails. Dit logistieke voordeel van RM opent zelfs deuren voor NASA. Door een ruimteschip te voorzien van een 3D printer, is het mogelijk om defecte of missende onderdelen in de ruimte te printen.

Personalisering

Ook met het oog op de groeiende vraag naar persoonlijk ontworpen producten, biedt RM mogelijkheden. Met de mogelijkheid om complexe vormen te printen (met de fantasie als grens) en de nauwkeurigheid waarmee objecten kunnen worden geprint, is elk individu in staat zijn eigen product te ontwerpen en uit te printen (zie afbeelding 25). Een bekend voorbeeld is het bedrijf Shapeways waar mensen een virtueel model naar kunnen opsturen die ze vervolgens thuis afgeleverd krijgen. Echter, Shapeways kan worden gezien als een tussenstap in de hele revolutie omdat wordt verwacht dat de particulier, net als met de inkjet printer, binnen een aantal jaren zelf een printer thuis heeft staan. Print de consument over een aantal jaren daadwerkelijk zijn/haar eigen bestek en schoenen?

Kort samengevat opent RM deuren op het gebied van productiemethoden door laagsgewijs objecten op te bouwen en zo tot complexe geometrieën te komen met een hoge oppervlaktekwaliteit en kwaliteit van het materiaal. RM is in principe vrij duur, maar is in vergelijking met conventionele methoden vaak goedkoper. RM biedt ook logistieke voordelen doordat bedrijven niet meer afhankelijk zijn van externe bedrijven door op lokatie onderdelen te kunnen printen. Er zijn zelfs al bedrijven die (door individuen ontworpen) producten printen en opsturen.
Kent RM alleen maar voordelen? Nee, de techniek bestaat al verschillende jaren maar toepassingen voor de consument beginnen pas de laatste jaren op gang te komen. Om deze toepassingen geschikt te maken voor grootschalige implementatie, zal er nog onderzoek moeten worden gedaan naar de hedendaagse nadelen en problemen van RM. In het volgende hoofdstuk zal daarom worden ingegaan op de huidige nadelen en problemen van RM (in vergelijking met conventionele methoden).

Afbeelding 25 - Geprinte schoen
© Melissas Shoe design by Zaha Hadid

Welke problemen kent Rapid Manufacturing?

RM kent naast de genoemde voordelen ook een aantal nadelen. Wellicht kan er in plaats van nadelen beter worden gesproken over de hedendaagse problemen van RM omdat wordt verwacht dat deze problemen in de nabije of verre toekomst worden opgelost. Zo zijn er met de huidig lopende onderzoeken steeds meer verschillende materialen te printen, komen er steeds snellere 3D printers op de markt en worden 3D CAD programma's steeds gebruikvriendelijker. Net als de voordelen zijn ook de problemen van RM vrij relatief omdat ze afhankelijk zijn van de setting (bijvoorbeeld de kosten van een 3D printer ten opzichte van het budget en de baten).

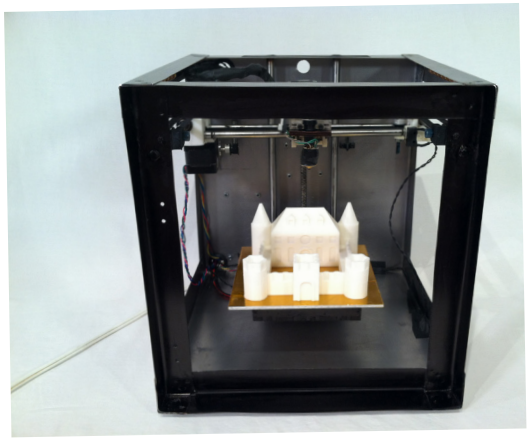
In dit hoofdstuk zal een beeld worden gegeven van de huidige problemen en/of nadelen van RM (ten opzichte van conventionele methoden). De problemen zijn opgedeeld in de hardware voor RM-methoden, de software die nodig zijn om tot een eindproduct te komen, de productiemethode met de grondstoffen en een voorbeeld van een mogelijk neveneffect als hacking.

Hardware

Alvorens er ge-3D-print kan worden zal er een 3D printer moeten worden aangeschaft. Afhankelijk van de functie van de te printen producten zal er een keuze moeten worden gemaakt uit een van de verschillende printmethoden. Aan de hand van de gekozen methode kan er vervolgens een keuze worden gemaakt uit een printer.

Een probleem van 3D printers is dat ze voor de (gemiddelde) consument vooralsnog vrij duur zijn. Ook voor kleinere bedrijven kan de aanschaf van een 3D printer nog erg duur zijn terwijl dit voor bedrijven met een groter budget niet het geval is. De relativiteit van de prijs zit hem hier dan ook in de doelstelling. Voor het experimenteren met 3D thuisprinters door de consument, zijn de goedkoopste 3D printers nog vrij duur (momenteel minimaal 350,- tot 2500,- euro). Echter, met de doeleinden en het budget van NASA zal zelfs de prijs van de duurste 3D printer het verliezen van de baten en voordelen van RM.

Net als bij de meeste producten is de verwachting dat ook de 3D thuisprinter met de tijd steeds goedkoper zal worden. De laatste maanden zijn er al verschillende 3D printers op de markt gebracht die goedkoper zijn dan de eerdere 3D printers, voorbeelden hiervan zijn de Fab@Home, Choc Edge en CandyFab. De CandyFab is, in tegenstelling tot wat hiervoor werd beweerd, een commerciële 3D printer die gebruik maakt van suiker en speciaal is opgebouwd uit goedkope onderdelen (€ 500,-). In het geval van de CandyFab gaat de lagere prijs wel ten koste van de resolutie.



Afbeelding 26 - Solidoodle
© Solidoodle

Het bedrijf COO kwam met de 3D thuisprinter de Solidoodle van $ 499,- (zie afbeelding 26). In tegenstelling tot de CandyFab, print de Solidoodle met een "hogere" resolutie. Op de CandyFab, Fab@Home en Choc Edge zal later worden teruggekomen.

Een ander discutabel probleem is de grootte van objecten die kunnen worden geprint vanwege de grootte van printers. Feit is dat de maximale grootte van een object afhangt van de afmetingen van de printer. Echter, door de afmetingen van een printer te vergroten kunnen ook grotere objecten worden geprint. In het eerder genoemde voorbeeld van het printen van beton zou met het vergroten van de 3D printer, op werktuigbouwkundig niveau, een geheel huis kunnen worden geprint.

In vergelijking met de conventionele methoden van massaproductie is de snelheid waarmee objecten kunnen worden geprint middels een 3D printer, een van de grootst op te lossen problemen. De techniek staat het momenteel nog niet toe om met dezelfde precisie in massaproductie te printen. Ook naar de printsnelheid wordt veel onderzoek gedaan om 3D printen commercieel aantrekkelijker te maken. Zo kwam TNO in 2011 met een negen keer snellere 3D printer op de markt [13] en doet De Grood Innovations uit Nijmegen onderzoek naar het 3D printen van voedsel op industrieel niveau.

Software

Om te kunnen printen met de hardware zal er software nodig zijn. Zoals al eerder werd beschreven begint het hele proces met het ontwerpen van een CAD programma. Voorbeelden van 3D CAD programma's zijn SolidWorks, Maya, Google SketchUp, 3D Studio Max en Rhino.

Naast het feit dat vooral de professionele 3D CAD programma's (SolidWorks, Maya, 3D Studio Max en Rhino) erg duur zijn voor de (gemiddelde) consument, vereisen ze veel expertise en kost het veel tijd om een programma aan te leren. Een bekende tegenhanger hierin is Google SketchUp die gratis is te downloaden en waar de meeste gebruikers na enige tijd een 3D model weten te maken. Naast Google SketchUp zijn er ook andere gratis te downloaden "sculpture" programma's waar met virtuele klei een 3D model kan worden verkregen (zie afbeelding 27).

Naast de 3D CAD software is er ook een CAM programma nodig om een CNC te genereren. Alhoewel een CAM programma minder ingewikkeld is dan een 3D CAD programma, vereist ook een CAM programma de nodige kennis en tijd om het programma eigen te maken.

Gekeken naar de software kan er worden geconcludeerd dat het leren van een CAD programma veel tijd kost en (nog) veel expertise vereist. Door CAD- en CAM programma's te combineren kan de barrière om objecten te printen worden verkleind. Deze barrière kan nog verder worden verkleind door de benodigde 3D modellen niet zelf te maken, maar van Internet te downloaden. Met het verbeteren van de gebruiksvriendelijkheid van deze programma's en downloadbare 3D modellen, zouden objecten in de toekomst met een simpele druk op de knop kunnen worden geprint.

Afbeelding 27 - 3D software met Haptic
© sensable.com

In navolging op de software doet zich nog een ander “probleem” voor wat zich meer op het artistieke front afspeelt en waar de meningen over zullen verschillen. Aangenomen wordt dat mensen zonder problemen elke geometrie weten te modelleren middels een 3D CAD programma en vervolgens het ontworpen object volgens plug-and-play* kunnen printen. Feit is en blijft dat met het huidige 3D printen een virtueel model wordt geëxporteerd en geprint, zonder dat daar enige fysieke interactie bij komt kijken. De “band” die een kunstenaar krijgt bij het ontwerpen van een artefact met de hand mist in dit geval (ervanuitgaande dat het ontwerpen van een product middels een 3D CAD programma geen band oplevert). Daar kan tegenin worden gebracht dat het produceren van producten middels conventionele (massa)productiemethoden ook geen band oplevert met het product en er al kunstenaars zijn die sieraden ontwerpen met 3D CAD programma’s (en printen).

** Plug-and-play: een term die wordt gebezigd bij computers om aan te geven dat hardware en software na het aansluiten en installeren direct functioneren.*

De productiemethode en materialen

Na de hardware en software is er nog één ding nodig; grondstoffen. Afhankelijk van de methode en de beoogde functie van het product zal er een grondstof moeten worden aangeschaft. Het goedkope suiker van de CandyFab is dan nog niet zo'n probleem. Echter, het printen van objecten aan de hand van bijvoorbeeld metaalpoeders vereist veel nauwkeurigheid, niet alleen voor de techniek maar ook voor (de productie van) de grondstof zelf. Deze materialen worden "geproduceerd" en geleverd door bedrijven die hier veel marge op rekenen. Op deze manier wordt een "pure grondstof" ineens erg duur. Daarentegen blijft het printen van producten, ten opzichte van conventionele methoden, nog steeds relatief goedkoop.

Een ander nadeel van RM is dat het gewenste materiaal voor een product niet alleen afhankelijk is van de functie van een product, maar ook van de (beschikbare) methode. Het is simpelweg niet mogelijk om met een specifieke methode elk materiaal te printen omdat elke methode specifieke eigenschappen van een materiaal vereist. Daar komt bij dat de eigenschappen van het geprinte materiaal vaak beduidend slechter zijn dan de eigenschappen van hetzelfde materiaal van producten die vervaardigd zijn middels conventionele methoden. Bij RM-methoden verschillen de eigenschappen niet alleen van ten opzichte van het originele materiaal, maar verschillen de eigenschappen van het materiaal ook over de x-as, y-as en z-as.

Met de relativiteit van de voordelen en nadelen kan de oppervlaktekwaliteit, afhankelijk van onder andere de setting en de methode, ook als een probleem worden gezien. Waar bij zichtmodellen een relatief hoge oppervlaktekwaliteit een mooie bijkomstigheid is, zou bij functiemodellen de oppervlaktekwaliteit een probleem kunnen zijn. Om zowel de eigenschappen als de oppervlaktekwaliteit van materialen te verbeteren zou het in bepaalde gevallen daarom noodzakelijk zijn een product na te bewerken (met de daarbij komende kosten en tijd).

Hacking

Anno 1990 werd door BeaNET de PIN (Persoonlijk Identificatie Nummer) geïntroduceerd waardoor mensen in winkels elektronisch konden betalen. Met 4500 pinautomaten in 1990, 22,7 miljoen transacties in 1991 en 2,101 miljard transacties in 2010 raakte de consument steeds meer vertrouwd met elektronisch betalen.

Anno 2007 bleek er met de implementatie van deze nieuwe technologie een probleem te zijn ontstaan: skimmen. Skimmen is het kopiëren van andermans betaalkaartgegevens. Met de juiste pincode en een kopie van de betaalkaart kan onrechtmatig geld worden opgenomen. Met 15 miljoen euro schade in 2007 en 36 miljoen euro schade in 2009 bleek skimmen een steeds vaker voorkomend probleem te worden in Nederland.

Tijdens de verkiezingen in juni 2009 in Zweden behaalde de Piratpartiet twee zetels. Deze “internetpiraterij partij” streeft ernaar om het verbod op het illegaal downloaden en aanbieden van onder andere film- en muziekbestanden in de hele Europese Unie op te heffen. De discussie over piraterij speelde al voor de opkomst van het Internet met het opnemen van de radio op cassettebandjes en het branden van CD’s voor de verkoop aan derden. In Zweden zijn in 2009 al vier mensen die verantwoordelijk waren voor de BitTorrent website The Pirate Bay veroordeeld tot gevangenisstraffen en hoge schadevergoedingen. Met behulp van bewustmakingscampagnes probeert de Europese Unie de mensen bewust te maken dat internetpiraterij een misdrijf is. Of niet? Jonge artiesten zien het als een voordeel dat hun muziek overal te downloaden is. Illegale downloads kunnen zelfs in het voordeel werken van artiesten en platenmaatschappijen [14].

Deze voorbeelden geven aan dat met de implementatie van een nieuwe techniek/toepassing er niet alleen behoeftes worden vervuld, maar dat er ook misbruik kan/zal worden gemaakt van de nieuwe techniek/toepassing. 3D printen zou op deze manier een nieuwe revolutie van piraterij kunnen inluiden. Door de mogelijkheid om thuis producten/onderdelen te produceren, kunnen mensen in staat zijn bestaande producten aan te passen of simpelweg te printen. In het geval van een bloemenvaas is dit nog geen probleem. Het printen van een metalen brilmontuur of onderdelen van een iPhone leveren al wat meer problemen op voor de leveranciers. Maar wat als er op Internet printbare vuurwapens te downloaden zijn?

Concluderend kan er worden gesteld dat RM aantrekkelijk is voor de consument, maar nog te veel nadelen kent voor grootschalige (thuis) toepassingen. Om RM geschikt te maken voor deze grootschalige toepassingen, zal de hardware onder andere goedkoper moeten worden. Naast de hardware zullen de barrières van de software moeten worden opgelost en mogelijk worden geïntegreerd alvorens de (gemiddelde) consument thuis producten zal gaan printen. Om ongewenste neveneffecten te voorkomen, zal er zelfs nieuwe wetgeving moeten komen. Op het gebied van productieprocessen, lijkt RM de toekomst te zijn en zullen de huidige (technische) problemen in de nabije of verre toekomst worden opgelost.

3D foodprinting

Rapid Manufacturing kent veel verschillende technieken met elk hun eigen mogelijk te printen materialen, toepassingen en voor- en nadelen. Door de grondstoffen van een techniek te vervangen door een voedingsstof, ontstaat een nieuwe toepassing; 3D foodprinting. De eerste ontwikkelingen op het gebied van RM kwamen eind jaren '80, 3D foodprinting kwam daarentegen pas een aantal jaar geleden met de eerste ontwikkelingen. Sindsdien geniet 3D foodprinting veel media-aandacht vanwege de mogelijke impact die 3D foodprinting kan hebben voor de samenleving. De markt voor 3D printen zal blijven groeien. Wat zal de impact zijn van 3D foodprinting in de samenleving? Printen mensen in de toekomst hele maaltijden?

Het experimenteren met voedsel zien we al terug in moleculair koken, internationale kookwedstrijden als Masters of Pastry en National Geographic schreef zelfs over kweekvlees uit het lab. Moleculaire gastronomie is de nieuwste trend op culinair gebied waar het bereiden van voedsel op een wetenschappelijke manier wordt benaderd. Het Spaanse/ Catalaanse restaurant El Bulli is hier een bekend voorbeeld van en staat bekend als het beste restaurant ter wereld (zie afbeelding 28). El Bulli is in 2012 en 2013 zelfs gesloten om onderzoek te doen naar nieuwe gerechten en zal in 2014 weer openen als 'elBulli foundation'. El Bulli kent vele leuke ideeën maar ze zijn (tot op heden) allemaal gebaseerd op de vaardigheid ze met de hand te creëren.

Afbeelding 28 - Moleculaire gastronomie - © El Bulli

Voedsel is niet alleen essentieel voor ons sociale en biologische leven, maar ook voor de economie. Zo spendeerden de Amerikanen in 2008 ruim $ 1,02 triljoen aan voedsel [15]. Bedrijven zijn de laatste jaren dan ook steeds geïnteresseerder geraakt in machines die 'custom made foodproducts' kunnen ontwikkelen. Zo zijn er al bedrijven die printers verkopen waarmee eetbaar papier en eetbaar inkt kan worden geprint. Een restaurant in Chicago heeft een normale inkjet printer dusdanig omgebouwd dat het van voedsel (wortels, tomaten en aardappelen) gemaakt inkt kan printen [16].

Foodprinting binnenkort in het Dorset!
- Restaurant Dorset

Bekende en realistische 3D (food)printers zijn de printers van Cornell University en de University of Exeter. Deze printers zijn gebaseerd op Fused Deposition Modelling; een object laagsgewijs opbouwen door een voedingsstof als aardappelpuree of chocola direct te printen. Op de printers van Cornell University en de University of Exeter zal nog worden terug gekomen. Dat de huidige 3D foodprinters gebruik maken van FDM, wil niet zeggen dat 3D foodprinting niet kan worden gecombineerd met het principe van bijvoorbeeld Stereolithografie.

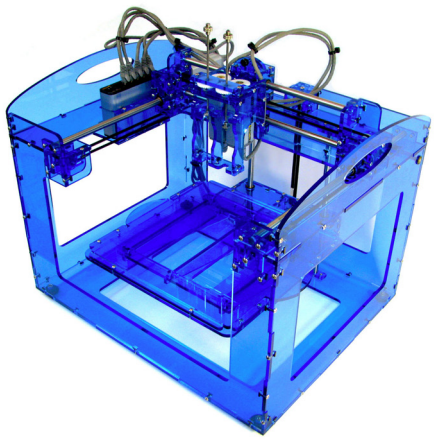
Dit hoofdstuk zal dan ook niet beschrijven wat er allemaal mogelijk is door RM te combineren met voedingsstoffen, maar zal de huidige (mei 2012) stand van zaken op het gebied van 3D foodprinting behandelen. In dit hoofdstuk zal het (huidige) principe achter 3D foodprinters, hoe de eigenschappen van voedingsstoffen kunnen worden aangepast en een onderzoek naar voedingsstoffen van Cornell University worden behandeld.

De huidige techniek achter 3D foodprinting

3D foodprinting is gebaseerd op reeds bestaande RM-methoden en klinkt voor velen futuristisch. Echter, 3D foodprinting is in principe niks meer dan een robot (de 3D (food)printer) een object laagsgewijs laten opbouwen door mayonaise (de voedingsstof) met uiterste nauwkeurigheid te plaatsen en doseren vanuit een mayonaisetube (de cartridge en extrusiekop). Om een beeld te geven van de werking van 3D foodprinting in de praktijk, zullen de printers van Fab@Home en CandyFab worden behandeld. Op deze printers zal in het hoofdstuk over de actoren worden terug gekomen.

De printer van Fab@Home bestaat uit een plastic frame, een robotische arm die over x- en y-as (horizontaal) beweegt, een platform dat over de z-as beweegt (verticaal) en een of twee extrusiekoppen/cartridges die afzonderlijk van elkaar kunnen worden bediend (zie afbeelding 29). De printers zijn dus niet alleen in staat om voedsel te printen, maar printen ook gewoon grondstoffen als ABS. De twee cartridges en de software van de Fab@Home stellen de gebruiker in staat om objecten uit verschillende materialen te printen.

Het hele proces begint wederom bij het ontwerpen van een 3D model die vanuit het 3D CAD programma wordt geëxporteerd als een .stl-bestand. Fab@Home levert twee programma's bij de printer (FabStudio en FabInterpreter) waar het .stl in zal moeten worden ingeladen. Op de precieze werking van deze programma's zal niet worden ingegaan. In de twee programma's kan het virtuele model worden verplaatst en in grootte worden aangepast. Daarnaast zal er een materiaal moeten worden toegekend aan het object of de verschillende onderdelen van het object. Het toekennen van een materiaal is in principe het toekennen van een bestand (.tool-bestand) aan een object waarin alle parameters van een specifiek materiaal zijn opgeslagen zodat een materiaal op de juiste manier kan worden geprint. Deze parameters hoeven dus niet elke keer opnieuw te worden ingesteld maar kunnen worden ingeladen. Bij het gebruik van een nieuw materiaal zullen de parameters wel aangepast moeten worden.

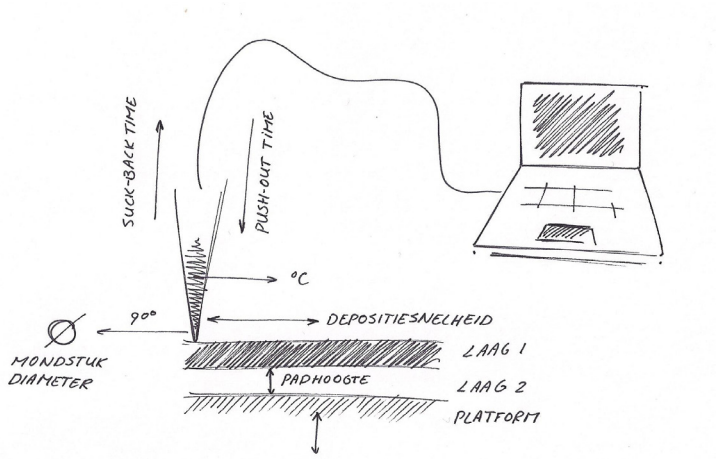


Afbeelding 29 - Fab@Home - © Fab@Home

Instellen van de parameters

Voor het instellen van de parameters van een specifiek materiaal zal eerst de juiste/meest geschikte printkop moeten worden geselecteerd. Een zo klein mogelijke printkop is gewenst omdat dat voor de beste resolutie zorgt. Door eerst met de hand de voedingsstof te "printen" is al snel duidelijk welke printkop het meest geschikt is. Zodra de juiste printkop is gevonden, kan de binnendiameter van de extrusiekop worden ingesteld om vervolgens de breedte- en hoogte van het pad in te stellen [16].

Vervolgens selecteert de gebruiker een object en stelt de depositiesnelheid, 'suck-back time' en 'push-out time' in. Na het printen kunnen deze drie variabelen worden aangepast om uiteindelijk tot het gewenste resultaat te komen (zie afbeelding 30 en tabel 1).



Afbeelding 30 - Parameters

Parameter	***Betekenis***
Mondstuk diameter	*De binnendiameter van de extrusiekop.*
Breedte van het pad	*De breedte van het geprinte pad.*
Hoogte van het pad	*De hoogte van het geprinte pad.*
Depositiesnelheid	*De snelheid waarmee de grond- en voedingsstoffen worden gedeponeerd door de extrusiekop.*
'Suck-back time'	*De tijd waarin bijvoorbeeld een bepaald volume naar binnen kan worden "gezogen".*
'Push-out time'	*Ongeveer hetzelfde als de 'suck-back time' maar dan tegengesteld; de tijd waarin een bepaald volume kan worden ge-3D-print.*

Tabel 1 - Parameters

Soms zal een grond- of voedingsstof moeten worden verwarmd om de viscositeit te verlagen. Om de materialen in de cartridges te verwarmen kwam B. Oude Luttikhuis (MSc) van Het Foodatelier met een zelf ontworpen cartridge en verwarmingselement. De cartridge is, in tegenstelling tot de bijgeleverde cartridges van de Fab@Home, gemaakt van metaal om bestand te zijn tegen de hogere temperaturen en heeft een grotere inhoud.

Met het verwarmen van een grond- of voedingsstof is er een nieuwe parameter die, naast de vijf eerder genoemde parameters, zal moeten worden ingesteld. Echter, met het veranderen van de temperatuur van de chocola, zullen de vijf parameters en/of extrusiekop ook moeten worden aangepast. De temperatuur zal laag genoeg moeten zijn om na het printen te stollen en zijn vorm te behouden, en hoog genoeg om geprint te kunnen worden.

Na alle parameters te hebben ingesteld kan opdracht worden gegeven het 3D model te printen. De extrusiekop begint bij de aangegeven oorsprong en print laagsgewijs de verschillende doorsneden. Ook de dosering van de grond- en voedingsstoffen kan worden ingesteld.

De Fab@Home is commercieel nog niet op grote schaal toepasbaar omdat onder andere de printer voor de consument vooralsnog te duur is. Daar komt bij dat het gebruiksgemak (qua grondstoffen, gebruiksvriendelijkheid van de software en hardware enzovoort) nog te laag ligt.

Een alternatief op de Fab@Home is de CandyFab. De CandyFab is een stuk goedkoper maar print daarentegen met een lagere resolutie (zie afbeelding 31). Daarnaast print de CandyFab niet volgens het principe van FDM, maar volgens het principe van SLS door met behulp van een goedkoop verwarmingselement, doorsneden van suiker te karameliseren.

Afbeelding 31 - CandyFab 6000
© CandyFab

Vandaag de dag zijn er al verschillende thuisprinters op de markt te koop. Daar komt bij dat er continu nieuwe thuisprinters verschijnen die op hun manier “uniek” zijn ten opzichte van andere printers. Deze thuisprinters zijn naast het printen van grondstoffen, ook in staat om voedingsstoffen te printen. Er wordt vooralsnog vooral gebruik gemaakt van FDM waarbij de eigenschappen van grond- en voedingsstoffen aan bepaalde eisen moeten voldoen om na het printen bijvoorbeeld niet te gaan vloeien. In het volgende hoofdstuk zal worden ingegaan op hoe de eigenschappen van voedingsstoffen kunnen worden bewerkt met daaropvolgend een voorbeeld van een reeds uitgevoerd experiment door Cornell University.

Aan welke eisen moeten voedingsstoffen voldoen en hoe kunnen deze eigenschappen van voedingsstoffen worden bewerkt?

In het geval van de Fab@Home zullen de grondstoffen en/of voedingsstoffen handmatig in de cartridges moeten worden gedaan. De Choc Edge van de University of Exeter bevat daarentegen een continue toestroom van chocola. Hoe dan ook, om een materiaal te printen zal het aan bepaalde eisen moeten voldoen. Zo dient een voedingsstof (vooralsnog) homogeen te zijn, dient de voedingsstof "vloeibaar" genoeg te zijn om te worden geprint en "stijf" genoeg om na het printen te blijven staan en niet te gaan vloeien; de viscositeit. Viscositeit is de eigenschap van een vloeistof die aangeeft in welke mate de vloeistof weerstand biedt tegen vervorming door schuifspanning. Hoe hoger de viscositeit, hoe stroperiger de vloeistof (water heeft een lage viscositeit en honing een hoge viscositeit). Door een voedingsstof te blenden kan een homogene massa worden verkregen. De viscositeit van een voedingsstof hangt voor een groot deel af van de temperatuur en kan worden aangepast door bijvoorbeeld additieven toe te voegen.

In de moderne keuken en met het moderne koken worden er vaak natuurlijke additieven toegevoegd aan conventioneel voedsel. Deze additieven worden al gebruikt in het maken van worstjes, maar ook in het maken van garnalenpasta in de meer exotische keuken [17].

Afbeelding 32 - Agar Agar
© themoderngelatine.com

Door gebruik te maken van bijvoorbeeld hydrogels (superabsorberende gel van natuurlijke of synthetische polymeren) kan de smaak, voedingswaarde en textuur volledig worden bepaald in een eindproduct. Het gebruik van zulk gecontroleerd voedsel zien we vooralsnog alleen terug in medische- en ruimtetoepassingen en zal dus niet zomaar worden geaccepteerd door de consument. Hydrogels lijken handig voor in de toekomst, maar er zal nog veel onderzoek verricht moeten worden om de acceptatie van gemodificeerd voedsel te garanderen [17].

De textuur van voedsel kan ook worden gemanipuleerd door hydrocolloïden toe te voegen. Hydrocolloiden zijn deeltjes van 10 tot 1000 nm die worden gedispergeert* in water (met water als 'continue fase*) [18]. Ook de termen polysachariden* en proteïnen worden gebruikt in verschillende industriële sectoren om voedingsstoffen in bijvoorbeeld een colloïdische toestand te controleren of reguleren. Hydrocolloïden hebben meerdere functies in voedsel waaronder verdikken, geleren (gelvorming), water vasthouden, verspreiden, stabiliseren, 'film forming' en schuimvormen. Ze worden vrijwel in alle soorten bewerkt voedsel gebruikt om de structuur te bewerken [18] (zie afbeelding 32 en 33).

* *Dispergeren: het fijn verdelen of verstrooien van een stof in een andere stof* [19].

* *Continue fase (aan de hand van twee voorbeelden): margarine is een emulsie van waterdruppeltjes (dispers) in vet (continu) en slagroom is een schuim van luchtbelletjes (dispers) in vette room (continu)* [20].

* *Polysachariden worden gemaakt van verschillende natuurlijke bronnen; agar en carrageen worden gemaakt van zeewier, guargom en johannesbroodpitmeel van plantaardige zaden, pectine uit citrusvruchten of appelschillen, xanthaangom en gellangom van micro-organismen en chitine en chitosan van dieren* [18].

Afbeelding 33 - Agar Agar
© themoderngelatine.com

Het geleren van voedsel is een belangrijke functionaliteit van hydrocolloïden in het veranderen van de textuur van voedsel. Alhoewel er al verschillende onderzoeken zijn gedaan naar de 'sol-gel' veranderingen, zijn er nog steeds een aantal zaken onduidelijk over het moleculaire model.

Afbeelding 34 - Inktvis uit kaas
© Cornell University

Experiment van Cornell University

Cornell University testte het printen van objecten uit verschillende materialen vanuit een praktischer perspectief. Doel van deze experimenten was dat er geometrieën werden gecreëerd die met hun eigen culinaire vaardigheden niet mogelijk waren (objecten met nauw overlappende componenten of 3D objecten die een vaste hand vereisen). Zo printte Cornell University glazuur als ondersteunend materiaal bij het printen van siliconen objecten en bekeek vervolgens het resultaat bij het scheiden van de twee materialen [16].
Naast het gebruik van voedingsstoffen als ondersteunend materiaal, kwam Cornell University ook met een onderzoek naar het bewerken, printen en bereiden van voedingsstoffen als vlees, groente en koekjes. Om een beeld te geven van het bewerken van voedingsstoffen in de praktijk, zal in de volgende paragrafen de bereiding van deze voedingsstoffen kort worden behandeld.

Printbaar vlees

Vlees zal moeten worden gepureerd/geblend tot een homogene massa alvorens te kunnen worden geprint. Het pureren van voedsel verbreekt echter de macrostructuur, textuur en smaak van het vlees. Door transglutaminase (enzym) aan het vlees toe te voegen krijgt het vlees zijn reologische eigenschappen weer terug maar zal met de tijd een nieuwe proteïne matrix opbouwen [17].

Cornell University testte eerder al het printen van gepureerde sint-jakobsschelpen en kalkoen (zie afbeelding 35). Beide materialen werden vervolgens nabewerkt door ze respectievelijk te frituren en te sous-vide koken* [17].

** Sous-vide koken: sous-vide betekent onder vacuüm. Sous-vide koken is het koken van vacuüm verpakte producten in een waterbad of stoomoven op een constante lage temperatuur [21].*

Printbare groenten

Cornell University experimenteerde ook met gepureerde groenten en voegde hier 'Agar Agar' aan toe. Agar Agar is een witachtige, smaak- en reukloze, onvertakte polysacharide en wordt gewonnen uit de celwanden van verschillende soorten roodwieren. Agar Agar wordt veel gebruikt in desserts van Oosterse landen en vegetariërs gebruiken het vaak als vervanger van gelatine uit de Westerse keuken. Cornell University experimenteerde met gepureerde selderij en voegde hier Agar Agar-poeder aan toe zodat de "vloeistof" zich weer kon reconstrueren [17].

Printbaar koekje

Na vlees en groente kwam Cornell University ook met een recept voor 'thermisch stabiele' koekjes die geprint kunnen worden. Het betreft een aangepast recept om de vorm/details van het geprinte koekje tijdens het bakken in de oven zo goed mogelijk te behouden. Na het printen zal het koekje in de vriezer moeten worden gezet om vervolgens op 250 °C in de oven te worden gebakken. Voor het printen moet er goed worden gelet op de aanwezigheid van lucht in het beslag.

Ingrediënt	***Hoeveelheid***	***Bereiding***
Ongezouten boter	*220 gram*	*Mix het boter* *Voeg de poedersuiker toe in porties van maximaal 20 gram* *Voeg een voor een de eierdooiers toe* *Voeg smaak- en kleurstoffen toe* *Voeg de bloem in kleine porties toe tot het gewenste resultaat is bereikt*
Poedersuiker	*110 gram*	
Eigeel	*3*	
Bloem	*330 gram*	

Tabel 2 - Voorbeeld van een recept om te printen van Cornell University

De resultaten van Cornell University waren veelbelovend. De geprinte objecten behielden over het algemeen hun vorm, alleen de dunnere gedeelten verloren hun vorm door het frituren. Ook het sous-vide koken van de kalkoen ging goed, alleen begon het object na het koken op te bollen. De gepureerde selderij bleek niet sterk genoeg te zijn om te blijven staan. Cornell University printte daarom een kubus van kalkoen en vulde deze met de selderij substantie om de textuur en smaak toch te testen [17].

Vooral in Japan wordt er veel onderzoek gedaan naar de textuur van voedsel en hoe deze textuur zou kunnen worden veranderd door het toevoegen van additieven. Ook in de moleculaire gastronomie wordt veel onderzoek gedaan naar voedsel vanuit een wetenschappelijke benadering. Er kan dan ook worden gesteld dat de benodigde kennis om de eigenschappen van voedingsstoffen te bewerken, reeds beschikbaar is. Met behulp van deze kennis en de nodige experimenten lijkt het een kwestie van tijd tot het "probleem" van printbare voedingsstoffen is opgelost. In het volgende hoofdstuk zullen verschillende bedrijven en instanties worden behandeld die zich bezig houden met (het onderzoek naar) 3D foodprinting.

Afbeelding 35 - Spaceshuttle uit vlees
© Cornell University

Massachusetts Institute of Technology
French Culinary Institute
Cornell University
University of Exeter
Green Geometries Lab
Het Foodatelier & Universiteit Twente
Philips
TNO & De Grood Innovations
Electrolux

Welke bedrijven en instanties houden zich bezig met het onderzoek naar (toepassingen van) 3D foodprinting?

3D foodprinting is voor veel actoren een (commercieel) interessante toepassing. Er worden daarom veel uiteenlopende onderzoeken gedaan naar 3D (food)printers en toe te passen voedingsstoffen om de huidige kooktechnieken in de digitale wereld te kunnen introduceren. Zo kwam bijvoorbeeld Fab@Home met een realistische- maar visueel onaantrekkelijke 3D printer, MIT en Electrolux met visueel aantrekkelijke- maar (vooralsnog) onrealistische 3D foodprinters, doet Philips onderzoek vanuit een medisch perspectief en exposeerde de Spaanse architect José Ramon van het Green Geometries Laboratory [GGLab] op de Milan Design Week 2012 met prachtige, geprinte vormen van chocola. In de volgende paragrafen zullen de verschillende actoren worden besproken die zich bezig houden met zaken omtrent 3D foodprinting. Dit hoofdstuk is onderverdeeld in actoren met vooral visuele prototypes (en concepten), realistische thuisprinters, TNO in samenwerking met De Grood Innovations en Philips die zich respectievelijk bezig houden met het onderzoek naar de industriële en medische toepassing van 3D foodprinting.

Met het publiceren van dit verslag bestaat de kans dat er inmiddels al nieuwe ontwikkelingen op het gebied van 3D foodprinting zijn verschenen. De onderstaande actoren zijn samengesteld en beschreven in de periode van januari 2012 tot april 2012 en kan dus onvolledig zijn. Daarnaast zijn alleen de meest toonaangevende actoren behandeld.

Visuele prototypes en concepten

Massachusetts Institute of Technology

Het Massachusetts Institute of Technology [MIT](Cambridge, USA) is een aantal jaar geleden (afgaande op publicaties tussen 2008 en 2009) begonnen met hun project Cornucopia. Cornucopia is een '*designconcept die onze kooktechnieken naar de veelzijdigheid van de digitale wereld brengt*' [22] en bestaat uit een prototype en drie concepten; Digital Chocolatier Prototype, Digital Fabricator Concept, Robotic Chef Concept en Virtuoso Mixer Concept. Elk concept gaat in op een fundamenteel proces in het bereiden van voedsel; het mixen van ingrediënten, het bewerken van ingrediënten tot nieuwe samenstellingen en deze samenstellingen tot slot "omzetten" tot smakelijke texturen en vormen. MIT hoopt met Cornucopia de mensen kennis te laten maken met de nieuwe esthetische en culturele mogelijkheden die ontstaan door het koken te "digitaliseren". In de onderstaande paragrafen zal er worden ingegaan op het prototype en de verschillende concepten van MIT.

Digital Chocolatier Prototype

Afbeelding 36
Digital Chocolatier Prototype
© MIT

De Digital Chocolatier (zie afbeelding 36) werd in 2010 tijdens de Barcelona Design Hub gepresenteerd (samen met de Moléculaire van Electrolux) en is een prototype van een machine die de gebruiker in staat stelt om snel en gemakkelijk verschillende chocoladesmaken te ontwerpen, samen te stellen en te proeven. De machine bestaat uit een carrousel met ingrediënten, een thermo-elektrische beker en een user interface. Gebruikers kunnen via de user interface de gewenste ingrediënten selecteren en combineren. De carrousel print de geselecteerde ingrediënten in de thermo-elektrische beker die het chocola snel koelt en laat harden [22].

Digital Fabricator Concept

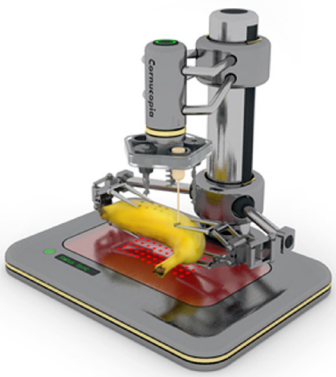
Afbeelding 37
Digital Fabricator Concept
© MIT

De Digital Fabricator (zie afbeelding 37 en 38) is een concept van een persoonlijke 3D printer voor het printen van voedsel die wederom werkt door ingrediënten op te slaan, nauwkeurig te mixen, te printen en het bewerken van de verschillende lagen van ingrediënten. Het kookproces begint met de verschillende "cartridges" die de favoriete ingrediënten van de gebruiker opslaan en invriezen/koelen. Deze ingrediënten komen in een mix- en printkop (zie afbeelding 39) terecht die de ingrediënten op de millimeter nauwkeurig kan printen. Tijdens het printen kunnen de ingrediënten worden gekoeld of verwarmt door zowel de printkop als de ruimte in de Fabricator. Zo kan, volgens MIT, de gebruiker niet alleen texturen en smaken creëren die met andere kooktechnieken ondenkbaar waren, maar krijgt de gebruiker door het user interface en het Internet ultieme controle over de smaak, kwaliteit, originaliteit en voedingswaarde van elke maaltijd [22].

Afbeelding 38
Digital Fabricator Concept
© MIT

Afbeelding 39 - Extrusiekop
© MIT

Robotic Chef Concept



Afbeelding 40
Robotic Chef Concept
© MIT

De Robotic Chef (zie afbeelding 40) is een concept van een mechanische arm die is ontworpen om vaste voedselobjecten (bijvoorbeeld vlees, vis of fruit) fysiek- en chemisch te bewerken. De Robotic Chef kan op twee verschillende manieren het voedsel bewerken; gelokaliseerde- en precieze bewerkingen die kunnen worden uitgevoerd door de set gereedschappen in de gereedschapskop, en globale bewerkingen die kunnen worden uitgevoerd door het onderliggende bed en de twee robotische armen met vijf vrijheidsgraden.

De gereedschapskop bestaat uit verwisselbare bewerkingsgereedschappen als boortjes, mineralen- en smaakspuiten en een laser diode die het voedsel kan snijden, bakken en kruiden. Het onderliggende bed kan het voedsel verwarmen en bakken terwijl de twee robotische armen het voedsel bijvoorbeeld in elkaar drukken, uit elkaar trekken of draaien. Deze processen stellen de koks in staat voedsel herhaaldelijk en zeer nauwkeurig te bewerken (wat met conventionele methoden vrijwel onmogelijk was) [22].

Virtuoso Mixer Concept

Afbeelding 41

Virtuoso Mixer Concept

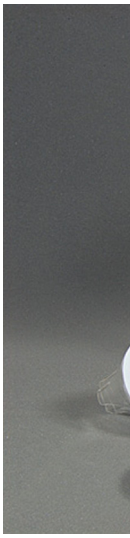
© MIT

De Virtuoso Mixer (zie afbeelding 41) is een concept bestaande uit een drielagig, roterende carrousel die koks in staat stelt op een efficiënte manier ingrediënten te mixen, combineren en efficiënt kan laten experimenteren met subtiele veranderingen in smaak en compositie. In de bovenste laag vinden we acht “containers”, gevuld met kant en klare ingrediënten, die zijn voorzien van een weegschaal, temperatuurmeter en vochtigheidsmeter om de kwaliteit en eigenschappen van de ingrediënten te controleren.
De middelste laag bevat ook acht containers die de ingrediënten van de bovenste laag op verschillende manieren kan mixen en malen.
De onderste laag is het dienblad waar het gerecht uiteindelijk op kan worden geprint. Deze laag is voorzien van verschillende thermo-elektrische verwarmings- en koelelementen en een isolerende glaslaag om de gerechten snel te bakken of de temperatuur van het gerecht te veranderen [22].

Electrolux

Van juni 2010 tot mei 2011 stelde Electrolux zijn 'Moléculaire' tentoon tijdens de tentoonstelling 'Full Print 3D – Printing Objects' op de Design Hub Barcelona (zie afbeelding 42). De 'Moléculaire' is een concept van een moleculaire foodprinter ontworpen door Nico Kläber die koken en wetenschap naar een hoger niveau wil brengen. De 'Moléculaire' is volgens Kläber een CNC-foodprinter voor zowel de professionele keuken als de huishoudelijke keuken en versimpelt een proces dat momenteel veel vaardigheid, tijd en kennis vereist. Het bereidt zelfstandig moeilijk te bereiden 2D- en 3D maaltijden door laag voor laag ingrediënten te printen. Het doel van het concept is het bieden van eenvoud, nauwkeurigheid, herhaalbaarheid en smakelijk voedsel [23].

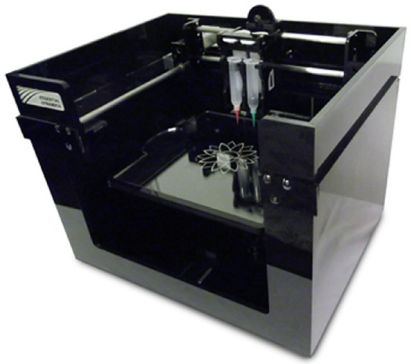
De 'Moléculaire' is een veel voorkomend voorbeeld op het Internet met mooie illustraties. Er wordt gesproken over een CNC-foodprinter die eenvoud, nauwkeurigheid, herhaalbaarheid en smakelijk voedsel biedt terwijl enige technische onderbouwing lijkt te ontbreken.



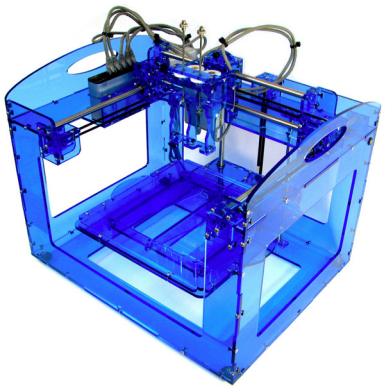
Afbeelding 42 - Moléculaire
© Electrolux

Thuisprinters

Naast deze visuele concepten en prototypes zijn er ook realistische, visueel minder aantrekkelijke 3D foodprinters op de markt gebracht. Doel van deze thuisprinters is de 3D (food)printer particulier/ commercieel aantrekkelijker maken. Dit hoofdstuk beschrijft de bekendste thuisprinters; de Fab@Home, Choc Edge en CandyFab. Een voorbeeld van een andere thuisprinter is de Imagine 3D printer van Essential Dynamics (zie afbeelding 43). De Imagine 3D printer zal in dit hoofdstuk niet worden behandeld omdat deze printer onder andere nauwelijks verschilt van de Fab@Home.



Afbeelding 43 - Imagine 3D printer
© Essential Dynamics



Afbeelding 44 - Fab@Home
© Fab@Home

Fab@Home

Het eerder genoemde Fab@Home project is een 'open-source' massasamenwerking die persoonlijke ontwikkelingstechnologie ontwikkelt en voor iedereen toegankelijk maakt. Fab@Home is open-source waardoor iedereen zijn kwaliteiten kan gebruiken om hardware, software of unieke objecten te produceren. Het doel van Fab@Home is het onderzoeken van de mogelijkheden van universeel printen; machines die meerdere materialen kunnen printen om uiteindelijk compleet werkende producten te produceren.

Het Fab@Home project is in 2006 opgezet door Hod Lipson en Evan Malone van de Cornell University Computational Laboratory (New York, USA) en bleek een groot succes te zijn. Zo wonnen Lipson en Malone de 'Popular Mechanics Breakthrough Award'.

Op het Internet zijn veel voorbeelden te vinden van 3D foodprinting concepten die zijn verkregen middels een Fab@Home. De spuiten van de Fab@Home-printers hebben de "unieke" mogelijkheid om verschillende grondstoffen te printen. Ze printen dus niet alleen voedingsstoffen, maar kunnen ook grondstoffen als siliconen, cement en roestvrij staal printen. Zo hebben ze bij Fab@Home al verschillende producten als batterijen, zaklampen, tandwielen voor fietsen en speelgoedonderdelen kunnen fabriceren [24]. Met behulp van de Fab@Home kan (met de nodige verdieping) op een vrij toegankelijke manier worden geexperimenteerd met RM en 3D foodprinting.

French Culinary Institute

Het French Culinary Institute (New York en Campbell, USA) werkt samen met Cornell University en is sinds oktober 2009 aan het experimenteren met voedingsstoffen. Een veel voorkomend voorbeeld op het Internet is de voedingsstof masa; genixtamaliseerd* mais en bekend van het deeg waar tortilla's van worden gemaakt. Dave Arnold, Culinary Technology op het French Culinary Institute, richt zich op de mogelijkheid van het creëren van structuren die nog nooit eerder zijn ervaren.

* *Het nixtamaliseren van maïs is het urenlang laten pruttelen van maïs op laag vuur in een mengsel van water en kalk* [26].

University of Exeter

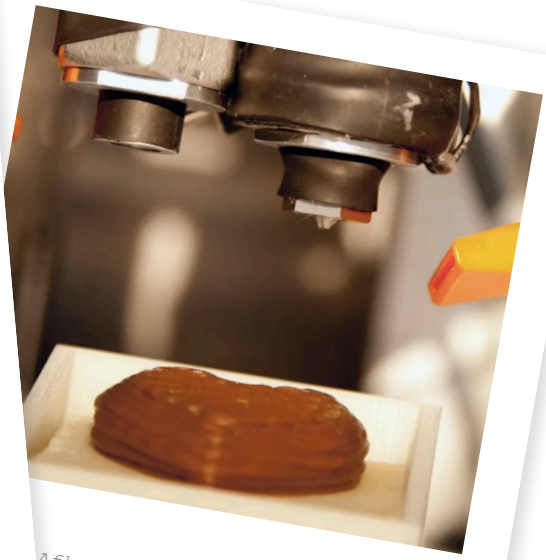
Ook de University of Exeter begon in 2007 een onderzoek naar 3D foodprinting onder leiding van Dr. Liang Hao van de University of Exeter's College of Engineering, Mathematics and Phycial Sciences. Het project wordt geleid door de University of Exeter en Brunel University in samenwerking met software ontwikkelaar Delcam.

Hao heeft verschillende onderzoeksinteresses waaronder 'Chocolate and food manufacturing'.
In dit onderzoek richt hij zich op de volgende punten:

- De invoering van nieuwe product- en productie-innovaties in de chocolade- en voedingssector, om gelokaliseerder en 'on demand' duurzame productontwikkeling en productie voor elkaar te krijgen (3D chocolade printer).
- Het ontwikkelen van gezondere- en organische materialen en ingrediënten voor 'creatieve' chocolade- en voedselproducten.
- Het ontwikkelen van biologisch afbreekbare verpakkingen/materialen voor levensmiddelen.

Ook Dr. Laing Hao kreeg, volgens de University of Exeter, met zijn "uitvinding van de 3D chocoladeprinter", veel internationale media-aandacht (bijvoorbeeld BBC News, Fox News, New Scientist, China C*CTV*) [25].

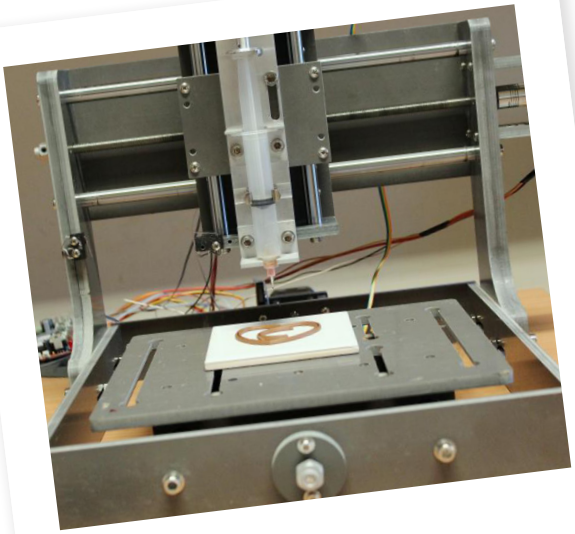
Afbeelding 45 - Choc Edge
© University of Exeter



Afbeelding 47 - Choc Edge
© University of Exeter

Choc Edge

April 2012 claimde Choc Edge de eerste commerciële 3D chocoladeprinter te hebben gelanceerd. Choc Edge is een bedrijf wat is voortgekomen uit het onderzoek van de University of Exeter waar, volgens Choc Edge, Dr. Liang Hao het chocolade printen heeft "uitgevonden"; ChocALM (Chocolate Additive Layer Manufacturing). Wat de Choc Edge "speciaal" maakt is dat iedereen nu de kans heeft om zijn eigen chocolaatjes te printen. De Choc Edge kost £ 2500,- en print in tegenstelling tot de Fab@Home alleen chocola (zie afbeelding 45, 46 en 47).



Afbeelding 46 - Choc Edge
© University of Exeter

CandyFab 6000
(beta)

CandyFab

Een bekend en steeds terugkomend voorbeeld van 3D foodprinting is de CandyFab (zie afbeeldingen hieronder) waar een object wordt verkregen door suiker met behulp van hete lucht te smelten/karameliseren. De doelstelling van CandyFab was een goedkope, open-source printer op de markt te brengen met "liever een groter volume dan een hogere resolutie". De in 2007 uitgebrachte CandyFab 4000 had een bouwplatform van 21 cm bij 34 cm bij 23 cm terwijl de later uitgebrachte CandyFab 6000 een bouwplatform had van 21 cm bij 27 cm bij 18 cm.

CandyFab maakt gebruik van SLS met een goedkoop verwarmingselement; Selective Hot Air Sintering And Melting (SHASAM). Volgens CandyFab onderscheidt de CandyFab zich ten opzichte van andere printers door grote objecten te kunnen printen met een lage tot middelmatige resolutie (1,3 x 1,3 x 1,3 mm), door gebruik te maken van goedkope en eetbare suiker, de gehele printer open-source aan te bieden en op te bouwen uit goedkope onderdelen [27].

Overige

Naast MIT, Cornell University en de University of Exeter, houden ook Philips, TNO en De Grood Innovations uit Nijmegen zich bezig met het onderzoek naar 3D foodprinting. In tegenstelling tot de eerder genoemde voorbeelden, doet Philips onderzoek vanuit een medisch perspectief en doen TNO en De Grood Innovations gezamenlijk onderzoek naar 3D foodprinting op een industrieel niveau.

Philips

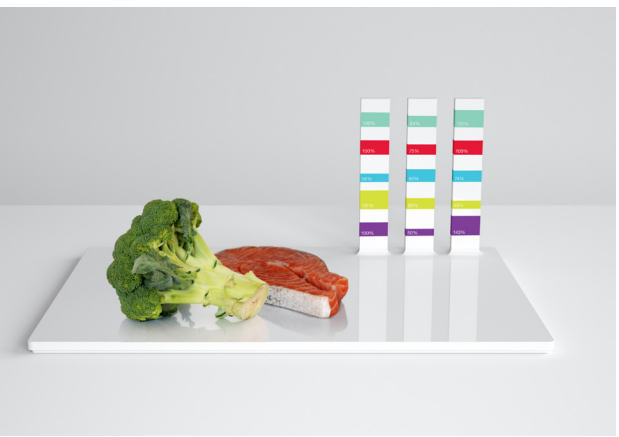
Philips doet onderzoek naar de mogelijke gevolgen van maatschappelijke trends; de verschuiving van behandelende- naar preventieve geneeskunde, de toenemende vraag naar biologische producten, de gevolgen van genetische modificatie, het landgebruik voor het verbouwen van voedsel, de dreiging van ernstige voedseltekorten en de stijgende voedselprijzen. Het resultaat van deze onderzoeken resulteerden in drie nieuwe projecten; Diagnostic Kitchen, Food Creation en Home Farming. De verschillende "food design probes" (zie afbeelding 50) zijn niet bedoeld als prototypes, maar als een studie naar hoe de toekomst er mogelijk uit zou kunnen zien.

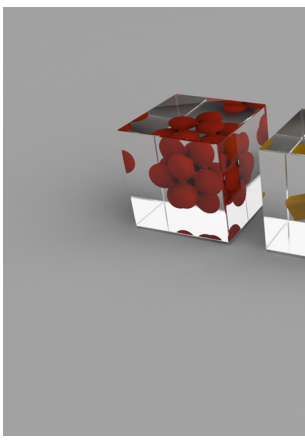
Diagnostic Kitchen

Diagnostic Kitchen geeft mensen een veel nauwkeuriger- en persoonlijk relevantere blik om te kijken naar wat ze eten. Door gebruik te maken van de voedingsmonitor, bestaande uit een scannende "wand" en een eetbare sensor, kan nauwkeurig worden bepaalt wat en hoeveel men moet eten om aan een gezond voedingspatroon te voldoen [28].

Food Creation

Food Creation (zie afbeelding 48) is geïnspireerd door de zogenaamde 'moleculaire gastronomen'. Deze chef-koks ontleden voedsel op een moleculair niveau en stellen de ontleedde ingrediënten weer samen op een compleet andere manier. Deze voedselprinter print op vrijwel dezelfde manier als stereolithografische printers [28].





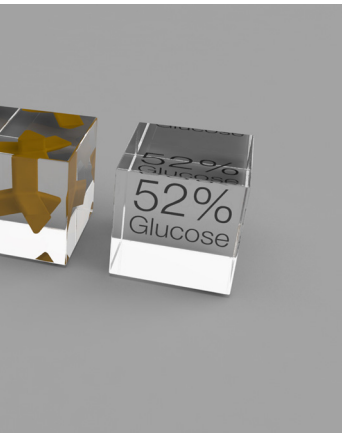
Home Farming

Home Farming (zie afbeelding 49) onderzoekt het in huis laten groeien van een deel van je dagelijks benodigde calorieën. De verschillende mini-ecosystemen zijn boven elkaar geplaatst waardoor het zo min mogelijk ruimte in beslag neemt. Home Farming bevat vis, schaaldieren, algen en eetbare planten die van elkaar afhankelijk zijn en elkaar in balans houden. Het gehele systeem draait om waterfiltratie, recycling van voedingsstoffen en een optimaal gebruik van zonlicht [28].

Afbeelding 48 - Food Creation
© Philips

Afbeelding 49 - Home Farming
© Philips

Afbeelding 50 - Probe
© Philips



TNO in samenwerking met De Grood Innovations

De Grood Innovations uit Nijmegen printte al voedsel op industrieel niveau; FoodJet printing. Bij FoodJet printing worden voedingsstoffen met een hogere viscositeit geprint op massa geproduceerde voedselproducten (zie afbeelding 51). De FoodJet printer is ontworpen om "gebonden vloeistoffen" in microliters nauwkeurig te printen. Voorbeelden van te printen voedingsstoffen zijn vetcème, chocola, yoghurt en suikerglazuur. Met FoodJet printing kan er zowel nauwkeurig worden geprint als hele oppervlakten worden bedekt.

Daarnaast doet De Grood Innovations in samenwerking met TNO onderzoek naar de 3D foodprinter. TNO heeft veel ervaring met het gebruik van inkjetkoppen voor het printen van verschillende materialen en passen, als een van de eersten in de voedingsmiddelenindustrie, inkjettechnologie toe als *'alternatief voor conventioneel sproeidrogen en voor encapsulatie van smaak- en voedingsstoffen'*. Kjeld van Bommel (PhD TNO Technical Sciences/ Food Processing): *"Een van de technieken die we hebben uitgetest was een laser-sinter-techniek. Deze methode vergt enkele lagen poeder, die dan, met een laser, kunnen worden gevormd en gefuseerd, zodat een vast driedimensionaal object ontstaat."*.

Kjeld van Bommel over 3D foodprinting and future scenario's. "Only a question of time" #TEDxBrainport #slimsteregio

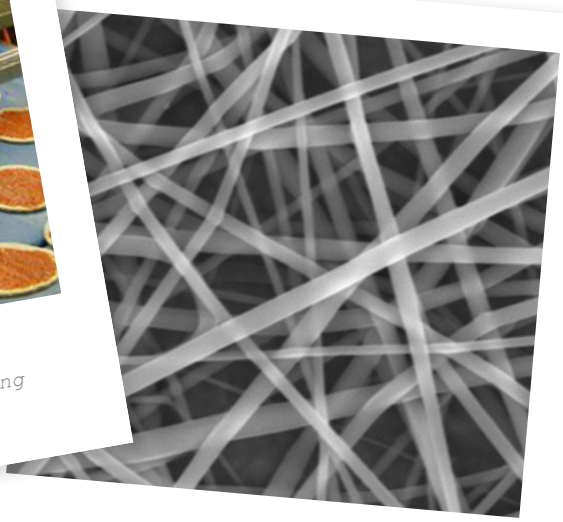
- Erik van Gerwen

In de toekomst wil TNO via printmethoden en andere hightech technologieën volledige voedingsmiddelen maken. Zo hebben ze via SLS suiker- en chocoladestructuren gemaakt. Daarnaast werken ze aan 'elektrospinning' waarbij voedingsstoffen onder invloed van een elektrisch veld tot vezels gesponnen worden (zie afbeelding 52). Met deze methode kan TNO in de toekomst *'tailor-made vezels en vezelcombinaties'* produceren. Deze op vlees lijkende structuren zouden als vleesvervangers kunnen worden gebruikt [29].

Concluderend kan er worden gesteld dat vele actoren zich bezig houden met het onderzoek naar de mogelijkheden van 3D foodprinting en de ontwikkeling van 3D (food/thuis)printers. Los van het feit dat verwacht wordt dat het printen van voedsel in de toekomst een rol zal gaan spelen, wordt er in de media vaak gesproken over het printen van gehele gerechten. Helaas zijn de ontwikkelingen op het gebied van 3D foodprinting nog niet zo ver. Niet alleen de media slaat een hoge toon aan, ook bedrijven en instanties illustreren verder te zijn dan ze in werkelijkheid zijn.

Gekeken naar de actoren zijn er een aantal instanties die zich vooral profileren middels visuele concepten en zijn er verschillende instanties die in de spotlights komen te staan vanwege hun ontwikkelde 3D (food) printers. Om een goed beeld te geven waarom zoveel instanties onderzoek doen naar 3D foodprinting, zal in het volgende hoofdstuk worden ingegaan op wat 3D foodprinting nou aantrekkelijk maakt, of aantrekkelijk zou kunnen maken in de toekomst.

Afbeelding 51 - FoodJet printing
© De Grood Innovations



Afbeelding 52 - Elektrospinning
© jbjs.org

Wat maakt 3D foodprinting (commercieel) aantrekkelijk?

De visuele concepten van MIT en Electrolux zijn (nog) niet te gebruiken, maar schetsen wel een beeld van de wensen van 3D foodprinters voor in de toekomst (gebruiksgemak, design, cartridges enzovoort). De printers van Fab@Home, Cornell University en CandyFab zijn visueel niet aantrekkelijk, maar zijn wel in staat om daadwerkelijk voedingsstoffen te printen. Is 3D foodprinting het culinaire wiel van de toekomst?

Het is in ieder geval duidelijk dat er veel belangstelling is voor 3D foodprinting. Zowel grote instanties als individuele kunstenaars zien veel potentie in 3D foodprinting. Maar wat zijn de voordelen van 3D foodprinting ten opzichte van conventionele bereidingsmethoden? Welke mogelijke toepassingen maken 3D foodprinting (commercieel) aantrekkelijk? En wat moet er nog verbeterd worden om deze toepassingen van 3D foodprinting daadwerkelijk commercieel aantrekkelijk te maken? Dit hoofdstuk zal deze vragen behandelen en zal tevens worden gebruikt om uiteindelijk tot een commercieel aantrekkelijk concept te komen.

Wat zijn de voordelen/mogelijkheden van 3D foodprinting?

De voordelen van Rapid Manufacturing zijn de mogelijkheid om producten met een complexe geometrie/inwendige structuur te printen, de nauwkeurigheid waarmee grondstoffen kunnen worden geplaatst en gedoseerd, na het eenmalig ontwerpen van een 3D CAD model identieke objecten laten produceren, de kwaliteit van het materiaal, de kostenefficiëntie en de bijkomende logistieke voordelen.

Net als RM biedt ook 3D foodprinting verschillende voordelen/ mogelijkheden die wederom afhankelijk zijn van de beoogde doelstelling. 3D foodprinting maakt gebruik van hetzelfde principe als RM waardoor de mogelijke voordelen van 3D foodprinting voor een groot deel overeenkomen met de voordelen van RM. In dit hoofdstuk zullen de hedendaagse voordelen worden behandeld. In het volgende hoofdstuk zal worden ingegaan op mogelijke commerciële toepassingen van 3D foodprinting in de toekomst.

Complexe geometrie

3D foodprinting is een geheel nieuwe manier in het bereiden van voedsel en opent daarmee deuren voor de 'custom food industry'. Net als bij RM zou een 3D "food"printer een gerecht laagsgewijs- en met uiterste nauwkeurigheid op kunnen bouwen. Op deze manier zouden er gerechten/ objecten kunnen worden geprint waar de complexe inwendige structuur bijdraagt aan de smaakbeleving door textuur. Philips kwam met een visueel concept waar een eetbaar object werd getoond waarin kamers zijn opgenomen die kunnen worden opgevuld met vloeistoffen (zie afbeelding 53).

Afbeelding 53 - Probe
© Philips

Nauwkeurigheid

Er kan niet alleen gebruik worden gemaakt van de mogelijkheid om complexe structuren te printen, maar ook van de mogelijkheid om met uiterste precisie voedingsstoffen te plaatsen en doseren. Zo zouden verschillende smaken met uiterste precisie kunnen worden gedoseerd en zou een restaurant de menukaart op een bord kunnen printen. Het is echter de vraag of deze nauwkeurigheid significant bijdraagt aan de smaakbeleving van voedsel en of deze nauwkeurigheid niet met de hand zou kunnen worden bereikt.

Kostenefficiëntie

Een voordeel wat betreft de kostenefficiëntie van het printen met voedsel is dat een prototype van een ontworpen product snel kan worden geprint zonder gebruik te maken van de dure en "permanentere" traditionele RM-materialen. Bijvoorbeeld, een conceptauto kan van chocola worden geprint om te kijken of de vormen in het echt net zo uitkomen als in het 3D CAD programma. Chocola kan na het printen weer worden gesmolten of zelfs opgegeten.

Daar komt bij dat het ontwerpen van een 3D CAD model relatief veel tijd in beslag neemt, maar dat aan het produceren van een "gerecht" geen tijd meer hoeft te worden besteed. Zo zou een restaurant zelfs een template van een gerecht kunnen ontwerpen waar verschillende variabelen automatisch worden omgezet tot een "perfect gerecht".

Maatschappij

Vooralsnog biedt 3D foodprinting vanuit een maatschappelijk/ opvoedkundig oogpunt vooral een makkelijk bereikbare, "goedkope" maar vooral leuke manier om te experimenteren met thuisprinters als de Fab@ Home. Zowel kinderen als volwassenen kunnen op deze manier kennis maken met RM waar met thermoplastics of poeders de technologie als te duur en te ingewikkeld zou kunnen worden bestempeld [16].

Naast dit educatieve aspect is 3D foodprinting vooralsnog een leuke manier om met voedsel te spelen. Met de voordelen die RM biedt, ziet men veel potentie in het printen van voedsel. Echter, om 3D foodprinting aantrekkelijk(er) te maken voor zowel de particuliere als commerciële sector, zal er nog veel onderzoek moeten worden gedaan naar zowel de techniek als bijvoorbeeld de gebruiksvriendelijkheid van de 3D (food) printer. In het volgende hoofdstuk zal een opsomming worden gegeven van mogelijk commerciële toepassingen van 3D foodprinting in de toekomst. In het daaropvolgende hoofdstuk zal vervolgens worden ingegaan op de aspecten die verbeterd zouden moeten worden om 3D foodprinting daadwerkelijk commercieel aantrekkelijk te maken.

Afbeelding 54 - Schoenen met iPhone
© Freedom of Creation

Welke toepassingen maken 3D foodprinting (in de toekomst) commercieel aantrekkelijk?

3D foodprinting is commercieel nog niet aantrekkelijk omdat het onder andere nog geen toegevoegde waarde heeft ten opzichte van conventioneel voedsel. Daarentegen heeft Rapid Manufacturing zich al tot op zekere hoogte bewezen en wordt steeds aantrekkelijker voor de consument. Zo zijn er nieuwe toepassingen ontstaan zoals het laten printen van onderdelen over grote afstanden, het printen van custome-made producten (zowel zelf gemaakte ringen als protheses), websites die deze producten produceren en zelfs geheel nieuwe producten. Freedom of Creation is een voorbeeld van een nieuw bedrijf die zich heeft gespecialiseerd in het ontwerpen van unieke producten uit RM-technieken (zie afbeelding 54).

@deheij its a deal #foodprinting is the future
- Pascal Jalhay

Cornell University voorziet (in combinatie met het Internet) verschillende mogelijkheden voor 3D foodprinting voor zowel de culinaire professional als voor de particuliere consument [15]. Welke toepassingen maken 3D foodprinting dan commercieel aantrekkelijk? Aan de hand van de eerder genoemde voordelen en met behulp van verschillende voorbeelden, zal in dit hoofdstuk worden ingegaan op de mogelijkheden van 3D foodprinting in de toekomst. Het hoofdstuk is opgedeeld in toepassingen voor de hedendaagse- en toekomstige commerciële professional, en de hedendaagse- en toekomstige toepassingen voor de particuliere consument. Er zal niet alleen worden uitgegaan van thuisprinters als de Fab@ Home, maar ook van bijvoorbeeld de concepten van MIT en Philips in een utopische toekomst. Industrieel toepassingen zullen niet worden meegenomen. In het volgende hoofdstuk zullen vervolgens de aspecten worden behandeld die verbeterd zouden moeten worden om deze toepassingen mogelijk te maken.

Een croissantje uit de printer

AMSTERDAM - Als het aan de Universiteit van Twente en het Foodatelier ligt, is het binnenkort mogelijk om je ontbijtje, lunch en avondeten niet uit de koelkast te halen, maar te printen.

3D foodprinting

Samen gaan de universiteit en het Foodatelier kijken naar de economische en technische haalbaarheid van het in 3D printen van eten, ook wel Foodprinting genoemd. Bij het nog op te zetten onderzoek zijn diverse levensmiddelenproducenten en culinair deskundigen betrokken.

Ongekende smaken

Bij 3D printen worden diverse lagen over elkaar heen gelegd. Dat zou een voordeel kunnen zijn voor de culinaire sector: zo zouden smaakcombinaties en vormen geproduceerd kunnen worden die in een keuken niet of moeilijk haalbaar zijn, meldt food-hospitality.nl.

De Telegraaf - Vrouw

3D foodprinting voor de hedendaagse commerciële professional en onderzoeksinstanties

Zoals eerder gezegd biedt 3D foodprinting, voor zowel de commerciële sector als de particulier, nog niet de mogelijkheden die het in de toekomst zal gaan bieden. Het belang van commerciële bedrijven is het maken van winst of een imago creëren. Met de media-aandacht en het (aangenomen) gegeven dat 3D foodprinting in de toekomst een rol zal gaan spelen in de keuken, maakt een 3D "food"printer het nog niet mogelijk om smakelijker voedsel te bereiden, maar geeft het een restaurant wel een vooruitstrevend en innovatief imago.

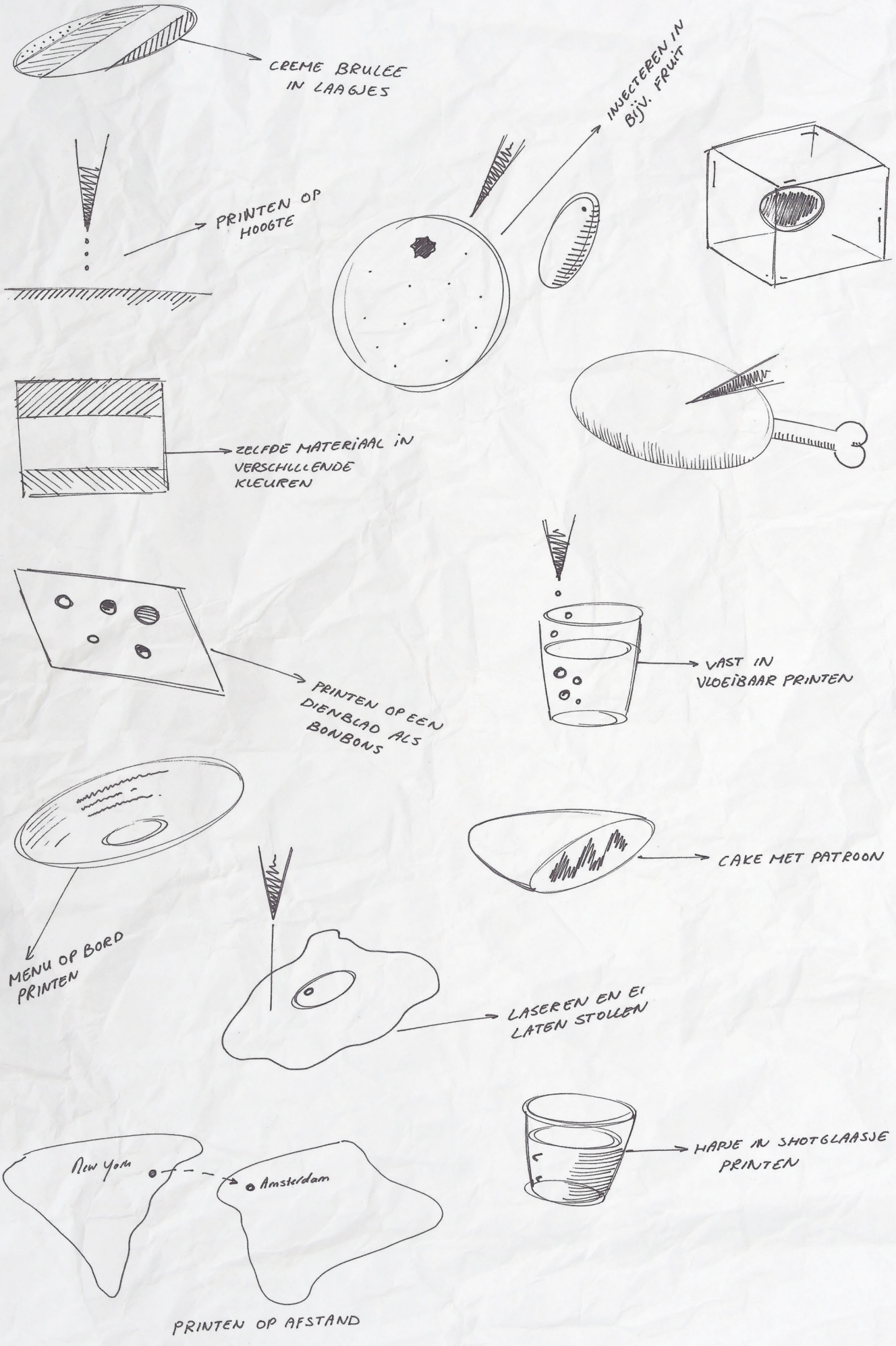
Er zijn daarentegen al wel mogelijkheden voor bedrijven om RM toe te passen in de horeca. Het gaat hier niet alleen om het printen van voedsel, maar ook om het serveren van voedsel met niet eetbare objecten. Voorbeelden hiervan zijn:

- Het in een restaurant printen van "persoonlijk" bestek (uit grondstoffen of voedingsstoffen).
- Het printen van een (eetbaar) bot of een stijlvol vissengraat om te serveren bij een maaltijd.
- Het printen van een (2D) menukaart op een bord (voedingsstof).
- Het printen/branden van een patroon op een cappuccino of tosti.
- Het printen van chocola inclusief de verpakking.

Afbeelding 55 - Textspresso
© Zipwhip

Onlangs bracht het bedrijf Zipwhip een apparaat op de markt die teksten op cappuccino's kan printen; de Textspresso (zie afbeelding 55).

3D foodprinting is een nieuwe toepassing van een bestaande techniek. Onderzoekende instanties kunnen nauw betrokken blijven bij de ontwikkeling van 3D foodprinting door onderzoek te doen naar bijvoorbeeld commerciële toepassingen van 3D foodprinting.



Tekening 1: Schetsen

3D foodprinting voor de toekomstige commerciële professional

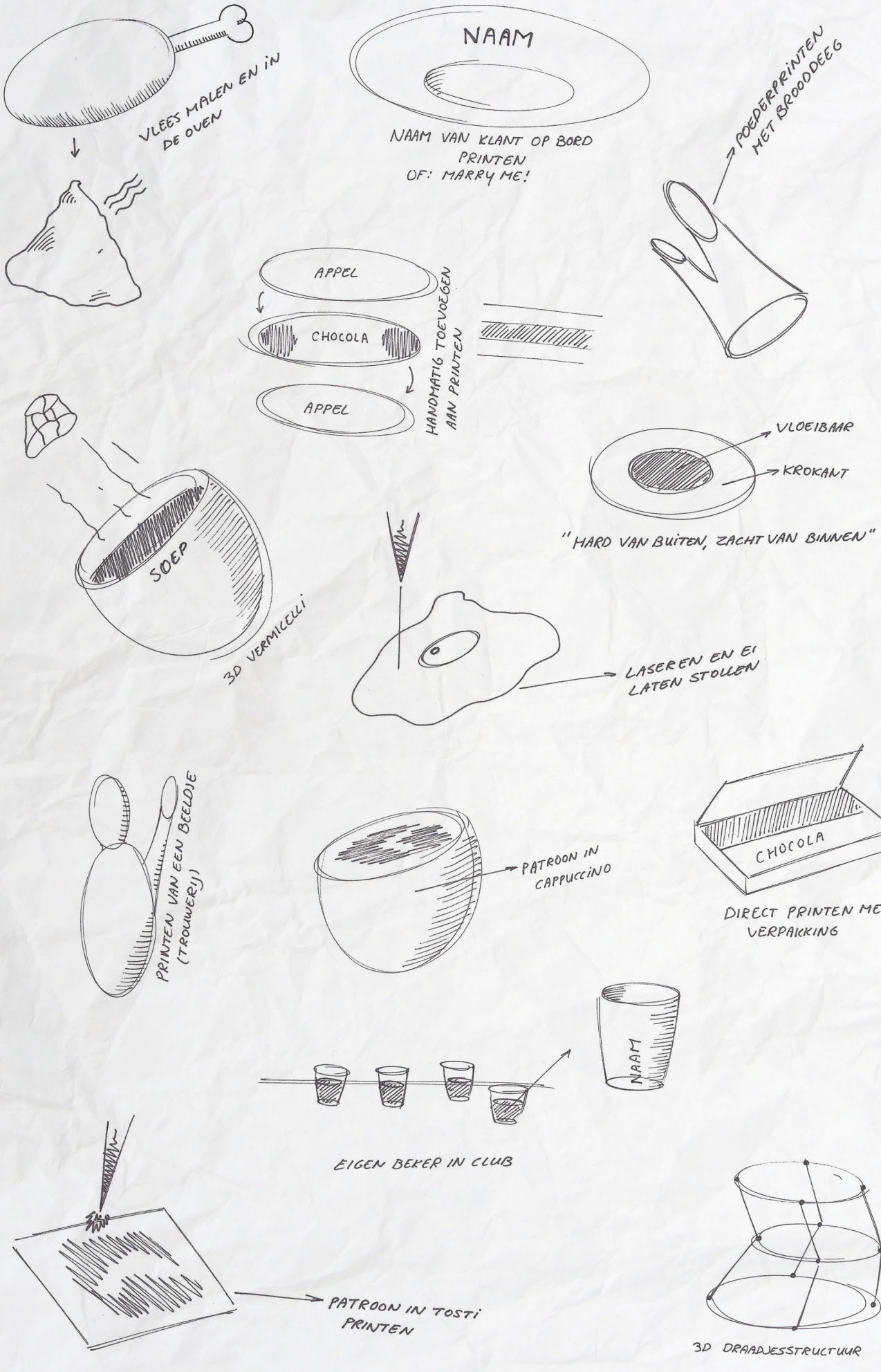
3D foodprinting biedt, in een (utopische) toekomst, veel interessante toepassingen. In deze utopische toekomst wordt ervan uitgegaan dat de gebruiksvriendelijkheid van zowel de hardware als de software is geoptimaliseerd, er verschillende methoden zijn om tot gerechten te komen (printen, automatisch snijden, verwarmen enzovoort) en alle problemen met betrekking tot voedingsstoffen zijn opgelost.

Op deze manier zouden chefs in staat zijn om met de nodige ervaring en creativiteit (van bijvoorbeeld moleculair koken) tot gerechten te komen waar nooit eerder waargenomen smaken worden ervaren. Hierbij draagt niet alleen de vorm, maar ook de opbouw van de smaak, kleur en textuur bij aan de smaakbeleving van een gerecht. Ook biedt de uiterste precisie waarmee voedingsstoffen kunnen worden geprint artistieke mogelijkheden. In een gerecht kan bijvoorbeeld de hoeveelheid grenadine, soja of glazuur met uiterste precisie worden gedoseerd. De vraag is of dit significant bijdraagt aan de smakelijkheid van voedsel omdat ook met de hand nauwkeurig kan worden gedoseerd. Gerechten zouden op deze manieren kunnen worden afgestemd op de wensen van de klant. Door de fantasie de vrije loop te laten, kunnen er vele interessante gerechten en toepassingen worden bedacht.

Voorbeelden van bijzondere gerechten zijn (zie ook tekening 1):

- Het printen van perfecte, aantrekkelijke maaltijden in zowel smaak, hoeveelheid, textuur als kleur (afgestemd op de klant).
- Het printen van crème brûlée in verschillende lagen, smaken, texturen en kleuren.
- Het printen van smaaksensaties (“amuses”) op een lepel of in een shotglaasje.
- Niet alleen met uiterste precisie doseren, maar ook injecteren in bijvoorbeeld vlees.
- Het verwisselen van bekende smaken, texturen, vormen en kleuren (een toepassing uit het moleculaire koken).
- Enzovoort.

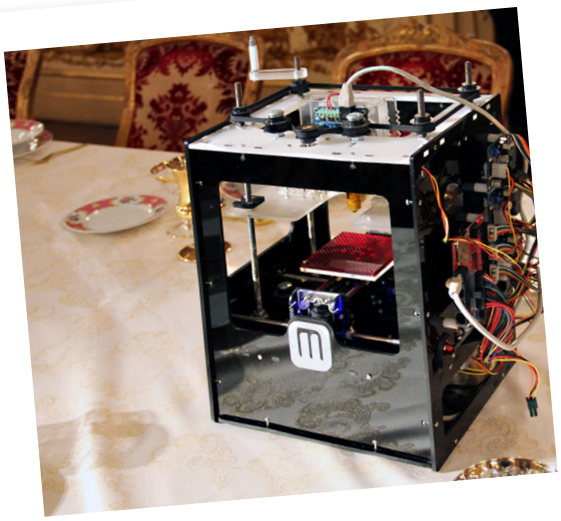
Afbeelding 56 - Sterrenchef
© cheffen.nl



Tekening 2: Schetsen

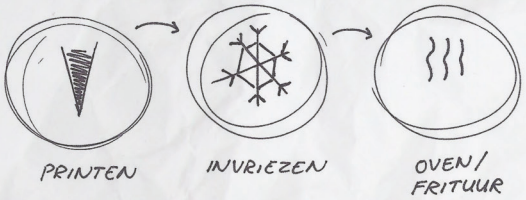
Voorbeelden van interessante toepassingen zijn (zie ook tekening 2):

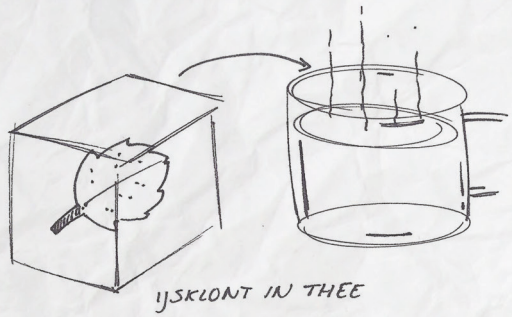
- Snel inspelen op actualiteiten als kampioenschappen.
- Klanten hun gerecht via Social Media laten bestellen (met voorkeuren).
- Het gerecht voor een klant afstemmen op een (online) profiel.
- Een 3D foodprinter aan tafel waar gerechten direct worden geprint.
- Het ontwikkelen, produceren en verkopen van ambachtelijke cartridges voor 3D foodprinters door bijvoorbeeld een restaurant.
- Het ontwikkelen van Apps waar gerechten van een chef/restaurant kunnen worden gekocht en gedownload (inclusief de benodigde cartridges, tijd, .stl-bestand enzovoort).
- Gerechten uit Apps koppelen aan specifieke cartridges.
- Een "menukaart" (bijvoorbeeld een iPad) waar klanten digitaal al hun voorkeuren van smaken kunnen aangeven. Deze voorkeuren worden vervolgens omgezet tot een gerecht met behulp van een speciaal ontworpen template van de chef.
- Clubs en restaurants waar alleen geprint voedsel wordt geserveerd.
- Enzovoort.

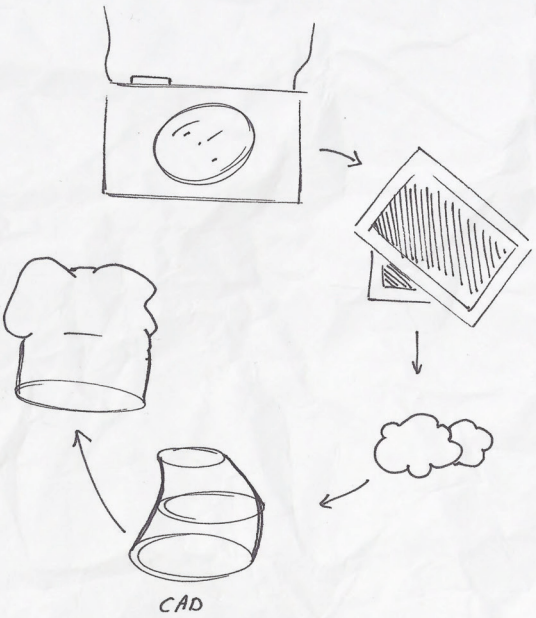


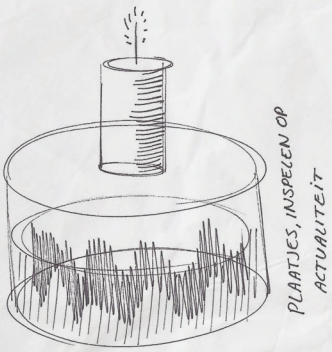
Afbeelding 57 - Milan Design Week
© Green Geometries Laboratory

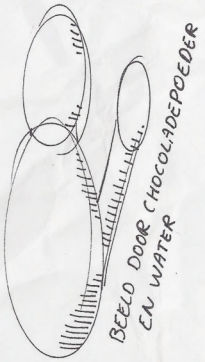
ding 58 - Milan Design Week
een Geometries Laboratory

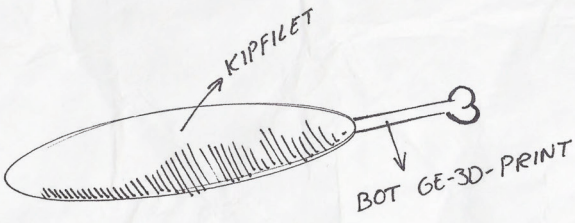




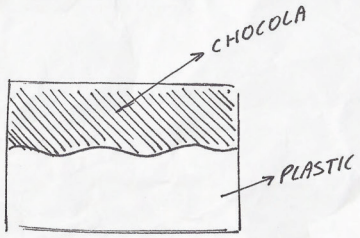




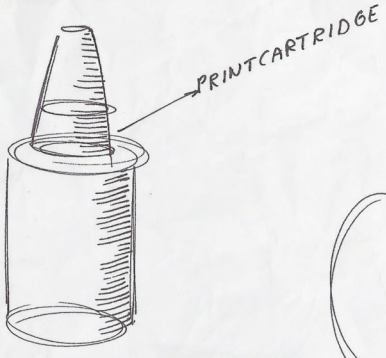


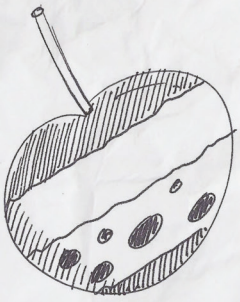


PRINTBARE MATERIALEN IN SHOTGLAASJE
Bijv.
OP SMAAKT GEBRACHT.

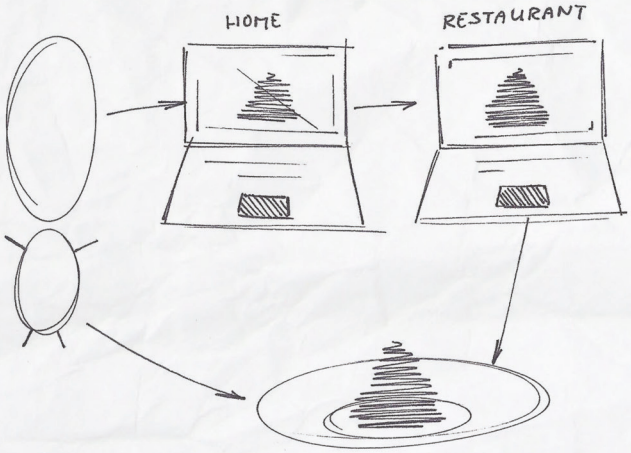


EETBAAR EN NIET EETBAAR





APPELVORM APPELTAART

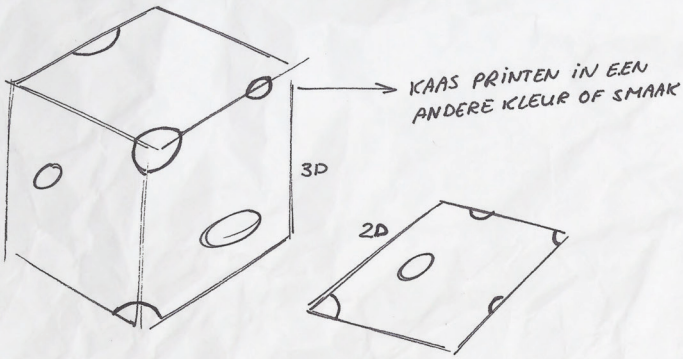


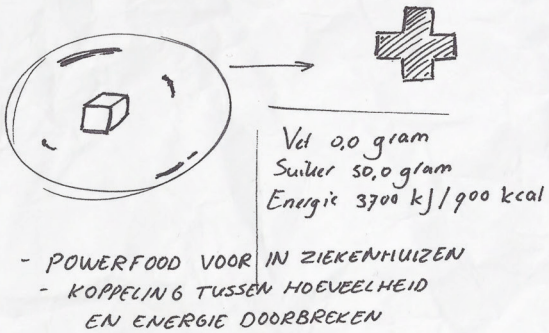
Tekening 3: Schetsen

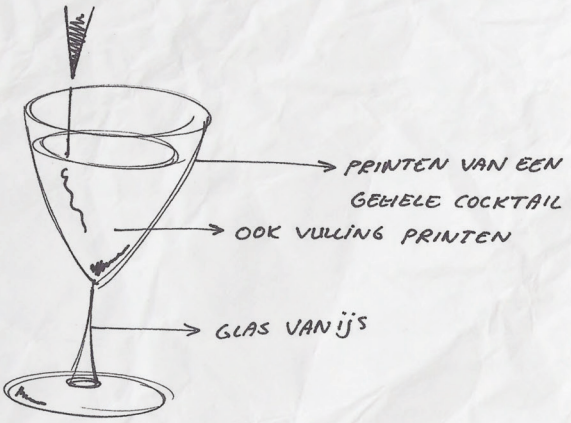
3D foodprinting voor de hedendaagse- en toekomstige particuliere consument

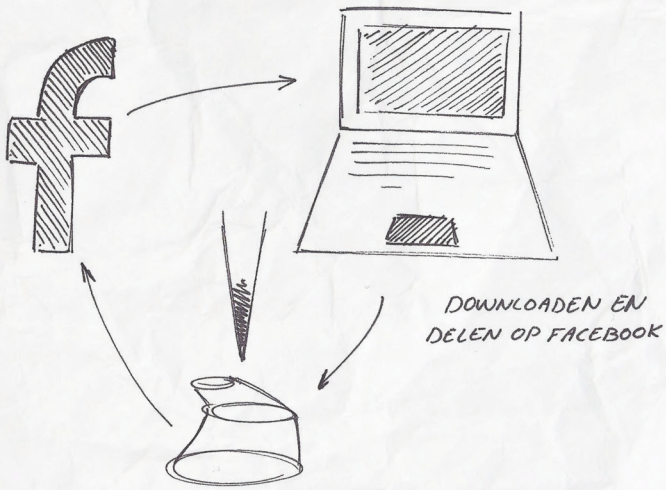
Voor de consument is 3D foodprinting, als eerder gezegd, vooralsnog een leuke manier om met eten te spelen of om met RM te experimenteren. Printers zijn nog vrij duur en zowel de gebruiksvriendelijkheid van de hardware en software als de toepassing van reeds bestaande kennis over grondstoffen laat nog te wensen over.

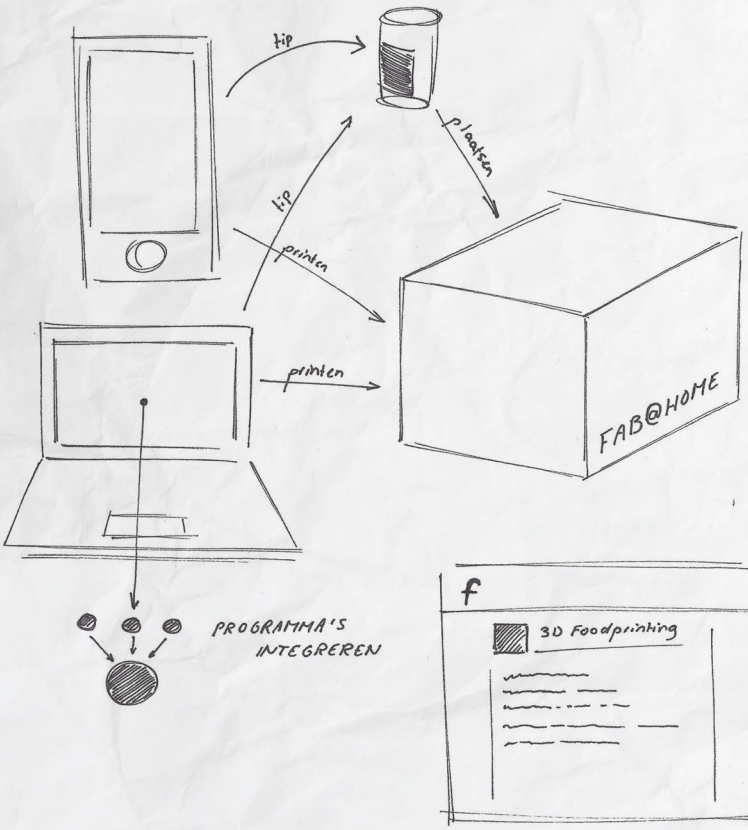
Volgens Cornell University biedt 3D foodprinting de consument in de toekomst het verhogen van de productiviteit en de bewustwording van het voedsel wat men eet [15]. Cornell University noemt als voorbeelden de naaimachine, wasmachine en vaatwasmachine die de consument destijds veel tijd bespaarde. Andere voorbeelden zijn de magnetron en bovendien de Senseo die het op hun beurt respectievelijk toestonden om voedsel op elk moment van de dag op te warmen en op elk moment van de dag koffie te zetten. Al deze apparaten waren bij de introductie erg duur en veranderden bovendien het levenspatroon van de consument. Zo hield de huisvrouw bij de introductie van de naaimachine veel tijd over, was het met de komst van de magnetron niet meer nodig om op tijd thuis te zijn voor warm eten en was het met de Senseo mogelijk om snel koffie voor jezelf te zetten (in plaats van een pot koffie voor het hele huis). Wat voor ontwikkelingen gaat de 3D foodprinter in de toekomst teweeg brengen? Hoeven mensen in de toekomst alleen nog maar cartridges te kopen zodat ’s avonds na het werken een perfecte maaltijd klaar staat? Net als voor de commerciële professional, kunnen er ook voor de particuliere consument (in combinatie met andere toekomstvisies) interessante toepassingen worden bedacht.

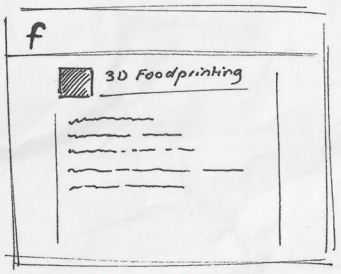


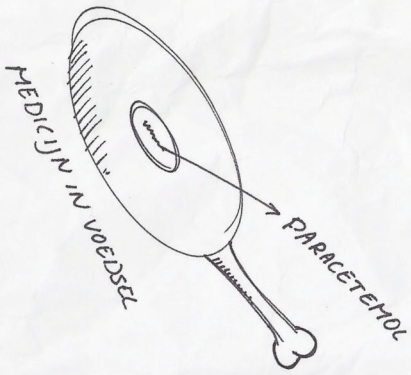












Tekening 4: Schetsen

Voorbeelden van interessante toepassingen voor de consument zijn (zie ook tekening 3 en 4):

- Het printen van een eigen beker en bestek (RM).
- Custom-made 3D vermicelli voor in de soep.
- Cake waar bij het doorsnijden, letters of afbeeldingen tevoorschijn komen.
- Het printen van smaakbonbonnen op een dienblad.
- Cartridges kopen in de supermarkt.
- De mogelijkheid om perfecte maaltijden te bereiden zonder ook maar enkele vaardigheden nodig te hebben.
- Smaak op het individu afstemmen.
- Apps die foto's omzetten tot een 3D CAD model die vervolgens kan worden geprint.
- Het printen van gerechten die zijn voorgeschreven door een dietist (medisch doeleind).
- Vanuit het buitenland (op afstand) een gerecht in Nederland printen.
- (Online) profiel van wat men heeft gegeten met een overzicht van de hoeveelheid calorieën en vitaminen.
- Volledig automatisch vet weg laten snijden uit vlees.
- Het automatisch en perfect kruiden en bakken van vlees.
- Geprinte smaakbommen die zijn voorzien van alle dagelijks benodigde vitaminen.
- Het downloaden van gerechten van (sterren)chefs via Facebook of Apps.
- Enzovoort.

Bovenstaande voorbeelden zijn slechts ideeën van een utopische toekomst. Helaas kan 3D foodprinting momenteel (mei 2012) nog niet als commercieel aantrekkelijk en commercieel toepasbaar worden bestempeld. Voor de consument is 3D foodprinting vooralsnog een leuke manier om met eten te experimenteren en voor bedrijven een kans om nauw betrokken te blijven bij de ontwikkeling van 3D foodprinting. Met de interessante toepassingen op het gebied van RM en ervaringen uit het verleden, lijkt 3D foodprinting veel potentie te hebben. Om 3D foodprinting commercieel aantrekkelijk en toepasbaar te maken, zal er nog veel onderzoek moeten worden gedaan naar onder andere de voedingsstoffen. Desalniettemin zijn er veel verschillende, interessante toepassingen te bedenken die gebruik maken van bestaande technieken en trends. In het volgende hoofdstuk zal worden ingegaan op de te verbeteren aspecten om 3D foodprinting aantrekkelijk te maken voor-, en toepasbaar in de commerciële sector.

Afbeelding 59 - Milan Design Week

© Green Geometries Laboratory

Welke aspecten zouden moeten worden verbeterd om deze toepassingen van 3D foodprinting commercieel aantrekkelijk(er) en mogelijk te maken?

Het Foodatelier en de Universiteit Twente organiseerde in april 2012 voor bedrijven uit verschillende sectoren een workshop over 3D foodprinting om een beeld te geven van de mogelijkheden van 3D foodprinting en te achterhalen waar de commerciële kansen liggen. Met de eerder genoemde voordelen en nadelen van zowel RM als 3D foodprinting, de aantrekkelijke aspecten van 3D foodprinting en de georganiseerde workshop zal in dit hoofdstuk een beeld worden gegeven van de aspecten die zouden moeten worden verbeterd om 3D foodprinting commercieel aantrekkelijk te maken en succesvol te implementeren.

3D foodprinting is een nieuwe toepassing van een bestaande techniek en kent naast de hiervoor genoemde voordelen vooralsnog- en logischerwijs ook een aantal problemen. Net zoals de nadelen/problemen van RM relatief zijn, wordt ook verwacht dat de problemen op het gebied van 3D foodprinting in de nabije of verre toekomst zullen worden opgelost. Problemen kunnen vanuit dit perspectief dan ook beter worden gezien als commerciële kansen. De problemen kunnen worden opgedeeld in een aantal categorieën: de (on)mogelijkheden van de voedingsstoffen, de (technische) (on)mogelijkheden en gebruiksvriendelijkheid van de hardware, de gebruiksvriendelijkheid van de software en de acceptatie van 3D foodprinting door de consument.

Voedingsstoffen

3D foodprinting is een nieuwe toepassing van een bestaande techniek. Met de kennis en ontwikkelingen op het gebied van RM en de komst van verschillende 3D thuisprinters is de techniek achter 3D foodprinting niet meer het grootste probleem. De grootste uitdaging lijkt de toepasbaarheid van voedingsstoffen in RM-methoden [15].

Bekende (hedendaagse, realistische en stijlvolle) voorbeelden op het gebied van 3D foodprinting zijn de kunstzinnige vormen van GGLab en de chocolaatjes die kunnen worden geprint met de Choc Edge van de University of Exeter. Alhoewel deze voorbeelden in realiteit als 3D objecten worden bestempeld, kunnen ze in de setting van-, en in vergelijking met RM objecten beter als 2D worden bestempeld (zie afbeelding 59). Het 3D printen met chocola staat het namelijk nog nauwelijks toe om geometrieën met een complexe inwendige structuur laagsgewijs op te bouwen, zonder dat het object bij een bepaalde hoogte in elkaar zakt.

Met de nodige experimenten en onderzoeken naar de toepasbaarheid van printbare voedingsstoffen, zal het in de toekomst mogelijk zijn om ook met voedingsstoffen complexe geometrieën laagsgewijs op te bouwen. Met deze kennis zal het dan niet alleen mogelijk zijn om complexe geometrieën te printen, maar kunnen bedrijven ook gebruik maken van 3D (food)printing om 3D CAD modellen op een goedkope manier om te zetten tot een tastbaar, visualiserend product. Daarnaast zouden voedingsstoffen ook kunnen worden gebruikt als goedkoper alternatief voor ondersteunende constructies [17].

Echter, niet alleen de (unieke) vorm van een "gerecht" draagt bij aan de smaakbeleving van voedsel. De volgende stap in de ontwikkeling van printbare voedingsstoffen is dan ook dat ze bij het printen niet alleen hun vorm behouden, maar ook smakelijk zijn (zowel qua smaak als textuur). Zo blijkt uit de experimenten van Cornell University dat het mogelijk (en nodig) is een aangepast recept voor koekjes te gebruiken, maar is het de vraag of dit aangepaste recept de smakelijkheid van het "ouderwetse" recept evenaart. Uit hetzelfde experiment kwam naar voren dat het zelfs mogelijk is om vlees te printen, maar is het in dit geval niet alleen de vraag of de smaak goed is, maar ook hoe de smakelijkheid wordt ervaren omdat door het blenden de macrostructuur wordt verbroken [17].

Zowel de smaak als de textuur kan worden aangepast door respectievelijk smaakadditieven en hydrocolloïden toe te voegen aan voedingsstoffen. Cornell University evalueerde al verschillende voedingsstoffen op basis van het mondgevoel (slap en stevig tegenover glad en korrelig). Ze voegden verschillende hydrocolloïden toe aan voedingsstoffen om de textuur te veranderen. Ook Cornell University geeft aan dat er nog veel experimenten nodig zullen zijn om zowel de smaak als textuur van gels smakelijk te krijgen.

Hoe dan ook, de verwachting is dat met de mogelijkheid om tot complexe geometrieën te komen, 3D foodprinting aantrekkelijker zal worden voor de commerciële sector. Zodra bedrijven 3D foodprinting zullen oppakken en toepassen, zal er vanuit deze bedrijven vraag ontstaan naar de ontwikkeling van nieuwe technieken en toepassingen waar betrokken actoren weer op kunnen inspelen. Daar komt bij dat chefs hun eigen ervaring en kennis en reeds beschikbare kennis over voedingsstoffen kunnen gebruiken om printbare voedingsstoffen te ontwikkelen.

Hardware

Ten opzichte van de hardware en software lijkt de toepasbaarheid van voedingsstoffen het grootste "probleem". Toch kent ook de hardware vooralsnog een aantal problemen. Zo zal voor een toepassing van een 3D foodprinter in bijvoorbeeld de horeca, industrie of patisserie, de hardware op de omgeving en het doel moeten worden aangepast. Om een 3D (food)printer geschikt te maken voor bijvoorbeeld de horeca kan er worden gedacht aan de aanpassing van de grootte en techniek (afhankelijk van de beoogde doelstelling), maar ook aan een passende vormgeving. Voor de industrie en patisserie zal daarentegen vooral de snelheid waarmee objecten kunnen worden geprint belangrijk zijn.

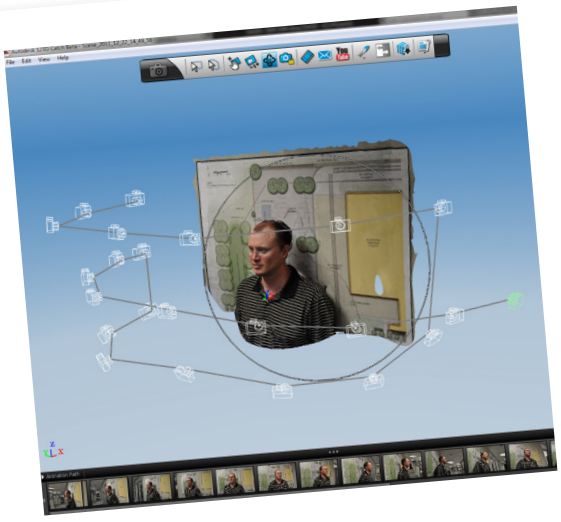
Voor thuistoepassingen zal de hardware gebruiksvriendelijker, veilig(er) en goedkoper moeten worden. Met de kennis en ontwikkelingen op het gebied van Rapid Manufacturing en de kennis en ervaring op het gebied van gebruiksvriendelijkheid (van zowel hardware als software), lijkt de implementatie van 3D thuisprinters slechts een kwestie van tijd. Een goed voorbeeld is de magnetron die in 1947 voor het eerst op de markt kwam. Twintig jaar later was de gebruiksvriendelijkheid van de hardware (gewicht, volume enzovoort) en de prijs zo ver gedaald dat de magnetron steeds vaker in de keuken van de consument was te vinden. De prijs van een 3D (food)printer ligt, vooral voor de particuliere consument, nog te hoog. Alhoewel 3D (food)printers steeds goedkoper worden, kosten de goedkoopste printers nog rond € 350,- per stuk. De printers van Fab@Home en CandyFab kosten respectievelijk € 1900,- en € 500,-.

Daarnaast maakt het hedendaagse 3D foodprinting voornamelijk gebruik van FDM (Fab@Home, Choc Edge, Essential Dynamics enzovoort) en SLS (CandyFab). Om tot nieuwe concepten te komen zou er daarom onderzoek moeten worden gedaan naar de toepassing van 3D foodprinting bij andere RM-methoden. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan het printen van complexe geometrieën van chocola, door niet suiker te karameliseren, maar chocoladepoeder volgens het SLS-principe te sinteren. Op deze manier zou elke complexe geometrie kunnen worden geproduceerd omdat er geen ondersteunende structuur nodig is.

Software

Naast de gebruiksvriendelijkheid van de hardware zal ook de gebruiksvriendelijkheid van de software moeten worden verbeterd. Momenteel vereist de software nog veel expertise en verdieping om tot een geprint object te komen. In vergelijking met het printen van een document via Microsoft Word, is het printen van een 3D object in een thuistoepassing nog ver weg. Met de nodige kennis en ervaring op het gebied van software is, net als bij de hardware, het verbeteren van de gebruiksvriendelijkheid slechts een kwestie van tijd.

Daar komt bij dat de expertise en verdieping die nodig is bij het modelleren van 3D CAD modellen, kan worden omzeild door modellen te downloaden of door gebruik te maken van (nieuwe) software die foto's kan omzetten tot 3D modellen (bijvoorbeeld 123D Catch, Microsoft Photosynth of Stilla (zie afbeelding 60)). De benodigde software bestaat al maar zal moeten worden herschreven. Afbeelding 61 geeft een voorbeeld van een geprint 3D model die werd verkregen middels 123D.



Afbeelding 60 - 3D foto software

© ployin3d.blogspot.com

Afbeelding 61 - Geprint gezicht

© techknight.com

Acceptatie

Het implementeren van een nieuwe technologie hangt niet alleen af van het functioneren van de hardware en software, maar ook hoe een nieuwe technologie zal worden geaccepteerd door de samenleving. Zo zou men voor gek worden verklaart als iemand bij de introductie van de magnetron zou hebben beweerd dat men rond het jaar 2000 speciale magnetronmaaltijden zou eten. Daar komt bij dat op de dag van vandaag steeds meer mensen juist kiezen voor natuurlijke, ambachtelijke en verse producten boven bijvoorbeeld kant-en-klaar maaltijden uit de supermarkt. Is er wel behoefte aan een 3D foodprinter?

Stel, de 3D foodprinter ziet er in de toekomst prachtig uit, werkt technisch perfect, is betaalbaar en is gebruiksvriendelijk. Zullen mensen in de toekomst een 3D foodprinter kopen om thuis in de keuken te zetten?

Stel, in de supermarkt zijn grond- en voedingsstoffen te koop die aan alle fysische voorwaarden voldoen en deze grond- en voedingsstoffen smaken goed. Zullen mensen in de toekomst, samen met de eerder beschreven 3D foodprinters, hele maaltijden printen en opeten?

U denkt van niet?

Western Union internal memo (1876): "*This 'telephone' has too many shortcomings to be seriously considered as a means of communication. The device is inherently of no value to us.*".

Concluderend kan er worden gesteld dat de toepasbaarheid van voedingsstoffen het grootste probleem(/kans) lijkt te zijn. Daar staat tegenover dat er gebruik kan worden gemaakt van bestaande kennis en ervaring om onderzoek te doen naar de toepasbaarheid van voedingsstoffen en de ontwikkeling/aanpassing van zowel de software als hardware. 3D foodprinting heeft veel potentie waardoor het een kwestie van tijd lijkt te zijn tot de commerciële sector gaat investeren in alle mogelijke toepassingen van 3D foodprinting.

Voor welke actoren zou 3D foodprinting (in de toekomst) aantrekkelijk kunnen zijn?

3D foodprinting staat nog in de kinderschoenen maar lijkt veel potentie te hebben. Naast de voordelen kent het printen van voedsel ook nog een aantal problemen die beter als commerciële kansen kunnen worden gezien. In het vorige hoofdstuk werden al een aantal toepassingen genoemd. Maar voor welke actoren zijn deze toepassingen aantrekkelijk? En wat gaat 3D foodprinting in de toekomst bieden voor andere actoren? Dit hoofdstuk is opgedeeld in de actoren van de nabije toekomst en de mogelijke actoren voor in de verre toekomst. Er is een onderscheid gemaakt tussen de nabije toekomst en de verre toekomst omdat wordt verwacht dat met de lopende onderzoeken, de huidige "problemen" in de nabije toekomst zullen worden opgelost en er met dit commercieel aantrekkelijker worden, nieuwe toepassingen en dus actoren zullen ontstaan.

In de nabije toekomst

Zoals al eerder genoemd is 3D foodprinting momenteel aantrekkelijk voor bedrijven die zich bezig houden met innovatieve productontwikkeling. Om 3D foodprinting commercieel aantrekkelijk te maken zal er in eerste instantie onderzoek moeten worden gedaan naar de toepasbaarheid van voedingsstoffen en de gebruiksvriendelijkheid van zowel de hardware als de software.

Het combineren, herschrijven of ontwerpen van de software/ User Interface kan in de loop der tijd worden gedaan door softwareontwikkelaars. Echter, goede software komt pas tot uiting als de hardware hier naadloos op kan worden aangesloten. Zo zal voor bepaalde toepassingen ook de hardware moeten worden herontworpen of aangepast door ontwikkelaars van 3D (thuis/food)printers (Essential Dynamics, Fab@Home enzovoort).

Het onderzoek naar de voedingsstoffen kan worden gedaan door grote bedrijven als bijvoorbeeld Philips, kleinere bedrijven als Het Foodatelier, chefs van restaurants maar ook zeker door de particuliere consument. Daar komt bij dat de veel gebruikte "food"printer van Fab@ Home alle informatie open-source aanbiedt waardoor het collectief voor de ontwikkeling van 3D foodprinting kan zorgen. De kennis op het gebied van voedingsstoffen is al aanwezig (testen voor het meten van grootheden, kennis vanuit de medische wereld, moleculair koken enzovoort), maar zal alleen nog moeten worden toegepast.

In de verre toekomst

Interessanter dan de hedendaagse ontwikkelaars van de hardware, software en voedingsstoffen, zijn de actoren bij nieuwe toepassingen van 3D foodprinting in de "verre" toekomst. Waar momenteel de doelgroep van 3D foodprinting nog niet duidelijk in beeld kan worden gebracht, zullen er met nieuwe toepassingen nieuwe actoren en een specifiekere doelgroep ontstaan. In deze paragraaf zal een beeld te geven van mogelijke actoren.

Verwacht wordt dat 3D foodprinting als eerste zal worden opgepakt door de commerciële sector. Zo zullen de wat exclusievere restaurants een van de eerste actoren zijn. 3D foodprinting is in deze restaurants niet alleen aantrekkelijk voor chefs om een menukaart op een bord te printen, maar zal ook nieuwe mogelijkheden bieden voor het moleculaire koken.

Daar komt bij dat met het oppakken van de technologie door restaurants, er nieuwe eisen en wensen ontstaan voor de hardware (grootte, productiesnelheid, vormgeving enzovoort), software (gebruiksvriendelijkheid), voedingsstoffen enzovoort. Leveranciers van 3D (food)printers kunnen hierop inspelen door aangepaste hardware te gaan ontwikkelen.

Na de commerciële sector is het de beurt aan de particuliere consument. Ook voor de consument zal de hardware, software en toegang tot voedingsstoffen moeten worden onderzocht en aangepast op de eisen en wensen van de consument. Ook hier liggen kansen voor de leveranciers van 3D thuisprinters. Daar komt bij dat er door softwareontwikkelaars gebruiksvriendelijke software zal moeten worden ontwikkeld. Ook met de eerder genoemde toepassing van Apps, zal er geschikte software moeten worden ontwikkelt die naast de beoogde functie ook moet kunnen worden aangesloten op verschillende 3D thuisprinters (net zoals inkjet printers van Samsung ook op een HP kan worden aangesloten).

In een nog verdere toekomst, waar 3D foodprinting volledig is geaccepteerd en geïmplementeerd, kan er kennis worden vergaard uit bijvoorbeeld het voedingspatroon van mensen. Deze kennis kan weer worden gebruikt in de medische wereld, maar ook zeker door de commerciële sector (producten afstemmen op het voedingspatroon van de consument).

Naast de commerciële sector ontstaan er uiteraard ook nieuwe actoren vanuit medische- en industriële toepassingen. Op de actoren vanuit deze toepassingen zal niet worden ingegaan.

Concluderend kan er worden gesteld dat 3D foodprinting momenteel door verschillende (onderzoeks)instanties wordt onderzocht en er langzaamaan commerciële toepassingen ontstaan. Met behulp van de reeds beschikbare kennis is het niet de vraag of, maar wanneer 3D foodprinters in restaurants zullen staan. Daarnaast kan er volop worden gespeculeerd over nieuwe toepassingen van 3D foodprinting voor de particuliere consument uit de verre toekomst en welke actoren hierbij betrokken zullen raken.

BRASSICA
STERLING

Concepten

Met behulp van de schetsen, de georganiseerde workshop en het onderzoek is er besloten om drie uiteenlopende concepten uit te werken; een thuistoepassing van 3D foodprinting, het printen van een ijsklontje voor in de horeca en het printen van twee verschillende soorten chocola.

- De thuistoepassing speelt in op bestaande software om objecten om te zetten tot een virtueel 3D model, de noodzaak om de software gebruiksvriendelijker te maken en het educatieve/plezierige aspect.
- Het printen van een ijsklontje maakt gebruik van een bestaande techniek die nog niet wordt toegepast in 3D foodprinting (printen van ijs), biedt mogelijkheden voor de interactie van de consument met een bedrijf en het is bovendien een aantrekkelijk concept.
- Het printen van een object uit twee soorten chocola laat zien hoe er kan worden geprint met twee soorten chocola, wat de mogelijkheden zijn van het printen met twee soorten chocola en waarom het printen met twee soorten chocola aantrekkelijk zou kunnen zijn voor de patisserie.

Met de verschillende concepten is geprobeerd om toepassingen voor verschillende sectoren- en de commerciële aantrekkelijkheid voor verschillende actoren te tonen en hoe bestaande technieken kunnen worden gecombineerd om tot een nieuwe toepassing te komen. Een “Programma van Eisen” zal worden gebruikt om te bepalen welk concept verder zal worden uitgewerkt.

“Programma van Eisen”

Het “Programma van Eisen is bedoeld om de drie concepten te toetsen aan de eisen van de opdracht. Onder de categorie ‘techniek’ vallen de (unieke) eigenschappen en mogelijkheden van 3D printen en onder ‘commercie’ valt de commerciële aantrekkelijkheid van de drie concepten. Aangezien de drie toepassingen zijn opgesteld voor verschillende sectoren en gebruik maken van verschillende technieken, zijn de drie concepten op verschillende manieren commercieel aantrekkelijk. Onder commercie zijn bijvoorbeeld verschillende punten genoemd waarop een toepassing aantrekkelijk kan zijn, dit houdt echter niet in dat een concept aan alle voorwaarden moet voldoen om daadwerkelijk commercieel aantrekkelijk te zijn.

Ja/nee: Hangt af van het gebruik.

Categorie	Eisen	Specificatie	1	2	3
Techniek	*De toepassing maakt gebruik van de unieke mogelijkheid van 3D printen om laagsgewijs tot complexe geometrieën te komen*	*Komt tot een geometrie waar met behulp van conventionele methoden niet tot gekomen zou kunnen worden*	*Ja/ nee*	*Ja*	*Ja*
	De toepassing maakt gebruik van de unieke mogelijkheid van 3D printen om deze complexe geometrieën van de nodige details te voorzien (nauwkeurigheid)	*De nauwkeurigheid kan niet met conventionele methoden worden bereikt*	*Ja/ nee*	*Ja*	*Ja*
Commercie	*De toepassing is voor (verschillende) bedrijven commercieel aantrekkelijk*	*Levert publiciteit op* *Is winstgevend* *“Verbetert” het imago*	*Ja*	*Ja*	*Ja*
	De toepassing is aantrekkelijk voor de consument	*Voegt iets toe aan de smaakbeleving van voedsel* *Voegt iets toe aan de algehele beleving bij de aanwezigheid in een bedrijf* *Image creëren*	*Ja*	*Ja*	*Ja*
	De toepassing speelt in op de mogelijkheid om custom made producten te vervaardigen	*Door consumenten aangeleverde 3D modellen (uit bijvoorbeeld foto’s) kunnen worden geprint*	*Ja*	*Ja*	*Ja*

Tabel 3 - “Programma van Eisen”

Concept 1: Schat?! Print jij de hond even?

De thuistoepassing van 3D foodprinting is een concept waarin drie bestaande technieken zijn gebruikt om tot een totaalconcept te komen; software voor op de smartphone om foto's om te zetten tot 3D modellen, Apps waar chefs 3D foodprinting recepten kunnen aanbieden en het aanbieden van kant en klare cartridges door de supermarkt (zie tekening 6).

Tijdens de georganiseerde workshop bleek voor de meeste deelnemers het modelleren middels een 3D CAD programma een moeilijke opgave. Op Internet zijn naast freeware als Google SketchUp en Tinkercad, verschillende programma's te vinden waar foto's kunnen worden ingeladen en automatisch worden omgezet tot een 3D model. Zelfs in de App Store van Apple is al een App (Stilla) te downloaden waar een 3D omgeving kan worden gecreëerd door simpelweg foto's te maken van de omgeving (in combinatie met een gyroscoop). Door de programma's van het Internet te combineren met een smartphone, kan de stap van het modelleren met een 3D CAD model worden overgeslagen. Op deze manier zijn mensen in staat om met behulp van een smartphone en een speciale App, foto's om te zetten tot een virtueel 3D model.

Door de smartphone te koppelen aan de 3D thuisprinter, kan een object uit de huiskamer op een simpele manier worden geprint. Het koppelen van een smartphone aan een printer verscheen onlangs (juni 2012) al in de 'Burritobot' van Marko Manriquez van New York University (zie afbeelding 63). Via een speciale App op de iPhone kan de consument custom made burritos printen.
Los van deze toepassingen met Apps, blijft de consument in staat om zelf 3D modellen te modelleren en te printen. Onder de consument vallen in dit geval niet alleen geïnteresseerde volwassenen, maar ook kinderen die hun hond kunnen fotograferen en printen uit chocola.

Daarnaast zijn in de App Store al Apps te downloaden waar bekende chefs als Jamie Oliver hun recepten aanbieden en verkopen. Zo zouden in de (verre) toekomst chefs hun 3D foodprinting recepten via een App kunnen verkopen (inclusief .stl-bestand). In deze App zou bijvoorbeeld aangegeven kunnen worden welke cartridges er voor het gerecht nodig zijn.

Afbeelding 62 - Origo

© Origo

Het concept is een utopische combinatie van bestaande technieken. Op het Internet is al een concept te vinden van een 3D printer voor kinderen; Origo (zie afbeelding 62). De Origo 3D printer is volgens de ontwikkelaar Origo een 3D printer die objecten kan printen aan de hand van tekeningen. De printer verschijnt voorlopig nog niet op de markt maar Origo verwacht bij de introductie van de Solid Doodle een prijs van $ 800,- [30].

Wat maakt dit concept commercieel aantrekkelijk?

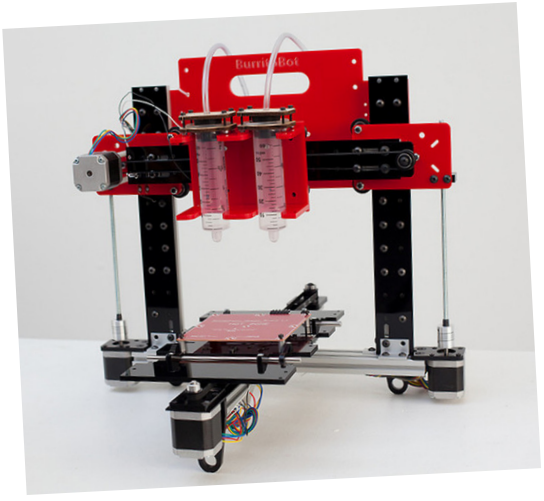
Het concept is commercieel aantrekkelijk omdat het een brede doelgroep bekleed. Zo zouden volwassenen gebruik kunnen maken van de 3D thuisprinter om originele hapjes te printen voor visite, en zouden kinderen aan de keukentafel (op een educatieve manier) kunnen experimenteren/spelen met RM en voedsel.

Daarnaast bestaat het concept uit een aantal verschillende technieken die zowel aantrekkelijk zijn voor de professionele, als de particuliere sector. Zo zouden professionele chefs kunnen samenwerken met ontwikkelaars van cartridges om hun "perfecte" gerechten bij de particulier thuis te laten printen.

De drijvende kracht achter het concept zal een combinatie/samenwerking zijn van hardware-ontwikkelaars, software-ontwikkelaars, chefs, cartridge-ontwikkelaars en uiteraard de particuliere consument.

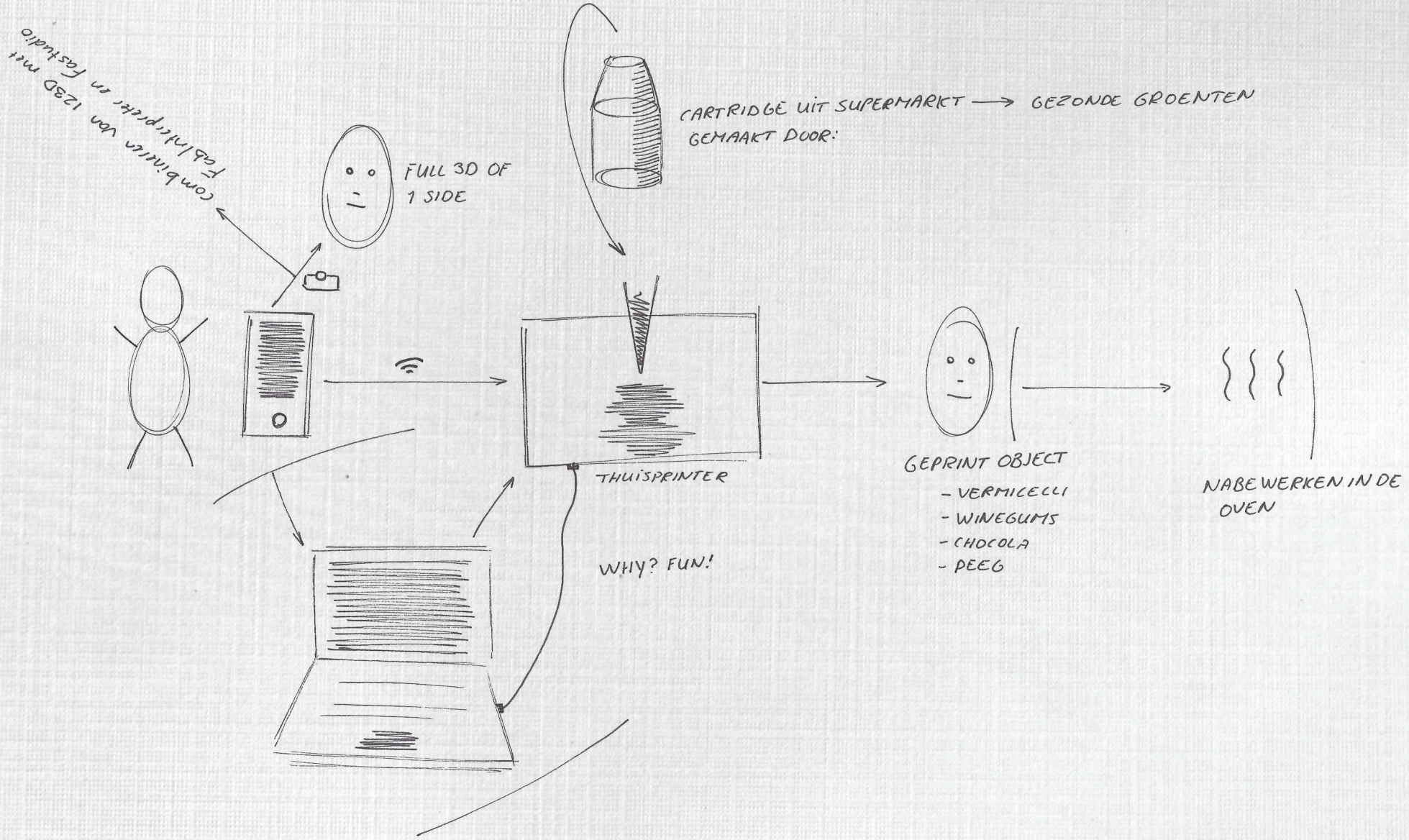
Waar liggen de commerciële kansen van het concept?

De commerciële kansen van het concept liggen in het geschikt maken van/onderzoek doen naar de software voor smartphones, geschikt maken van de software op smartphones in combinatie met 3D thuisprinters, de verkoopprijs en gebruiksvriendelijkheid van 3D thuisprinters, de acceptatie door de consument, het ontwikkelen en verkopen van cartridges voor een geschikte 3D thuisprinter, specifieke cartridges laten aansluiten op gerechten van chefs enzovoort.



Afbeelding 63 - Burritobot

© fastcodesign.com



Tekening 5: Schets thuistoepassing

Tekening 6: Uitwerking thuistoepassing

Concept 2: Drank met ijs? Ijs met drank!

Aan het begin van het onderzoek kwam al de mogelijkheid van het printen van ijs naar voren. Meteen kwam het idee om een ijsklontje te printen met daarin holtes die kunnen worden opgevuld met een likeur of drank. Ook met de georganiseerde workshop en het interview met Saisonnier (zie bijlage 2) bleek het ijsklontje veel enthousiasme op te wekken.

Het printen van ijs is een bestaande techniek maar wordt niet nog niet toegepast op het gebied van 3D foodprinting. Ook met het printen van ijs kan gebruik worden gemaakt van de unieke mogelijkheid van 3D printen om laagsgewijs een complexe geometrie op te bouwen. Verwacht wordt dat het concept veel (media-)aandacht kan trekken omdat het printen van een ijsklontje op veel mensen zal overkomen als een "extreme" en futuristische toepassing.

Het geprinte ijsklontje levert in principe geen unieke of nieuwe smaakbeleving op, maar draagt wel bij aan de beleving bij het drinken van een cocktail en de algehele beleving tijdens het uitgaan. Daar komt bij dat het printen van een ijsklontje het dichtst bij de implementatie van 3D foodprinting in de commerciële sector ligt.

Wat maakt dit concept commercieel aantrekkelijk?

Het concept is commercieel aantrekkelijk omdat het een "extreme" en futuristische uitstraling heeft. Bedrijven (horeca en drankmerken) kunnen zich met deze futuristische uitstraling profileren als een innovatief en toonaangevend bedrijf. Daarnaast kunnen bedrijven en merken zich met deze USP onderscheiden van andere bedrijven en merken.

In combinatie met de consument geldt het concept als een goede promotie omdat het de aandacht kan/zal trekken in reclame's, klanten kunnen worden gebonden door de consument zelf zijn smaak samen te laten stellen (omzet verhogen), het goed kan worden gecombineerd met Social Media als Facebook ('sharen', bestellen van ijsklonten enzovoort) en het concept voor relatief veel geld kan worden verkocht (zie tekening 7, 8, 9 en 10).

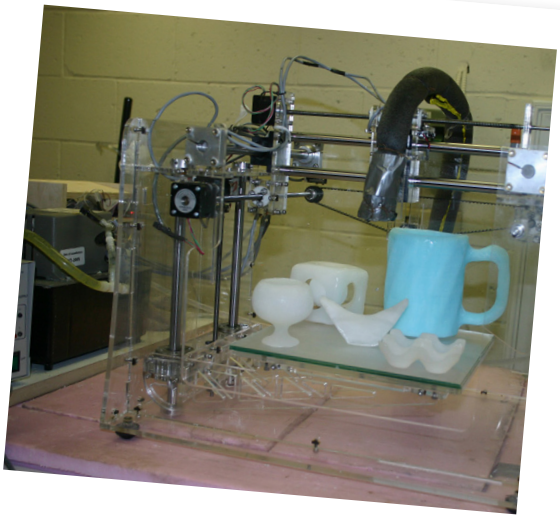
Daarnaast is het printen van ijs een reeds bestaande en onderzochte techniek (zie afbeelding 64 en 65), is water "kosteloos" en verbruikt de toepassing (ten opzichte van andere RM-methoden) weinig energie.

De drijvende kracht achter het concept is voornamelijk de ontwikkelaar van de hardware. Daarnaast zal (net als bij het eerste concept) software moeten worden ontwikkelt die de consument in staat stelt om via een smartphone een persoonlijk ijsklontje te laten printen. Daarnaast biedt het concept unieke en nieuwe mogelijkheden voor drankmerken en de horeca.

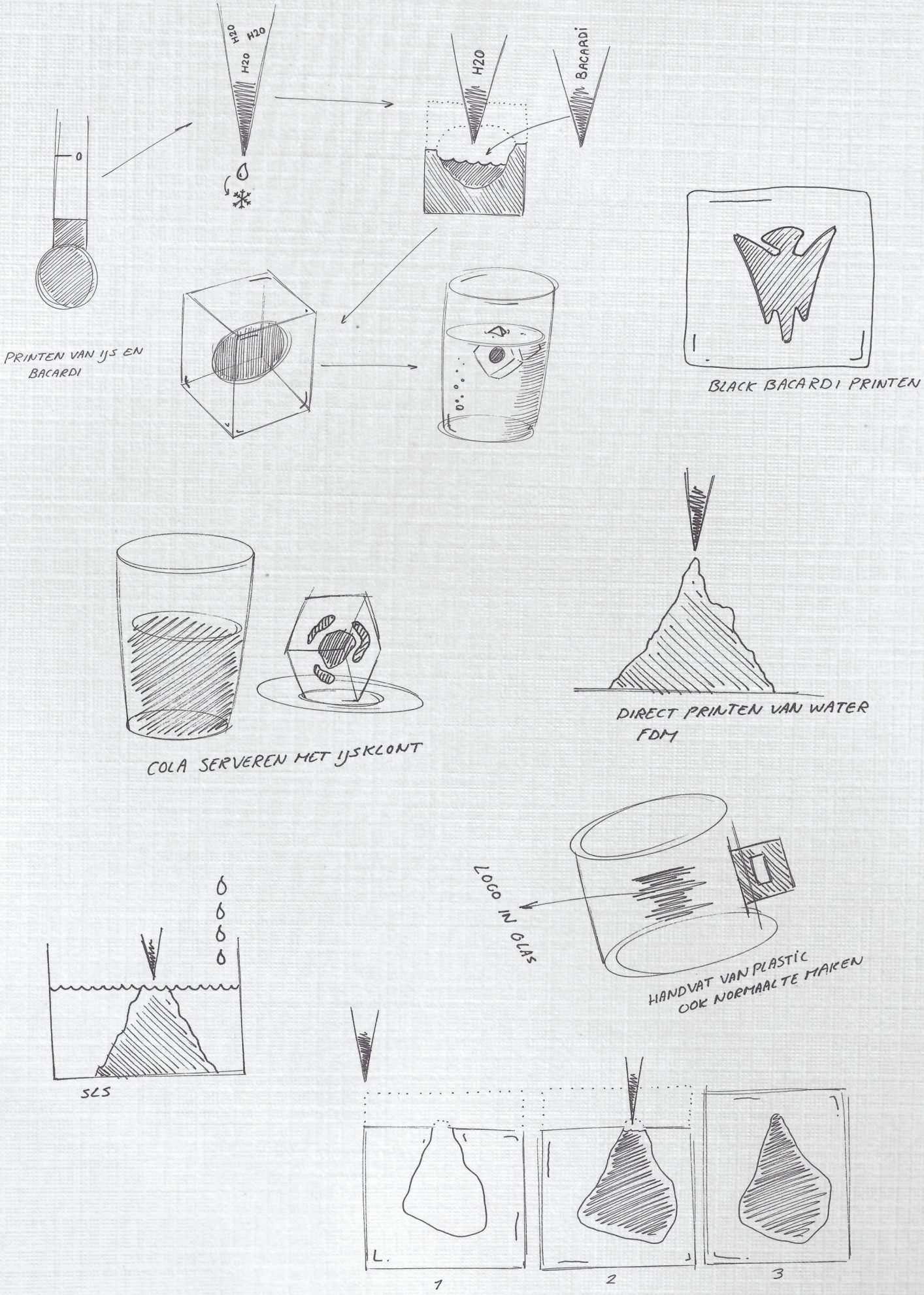
Waar liggen de commerciële kansen binnen het concept?

De commerciële kansen binnen het concept liggen onder andere in het ontwikkelen van aangepaste en geschikte hardware voor in de horeca, het ontwikkelen van software voor de smartphones, het combineren van het concept met Social Media, het onderzoek doen naar de wijze waarop een ijsklontje moet worden geprint (bijvoorbeeld het ontwikkelen van vormen die geen ondersteunende structuur vereisen), de functionele uitwerking van het concept (Bacardi cola met 35 ml Bacardi), de printsnelheid van het printen van ijs (loopt momenteel in de uren), de mogelijkheid om de consument zelf smaken samen te laten stellen en de transparantie van het geprinte ijs.

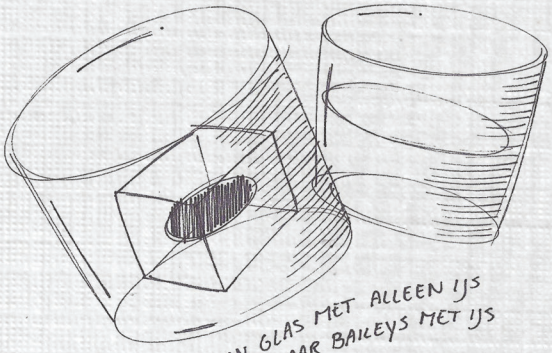
Afbeelding 64 - Probe
© Philips

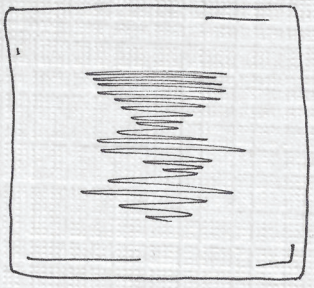


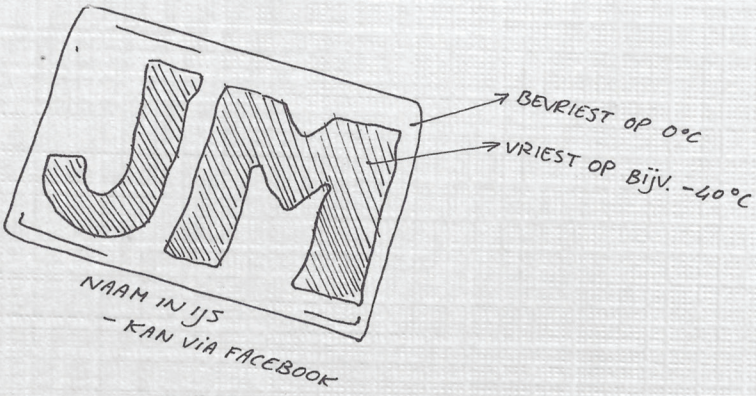
Afbeelding 65 - Cake met letter
© Cornell University

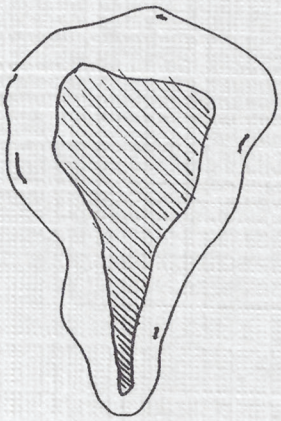


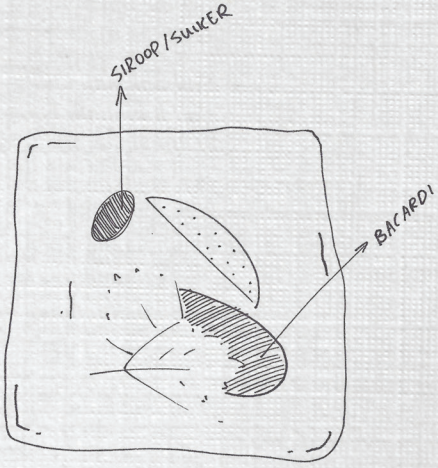
Tekening 7: Schetsen ijs printen

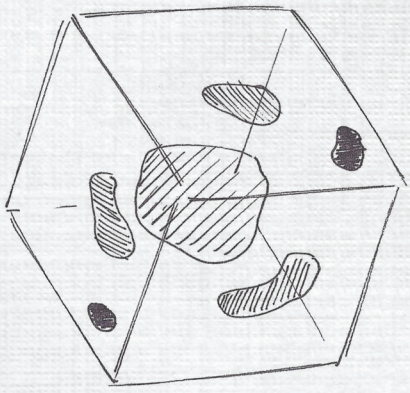


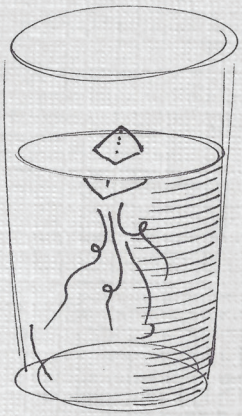




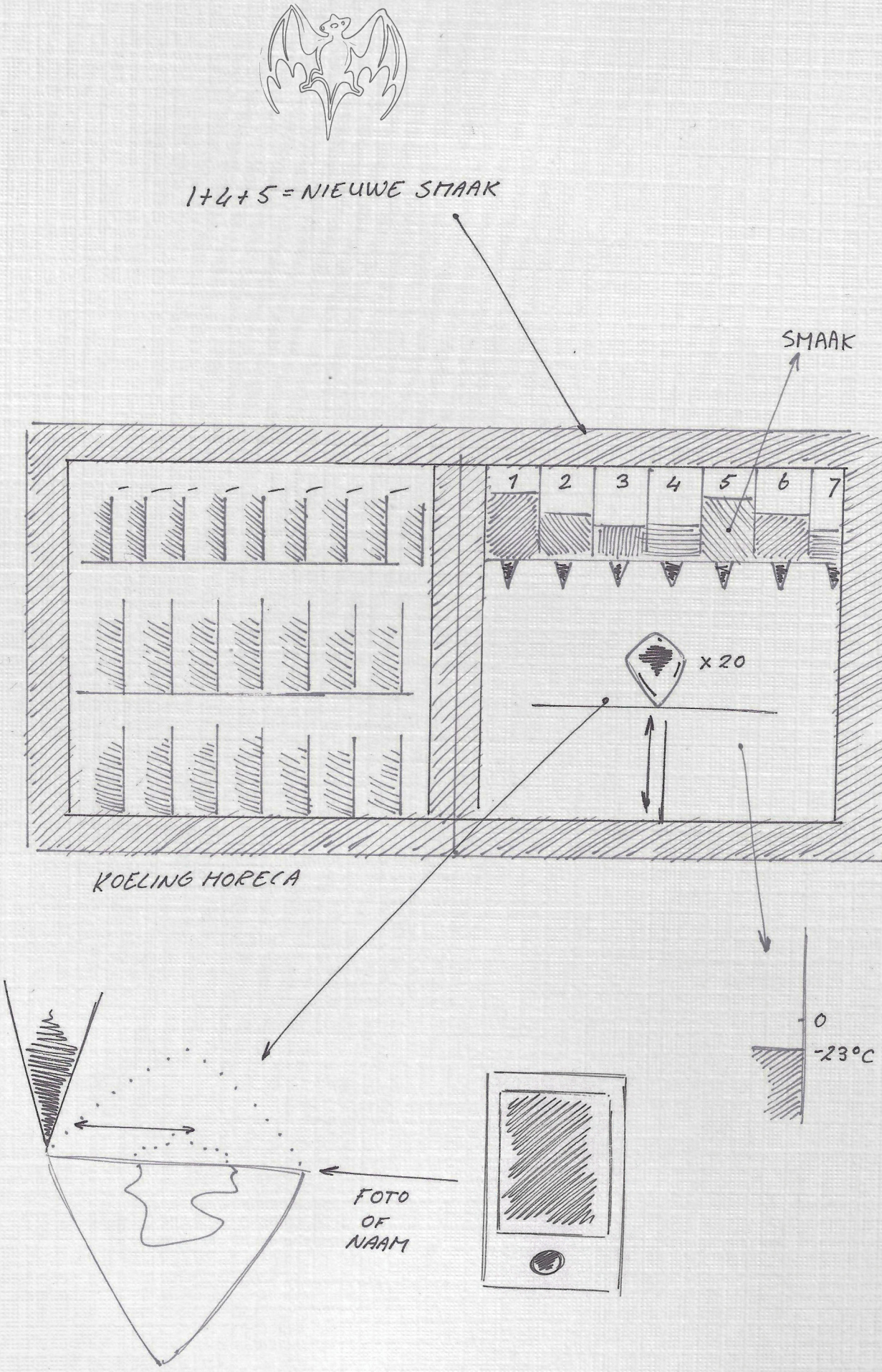




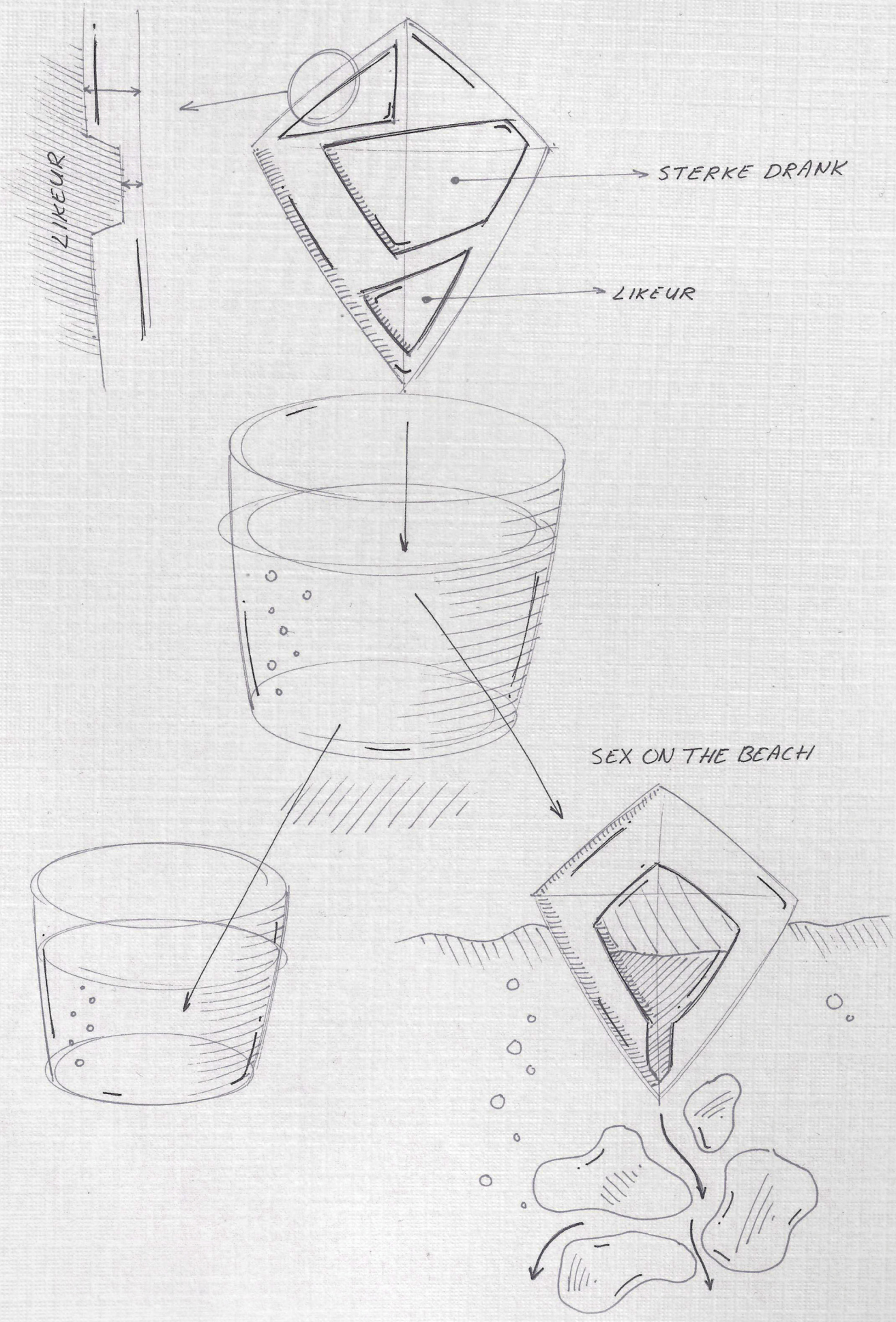




Tekening 8: Schetsen ijs printen



Tekening 9: In context



Tekening 10: Functionaliteit

Concept 3: Het wenschocolaatje

Met het oplossen van de problemen bij het printen van chocola, ontstaan er ook voor de bakkerijsector verschillende mogelijkheden. Zo zouden er complexe en onmogelijke geometrieën kunnen worden geprint (een stuk chocola met daarin kamers die kunnen worden opgevuld met verschillende smaken). Het probleem is echter dat de meeste complexe structuren ook met de hand kunnen worden gemaakt en Philips al met een prachtig concept kwam met op te vullen kamers (zie afbeelding 67).

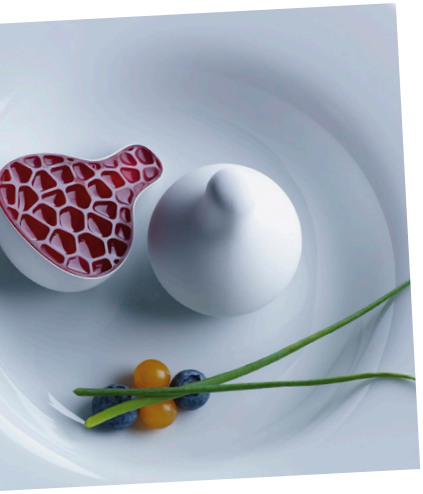
Door een "chocoladereep" te printen met daarin extrusies van contouren (tekst of plaatjes), kan er tot een concept worden gekomen die niet met de hand kan worden verkregen (zie tekening 12). Een vergelijkbaar voorbeeld is een experiment van Cornell University waar een stuk cake is geprint waar bij het doorsnijden van de cake de letter 'C' tevoorschijn komt (zie afbeelding 66). Op dezelfde manier kan een chocoladereep worden geprint met daarin gezichten, plaatjes die een verhaal vertellen of een tekst als *'Wil je met me trouwen?'*.

Ook dit concept kan worden gecombineerd met Social Media. Zo zou de consument een tekst of verschillende plaatjes via Social Media naar de plaatselijke bakker kunnen sturen die deze vervolgens zal printen.

Wat maakt dit concept commercieel aantrekkelijk?

Het concept is commercieel aantrekkelijk omdat het concept momenteel geldt als een aandachtstrekker (trekt de aandacht van media en klanten), het gebruik van een 3D foodprinter ook een bakkerij een innovatief en toonaangevend imago oplevert, een bakker zich onderscheid ten opzichte van andere bakkers (USP), er al vrij veel kennis en ervaring is met het printen van chocola, er weinig mis kan gaan met het printen van chocola, het concept uniek is ten opzichte van conventionele methoden en ook dit concept kan worden gecombineerd met Social Media als Facebook.

In tegenstelling tot de eerdere concepten, hoeft er voor dit concept in principe geen nieuwe printer te worden ontwikkeld. Met reeds bestaande printers als de Fab@Home en Essential Dynamics (en CandyFab) zijn bakkers in principe al in staat om 'custom made' chocolaatjes/ snoepjes te printen. Het is meer de vraag welke bakkerij als eerste zal inzien dat het concept nog geen toegevoegde waarde heeft ten opzichte van de smaak, maar het wel nieuwe klanten en media-aadacht zal trekken. Daar komt bij dat geprinte chocolaatjes gewoon kunnen verkocht (wellicht voor een hogere prijs dan reguliere chocolaatjes).



Afbeelding 67 - Probe

© Philips

Waar liggen de commerciële kansen binnen het concept?

Los van het feit dat er al printers zijn die met een vrij hoge resolutie chocola kunnen printen, zal een 3D foodprinter voor in een bakkerij nog wel moeten worden aangepast op de omgeving en wensen van een bakkerij. Zo zal de productiesnelheid omhoog moeten, zal er onderzoek moeten worden gedaan naar de toepasbaarheid van chocola en zal de techniek moeten worden verbeterd om chocola daadwerkelijk in 3D te printen (in tegenstelling tot de chocolaatjes van GGLab).

Als drijvende kracht achter het concept kan worden gedacht aan de ontwikkelaar van hardware (specifiek voor een bakkerij) en de bakkerij die als eerste gebruik zal maken van de toepassing.

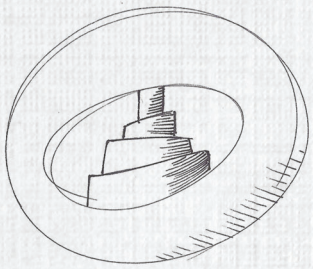
Conclusie

Alle concepten maken gebruik van bestaande technieken om tot een nieuwe toepassing te komen. Zo illustreert het eerste concept een manier waarop het aanleren van een 3D CAD programma kan worden omzeild en Rapid Manufacturing op een leuke manier thuis kan worden toegepast. Ook het tweede concept maakt gebruik van een bestaande techniek (het printen van ijs) en past deze toe als 3D foodprinting. Het derde concept borduurt voort op reeds uitgevoerde experimenten maar gaat hierin een stap verder door gepersonaliseerde teksten of verhaaltjes in het chocola te printen.

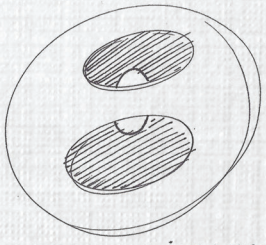
Afgaande op de reacties tijdens de workshop, het enthousiasme van Saisonnier, reeds uitgevoerde onderzoeken & experimenten, het gebruik maken van de eigenschappen van 3D printen, reeds bestaande technieken, niet bestaande toepassingen en de originaliteit, is besloten om het tweede concept van het printen met ijs uit te gaan werken. In het volgende hoofdstuk zal het concept worden gevisualiseerd, zal globaal de techniek worden besproken en zal een specificatie, evaluatie, de commerciële aantrekkelijkheid, een prijsindicatie en een scenario van het concept worden besproken. Deze verschillende aspecten zijn bedoeld om een indruk te geven van het concept. In het vervolgonderzoek zal het concept verder worden uitgewerkt.

Afbeelding 66 - Cake met letter
© Cornell University

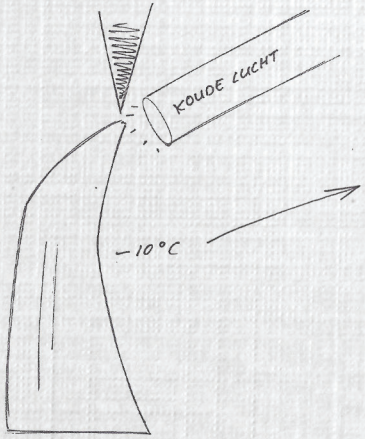
Tekening 11: Schetsen printen met twee soorten chocola

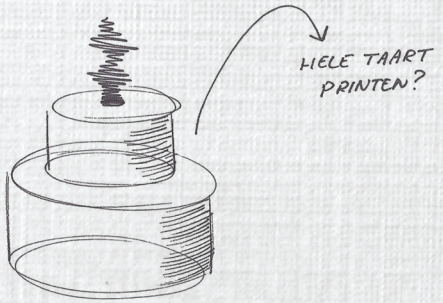


BOL MET BEELDJE IN HET MIDDEN



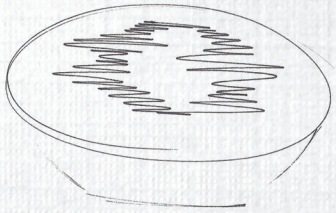
BOL MET WITTE CHOCOLA VAN BUITEN EN ZWART VAN BINNEN (IN KOUDE OMGEVING)





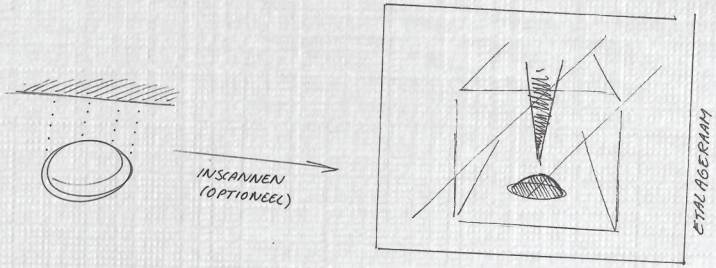
BRUIDSTAART

GEDETAILLEERD PRINTEN VAN CHOCOLA DOOR DIRECT TE KOELEN

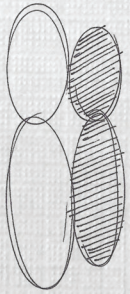


BOLLETJE MET BIJ DOORHAPPEN EEN TEKST OF PLAATJE

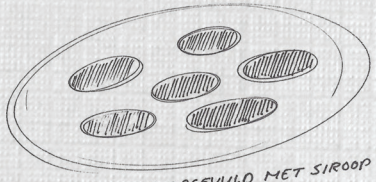
BEELDJE VAN CHOCOLA IN KINDER BUENO EI



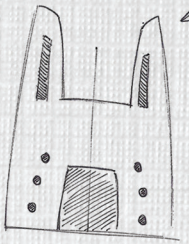
- PROMOTIE VOOR IN DE AVONDUREN
- AANBIEDING VOOR DE VOLGENDE DAG
- IMAGE



ZWART-WITTE CHOCOLADE BRUIDSTAART



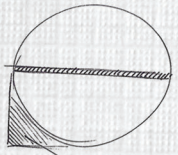
HOLTES OPGEVULD MET SIROOP OF MOUSSE



BEKENDE GEBOUWEN IN TWEE SMAKEN

- GROTE OBJECTEN LATEN CHOCOLA STOLLEN
- KAN VOOR VEEL WORDEN VERKOCHT

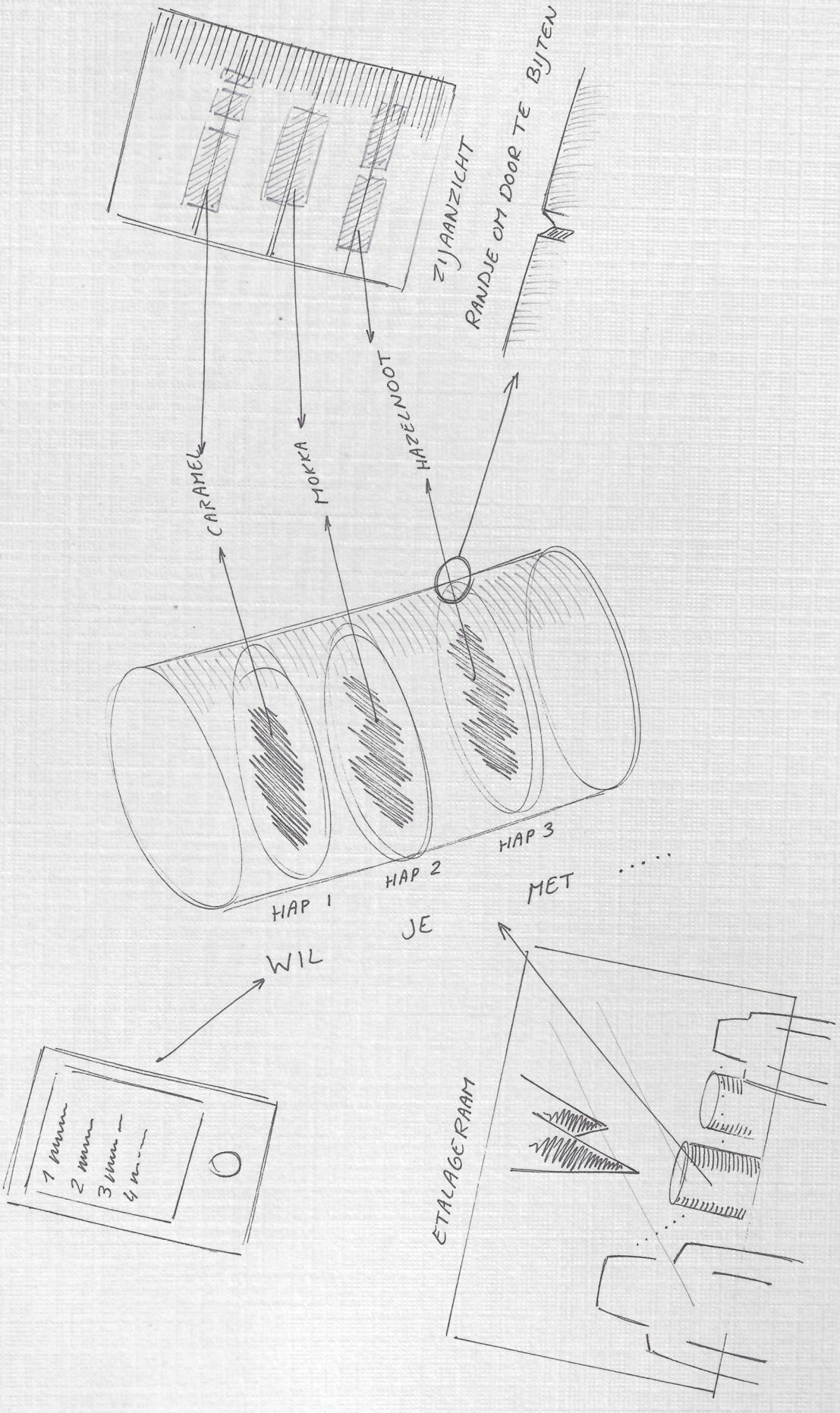
WENSKOEKJE IN 2 KLEUREN



PROBLEEM

"PvE"

- KAN ZONDER MALLEN NIET GEMAAKT WORDEN
  - ↳ COMPEXE GEOMETRIE
    - ↳ ZONDER ONDERSTEUNING
- PRINTEN MET TWEE MATERIALEN



Tekening 12: Uitwerking printen met twee soorten chocola

Eindconcept: Ice sensation

Na onder andere het onderzoek, de workshop en het interview met Saisonnier bleek het concept van het ijsklontje erg populair te zijn. Het heeft een luxueus en futuristisch karakter en geniet daardoor veel (media-)aandacht. Het ijsklontje voegt niets toe aan de smaak van een mixdrankje, maar de techniek van het printen van ijs is wel het dichtst bij implementatie.

Het printen van ijs werd al eerder onderzocht door McGill University en de University of Missouri Rolla en wordt gebruikt voor het visualiseren van producten/onderdelen, het maken van ijssculpturen, het maken van siliconen mallen en het verloren-model gieten [32].

Ook het leger maakt in plaats van dure stenen gebruik van ijs als bestrating van wegen in het noorden van Amerika. Met het oog op duurzaamheid wordt ijs daarom steeds vaker gebruikt in civiele en militaire toepassingen [33]. Zo wordt er al gesuggereerd over het opslaan van water/ijs in de winter en deze in de zomer weer te gebruiken voor de besproeiing van bijvoorbeeld akkers. Daar komt bij dat er gebruik zou kunnen worden gemaakt van de energie die vrijkomt bij het smelten van ijs [33].

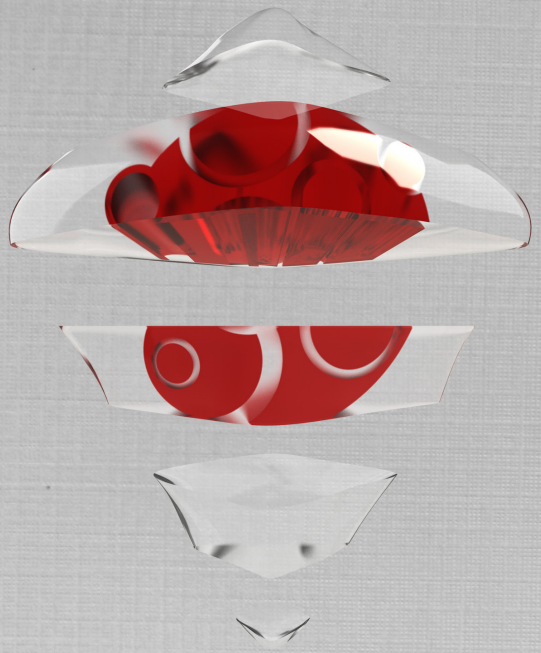
Technische specificatie machines

	McGill University (aangepaste Fab@Home)	***University of Missouri Rolla***
Hoogte per laag	*0,1 – 0,5 mm*	*± 1,85 mm (afhankelijk van snelheid)*
Breedte per laag	*0,8 – 1,5 mm*	*± 0.194 mm (afhankelijk van snelheid)*
Snelheid sproeikop	*0 – 100 mm/s*	*50 – 58,12 mm/s (instelbaar)*
Maximale hoogte	*135 mm*	*200 mm*
Maximale bouwsnelheid	*20 mm hoogte per uur*	*Onbekend*
Diameter nozzle sproeikop	*0,05 – 0,25 mm*	*Onbekend*
Gebruikte bouwmateriaal	*Water (smeltpunt 0 °C)*	*Water (smeltpunt 0 °C)*
Gebruikte ondersteuningsmateriaal	*Kaliumchloride (KCl), 80.2 kg/m³ (smeltpunt -4 °C)*	*Suikeroplossing C6H12O6 – H2O (smeltpunt -5,6 °C)*
Omgevingstemperatuur	*-23 °C*	*-20 °C of lager*

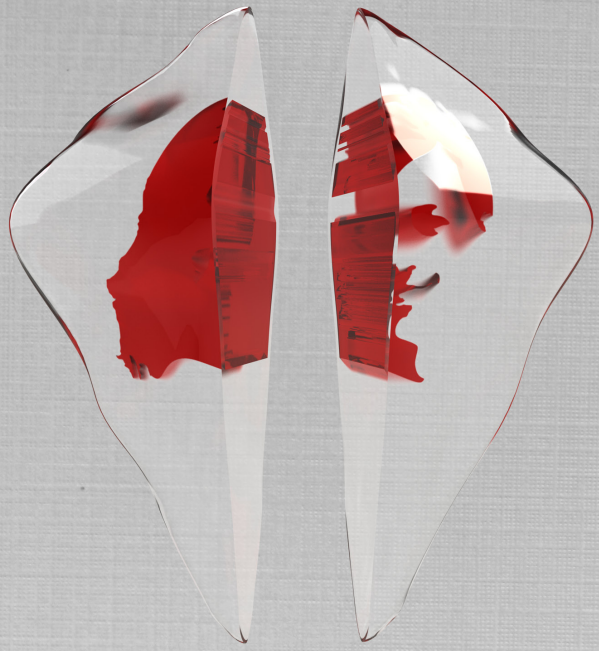
Tabel 4 – Technische specificatie machines van McGill University en University of Missouri Rolla [32][34][35]

Render 1: In context © Foto van l'Arc Paris

Render 2: Heavenly - © Foto van naturewallpaper.tk

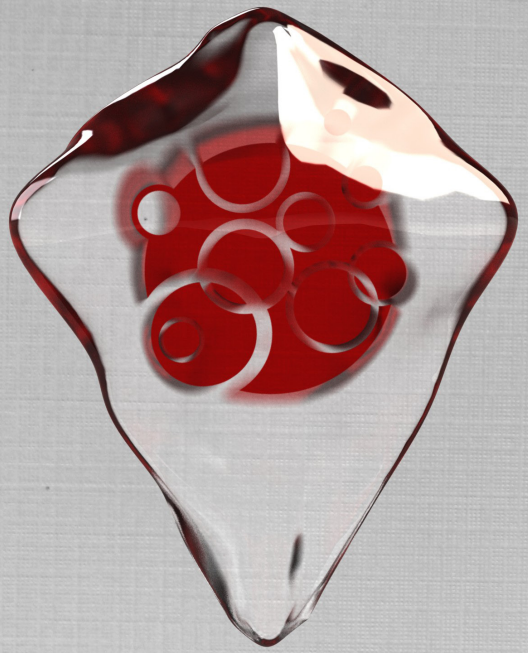


Render 3: Doorsnede horizontaal



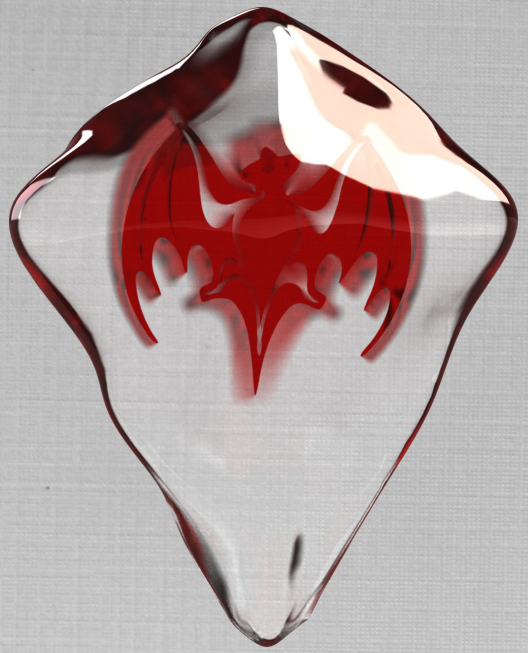
Render 4: Doorsnede verticaal

Render 5: Jägermeister



Render 6: Het Foodatelier

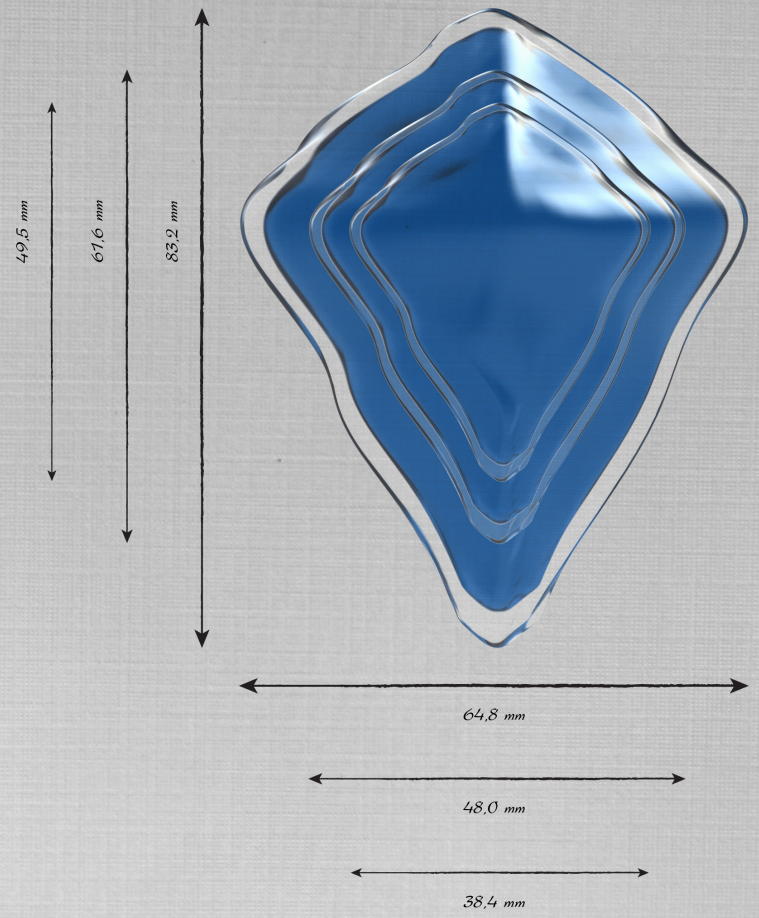
Render 7: Red Bull



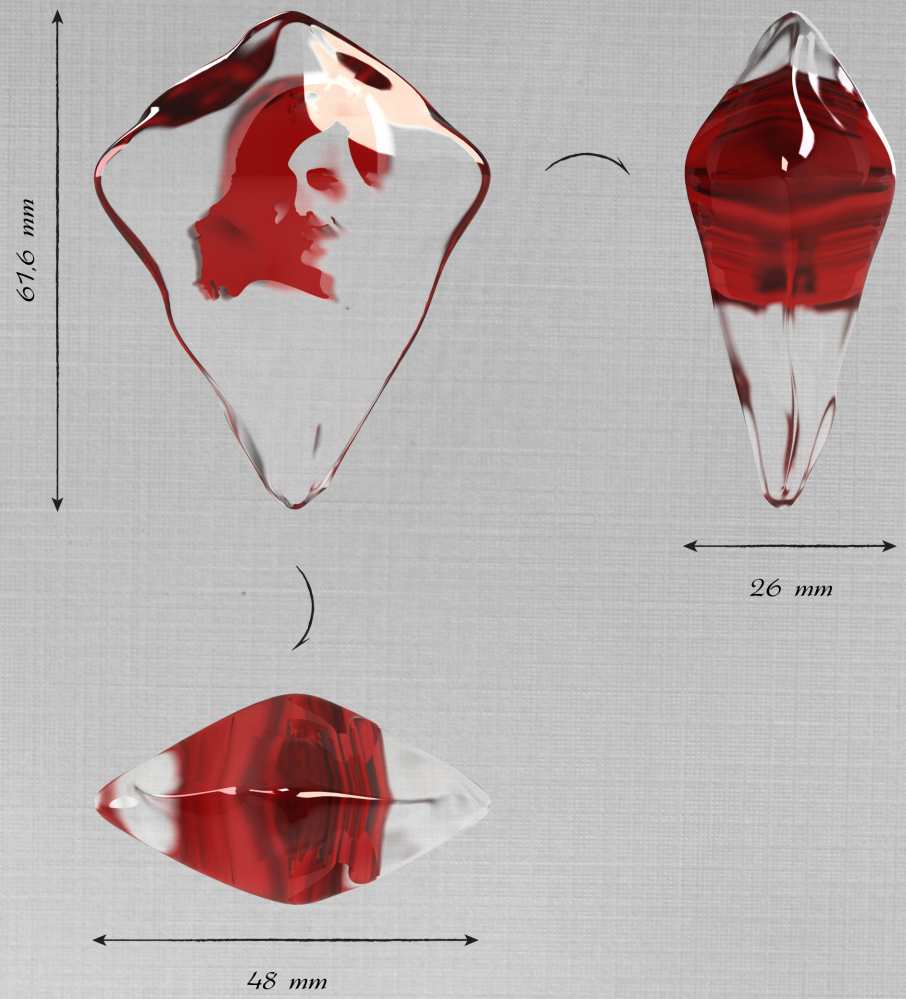
Render 8: Bacardi

Render 9: Functioneel (35 ml)

Render 10: Functioneel met likeur



Render 11: Functioneel op ware grootte



Render 12: Afmetingen consument en commercieel

Render 13: Productiestappen

COMING SOON: 3D **FOOD**PRINTING

Render 14: "Poster"

Render 16: Consument met contour en naam

Render 15: Toepassing met App

Specificaties van de verschillende concepten

* Inhoud shooter/gedistilleerd: 35 ml (inhoud longdrink ± 200 – 400 ml)
* Diameter van een longdrinkglas: 70 – 100 mm

	Hoogte (mm)	Breedte (mm)	Diepte (mm)	Inhoud drank/ likeur (ml)	Inhoud ijs (ml)	Gewicht	Productiesnelheid (bij 20 mm per uur)	Vulling uit één geheel
Consument naam	61,6 mm	48 mm	26 mm	2,3 ml	20 ml	20,0 gram	± 3 uur	Nee
Cosument contour	61,6 mm	48 mm	26 mm	4,5 ml	20 ml	20,0 gram	± 3 uur	Nee
Het Foodatelier	61,6 mm	48 mm	26 mm	5,9 ml	20 ml	20,0 gram	± 3 uur	Nee
Jägermeister	61,6 mm	48 mm	26 mm	7,2 ml	20 ml	20,0 gram	± 3 uur	Nee
Red Bull	61,6 mm	48 mm	26 mm	2,3 ml	20 ml	20,0 gram	± 3 uur	Ja
Bacardi	61,6 mm	48 mm	26 mm	4,5 ml	20 ml	20,0 gram	± 3 uur	Ja
Functioneel	83,2 mm	64,8 mm	35,1	36,1 ml	49,0 ml	49,0 gram	± 4 uur	Ja
Functioneel ½	61,6 mm	48 mm	26 mm	16,0 ml	20 ml	19,9 gram	± 3 uur	Ja
Functioneel ¼	49,5 mm	38,4 mm	20,8 mm	8,1 ml	10,2 ml	10,2 gram	± 2,5 uur	Ja
Smaakbeleving	83,2 mm	64,8 mm	35,1 mm	31,0 ml	49,0 ml	49,0 gram	± 3,25 uur	Nee

Tabel 5 - Impressie van de technische specificatie van de verschillende concepten

Commerciële aantrekkelijkheid van de 'Ice sensation'

Het ijsklontje is voor verschillende actoren aantrekkelijk; dranleveranciers, horecagelegenheden, de consument en leveranciers en ontwikkelaars van de hardware. Het concept kan worden gebonden aan een drankleverancier, maar kan in principe ook worden gebonden aan horecagelegenheden zelf. Een drankleverancier zou de hardware kunnen financieren onder voorwaarde dat er enkel en alleen van een specifiek merk gebruik wordt gemaakt. Horecagelegenheden zouden de hardware ook zelf kunnen financieren waardoor ze niet gebonden zijn aan een specifiek drankmerk.

Dus dit is de toekomst#foodprinting
- Pascal Jalhay

Voor drankmerken als Bacardi, Jägermeister, Red Bull en Vodka, is het concept vooral aantrekkelijk omdat:

- een toonaangevend en innovatief imago wordt gecreëerd,
- consumenten het concept via Social Media 'sharen' en zo het beeldmerk (logo in het ijsklontje) promoten,
- er een band met de consument kan worden gecreëerd door het printen van gepersonaliseerde ijsklontjes te koppelen aan Social Media,
- nieuwe smaken vanuit een kantoor kunnen worden doorgegeven aan horecagelegenheden die gebruik maken van het printen van een ijsklontje (meerdere cartridges met bijvoorbeeld suiker, smaken als aardbei en banaan, alcohol enzovoort),
- lage (productie-/)materiaalkosten tegenover een (mogelijk) relatief hoge verkoopprijs (prijs-kwaliteitverhouding),
- de verkoop kan worden gestimuleerd door de consument zelf smaken te laten samenstellen.

Voor uitgaansgelegenheden (clubs, discotheken) en restaurants is het concept aantrekkelijk omdat:

- een toonaangevend en innovatief imago wordt gecreëerd (promotie),
- horecagelegenheden klanten kunnen binden door het printen van een ijsklontje te koppelen aan Social Media,
- de omzet kan worden verhoogd doordat er meer klanten worden getrokken (USP en aandachtstrekker),
- lage (productie-/)materiaalkosten tegenover een (mogelijk) relatief hoge verkoopprijs (prijs-kwaliteitverhouding),
- het de algehele beleving tijdens het uitgaan verhoogt.

Voor de consument is het laten printen van een ijsklontje aantrekkelijk omdat:

- een geprint ijsklontje iets nieuws is,
- een “image” kan worden gecreëerd door iets origineels te laten printen en te ‘sharen’ op Social Media,
- de consument in staat is om zelf smaken samen te stellen,
- de consument in staat is om met een speciale App zijn naam door te geven of een foto om te zetten tot een contour,
- het bovendien erg leuk is om je eigen naam, gezicht of logo in een ijsklontje te zien,
- het erg leuk is om te wachten tot het moment een ijsklontje “open breekt” en de grenadine langs de ijsklontjes in een Sex on the Beach naar beneden druipt.

Naast de consumenten, drankmerken en horecagelegenheden hebben ook de ontwikkelaars van de 3D printers/vriezers\koelsystemen en softwareontwikkelaars baat bij de ontwikkeling van het concept.

Prijsindicatie van de 'Ice sensation'

Aangenomen investeringkosten

- De aanschaf van een (commerciële) 3D printer kost eenmalig € 2500,-.
- Het installeren van de 3D printer kost eenmalig € 2000,-.
- Ontwikkelen van een App kost eenmalig € 1200,-.

Aangenomen maandelijkse (28 dagen) vaste lasten

- Horecagelegenheid is 7 dagen open.
- Energiekosten bedragen € 20,- per dag.
- Onderhoud van de printer kost € 100,- per maand.
- Bijhouden promotiemateriaal kost maandelijks 50,- euro.

Aangenomen materiaalkosten

- Water is "kosteloos".
- Er kan gebruik worden gemaakt het bestaande assortiment.

Aangenomen omzet door verkoop van ijsklonten

- Verkoopprijs is € 3,- tot € 5,- per ijsklont.
- Gemiddeld 200 bezoekers per dag waarvan 20% gebruik maakt van het concept.
- Het concept trekt maandelijks 10% extra klanten (promotie via de media, imago, klantenbinding enzovoort).

Aangenomen omzet op jaarbasis

- Eenmalig investering van € 5700,-.
- Maandelijks lasten van € 710,- / jaarlijks € 8520,-.
- Geen extra materiaalkosten.
- Jaarlijks € 97320,60 omzet aan de ijsklontjes.

Totaal

- € 83100,60 winst per jaar.

Scenario van de 'Ice sensation'

Dan zit al de hele dag te wachten tot het eindelijk avond is. Vanavond gaat hij naar de hippe cocktailbar Club X waar hij Elvira eindelijk weer ziet. Dan is al maanden hopeloos verliefd op Elvira maar heeft tot op heden nog geen actie durven ondernemen. Club X heeft sinds afgelopen maandag een nieuwe 3D printer die in staat is om op maat gemaakte ijsklontjes te printen. Via Facebook heeft Dan een App kunnen downloaden waar hij de naam Elvira op heeft kunnen doorgeven. Als het goed is ligt vanavond een ijsklontje voor hem klaar met daarin de naam van Elvira in grenadine. Het kost dan wel € 5,-, maar Dan hoopt met deze originele actie een goede beurt bij haar te maken. Op Facebook stonden al mooie plaatjes van een Sex on the Beach cocktail waar het grenadine bij het smelten van ijsklontje langs het ijs naar de bodem van het glas vloeit.

Eenmaal in Club X heeft Dan het helemaal gemaakt bij Elvira. Ze download meteen de app van de Facebook van Club X en merkt op dat ze ook een ijsklontje kan laten printen met daarin het contour van een gezicht. Ze snelt naar het toilet en maakt een foto van haar gezicht. Het programma zet haar gezicht om tot een contour (zie render 15 en 16) en stuurt het door naar Club X, over een uurtje kan ze hem komen ophalen. Zo rond 11 uur loopt Elvira naar de bar en bestelt haar persoonlijke ijsklontje, hij is wel erg leuk geworden! Ze bestelt meteen een cola en laat het ijsklontje mooi presenteren op een schaaltje. Ze loopt naar Dan en geeft hem een ijsklontje terug: "Lijkt dit je niet lekker?!". Dan wordt helemaal verlegen waarna Elvira hem een kus geeft...

Afbeelding 68 - Foto 3D modellen

Evaluatie van de 'Ice sensation'

Los van de resolutie waarmee kan worden geprint, kan de grootte van de ijsklontjes altijd worden geschaald naar een bijvoorbeeld "praktischer" formaat. Met het gegeven dat de diameter van een longdrinkglas 70 mm tot 100 mm bedraagt, passen alle concepten in een longdrinkglas maar kan het concept 'Functioneel' aan de grote kant zijn. Het schalen van de ijsklontjes zal ook gevolgen hebben voor het contour van de vulling. Zo zal ook de vulling met het ijsklontje worden geschaald wat problemen kan opleveren voor de mogelijke hoeveelheid details met betrekking tot de resolutie.

Zowel de geometrie als de vulling kan worden afgestemd op wensen van bijvoorbeeld de consument. Zo heeft een ijsklontje met daarin het logo van Red Bull minder inhoud dan de vulling van een "funtioneel" ijsklontje. Voor een functioneel ijsklontje zou, wiskundig gezien, een bol de meest efficiënte geometrie zijn.

Met het printen van het ijsklontje zal rekening moeten worden gehouden met de oriëntatie (zie render 13). Zo zal het niet mogelijk zijn om de gepresenteerde geometrie te printen omdat deze simpelweg niet blijft staan. Om het ijsklontje toch te kunnen printen zou kunnen worden gedacht aan een platte achterkant waar het ijsklontje op rust tijdens het printen. Daar komt bij dat met het printen van een "liggend" ijsklontje, de productietijd aanzienlijk korter zal zijn.
Afgaande op een maximaal overhellende hoek van 45° bij FDM, zal ook de geometrie van het ijsklontje moeten worden afgestemd op de maximaal overhellende hoek bij het printen van ijs. Met beide aspecten zal rekening moeten worden gehouden tijdens het ontwerpen van de geometrie. Beide aspecten zullen dus ook invloed hebben op de geometrie van het ijsklontje in de praktijk.

Om de effectiviteit van de productie te verhogen, hoeft niet alleen de productietijd te worden verkort, maar kan er ook worden gedacht aan het tegelijkertijd printen van meerdere ijsklontjes. Zo kan de doorsnede van het eerste ijsklontje worden geprint (die vervolgens met de tijd bevriest), waarna vervolgens de doorsnede van een tweede ijsklont kan worden geprint. Deze cyclus kan worden herhaald waardoor er zo min mogelijk tijd gaat "verloren".

Vanuit een praktisch oogpunt zal de geometrie van de vulling uit één geheel moeten bestaan. Het concept met daarin het logo van Bacardi is een voorbeeld van geometrie uit één deel. Bij een geometrie als Jägermeister zal de drank-extrusiekop in stappen de verschillende holtes moeten opvullen.

Een mogelijk probleem ontstaat na het opvullen van de holte van de vulling. Het "gat" waar de drank wordt geïnjecteerd, zal moeten worden gedicht met ijs. Echter, drank(/alcohol) kan in vloeibare vorm een veel lagere temperatuur aannemen dan water waardoor het water in principe direct zou bevriezen (bij contact met de veel koudere alcohol).

Afbeelding 69 - Foto 3D modellen

3D foodprinting

http://facebook.com/3dfoodprinting

Google

facebook

Search

3D foodprinting | Startpagina

FOOD ATELIER

Nu
Maart
Februari
2010
2000
1990
1980
1970
1960
1950
1940
1930
1920

3D foodprinting

Informatie bijwerken | Activiteitlogboek

3D foodprinting
Door grondstoffen bij RM te vervangen door een eetbare voedingsstof als chocola, kan er een eetbaar object worden geprint; 3D foodprinting.

835

3D foodprinting | Foto's 23 | Vind ik leuk 23 | Vrienden 23 | Notities 23

3D foodprinting
13 juni in de buurt van Enschede

Wil jij je naam in een ijsklontje? Laat het hier weten!

Vind ik leuk · Reageren

3D foodprinting
13 juni in de buurt van Enschede

Heb jij een unieke smaak ontdekt? Laat het hier weten en maak kans op een gratis avond uitgaan met 100 vrienden!

Vind ik leuk · Reageren

MacBook Pro

Render 17: Facebook - © Vector afbeelding van belia190 (vecteezy.com)

Conclusie

Rapid Manufacturing kent verschillende technieken voor hetzelfde principe; het laagsgewijs opbouwen van objecten. In vergelijking met conventionele methoden biedt 3D printen zoveel voordelen (het komen tot complexe geometrieën, uiterste nauwkeurigheid in het plaatsen en doseren van materialen, groeiende aanbod van materialen, kostenefficiëntie, logistieke gevolgen en het inspelen op personalisering) dat het niet alleen aantrekkelijk is voor de commerciële sector, maar ook in toenemende mate voor de particuliere consument. Zo ontstaan er door het nieuwe productieproces nieuwe toepassingen, nieuwe producten en zelfs hele nieuwe markten (Shapeways).

RM wordt steeds aantrekkelijker maar kent vooralsnog een aantal problemen die afhankelijk zijn van onder andere de setting en de functie van een product. Zo is voor een grootschalige thuistoepassing de hardware nog te duur, kent de benodigde software nog de nodige barrières (het vertalen van een fantasievorm naar een virtueel model), is er een "beperkte" keuze uit materialen en ontstaan er mogelijk neveneffecten als hacking. Desalniettemin is de verwachting dat deze problemen in de nabije of verre toekomst zullen worden opgelost.

3D foodprinting is een nieuwe toepassing van RM en kent eveneens (mogelijke) voordelen en bovendien nadelen. De (toekomstige) voordelen zijn veelbelovend en genieten veel media-aandacht, maar vanwege de nadelen is 3D foodprinting vooralsnog niet commercieel aantrekkelijk; 3D foodprinting staat vooralsnog in de kinderschoenen. Verwacht wordt dat de nadelen van 3D foodprinting (de prijs van de hardware, toepasbaarheid en toepasbare voedingsstoffen enzovoort) in de toekomst zullen worden opgelost. Het onderzoek doen of ontwikkelen van nieuwe technieken en toepassingen die de problemen oplossen, kunnen op de dag van vandaag dan ook worden gezien als commerciële kansen.

Op het Internet verschijnen veel interessante concepten en prototypes die variëren van visueel aantrekkelijke maar (vooralsnog) onrealistische concepten, tot visueel onaantrekkelijke maar realistische producten. Op het gebied van RM verschijnen er voor de particuliere consument steeds aantrekkelijkere printers (qua prijs-kwaliteitverhouding) en toepassingen. Echter, op het gebied van 3D foodprinting blijft het aanbod van 3D foodprinters nog beperkt tot aangepaste 3D printers als bijvoorbeeld de Fab@Home die naast grondstoffen ook voedingsstoffen kan printen. Voor de commerciële sector liggen er kansen in bijvoorbeeld het verhogen van de printsnelheid, het ontwikkelen van een 3D printer die geschikt is voor een bepaalde omgeving maar ook in het ontwikkelen van cartridges, gebruiksvriendelijke software, Apps enzovoort.

De uiteindelijke concepten zijn voorbeelden van (utopische) toepassingen waar onderzoek naar gedaan zou kunnen worden. De verschillende concepten zijn toepassingen van bestaande technieken en bieden verschillende kansen en mogelijkheden voor verschillende sectoren en actoren.

Ook het eindconcept is een nieuwe toepassing van een bestaande techniek; het printen van ijs. Een geprint ijsklontje is niet alleen commercieel aantrekkelijk voor drankmerken (imago, promotie, verkoop enzovoort), maar is ook aantrekkelijk voor de horeca (aandachtstrekker, materiaalkosten tegenover de kostprijs enzovoort) en de consument (personalisering, imago enzovoort). Daarnaast maakt de toepassing gebruik van de unieke mogelijkheid van 3D printen om laagsgewijs tot complexe geometrieën te komen. Los van het feit dat McGill University al lange tijd onderzoek heeft gedaan naar het printen van ijs, zal er voor het printen van een ijsklontje nog onderzoek moeten worden gedaan naar de specifieke toepassing (techniek, commercie, software enzovoort).

Aanbevelingen

Het breedteonderzoek is een uiteenzetting van de huidige stand van zaken van Rapid Manufacturing en 3D foodprinting. Doel van het gehele onderzoek was om uiteindelijk tot een visueel aantrekkelijk en onderbouwd concept te komen. Op de technische uitwerking van het concept zal in dit verslag nog niet uitgebreid worden ingegaan. Om een beeld te geven van de nodige aandachtspunten, zullen in dit hoofdstuk de aanbevelingen van het onderzoek en de technische aspecten van het eindconcept worden besproken.

Onderzoek

Zoals al eerder naar voren kwam, wordt er wereldwijd veel onderzoek gedaan naar RM en 3D foodprinting. Beide genieten steeds meer aandacht en interesse waardoor steeds meer mensen zich met alle verschillende toepassingen van RM en 3D foodprinting gaan bezig houden (Shapeways, Origo, Burritobot enzovoort).

Om op de hoogte te blijven, zullen alle ontwikkelingen rondom RM nauwlettend in de gaten moeten worden gehouden. Hierbij gaat het niet alleen om technische ontwikkelingen, maar ook zeker om nieuwe toepassingen van RM (Shapeways, Freedom of Creation, thuisprinters, software enzovoort). Op het Internet verschijnen wekelijks tot maandelijks nieuwe ontwikkelingen en toepassingen waardoor de beschreven actoren op het gebied van 3D foodprinting na het publiceren van dit verslag al zijn “verouderd”. Daar komt bij dat met deze ontwikkelingen eerder genoemde barrières worden opgelost (software, prijs van de hardware, toe te passen materialen enzovoort).

Concept

Zoals eerder gesteld zijn de bijgevoegde visuele weergaven een utopische voorstelling van de werkelijkheid. Om het concept in de toekomst te realiseren en commercieel toepasbaar te maken, zal er nog onderzoek moeten worden gedaan naar zowel de technische als commerciële aspecten van zowel het concept als een 3D ijsprinter.

Zoals in de evaluatie van het concept al werd genoemd, zal er onderzoek moeten worden gedaan naar de maximale overhellingshoek bij het printen van ijs, de resolutie bij het printen van ijs en de oriëntatie van het ijsklontje tijdens het printen. Afhankelijk van de resolutie, overhellingshoek, productiesnelheid en de noodzakelijke oriëntatie, kan een universele vorm of een template worden ontworpen die aan al deze eisen zal voldoen.

Met het vaststellen van deze gegevens en een eventuele template, zal software moeten worden ontworpen die de 3D ijsprinter kan aansturen. De kennis voor deze software is beschikbaar, maar zal nog moeten worden herschreven.

Gekeken naar de aanbevelingen van de voorgestelde toepassing (het doorsturen van een naam of contour via een App), zal een App/software moeten worden geschreven die geschikt is voor de consument, en tevens zal aansluiten op de software van de printer. De voorgestelde software bestaat al en zal dus alleen nog moeten worden geschreven.

Vanuit een commercieel oogpunt zal er een businessplan moeten worden geschreven om te verzekeren dat de implementatie van de toepassing naar wens verloopt. Naast dit businessplan zal er van te voren eerst onderzoek moeten worden naar de commerciële kansen en eisen van de verschillende actoren.

Onder de commerciële kansen vallen ook de technische mogelijkheden en onmogelijkheden van de 3D ijsprinter. Zo zal er onderzoek moeten worden gedaan naar de (gewenste) productiesnelheid, de prijs, de vormgeving van de 3D ijsprinter enzovoort. In het vervolgonderzoek zal dieper worden ingegaan op alle technische aspecten.

Referentielijst

[1] NU.nl (2012). *3D-geprinte onderkaak voor hoogbejaarde vrouw.* Geraadpleegd op 23 mei 2012, van http://www.nu.nl/binnenland/2730717/3d-geprinte-onderkaak-hoogbejaarde-vrouw.html

[2] NOS (2012). *3D printen met The Pirate Bay.* Geraadpleegd op 23 mei 2012, van http://nos.nl/op3/artikel/333638-3d-printen-met-the-pirate-bay.html

[3] Telegraaf (2011). *Een croissantje uit de printer.* Geraadpleegd op 23 mei 2012, van http://www.telegraaf.nl/vrouw/eten _ drinken/11074944/ _ _ Een _ croissantje _ uit _ de _ printer _ _ .html

[4] Kemps, D., & Davidse, W. (2012). *Hype, Haarlemmerolie of waardecreatie?* (p. 5). Verkregen op 17 mei 2012, via http://www.abnamro.nl/nl/zakelijk/sectoren/industrie/introductie.html

[5] Chandler, D. L. (2011). *Printing off the paper.* Geraadpleegd op 18 april 2012, van http://web.mit.edu/newsoffice/2011/3d-printing-0914.html

[6] Z Corporation (2005). *Z Corporation 3D Printing Technology.* Rock Hill, South Carolina, Verenigde Staten

[7] Agarwala, M., Bourell, D., Beaman, J., Marcus, H., & Barlow, J. (1995). *Direct selective laser sintering of metals.* Rapid Prototyping Journal (Vol. 1, Iss: 1, p. 26-36).

[8] Nederlandse Orde van Uitvinders (z.j.). *Prototyping kennisbank: methoden.* Geraadpleegd op 17 april 2012, van http://www.novu.nl/site/Innovatieproces/Prototyping/Prototypingkennisbank/Methoden/tabid/88/Default.aspx

[9] Kumar, S. (2003). Selective laser sintering: A qualitative and objective approach. In Kumar, S. (Ed.), *JOM Journal of the Minerals, Metals and Materials Society* (10th ed., Vol. 55, p. 43-47). DOI: 10.1007/s11837-003-0175-y

[10] Symbio6 (z.j.). *Rapid Manufacturing.* Geraadpleegd op 17 april 2012, van http://www.3dprinter.nu/rapid _ manufacturing.php

REFERENTIELIJST

[11] Fotopolymeer. (z.j.). In *Encyclo Online Encyclopedie*. Geraadpleegd op 17 april 2012, van http://www.encyclo.nl/begrip/Fotopolymeer

[12] Kayser, M. (2011). *Solar Sinter*. Geraadpleegd op 25 april 2012, van http://www.markuskayser.com/

[13] TNO (2011). *Rapid Shape® brengt TNO's nieuwe 3D-printer op markt*. Geraadpleegd op 26 april 2012, van http://www.tno.nl/content.cfm?context=overtno&content=persbericht&laag1=37&item _ id=201104260022

[14] Europa Nu (z.j.). *Internetpiraterij: een probleem of een zegen?* Geraadpleegd op 26 april 2012, van http://www.europa-nu.nl/id/vi0diy20vwdg/internetpiraterij _ een _ probleem _ of _ een

[15] Cohen, D. L., Lipton, J. I., Cutler, M., Coulter, D., Vesco, A., & Lipson, H. (2009). *Hydrocolloid Printing: A Novel Platform for Customized Food Production*. Cornell University, Ithaca, New York, Verenigde Staten

[16] Periard, D., Schaal, N., Schaal, M., Malone, E., & Lipson, H. (2007). *Printing food*. Cornell University, Ithaca, New York, Verenigde Staten

[17] Lipton, J. et al (2009). *Multi-material food printing with complex internal structure suitable for conventional post-processing*. Cornell University, Ithaca, New York, Verenigde Staten

[18] Funami, T. (2010). *Next target for food hydrocolloid studies: Texture design of foods using hydrocolloid technology*. Toyonaka, Osaka, Japan

[19] Dispersie. (2012). In *Wikipedia*. Geraadpleegd op 11 mei 2012, van http://nl.wikipedia.org/wiki/Dispersie _ (mengsel)

[20] Colloïde. (2012). In *Wikipedia*. Geraadpleegd op 11 mei 2012, van http://nl.wikipedia.org/wiki/Colloïde

[21] Duikelman (2011). *Sous-vide*.
Geraadpleegd op 11 mei 2012, van
http://www.sousvidekoken.nl/

[22] Coelho, M. (z.j.). *Cornucopia: Prototypes and concept designs for a digital gastronomy*.
Geraadpleegd op 5 april 2012, van
http://web.media.mit.edu/~marcelo/cornucopia/

[23] Electrolux (2010). *Electrolux Design Lab at Barcelona Design Hub*.
Geraadpleegd op 5 april 2012, van
http://www.electroluxdesignlab.com/2010/07/electrolux-design-lab-in-barcelona-design-hub-exhibition/#more-2055

[24] Fab@Home (z.j.). *Fab@Home, the open-source personal fabricator project*.
Geraadpleegd op 5 april 2012, van
http://www.fabathome.org/?q=node/1

[25] University of Exeter (z.j.). *College of Engineering, Mathematics and Physical Sciences: Dr Liang Hao*.
Geraadpleegd op 6 april 2012, van
http://emps.exeter.ac.uk/staff/lh244/

[26] Zagema, B. (2003). Het landbouwbeleid is een etnische zuivering.
In Zagema, B. (Ed.), *Casino Mexico: Winnaars en verliezers van de globalisering*.
Geraadpleegd op 29 maart 2012, van
http://www.noticias.nl/casino-mexico-winaars-en-verliezers-van-de-globalisering

[27] What is CandyFab. (2009). In *Wikipedia*.
Geraadpleegd op 4 juni 2012, van
http://wiki.candyfab.org/What _ Is _ CandyFab

[28] Philips (2008). *Design futures: food*.
Geraadpleegd op 6 april 2012, van
http://www.design.philips.com/philips/sites/philipsdesign/about/design/designportfolio/design _ futures/design _ probes/projects/food.page

[29] TNO (2011). *Nieuwe procestechnieken*.
Geraadpleegd op 6 april 2012, van
http://www.tno.nl/content.cfm?context=thema&content=prop _ case&laag1=891&laag2=903&laag3=72&item _ id=1255

[30] Origo (2012). *What is Origo?*
Geraadpleegd op 21 juni 2012, van
http://www.origo3dprinting.com/what-is-origo/

REFERENTIELIJST

[31] Chua, C. K. et al (2003). *Rapid Prototyping, Principles and Applications* (Second Edition), Singapore

[32] Bryant, F. D., & Leu, M. C. (2004). *Study on incorporating support material in Rapid Freeze Prototyping*. Department of Mechanical and Aerospace Engineering University of Missouri-Rolla, Rolla, Verenigde Staten

[33] Mc Gill (z.j.). *New Architecture of Phase Change: Computer-Assisted Ice Construction*.
Geraadpleegd op 12 juni 2012, van
http://www.arch.mcgill.ca/prof/sijpkes/ice/

[34] Sijpkes, P. et al (2009). *The architecture of phase change at McGill*. McGill University, Montreal, Quebec, Canada

[35] Barnett, E. et al (2004). *Robot-Assisted Rapid Prototyping for Ice Structures*. McGill University, Montreal, Quebec, Canada

Bijlagen

Bijlage 1: Samenvatting workshop 3D foodprinting

Your meal is just a mouse click away! Het zit er aan te komen; 3D foodprinting. Een opkomende techniek waar verschillende bedrijven, Universiteiten en kunstenaars zich de laatste maanden volop mee bezig houden. 3D foodprinting is hot!

Om verschillende Nederlandse bedrijven kennis te laten maken met 3D foodprinting organiseerde Het Foodatelier samen met de Universiteit Twente voor verschillende sectoren een workshop over 3D foodprinting. Doel van de workshop was de genodigden te inspireren over de mogelijkheden van 3D foodprinting.
Het Foodatelier doet samen met de Universiteit Twente onderzoek naar de commerciële kansen en mogelijke toepassingen van 3D foodprinting. Wat gaat deze ontwikkeling voor u betekenen?

Het ochtendprogramma begon in het Virtual Reality Lab van de Universiteit Twente. Het doel van de ochtend was de deelnemers kennis te laten maken met de nieuwste en opkomende technieken in het VR-Lab (o.a. Interactieve Wand, Budweiser hologram en Haptics), reeds bestaande technieken van 3D printen (Fused Deposition Modelling, Stereolithography & Selective Laser Sintering) en de huidige ontwikkelingen op het gebied van 3D foodprinting.

Het middagprogramma vond plaats op Het Foodatelier en stond in het teken van een demonstratie van de 3D foodprinter met een aansluitende brainstorm over mogelijke toepassingen van 3D foodprinting in de toekomst. Het doel van de brainstorm was de deelnemers laten nadenken over wat 3D foodprinting voor hun sector kan betekenen. Ons doel was geinspireerd raken en het vervolgonderzoek een duidelijke richting te geven.

Als bijlage heb ik voor u een overzicht toegevoegd over respectievelijk de ideeen-, voordelen-, commerciële voordelen- en barrieres van 3D foodprinting. Om de gehele presentatie thuis nog eens terug te kijken heb ik voor u een aangepaste presentatie gemaakt met daarin alle gepresenteerde elementen (incl. interessante toepassingen van bijvoorbeeld 3D modellen vervaardigt uit foto's).

Over een aantal maanden stuur ik u het eindverslag op waarin de precieze werking van 3D (food)printing, mogelijkheden met grondstoffen, overzicht van de actoren, de smaakbeleving van voedsel en natuurlijk het eindresultaat zal worden beschreven.

Voor nu, bedankt voor uw belangstelling, tijd en inbreng en wellicht tot snel!

Met vriendelijke groet,
Jorn van Manen
Het Foodatelier & Universiteit Twente

Bijlage workshop

* De genoemde punten zijn enkel en alleen de resultaten van de workshop.

Ideeen 3D foodprinting

Het printen van sushi.
Je eigen gezicht (via de "3D foto techniek") op een broodje laten printen bij de bakker.
Groente aantrekkelijker maken voor bijvoorbeeld kinderen.
Inspelen op actualiteit door taarten te printen als FC Twente kampioen word.
Modellen van Social Media downloaden en uitprinten.
Printen met aardappelpuree.
Een gerecht vanaf je werk of vanuit het buitenland printen voor de mensen thuis.
Een goal printen van bijvoorbeeld pasta om in te spelen op het EK.
Powerfood voor in bijvoorbeeld ziekenhuizen zodat patienten met een klein hapje alle benodigde vitamenen binnen krijgen.
De koppeling tussen hoeveelheid en energie doorbreken (sport en ziekenhuizen).
Gerechten die van binnen vloeibaar zijn en van buiten krokant (crouton met soep aan de binnenkant).
Een geprinte ijsklont met smaak die oplost in/smelt tot thee.
Een unieke, geprinte theelepel die oplost in thee.
Het combineren van eetbare en niet eetbare grondstoffen (gehele chocoladerepen printen).
Een lolly voor kinderen waar speelgoed in overblijft.
Het printen van eten met daarin medicijnen.
"Cartridges" met B- en C-groenten.
Appeltaart in de vorm van een appel.
Een bestelling met "Wil je met me trouwen?" op je bord laten printen in een restaurant.

Voordelen 3D foodprinting

Snelheid en de mogelijkheid tot anticiperen op plotselinge omstandigheden.
Vrijheid in het ontwerpen van geometrieen.
Mogelijkheid tot klantgericht ontwerpen.
Personalisering/op maat gemaakt gerechten.
De klantbetrokkenheid zodra mensen worden betrokken in persoonlijke gerechten.
Mogelijkheid tot het snel maken van unieke mallen en prototypes.

Commerciele voordelen 3D foodprinting

De innovatieve techniek zorgt voor een imago als trendsetter en voorloper.
Onderscheidend ten opzichte van andere bedrijven.
Consumentenbinder/beleving (horeca).

Barrieres

De snelheid waarmee gerechten geprint kunnen worden.
De textuur van geprint voedsel omdat het eerst moeten worden geblend.
Het begrijpen van de software (nog geen 'plug and play').
Het nabewerken van bijvoorbeeld brood (aangepast recept nodig).
Acceptatie van geprint voedsel door de consument.
De versheid van voedsel zodra het geprint wordt.

Overige

Bederfelijkheid oplossen (plaats en het moment zijn geen beperkende factor meer).
Kostenefficient (prototype printen voor de klant en afval gebruiken).
Het plezierelement toevoegen (vorm en smaak omwisselen).
Onaantrekkelijke maar noodzakelijke producten laagdrempeliger en aantrekkelijker maken (medicijnen en groenten voor kinderen).

Bijlage 2: Artikel Culinaire Saisonnier over 3D foodprinting

Geen science fiction meer

Het staat ons nog helder voor de geest hoe we een paar maanden geleden een persbericht kregen over een prototype printer waarmee je zelf eten zou kunnen printen. We namen het bericht niet serieus en verwezen het naar de science fiction map. Nu, een paar jaar later, is het allang geen toekomstmuziek meer. Zelfs zullen we binnenkort in onze eigen keuken eetbaar printen.

Om alles over deze ingewikkelde materie te leren, slaan we onze tenten op in de Enschedese wijk Roombeek waar het prachtige industriële kantoor, het atelier en de keuken van Food Atelier zijn gevestigd. We kunnen ons in geen beter gezelschap wanen want chef, wetenschapper en designer zitten klaar om ons door middel van video's, animaties, wetenschappelijke termen en gelukkig ook via de praktijk alles over het eetbaar printen te leren. Voordat we gaan printen, zullen we in het kort schetsen wat het Food Atelier doet. Mede-eigenaar Niels Lammersen barst los: *"Wij zijn architecten in food die werken volgens drie speerpunten: aantrekkelijkheid, doordachtzaamheid en bruikbaarheid. Vanuit een nieuw idee realiseren we groei."* Het is voor ons nog een beetje abracadabra, dus vervolgt Niels zijn verhaal. *"We zijn er voor iedereen die op een of andere manier met eten te maken heeft en helpen om een product goed in de markt te zetten of juist een nieuw product te ontwikkelen. Het is echt niet alleen de grote industrieel waar we voor werken. We hebben bijvoorbeeld de Urker vissers geholpen om de consument weer aan het scholletje te krijgen of samen met een aantal boeren gekeken hoe hun prachtige paarse wortel in de markt kan worden gezet. We ontfermen ons dan over iedere stap die gezet moet worden. Onze kracht schuilt in het feit dat we denken vanuit de consument en wat deze wil."* Een andere kracht, zo merken we al gauw, is dat we hier te maken hebben met gepassioneerde vakmensen. Neem de gedroogde hammen. Een verloren ruimte hebben de architecten gebruikt om de huisgepekelde verse Livar hammen een jaar te drogen te hangen. De eerste resultaten zijn waanzinnig. Op deze nieuwsgierige manier is ook het foodprinten hier binnen komen waaien. *"Er wordt al jaren geëxperimenteerd met deze materie, de printers worden steeds professioneler en de mogelijkheden groeien met de dag. Het viel ons echter op dat er te veel gekeken werd naar de techniek en veel minder naar de toepassingen. Daar springen wij graag op in. Het is op dit moment nog steeds meer hobbymatig en om kennis en ervaring op te doen dan dat het al overal toegepast wordt, dat zal echter heel snel gaan veranderen."*

Alles is mogelijk

We zijn vandaag in goed gezelschap, want naast Niels met zijn koksachtergrond zitten twee vakmensen die de materie van het 3D printen als geen ander begrijpen. Bart Oude Luttikhuis werkt inmiddels als designer bij Porsche en is degene die de techniek als geen ander onder de knie heeft. Jorn van Manen is student industrieel ontwerpen en doet onderzoek naar de mogelijkheden en toepassingen van het eetbaar 3D printen. Niels: *"De ontwikkelingen op het gebied van 3D-printen zijn enorm en met name op het gebied van kunststof zijn er veel mogelijkheden. Wat je helaas bijna alleen maar ziet, is dat men kijkt naar de techniek, maar niet naar de uiteindelijke toepassing. Dat is waar wij als Foodatelier inspringen. In de Verenigde Staten kun je al voor een prikkie een printer kopen waarmee je zelf met kunststof kleine gebruiksvoorwerpen kunt printen. Vrijwel iedere vorm die je in je hoofd hebt, valt te printen. Je zit niet meer met mallen waaruit een vorm gelost hoeft te worden, zelfs bewegende delen in bijvoorbeeld een fluitje of een tang worden direct meegeprint."* Er zijn diverse technieken om in meerdere dimensies te printen. We zullen niet te diep en te technisch gaan, maar slechts enkele mogelijkheden aangeven. De allereerste techniek is die waarbij de bewegende cartridge, die is gevuld met vloeibaar kunststof, over een oppervlakte beweegt en zo laagje voor laagje iets opbouwt. Op deze manier kunnen al producten worden geprint van zo'n vier meter hoog, maar ook weer extreem klein en niet eens met het blote oog waarneembaar. Een andere techniek is die waarbij poeder als het ware laagje voor laagje aan elkaar wordt gelast. Daarbij lijkt het alsof je een grote zandbak hebt, zelfs na het printen. Het "zand" is namelijk de ondersteuning van bijvoorbeeld de bewegende delen. Na het printen neem je je voorwerp weg en valt het losse poeder, dat niet is vastgelast, er gewoon tussenuit. Op deze manier is bijvoorbeeld eenvoudig een tang te printen. Dat klinkt misschien nog wat verwarrend, dat zou het ook zijn geweest als we twintig jaar geleden over internet en e-mail hadden geschreven. Maar hoe zorg ik nu dat er zo'n tangetje uit de printer rolt? Voor degenen die heel goed met 3D-tekenprogramma's overweg kunnen, die gaan zelf aan de slag. Voor anderen is het in feite nog simpeler, je downloadt van het internet als het ware het bestandje "Tang" en de rest gaat vanzelf.

Brosreep

Zonder dat we het beseffen, zijn er al etenswaren die voor een deel geprint worden, bijvoorbeeld de roze laag op de beroemde glacékoeken. Of wat dacht je van een print op bepaalde taarten of broodjes. Dat is de meeste gevallen weliswaar nog twee dimensionaal, de volgende stap is zó gemaakt. *"Veel mensen denken dat eetbaar 3D-printen alleen maar mogelijk is met chocolade, dat is niet zo. Het kan met alles wat je vloeibaar kunt maken en wat vervolgens weer stolt. Of iets dat verwerkt wordt tot poeder en aan elkaar wordt gelast. Ik kwam al suikerklontjes tegen in de meest vreemde vormen, die zijn gemaakt volgens de poedertechniek. Chocolade is wel het gemakkelijkste ingrediënt om mee te testen en dat kun je nu al doen in je eigen keuken. Door het lage smelt- en stollingspunt werkt het vrijwel als kunststof."* Met de printer die door Bart is omgebouwd tot eetbare printer kunnen al voorwerpen van enkele centimeters hoog worden geprint. Om het wat duidelijker te maken, downloaden we een letter F die direct in laagjes gespoten wordt met gesmolten pure chocolade. *"Natuurlijk kun je deze letter ook maken zonder de techniek, maar of het je ook zo nauwkeurig lukt is een tweede. Denk eens een stapje verder en probeer je voor te stellen dat we een tweede cartridge hebben met bijvoorbeeld een vloeibare ganache. Op die manier zou je bonbons kunnen spuiten met ontelbaar veel kamers en allemaal gevuld… Dat lukt je met geen enkele bonbonvorm. Of neem de populaire brosreep, die we allemaal willen maken, met de 3D-techniek print je deze eenvoudig en bepaal je zelfs waar welk luchtkamertje komt en hoe groot deze wordt."* In principe kunnen er zoveel cartridges als je wilt met even zoveel grondstoffen op de printer worden aangesloten en zou je in theorie de gast een dessert kunnen laten downloaden en deze zelf aan tafel laten printen. *"Er zijn nu al partijen die zeggen dat we binnen een aantal jaren een chip in onze arm laten inbouwen die bij de supermarkt kan worden uitgelezen. Je weet dan exact wat je aan voedingstoffen nodig hebt, waarna je de benodigde cartidges aanschaft om thuis je pilletje met je volledige maaltijd af te printen. Het lijkt nog science fiction, maar dat was een smartphone enkele jaren geleden ook nog."*

Pas het begin

Bovenstaand voorbeeld zal de rechtgeaarde gastronoom natuurlijk niet aanspreken, maar zie het eens anders. Kinderen die geen groenten lusten, kunnen door pure (licht gebonden) groentesappen aantrekkelijk af te printen ineens wel verleid worden tot het eten ervan. En kunnen we het voor mensen die veel medicijnen nodig hebben niet veel aantrekkelijker maken? Maar even terug naar het werken met chocolade, wat denk je van showstukken? Dure mallen zijn straks niet meer nodig, want de vorm die je in het hoofd hebt, is in theorie te printen. Heeft het dan alleen maar voordelen en is alles nu al mogelijk? *"Nee, er zitten nog heel wat haken en ogen aan op dit moment. Ten eerste is de hardware nog redelijk kostbaar en moet je echt verstand van de materie hebben om iets fatsoenlijk af te printen. Het is gelukkig een zogenaamd open-source project waarbij wetenschappers samen proberen om verder te komen. Het moet allemaal nog hufterproof en gebruiksvriendelijker gaan worden en bovendien dient geprint eten wel eerst geaccepteerd te worden. Maar ook het feit dat een grondstof eerst gemalen of gesmolten moet worden en vervolgens weer opstijven, dat zijn allemaal punten waar nog aan gewerkt moet worden. Ik denk echter dat het heel snel zal gaan. Doordat je in laagjes werkt die tussendoor moeten opstijven, duurt het op dit moment nog vrij lang om een voorwerp af te printen. Ook daar worden oplossingen voor gezocht, denk maar eens aan de chocolade. Als die wordt gespoten op een koud oppervlak is het meteen gestold."* Met die gedachte kun je ook andersom denken. Neem een hete ondergrond en print er losgeklopte eieren op, dan heb je direct een omelet die in iedere vorm te printen valt. Ja, zelfs ijssculpturen of ijsbokjes waarin een bedrijfslogo zijn geprint, behoren tot de mogelijkheden. Jorn somt nog veel meer mogelijkheden en gedachten op, het begint ons bijna te tollen en we raken steeds enthousiaster: *"Je kunt direct inspelen op de actualiteit en hoeft niets voor te bereiden, dus pas als je team écht kampioen is, begin je met het printen van de bonbons. Zelfs als je niet thuis bent, kun je gerechten voor je gezin koken door de printopdracht door te sturen. Het combineren van eetbare en niet eetbare grondstoffen, dus de chocoladereep inclusief de verpakking printen. Dat kan ook een geprint speelgoedje zijn waaromheen een lolly wordt geprint. Geprint bestek dat je opeet na de maaltijd of een uniek theelepeltje dat oplost in een hete drank.*

Gerechten printen die van binnen vloeibaar zijn en van buiten krokant of andersom. Zo kan ik nog uren doorgaan." Volledig dolgedraaid proberen we met alle macht om de materie te begrijpen en hoe langer we nadenken, hoe enthousiaster we worden. Niels: *"Het gaat ons echt niet alleen om de gimmick, we zijn juist op zoek naar de bruikbare toepassingen. Ik begrijp heel goed dat veel mensen nu nog alleen maar beren op de weg zien, dat is wel jammer. Je moet openstaan voor wat er komen gaat. Geloof mij, er komt een tijd dat we via internet geen fysieke producten meer kopen, maar juist een bestandje kopen om zelf thuis het product af te printen. Moet je je voorstellen wat voor een positieve invloed dat gaat hebben op het milieu. Onmogelijk? In 1911 zei men ook dat vliegtuigen nooit enige militaire waarde zouden krijgen, enkele jaren later zouden ze volledig onmisbaar blijken te zijn."* Wie nog meer over de materie wil leren of het na dit artikel nog niet helemaal duidelijk is, verwijzen we graag nar YouTube. Er zal een wereld voor u opengaan.

www.hetfoodatelier.nl