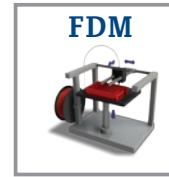


Printen in de *derde* dimensie

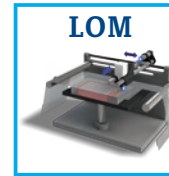


LECTORAAT KUNSTSTOFTECHNOLOGIE

Masja Mooij



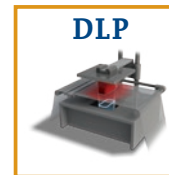
Fused Deposition Modeling



Layered Object Manufacturing



Inktjet



Digital Light Processing



Polyjet



Selective Laser Sintering



Stereo Lithography



COLOFON

Printen in de derde dimensie

Technieken en toepassingen binnen het MKB

Auteur

Masja Mooij

Redactie

Alexander Jansen

Niels Boks

Fotografie

Herman van der Wal

Illustraties

Paul Dijkstra

ISBN/EAN: 978-90-77901-58-8

Dit is een uitgave van Christelijke Hogeschool Windesheim

Postbus 10090, 8000 GB Zwolle, Nederland

Niets van deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt
worden zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Maart 2014

TECHNIEKEN EN TOEPASSINGEN BINNEN HET MKB

Printen in de *derde* dimensie

LECTORAAT KUNSTSTOFTECHNOLOGIE

Masja Mooij

Windesheim 





Voorwoord

3

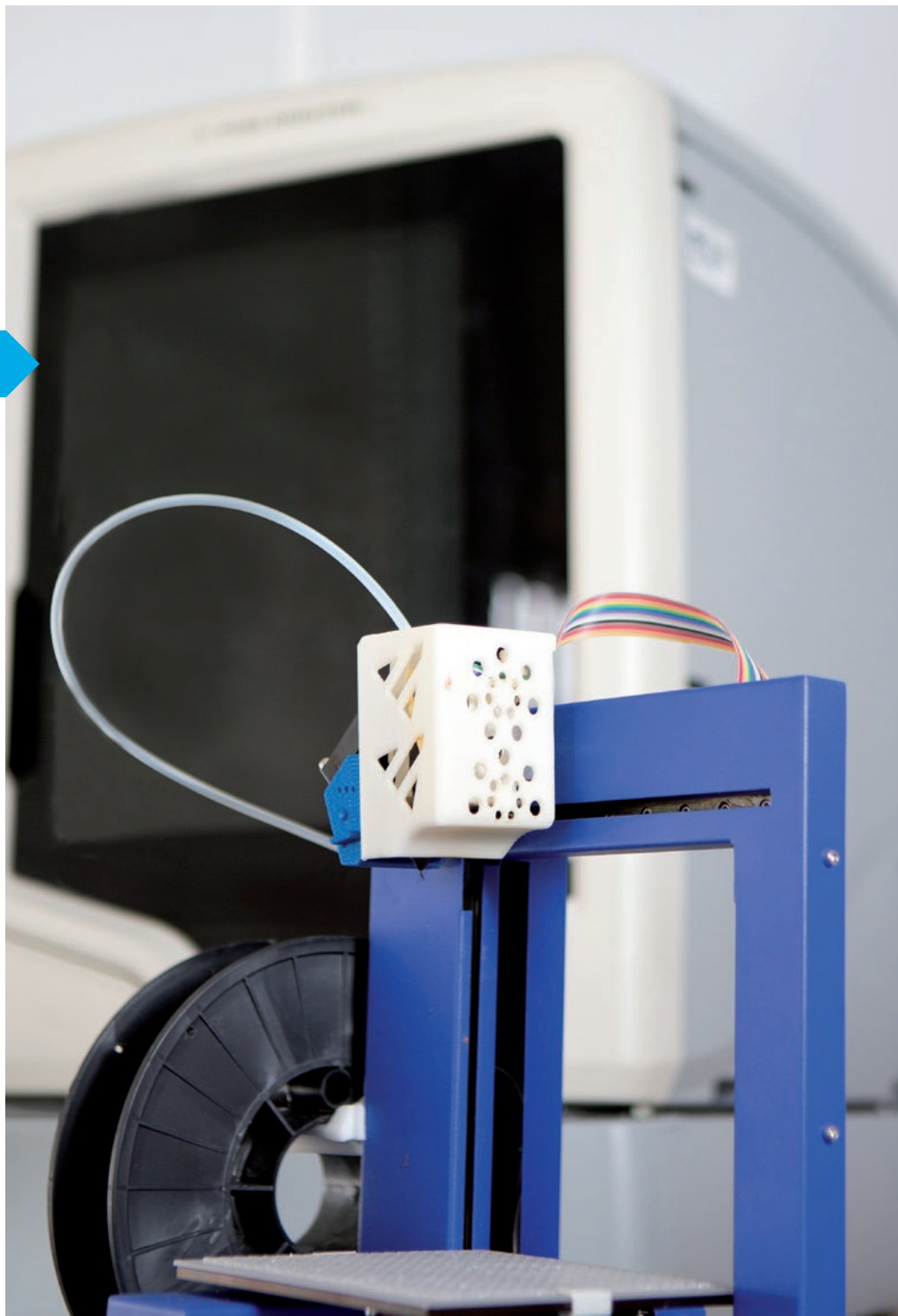
Aan het begin van de jaren negentig, vervangen computers met digitale tekenpakketten definitief de tekentafel. Ook het tekenen zelf ondergaat een revolutie, waardoor er volledig driedimensionaal getekend kan worden. Het is mogelijk om de complexiteit van producten fors te vergroten, waardoor er tijdens het ontwikkelingsproces behoefte ontstaat aan prototypes.

De eerste Rapid Prototyping-technieken voorzien halverwege de jaren negentig in deze behoefte. Het proces is echter nog kostbaar en levert fragiele producten op. De behoefte aan reële prototypes zorgt voor een stormachtige ontwikkeling zodat er tal van nieuwe technieken ontstaan, waarmee de kosten per product drastisch zijn gedaald en de kwaliteit fors is gestegen.

De voordelen van 3D-printen zijn groot voor de kunststofverwerkende industrie. Vanuit een digitaal bestand kunnen rechtstreeks producten worden gecreëerd. Dit levert voordelen op zoals een kortere 'time-to-market', de mogelijkheid om 'just-in-time' te produceren, een 'mass-customization' en nieuwe 'design' mogelijkheden. De kunststofverwerkende industrie is ervan overtuigd dat, door deze ontwikkelingen, de productieomgeving er over vijf jaar compleet anders uitziet.

Het SIA Raak-project is daarom gestart om onderzoek te doen naar de toepassingsmogelijkheden van 3D-printen.

Ir. A.F.C.M. Jansen
Ir. M.B. Mooij



Samenvatting

5

3 D-printen is dé techniek van de toekomst! Verschillende bedrijven uit het netwerk van het lectoraat Kunststoftechnologie hebben aangegeven, bij deze trend aangesloten te willen blijven.

Om die reden is van september 2011 tot augustus 2013 het SIA Raak-project 'Maakindustrie creëert met Rapid Manufacturing nieuwe ontwerpen en mogelijkheden' uitgevoerd. Binnen dit project is onderzoek gedaan naar de toepassingsmogelijkheden van 3D-printen binnen het MKB.

Verschillende printtechnieken en materialen zijn bestudeerd, uitgetest en onderzocht. Bij elf mkb'ers is op basis van cases de toepassingsmogelijkheid van 3D-printen binnen hun bedrijf onderzocht. De onderzoeken zijn uitgevoerd door studenten van Windesheim onder begeleiding van leden van de kenniskring van het lectoraat Kunststoftechnologie.

In september 2013 is het project afgerond met het congres 3DprintNL in Zwolle. Daar is tevens het boekje 'Printen in de derde dimensie', ook een projectresultaat van dit SIA Raak-project, uitgereikt aan alle deelnemers.

Deze publicatie is het afsluitende rapport van het project, waarin naast de uitleg van de verschillende printtechnieken en materialen, alle cases worden behandeld. Op basis van de onderzoeksresultaten is een beslismodel gecreëerd om de juiste printtechniek te selecteren voor een elke gewenste toepassing.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting	5
1. Introductie	9
1.1 Achtergrond	9
1.2 Hoofdvraag	9
1.3 Deelvragen	10
1.4 Onderzoeksmethode	11
2. 3D-printen	13
2.1 Introductie	13
2.2 Stappen	13
2.3 Materialen	17
2.4 Technieken	17
3. Onderzoek 3D-printen en materiaal	41
3.1 Onderzoeksvraag	41
3.2 Cases	41
3.3 Conclusie	50

4. Onderzoek 3D-printen en productie	51
4.1 Onderzoeksvraag	51
4.2 Cases	51
4.3 Conclusie	58
5. Onderzoek 3D-printen en redesign	59
5.1 Onderzoeksvraag	59
5.2 Cases	59
5.3 Conclusie	66
6. Onderzoek 3D-printen en scannen	67
6.1 Onderzoeksvraag	67
6.2 Cases	67
6.3 Conclusie	74
7. Resultaten	75
7.1 Printen in de derde dimensie	75
7.2 3DprintNL	76
7.3 Beslismodel	77
8. Conclusies en aanbevelingen	81
Afkortingen en woordenlijst	83
Projectpartners	84
Consortium	86
Lectoraat Kunststoftechnologie	87



1. Introductie

9

1.1 ACHTERGROND

Het lectoraat Kunststoftechnologie van Windesheim focust zich met haar regionale partners op de verwerking van kunststoffen. Een voorbeeld daarvan is een eerder SIA Raak-project 'Duurzaam produceren in de kunststofindustrie'. In dit project is de focus gelegd op het verbeteren van conventionele technieken en processen. Hierbij is veel kennis opgedaan en zijn substantiële besparingen gerealiseerd voor energie- en materiaalgebruik bij het verwerken van kunststoffen.

Tijdens verschillende projectbijeenkomsten is de vraag naar voren gekomen welke mogelijkheden 3D-printtechnieken bieden. De bedrijven hebben aangegeven dat zij 3D-printen als dé techniek van de toekomst zien. Het introduceren van deze techniek in hun bedrijfsvoering lijkt echter niet te lukken. De diversiteit van de 3D-printtechnieken, de mogelijke materialen, de prijzen en de kwaliteit van de eindproducten, maakt dat zij niet kunnen overzien of de 3D-printtechniek en materiaalcombinatie de juiste eigenschappen voor de gewenste producten op zal leveren.

Binnen het SIA Raak-project 'Maakindustrie creëert met Rapid Manufacturing nieuwe mogelijkheden' zijn de toepassingsmogelijkheden van 3D-printen voor verschillende kunststofverwerkende bedrijven onderzocht.

1.2 HOOFDVRAAG

Voor het project 'Rapid Manufacturing', zal voor elk onderzoek en voor elke case dezelfde hoofdvraag van toepassing zijn:

'Welke 3D-printtechniek en materiaalcombinatie kan functioneel en financieel worden toegepast binnen het MKB?'

De ervaring met 3D-printen verschilt per bedrijf, en daarmee ook de vragen die de bedrijven hebben. Om die reden zijn verschillende deelvragen geformuleerd.

1.3 DEELVRAGEN

De deelvragen zijn opgedeeld in vier verschillende onderzoeksrichtingen: materiaal, productie, redesign en scannen. Voor elke deelvraag zijn bij drie tot vier bedrijven onderzoeken uitgevoerd.

Onderzoek 3D-printen en materiaal

'Wat zijn de materiaaleigenschappen van geprinte producten?'

'Kunnen er ook andere materialen geprint worden?'

Onderzoek 3D-printen en productie

'Kan er een deel van de productie worden overgenomen door 3D-printen?'

Onderzoek 3D-printen en redesign

'Wat moet ik aanpassen aan mijn ontwerp om het te kunnen printen?'

Onderzoek 3D-printen en scannen

'Hoe creëer ik een bestand, op basis van een bestaand product, om te kunnen printen?'

Materiaal	Productie	Redesign	Scannen
Heijcon 3D Solutions	Wavin T&I	BMA Ergonomics	Herikon
Schoeller Allibert	Vitters Shipyard	Dyka	Miedema
Food Jazz DJ's			
Euro Mouldings	3DE Van Dijk	3DE Van Dijk	Brilmontuur

1.4 ONDERZOEKSMETHODE

Onderzoeksaanpak

Voor het beantwoorden van de verschillende deelvragen zijn bij elf mkb'ers praktijkgerichte onderzoeken uitgevoerd, waarbij het vertrekpunt nadrukkelijk ligt bij de vragen uit de praktijk.

De hoofdvraag, die voor elk onderzoek geldt, is:

'Welke 3D-printtechniek en materiaalcombinatie kan functioneel en financieel worden toegepast binnen het MKB?'

Het onderzoeksdoel is om inzichtelijk te krijgen of het functioneel mogelijk is om 3D-printen toe te passen bij de verschillende bedrijven. Wanneer het functioneel mogelijk is, wordt bekeken of het ook financieel interessant is om 3D-printen toe te passen.

Onderzoeksteam

De onderzoeken zijn uitgevoerd door het volgende team van onderzoekers:

- Alexander Jansen (projectleider)
Docent Werktuigbouwkunde, lid kenniskring Kunststoftechnologie
- Masja Mooij
Docent Industrieel Product Ontwerpen, lid kenniskring Kunststoftechnologie
- Mike Laarman
Junior onderzoeker
- Windesheimstudenten
Afstudeerders en werkstudenten van de opleidingen Werktuigbouwkunde, Industrieel Product Ontwerpen en de minor Polymer Product Engineering



2. 3D-printen

2.1 INTRODUCTIE

3D-printen is een proces, waarbij producten worden gecreëerd op basis van een digitaal 3D-bestand. In tegenstelling tot conventionele productieprocessen, zoals draaien, frezen of boren, wordt er geen materiaal verwijderd. Bij 3D-printen wordt het product laag voor laag opgebouwd.

Mogelijkheden

Met 3D-printen is het mogelijk om elk product, dat je in de computer kunt modelleren, te printen. Zo is het mogelijk om zonder assemblage een klok met bewegende onderdelen in één keer te printen. Ook is het mogelijk om een balletje in een grotere bal of een netwerk van organische vormen te maken.

Toepassingen

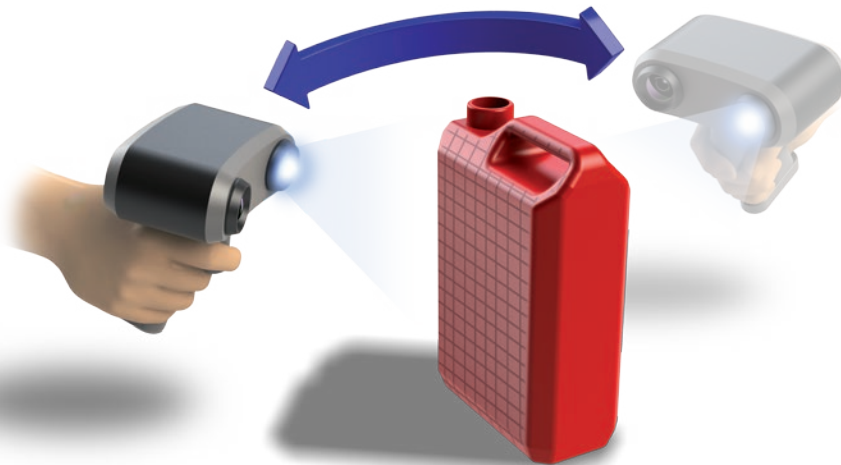
Op dit moment kent 3D-printen verschillende toepassingsgebieden. Tijdens het ontwerpproces worden modellen gebruikt voor overleg met de klant of voor het testen van belangrijke functies. Daarnaast leent 3D-printen zich goed voor het personaliseren van producten, omdat elk geprint product uniek kan zijn. Voor kleine series kan 3D-printen ook als productietechniek gekozen worden. Je hoeft namelijk niet te investeren in dure productiemiddelen, zoals matrijzen.

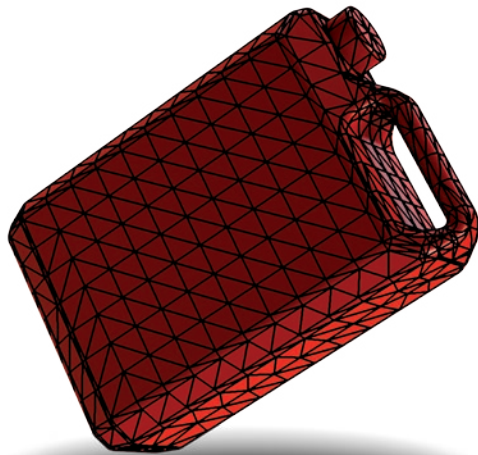
2.2 STAPPEN

Om een product of onderdeel te kunnen printen is een digitaal 3D-bestand nodig. Er zijn verschillende manieren om tot zo'n 3D-bestand te komen.

Computermodel

Het is mogelijk om het product of onderdeel te (laten) creëren met een 3D-tekenpakket, oftewel een CAD-programma (Computer Aided Design), zoals: Solid Works, Solid Edge, Pro Engineer of NX.





Een andere mogelijkheid is het scannen van een bestaand product. Beide processen resulteren in een 3D-computermodel, dat kan worden gebruikt om te printen. Om de printer aan te sturen, moet de CAD-file omgezet worden naar een speciaal bestand, dat door elke printer ingelezen kan worden.

Dit bestand is een STL-file (Stereolithografie) en bestaat uit een raster van allemaal driehoeken over het complete oppervlak van het product. Hoe kleiner deze driehoeken zijn, hoe nauwkeuriger het model is.

Omzetten

Vervolgens wordt door de software van de printer, het STL-bestand in laagjes opgedeeld, op basis van de geselecteerde productoriëntatie. Het product wordt verticaal opgebouwd en het product wordt in die richting in laagjes opgedeeld. De oriëntatie van het product, oftewel de gekozen printrichting, heeft grote invloed op de productkwaliteit en het printproces. Daarnaast bepaalt de laagdikte de nauwkeurigheid van het model, deze is afhankelijk van de printtechniek en de printer.

Support

Wanneer het computermodel overhangende delen bevat, denk aan een brug over een ravijn, moeten deze bij het printen worden ondersteund. Afhankelijk van de printtechniek, creëert de software een ondersteuning van het basis- of het speciale support materiaal.

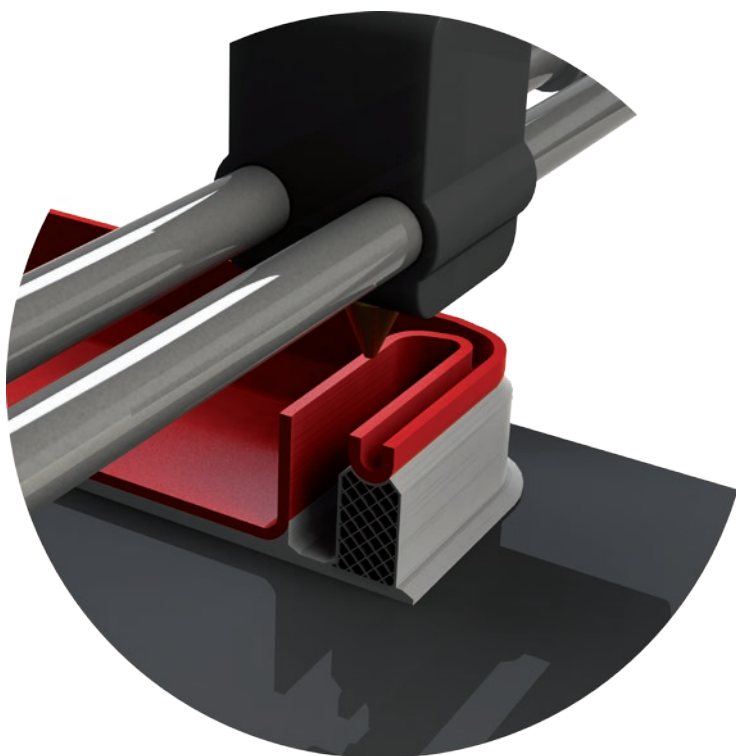
Printen

Het printen van het model gebeurt in laagjes, dat is voor elke printtechniek gelijk. Wanneer een laag is vervaardigd, beweegt het printbed een laagdikte omlaag. Vervolgens wordt de volgende laag van het model geprint, dit proces herhaalt zich tot het complete model is opgebouwd.

Nabewerking

Wanneer support materiaal gebruikt is, moet dit verwijderd worden. Het verwijderen van support materiaal is per techniek verschillend, maar gebeurt vaak door afbreken, oplossen of wegblazen.

Afhankelijk van de gebruikte printtechniek en de gewenste toepassing van het model, wordt het product nabewerkt. Door middel van stralen, schuren en/of lakken kan het model optisch verbeterd worden. Daarnaast kunnen ook andere eigenschappen geoptimaliseerd worden, zoals sterkte of luchtdichtheid.



2.3 MATERIALEN

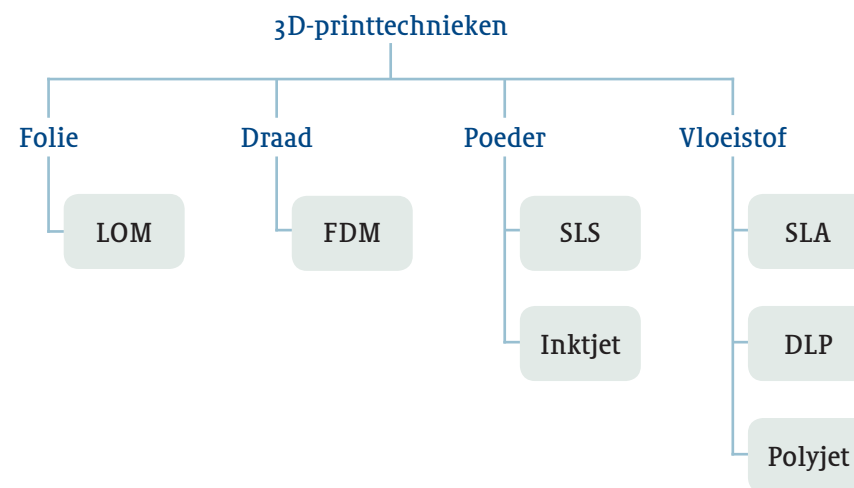
Op dit moment is 3D-printen al mogelijk met een grote diversiteit aan materialen, variërend van kunststof en metaal tot keramiek. Elk materiaaltype wordt met een specifieke printtechniek verwerkt.

Vanuit het lectoraat Kunststoftechnologie en haar partnerbedrijven, zal de focus tijdens dit project gelegd worden op het printen van kunststoffen en kunststofachtige materialen.

2.4 TECHNIEKEN

De zeven verschillende printtechnieken, die op dit moment beschikbaar zijn, worden in de volgende paragrafen beschreven. Per techniek wordt een overzicht gegeven van de werking, de materialen en de voor- en nadelen.

De technieken zijn gesorteerd op het type basismateriaal, zoals is weergegeven in de volgende figuur.



Bij de technieken wordt tevens een overzicht gegeven van de verschillende leveranciers van printers. Per techniek wordt er tenslotte verwezen naar de cases, waarbij gebruik is gemaakt van de omschreven techniek.

2.4.1 LAMINATED OBJECT MANUFACTURING (LOM)

Werking

LOM is een printtechniek, die werkt met behulp van een folie en een mes of laser. Dit is de oudste 3D-printtechniek en stamt al uit 1896. De folie kan van verschillende materialen zijn, zoals PVC of papier.

De folie wordt uitgerold en voorzien van een lijmlaag. Vervolgens worden de contouren van het model uitgesneden. De vlakken, die niet tot het model behoren worden voorzien van een anti-lijm wat ervoor zorgt dat het restmateriaal verwijderd kan worden. Wanneer een laag klaar is, wordt een nieuw stuk folie uitgerold en dit proces herhaald zich tot het complete model is opgebouwd.

Het model wordt als een massief blok opgebouwd, waardoor er geen apart support materiaal nodig is. Het restmateriaal moet na afloop handmatig worden verwijderd.

Voordelen

Een groot voordeel van LOM is dat papier en PVC flexibel zijn, terwijl bij andere technieken vooral harde en brosse materialen worden toegepast. Hierdoor is het mogelijk om werkende filmscharnieren te maken. LOM heeft geen support nodig voor overhangende delen van een model.

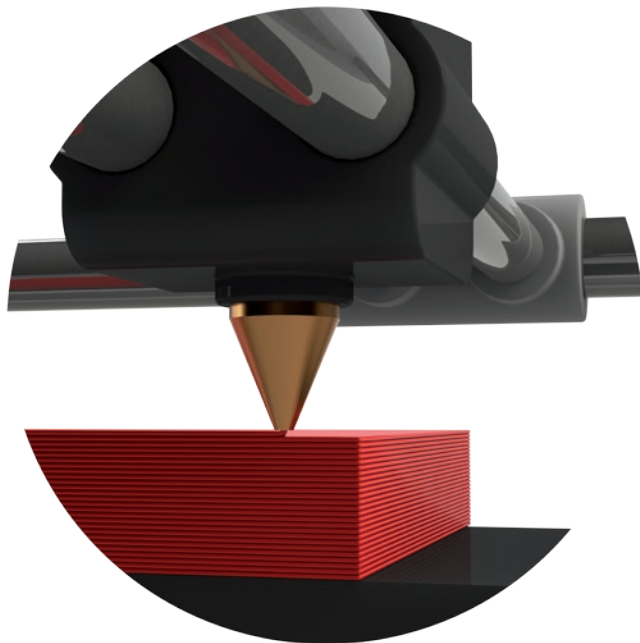
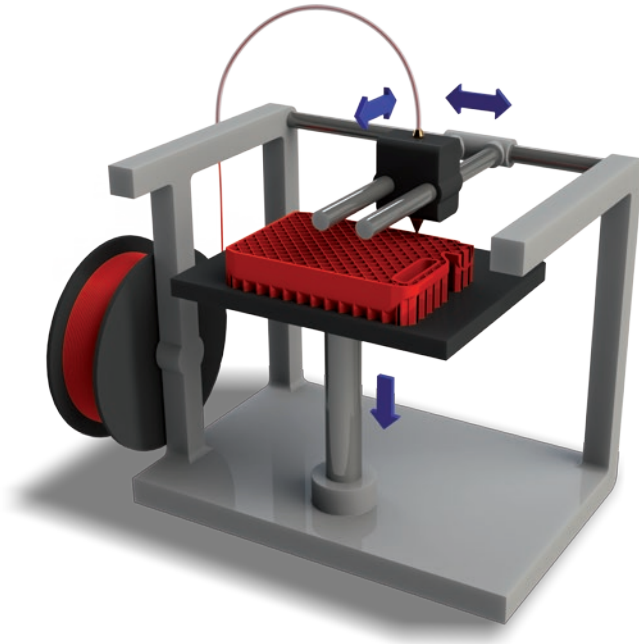
Nadelen

Een nadeel van deze techniek is dat de breedte van de folie altijd gebruikt wordt. Bij kleine modellen ontstaat hierdoor veel restmateriaal. Het verwijderen van dit restmateriaal is aan de buitenzijde van het model heel eenvoudig, maar aan de binnenzijde kan het erg arbeidsintensief zijn. De laagdikte wordt bepaald door de dikte van de folie.

Techniek	LOM
Werking	Folie, mes of laser
Materialen	PVC-folie, papier
Support	Nee
Minimale laagdikte	0,1 mm (80g papier), 0,19 mm (160g papier), 0,165 mm (PVC)
Voordelen	Flexibele materialen, filmscharnier mogelijk
Nadelen	Veel restmateriaal, verwijderen restmateriaal kan arbeidsintensief zijn

Leveranciers

- Solido, www.solido3d.com
- Mcor Technologies, www.mcor technologies.com



2.4.2 FUSED DEPOSITION MODELING (FDM)

Werking

FDM is een printtechniek, die werkt met behulp van een kunststofdraad, filament genaamd, die wordt verwarmd. De draad loopt door een spuitkop, die is voorzien van een verwarmingselement. De spuitkop beweegt in het horizontale vlak boven het printbed, waar de zachte kunststof volgens de contouren van het model wordt neergelegd.

Zodra een laag van het model klaar is, gaat het printbed een laagdikte naar beneden om de volgende laag te kunnen printen. Dit proces herhaalt zich tot het complete model is opgebouwd.

FDM-printers zijn er in veel verschillende prijs categorieën, van zelfbouw pakketten tot professionele printers. Zelfbouw pakket-printers beschikken meestal over één spuitkop, terwijl een professionele printer vaak over twee of meerdere spuitkoppen beschikt. Voordeel van meerdere spuitkoppen is dat het mogelijk is om het support van een ander materiaal te printen, dat oplosbaar is. Daarnaast maken professionele printers gebruik van een verwarmde kamer, om krimp scheuren tegen te gaan.

Als het model klaar is, moet het support materiaal verwijderd worden. Afhankelijk van het type printer wordt dit afgebroken of uitgewassen.

Voordelen

FDM is de goedkoopste printtechniek en daardoor wordt hij veel gebruikt. Er worden uitsluitend 'echte' kunststoffen gebruikt bij FDM-printen, waardoor het geprinte model uit hetzelfde materiaal kan bestaan als het originele of uiteindelijke product. Als een FDM-printer twee spuitkoppen heeft, dan is het mogelijk om een oplosbaar support te gebruiken.

FDM-modellen zijn eenvoudig na te bewerken, door middel van schuren en spuiten. Andere nabewerkingen zijn mogelijk om een model bijvoorbeeld water- en luchtdicht te krijgen, dit gebeurt met een oplosmiddel.

Nadelen

Zonder nabewerkingen heeft een FDM-model een lage oppervlaktekwaliteit, de lagen zijn duidelijk zichtbaar en het model is poreus. Er zijn veel verschillende kleuren beschikbaar, maar het is niet mogelijk om met meerdere kleuren tegelijk te printen.

Techniek	FDM
Werking	Kunststof draad/filament, spuitkop
Materialen	ABS, PC, ABS-PC, PLA
Support	Ja
Minimale laagdikte	0,15 mm
Voordelen	Goedkoop, echte kunststoffen, oplosbaar support mogelijk, eenvoudig na te bewerken
Nadelen	Lage oppervlaktekwaliteit, poreus

Leveranciers

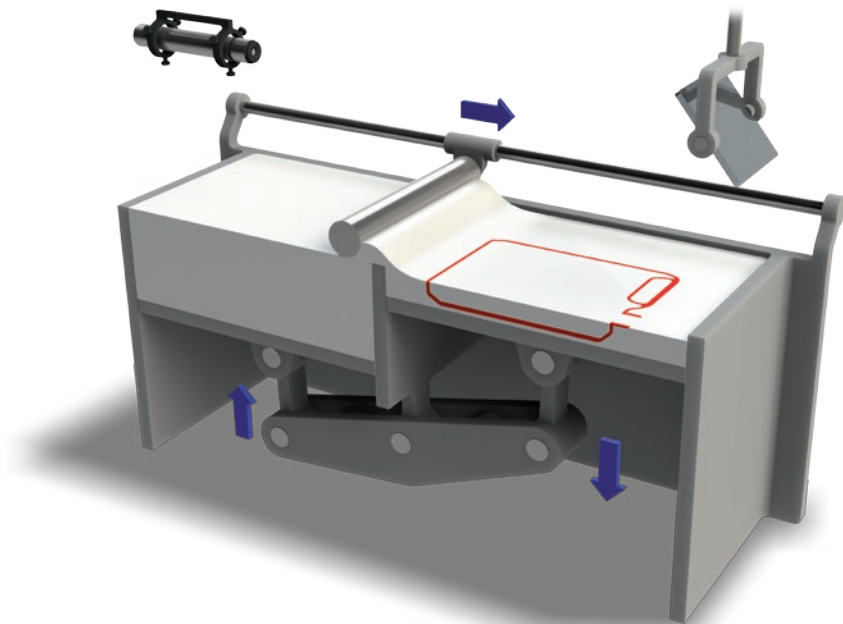
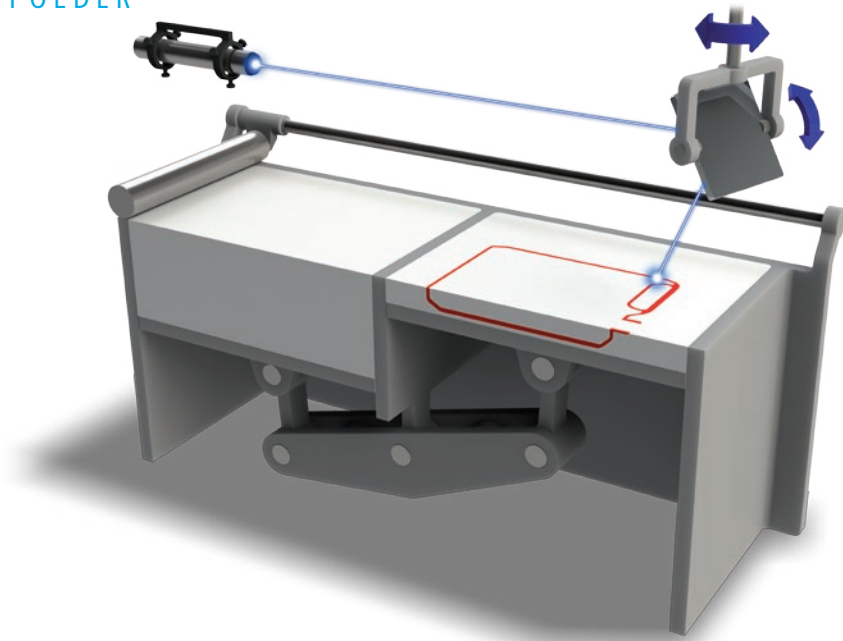
- Stratasys, www.stratasys.com
- PP3DP, www.pp3dp.com
- TierTime, www.tiertime.com
- Leapfrog, www.lpfrg.com
- Ultimaker, www.ultimaker.com
- RepRap, www.reprap.org

Cases

- Food Jazz DJ's (paragraaf 3.2.3)
- Euro Mouldings (paragraaf 3.2.4)
- Wavin T&I (paragraaf 4.2.1)
- Vitters Shipyard (paragraaf 4.2.2)
- BMA Ergonomics (paragraaf 5.2.1)
- Dyka (paragraaf 5.2.2)
- 3DE Van Dijk (paragraaf 5.2.3)
- Miedema (paragraaf 6.2.2)
- Brilmontuur (paragraaf 6.2.3)

MARGIE TOPP LECTOR

'3D-printen is één van de hotste trends in de techniek, die zelfs kan leiden tot een industriële revolutie. Het is nu tijd om de precieze mogelijkheden te onderzoeken. Het wachten is op bepaalde mijlpalen in de ontwikkeling van deze technologie. Het verbeteren van de printsnelheid, maar ook het ontwikkelen van nieuwe materialen zijn belangrijke stappen die gezet moeten gaan worden.'



2.4.3 SELECTIVE LASER SINTERING (SLS)

Werking

SLS is een printtechniek, die werkt met behulp van een poedervormig basismateriaal en een laser. Het poeder wordt door middel van een laser, via een beweegbare spiegel, volgens de contouren van het model aan elkaar gesmolten. Het proces vindt plaats in een afgesloten printkamer van 70°C gevuld met stikstofgas, om oxidatie en krimp tegen te gaan.

Wanneer een complete laag van het model aan elkaar is gesmolten, wordt een nieuwe laag poeder aangebracht. De rechter bak beweegt naar beneden en de linker bak gaat omhoog, zodat er vanaf de linkerkant een dun laagje poeder naar de rechterkant gerold kan worden. Dit proces herhaalt zich tot het complete model is opgebouwd.

Bij deze techniek is het niet nodig om apart support materiaal te gebruiken, omdat het poeder, dat niet aan elkaar gesmolten wordt, als support materiaal dient. Dit poeder kan opnieuw gebruikt worden voor volgende modellen, zodat er weinig materiaal verloren gaat. De afwerking van het SLS-model bestaat uit het verwijderen van het losse poeder door middel van lucht.

Voordelen

Bij printen met SLS is het mogelijk om dichtheden te bereiken, die vergelijkbaar zijn met dichtheden van conventionele productietechnieken. Het model kan goede mechanische eigenschappen krijgen, zodat het maken van realistische prototypes of een kleine serie van complexe producten mogelijk is.

Nadelen

De oppervlaktekwaliteit van SLS modellen is laag, de oppervlakte is korrelig en nabewerking is in veel gevallen gewenst. De nabewerking van het model kan op verschillende manieren, zoals stralen, plamuren en/of schuren.

Techniek	SLS
Werking	Poedervormig basismateriaal, CO ₂ -laser
Materialen	PA, glasgevuuld PA, PS, glas
Support	Nee
Minimale laagdikte	0,10 mm
Voordelen	Goede mechanische eigenschappen
Nadelen	Nabehandeling vereist

Leveranciers

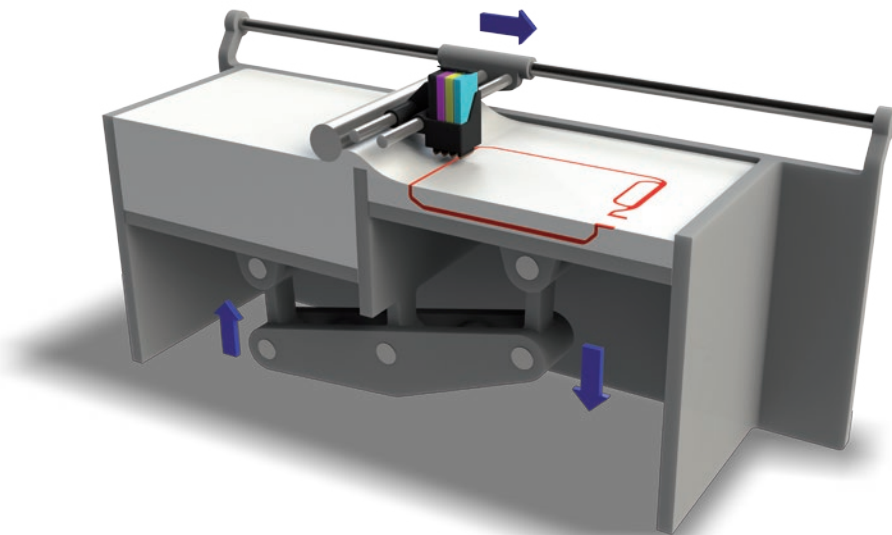
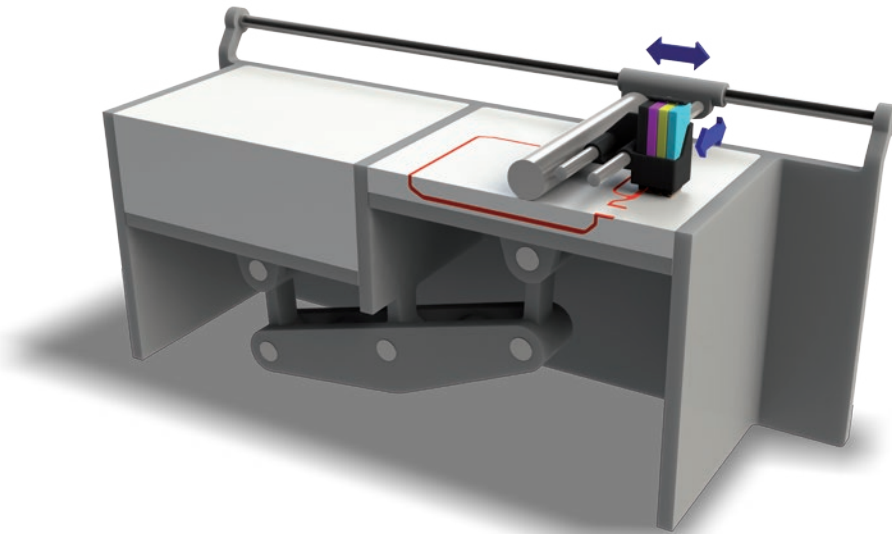
- EOS, www.eos.info
- 3D Systems, www.3dsystems.com

Cases

- Schoeller Allibert (paragraaf 3.2.2)

GEERT HEIDEMAN ASSOCIATE LECTOR

‘Binnen vijf jaar zullen 3D-printtechnieken in sommige sectoren het winnen van het gebruikelijke streven naar schaalvoordelen. Hierdoor kan beter voldaan worden aan de groeiende vraag van consumenten naar gepersonaliseerde producten. Het gebruik van 3D-printtechnieken voor steeds complexere producten versterkt de roep naar nieuwe materialen waarmee functionele elementen, zoals bijvoorbeeld sensoren, geïntegreerd kunnen worden.’



2.4.4 INKTJET

Werking

Inktjet is een printtechniek, die werkt met behulp van gips en een bindmiddel. Deze techniek heeft gelijkenissen met conventionele inktjetprinters. Naast de drie kleurencartridges, die gekleurde modellen mogelijk maken, wordt gebruik gemaakt van een cartridge met bindmiddel die het gips aan elkaar verbindt.

De printkop met bindmiddel beweegt over de rechter bak om volgens de contouren van het model te printen. Wanneer het model voorzien is van een of meerdere kleuren, dan wordt die kleur aan de buitenste laag van het model toegevoegd.

Wanneer een complete laag is geprint, wordt er nieuw gips vanuit de linker bak aangebracht op de rechterbak. Dit proces herhaalt zich totdat het complete model is opgebouwd.

Na afloop moet het model nog minimaal een uur in de printer blijven om het bindmiddel uit te harden. Vervolgens kan het overtollige gips worden verwijderd met een spatel, kwast of perslucht. Daarna zal het model extra versterkt moeten worden door het te impregneren met epoxy, secondelijm of paraffine.

Voordelen

Het grootste voordeel van deze techniek is dat het gekleurde modellen kan maken. Deze techniek maakt het mogelijk om alle mogelijke kleuren aan een model te geven. Inktjet heeft geen support materiaal nodig, het niet gebruikte gips dient als support. Het overtollige materiaal is eenvoudig te verwijderen door middel van een spatel, kwast of perslucht.

Nadelen

Het grootste nadeel van deze techniek is dat het model bros is, zeker zonder nabehandeling. Nabehandeling is daarom noodzakelijk. Vaak wordt het model geïmpregneerd met epoxy, secondelijm of paraffine. Het model wordt er sterker van, maar het zal altijd bros blijven. Het verwijderen van het overtollige gips bij complexe modellen is arbeidsintensief, omdat je niet overal goed bij kan komen en het model erg breekbaar is.

Techniek	Inktjet
Werking	Gips, bindmiddel
Materialen	Gips
Support	Nee
Minimale laagdikte	0,089 mm
Voordelen	Multicolour modellen mogelijk
Nadelen	Brosse modellen, lage oppervlaktekwaliteit

Leveranciers

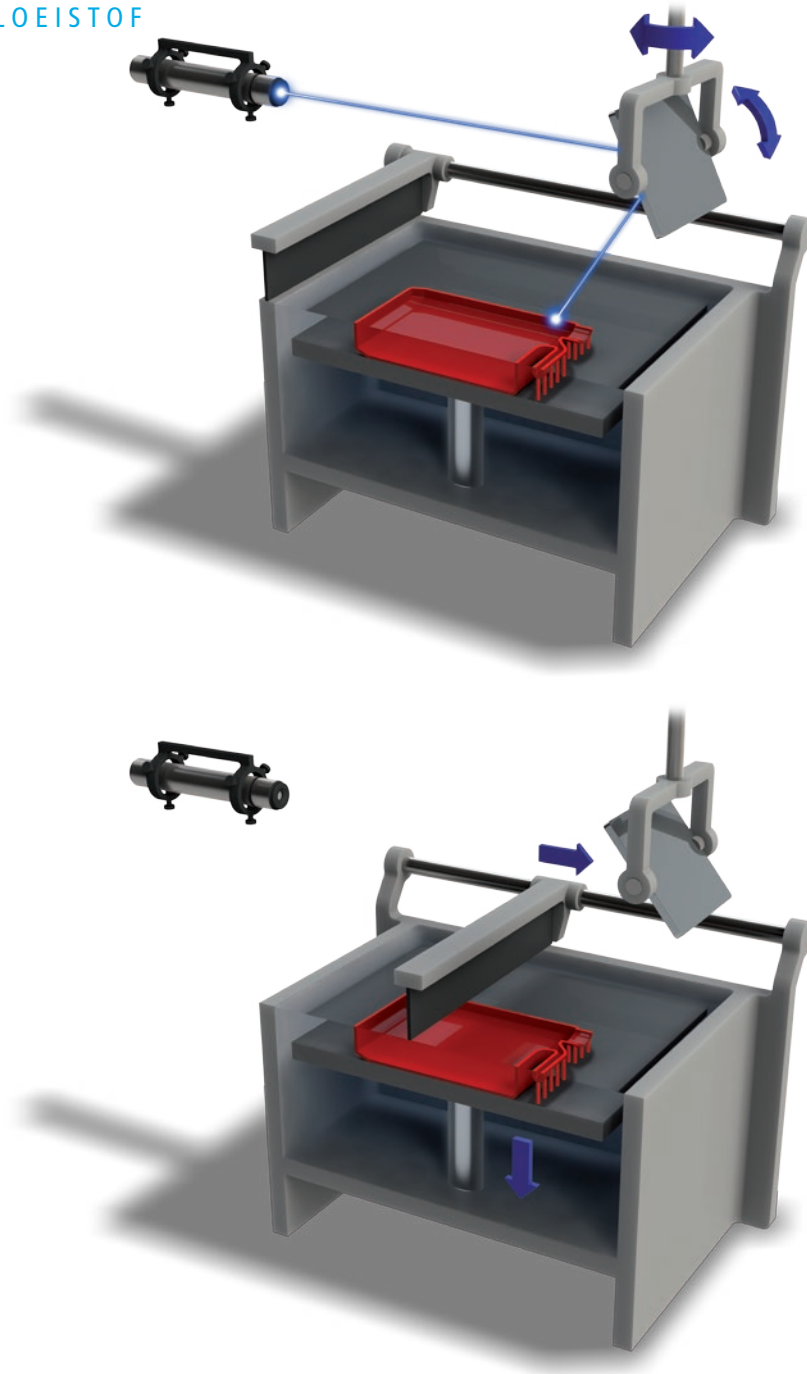
- 3D Systems (ZCorp), www.3dsystems.com

Cases

- 3DE Van Dijk (paragraaf 4.2.3)
- Herikon (paragraaf 6.2.1)

ALEXANDER JANSEN ONDERZOEKER

‘Het magische van 3D-printen is het direct uit een digitaal bestand vervaardigen van een product of voorwerp. Waar de industrie mallen of matrijzen nodig heeft om vormen te reproduceren en waar de ambachtsman of kunstenaar zijn vormen opbouwt, kan de ingenieur direct vanuit zijn laptop printen. De vormgevingsfase vindt digitaal plaats. Dit is al decennia normaal voor het schrijven van teksten en het werken met databases, maar met de komst van de 3D-printer worden nu ook voorwerpen digitaal gecreëerd.’



2.4.5 STEREOLITHOGRAFIE (SLA)

Werking

SLA is een printtechniek, die werkt met behulp van een UV-gevoelige hars en een UV-laser. De printer bestaat uit een bad met daarin een UV-gevoelige hars, ook wel fotopolymeer genaamd, die door de laserstraal wordt uitgehard.

De laserstraal, gestuurd door middel van een beweegbare spiegel, volgt de contour van het model tot een complete laag is uitgehard. Vervolgens beweegt de tafel een laagdikte naar beneden, zodat er een dun laagje hars bovenop het model komt te liggen. Daarna wordt de volgende laag van het model uitgehard, dit proces herhaalt zich tot het volledige model is opgebouwd.

Bij het printen met SLA zullen dunne pilaren gemodelleerd moeten worden, die dienen als support voor de overhangende delen. Deze pilaren zijn na het printen eenvoudig af te breken.

Voordelen

SLA is een techniek, die zeer nauwkeurig is vanwege de geringe laagdiktes van 0,05 mm. Het geeft ook de mogelijkheid tot zeer fijne details op het model. De goede oppervlaktekwaliteit van het model maakt dat nabewerking niet noodzakelijk is. SLA heeft weinig materiaal verlies, alleen de supportconstructies die nodig zijn voor overhangende delen worden weggegooid.

Nadelen

Een nadeel van SLA is, dat er weinig materialen en kleuren beschikbaar zijn. De harsen zijn duur in vergelijking tot materialen van andere printtechnieken.

Techniek	SLA
Werking	UV-gevoelige hars, UV-laser
Materialen	UV-gevoelige harsen met vergelijkbare eigenschappen als ABS, PP, PE en PC
Support	Ja
Minimale laagdikte	0,05 mm
Voordelen	Goede oppervlaktekwaliteit, nauwkeurig
Nadelen	Duur materiaal

Leveranciers

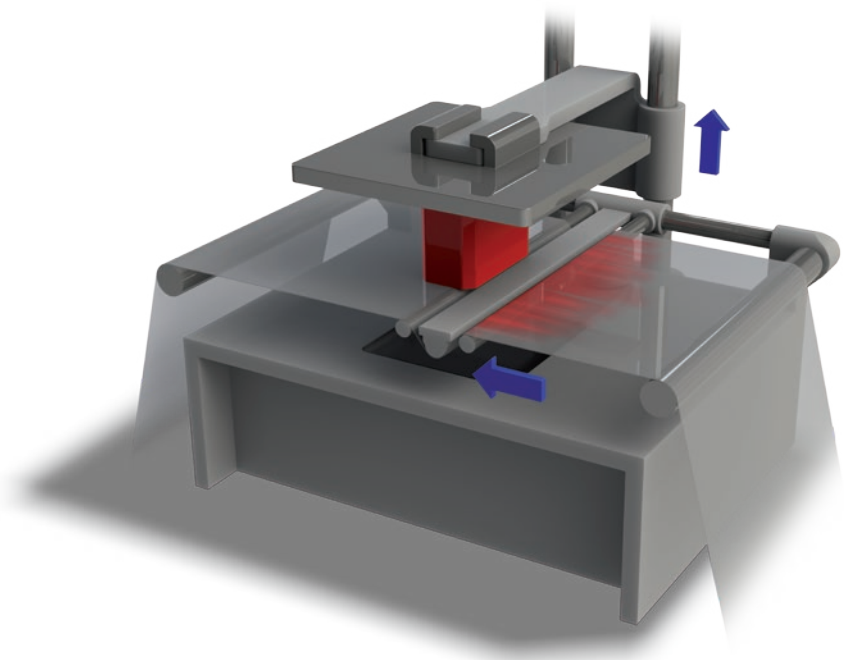
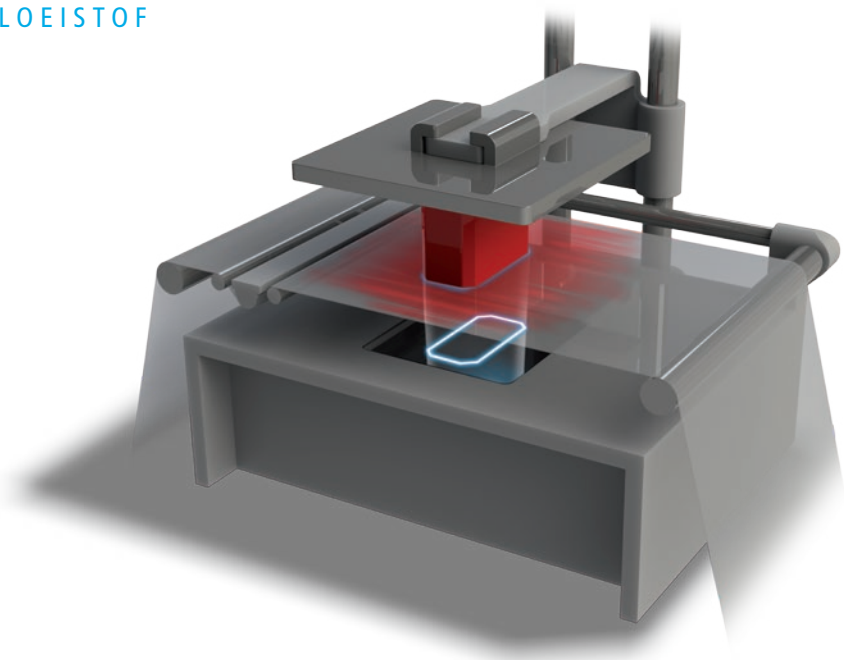
- 3D Systems, www.3dsystems.com
- Cmet, www.cmet.co.jp
- DWS, www.dwssystems.com
- Uniontech, www.union-tek.com

Cases

- Schoeller Allibert (paragraaf 3.2.2)

MASJA MOOIJ ONDERZOEKER

‘Personalisatie zal de komende vijf jaar nog steeds de grootste drijfveer zijn om iets te printen. De hoeveelheid mensen, die toegang hebben tot 3D-printen, zal snel toenemen, wat zal resulteren in interessante ontwikkelingen. Op technisch vlak zullen printtechnieken zoals DLP zich snel verder ontwikkelen, net als nieuwe materialen die voldoen aan de wensen van (nieuwe) klanten.’



2.4.6 DIGITAL LIGHT PROCESSING (DLP)

Werking

DLP is een techniek, die werkt met behulp van een lichtgevoelige hars en een beamer. Een dunne laag hars wordt aangebracht op de folie, waarna door een beamer een complete laag van het model in één keer wordt uitgehard.

Wanneer een laag is uitgehard, beweegt een harsreservoir over de folie zodat de folie van een dunne laag nieuwe hars wordt voorzien. Vervolgens beweegt de tafel met het model tegen de nieuwe harslaag, waarna de beamer van onderen een nieuwe laag uithard. Dit proces herhaalt zich tot het complete model is opgebouwd.

Er wordt gebruik gemaakt van dunne pilaren, die dienen als support voor de overhangende delen. Deze pilaren zijn na het printen eenvoudig te verwijderen.

Voordelen

DLP is een snelle printtechniek, omdat een complete laag van het model in één keer geprint kan worden. DLP heeft een hoge resolutie, de laagdiktes variëren in acht stappen tussen de 0,0125 en 0,10 mm.

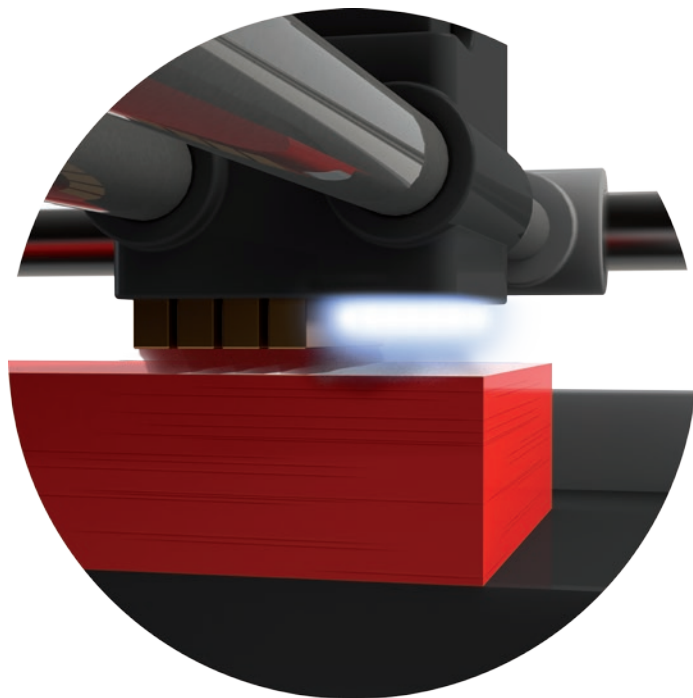
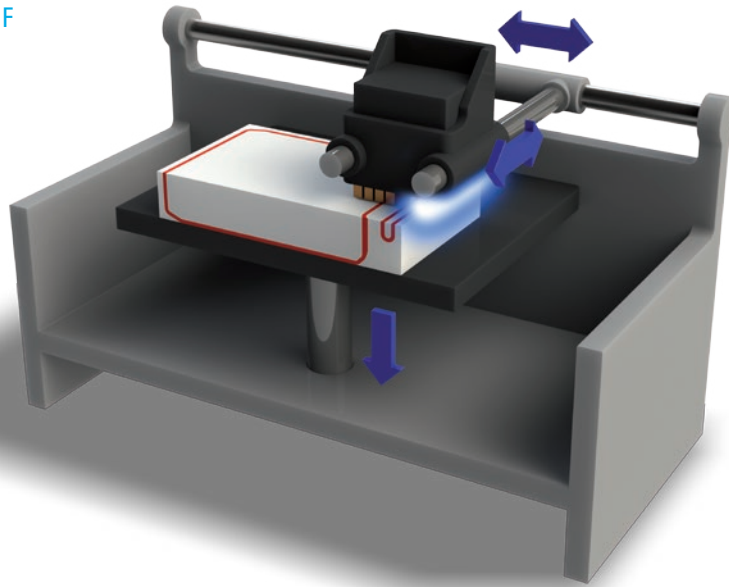
Nadelen

De hars stinkt en is enige tijd na het printen nog te ruiken aan het model. De printer is in het midden preciezer dan aan de buitenkant, vanwege de verstrooiing van het licht van de beamer.

Techniek	DLP
Werking	Lichtgevoelige hars, beamer
Materialen	Lichtgevoelige harsen
Support	Ja
Minimale laagdikte	0,0125 mm
Voordelen	Snel, hoge resolutie
Nadelen	Materiaal stinkt, niet overal even nauwkeurig, dure materialen (230 Euro/liter)

Leveranciers

- EnvisionTEC, www.envisiontec.com
- Prodways, www.prodways.com/en
- Asiga, www.asiga.com
- Carima, www.carima.com



2.4.7 POLYJET

Werking

Polyjet is een printtechniek, die werkt met behulp van een UV-gevoelige hars en een UV-lamp. De printkop bestaat uit verschillende kleine spuitkoppen en is verder voorzien van een wals en een UV-lamp. De spuitkoppen leggen, volgens de contouren van het model, kleine druppels hars op het printbed. De neergekomen druppels zijn bol, en worden met de wals plat gemaakt en vervolgens door de UV-lamp uitgehard.

Wanneer een laag is geprint, beweegt het printbed een laagdikte naar beneden zodat de volgende laag geprint kan worden. Dit proces herhaalt zich tot het complete model is opgebouwd.

Met deze techniek is het mogelijk om 2K te printen, er kunnen twee verschillende materialen gelijktijdig geprint worden. Deze mogelijkheid wordt veel gebruikt voor modellen met harde en zachte onderdelen, zoals een tandenborstel met een harde basis en een rubberachtige handgreep.

Het support materiaal voor deze printtechniek is een gel (Objet) of was (Projet), die na het printen eenvoudig uitgewassen kan worden.

Voordelen

Het belangrijkste voordeel van deze techniek is dat het mogelijk is om twee verschillende materialen gelijktijdig te printen. Een model gemaakt met deze techniek heeft weinig nabewerking nodig.

Nadelen

Het materiaal dat gebruikt wordt, kan niet goed tegen warmte. De 'Heat Deflection Temperature', de temperatuur waarbij het materiaal kan worden vervormd, ligt voor de meeste materialen rond de 55°C.

Techniek	Polyjet
Werking	UV-gevoelige hars, UV-lamp
Materialen	UV-gevoelige harsen met vergelijkbare eigenschappen als ABS, PP, rubber
Support	Ja
Minimale laagdikte	0,016 mm
Voordelen	2K printen, geen nabewerkingen nodig
Nadelen	Geringe warmtebestendigheid

Leveranciers

- Stratasys, www.stratasys.com
- 3D Systems, www.3dsystems.com

Cases

- Heijcon 3D Solutions (paragraaf 3.2.1)
- Euro Mouldings (paragraaf 3.2.4)

3. Onderzoek 3D-printen en materiaal

41

3.1 ONDERZOEKSVRAAG

Voor het deelonderzoek 3D-printen en materiaal, zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd waarbij de volgende vragen centraal staan:

'Wat zijn de materiaaleigenschappen van geprinte producten?'

'Kunnen er ook andere materialen geprint worden?'

3.2 CASES

De deelonderzoeken zijn bij vier verschillende bedrijven uitgevoerd:

- Heijcon 3D Solutions
- Schoeller Allibert
- Food Jazz DJ's
- Euromouldings

Elk bedrijf heeft zijn eigen ervaringen met 3D-printen, wat resulteert in specifieke onderzoeken.

‘De onderzoeksresultaten geven ons, samen met de specificaties van de fabrikant, een **goed beeld** hoe het materiaal in te zetten is.’

SIGRID GOOSSENS
Industrieel Productontwerper
Heijcon 3D Solutions



3.2.1 HEIJCON 3D SOLUTIONS

Achtergrond

Heijcon 3D Solutions in Raalte produceert al jaren producten voor bedrijven en particulieren door middel van 3D-printen, onder andere met Projet-printers. De producten variëren van unieke figuren voor bordspellen en schaalmodellen tot een raamgrendel van een kiepkantelraam voor een renovatieproject.

Heijcon krijgt regelmatig de vraag uit de markt wat de duurzaamheid is van de gebruikte kunststoffen. Hier is nog weinig over bekend, omdat het een vrije productietechniek betreft. Onderzoek naar de levensduur in relatie tot de mechanische sterkte van met UV-uithardbare hars geprinte producten is van groot belang.

Onderzoek

Door Heijcon zijn voor het onderzoek vierentwintig trekstaafjes en vierentwintig kerfslagstaafjes geprint, die allemaal dezelfde oriëntatie hebben. Vervolgens zijn zestien stuks van beide type staafjes getest volgens de norm ‘Qualitätssiegel AL 631, Stück für Stück First Class: Aluminiumbauteile mit GSB-Zertifizierung’. Van beide types worden acht stuks tweehonderd uur blootgesteld aan UV-licht, en de andere acht stuks aan tweehonderd uur zoutsproeitest. Na afloop van deze belasting, zijn trek- en kerfslagtesten uitgevoerd in vergelijking met onbelaste staafjes.

Resultaat

De proeven hebben duidelijk uitgewezen hoe het materiaal zich houdt onder verschillende omstandigheden. Het materiaal wordt harder en brosser door blootstelling aan UV-licht, en verandert ook van kleur. De E-modulus en treksterkte worden lager, terwijl de taaiheid van het materiaal slechts minimaal veranderd is. Deze resultaten, samen met de specificaties van de fabrikant, geven een goed beeld hoe het materiaal in te zetten is. Daarnaast kan er een duidelijk en eerlijk antwoord gegeven worden over de duurzaamheid van de materialen.

‘Verrassende uitkomst: echt geprint PP komt niet in de buurt van de prestatie van gelasersinterd Duraform EX.’

HENK DEKKERS
Senior Designer
Schoeller Allibert



3.2.2 SCHOELLER ALLIBERT

Achtergrond

Schoeller Allibert in Zwolle ontwikkelt en produceert herbruikbare kunststof verpakkingsooplossingen voor de hele wereld. De meeste producten worden door middel van spuitgieten geproduceerd, wat hoge investeringen in matrijzen inhoudt. Tijdens de ontwikkeling van een nieuw product worden sterkteberekeningen uitgevoerd. Hierbij blijkt met name het kruipgedrag moeilijk te voorspellen.

Onderzoek

Gestart is met het maken van een overzicht van materialen en printtechnieken, die vergelijkbare eigenschappen hebben als het veelgebruikte Polypropyleen. De geselecteerde materiaal-techniek combinaties zijn: SL7545 (SLA), DuraForm EX (SLS) en SinterPlast PP (SLS). Van elk van deze materialen zijn drie trekstaafjes gemaakt, die in een buigtest zijn vergeleken met spuitgegoten trekstaafjes van PP.

Resultaat

Alle trekstaafjes zijn op dezelfde manier getest, aan een kant ingeklemd en aan de andere zijde voorzien van een gestandaardiseerd gewicht. Het materiaal Duraform EX komt het meeste in de buurt van de resultaten van spuitgegoten PP. De doorbuigingscurve is identiek qua vorm, alleen ligt de curve onder de spuitgegoten PP.

Een vervolgonderzoek is uitgevoerd met een dunnere Duraform EX trekstaaf, waarbij de doorbuigingscurve boven de curve van spuitgegoten PP komt te liggen. Zeer waarschijnlijk volgt een geprint Duraform EX trekstaafje van 3,3 mm dikte de curve van een spuitgegoten PP trekstaafje van 4 mm.

‘Het printen van chocolade met een FDM-printer geeft mij enorm veel **vormvrijheid** en voegt een **belevenis** toe aan voedsel.’

JASPER UDINK TEN CATE
Creative Chef
Food Jazz & DJ's



3.2.3 FOOD JAZZ & DJ'S

Achtergrond

Food Jazz & DJ's in Utrecht is een culinair evenementenbureau dat unieke cateringconcepten verzorgt. Om die reden hebben ze interesse in het 3D-printen van viskeus voedsel, zoals gelei, lecithine en chocolade. Enerzijds om bijzondere en eventueel gepersonaliseerde producten te maken, anderzijds om een beleving toe te voegen aan het bereiden van voedsel.

Onderzoek

Gestart is met een uitgebreid onderzoek naar de verschillende bestanddelen van chocolade, en het effect daarvan op het printproces. Verder is het smelt- en stolgedrag van chocolade geanalyseerd, waaruit is gebleken dat het smelten gecontroleerd moet gebeuren om de kwaliteit van het product te behouden. Het stollen levert echter een uitdaging op voor het printen, aangezien chocolade erg traag stolt. Hierdoor wordt het snel neerleggen van de volgende laag bemoeilijkt.

Resultaat

Chocolade is te printen op een (behoorlijk) aangepaste FDM-printer. Het is daarbij noodzakelijk dat na elke geprinte laag chocolade een beetje koolstofdioxide wordt gesprayd om de laag snel te laten stollen.



‘Voordat een klant een grote investering doet, is er behoefte om een *realistisch prototype* in handen gehad te hebben.’

MARTIN ESSINK
Directeur
Euro Mouldings

3.2.4 EURO MOULDINGS

Achtergrond

Euro Mouldings in Nijverdal produceert al meer dan dertig jaar verpakkingen voor de petrochemische industrie door middel van ‘blow moulding’, ook wel ‘blazen’ genoemd.

Tijdens het ontwikkelproces van nieuwe producten is er behoefte aan realistische prototypes. Dit prototype heeft de correcte uitstraling, kan over de afvullijn lopen en benadert de ‘touch & feel’ van het echte product.

Onderzoek

Het printen van HDPE met een FDM-printer is onderzocht, maar blijkt niet eenvoudig in verband met de optredende krimp en kristallisatie van het materiaal. Tijdens het printproces zal de geprinte laag direct beginnen te kristalliseren, en dus krimpen, terwijl de volgende laag geprint wordt.

Er zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd naar het krimpgedrag tijdens het printen van PE. Enerzijds door het temperatuurverschil tussen beide lagen te beperken, door in een verwarmde kamer te printen. Anderzijds door zelf compounds te maken waar kristallisatieversnellers aan toegevoegd zijn om krimpverschillen te verkleinen.

Resultaat

Het printen van HDPE met een FDM-printen lijkt mogelijk, op basis van filamenten met kristallisatieversnellers. Voor een realistische ‘touch & feel’ is het printen van twee helften met Polyjet een bruikbare optie.

3.3 CONCLUSIE

'Wat zijn de materiaaleigenschappen van geprinte producten?'

De materiaaleigenschappen van geprinte producten zijn enerzijds afhankelijk van het soort materiaal, en anderzijds van de gebruikte printtechniek. De materialen, die op een FDM-printer verwerkt worden, zijn echte kunststoffen. Deze zullen zich echter anders gedragen omdat er door de gebruikte printer slechts een geringe verbinding ontstaat tussen de verschillende productlagen. Fotopolymeren zijn met een bepaald type kunststof te vergelijken, de printtechniek heeft echter niet veel invloed op deze materiaaleigenschappen. Materiaaleigenschappen van fotopolymeren zijn niet allemaal bekend, en zullen nader onderzocht moeten worden.

'Kunnen er ook andere materialen geprint worden?'

Andere materialen kunnen geprint worden, maar het is niet eenvoudig. De eenvoudigste print-techniek om met het printen van andere materialen te experimenteren is de FDM-techniek. Bij deze techniek wordt het basismateriaal in draadvorm aangevoerd en opgesmolten.

Daarnaast worden er veel nieuwe materialen ontwikkeld: filamenten met speciale eigenschappen voor FDM-printers, maar ook fotopolymeren met verbeterde eigenschappen.

4. Onderzoek 3D-printen en productie

51

4.1 ONDERZOEKSVRAAG

Voor het deelonderzoek 3D-printen en productie, zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd waarbij de volgende vraag centraal staat:

'Kan er een deel van de productie worden overgenomen door 3D-printen?'

4.2 CASES

De deelonderzoeken zijn bij drie verschillende bedrijven uitgevoerd:

- Wavin T&I
- Vitters Shipyard
- 3DE Van Dijk

Elk bedrijf heeft zijn eigen ervaringen met 3D-printen, wat resulteert in specifieke onderzoeken.

‘Het printen van een koppelstuk is niet zo eenvoudig als het lijkt. Naast functionele eisen als water- en luchtdichtheid, is ook het **kwaliteitsgevoel** van groot belang.’

GERRIT REKERS
Managing Director
Wavin T&I



4.2.1 WAVIN T&I

Achtergrond

Wavin Technology & Innovation in Dedemsvaart is producent van kunststof leidingsystemen en koppelstukken. Koppelstukken worden geproduceerd en verkocht in productseries met een grote variëteit aan afmetingen. Binnen elke productserie bestaan er koppelstukken, die kunnen worden betiteld als ‘slow-mover’ of ‘specialty’.

Voor deze ‘slowmovers’, zou het interessant zijn om zonder matrijsinvesteringen of voorraden te kunnen leveren om zo de kosten te reduceren. Belangrijk daarbij is dat de koppelstukken aan diverse eisen moeten voldoen, zoals: waterdicht, luchtdicht, temperatuurbestendig, hydraulische ruwheid, treksterkte, kerfslagwaarde.

Onderzoek

Uit kostenoverwegingen (materiaal- en printerkosten) is het initiële onderzoek naar de haalbaarheid van het printen van een koppelstuk uitgevoerd op een FDM-printer.

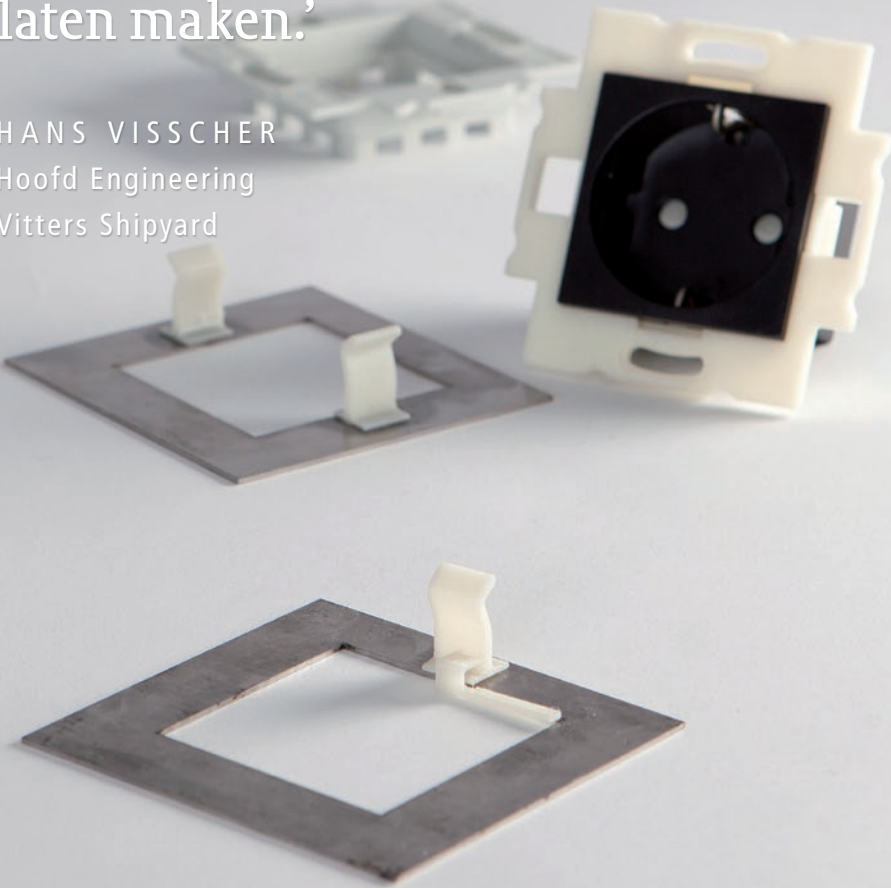
Direct na het printen is dit koppelstuk niet water- en/of luchtdicht, en zal moeten worden nabewerkt met aceton om aan deze eisen te kunnen voldoen. Naast deze twee eisen zijn ook mechanische eigenschappen van het geprinte koppelstuk onderzocht.

Resultaat

Koppelstukken zijn met aceton tot op zekere hoogte water- en luchtdicht te maken. Wavin vindt echter de productkwaliteit te laag en stelt zelf een vervolgonderzoek in naar printen met fotopolymere.

‘Printen van klikvingers met een hulpmiddel voor assemblage, toont ons de mogelijkheid om **snel en doeltreffend** custom onderdelen te laten maken.’

HANS VISSCHER
Hoofd Engineering
Vitters Shipyard



4.2.2 VITTERS SHIPYARD

Achtergrond

Vitters Shipyard in Zwartsluis bouwt sinds 1993 exclusieve zeilschepen. Elk zeilschip is uniek, en wordt gebouwd op basis van de specifieke eisen en wensen van de klant. Voor standaard installatiemateriaal, zoals wandcontactdozen en lichtschakelaars, wordt soms gebruik gemaakt van klantspecifieke afdekplaten.

De huidige assemblage van de afdekplaat gebeurt door het lijmen van kleine klikverbindingen aan de afdekplaat. Probleem hierbij is het exact positioneren van de klikverbindingen, en de variëteit van installatiemateriaal.

Onderzoek

Verschillende mogelijke verbindingen zijn onderzocht, zoals klikvingers en magneten. Na de selectie van de klikvingers, zijn verschillende ontwerpen geprint en een aantal printers getest om de prijs-kwaliteitsverhouding te bepalen.

Resultaat

Met de goedkope FDM-techniek worden klikvingers geprint, inclusief een assemblage hulpmiddel. De klikvingers zijn hierdoor zeer eenvoudig op de juiste plek aan de RVS-afdekplaat te lijmen. Na het lijmen wordt het hulpmiddel weggesneden, en is de afdekplaat klaar voor plaatsing op bijvoorbeeld een wandcontactdoos.

‘Het *personaliseren* van een spel ligt nu binnen handbereik!’

FALCO OLIVIER

Senior Product Design Engineer
Van Dijk 3DE



4.2.3 3DE VAN DIJK

Achtergrond

Van Dijk 3De in Ermelo is een full-service ontwerp bureau, waar industrieel ontwerpers en engineers een sterk gevoel voor design combineren met grondige kennis van materialen en productieprocessen. 3DE maakt veel gebruik van 3D-printen, en is geïnteresseerd in design rules voor het ontwerpen van producten die met 3D-printen geproduceerd kunnen worden.

Onderzoek

Het spel ‘Holle bolle big’ van Goliath games, waarvan 3DE Van Dijk het herontwerp heeft gemaakt, is gebruikt als case. Er is voor deze case gekozen, omdat er diverse materialen en productietechnieken in gebruikt zijn. Na verschillende brainstormsessies en tekenopdrachten met potentiële eindgebruikers, zijn diverse nieuwe dier-beroep-combinaties geselecteerd om het spel te personaliseren. Het nieuwe hoofd is gemodelleerd in klei, en is vervolgens gescand. Het hoofd wordt uitgeprint in een nieuw rubberachtig materiaal met behulp van een SLS-printer.

Resultaat

Een aap, die bananen steelt, is een van de opties om het spel te personaliseren. In de toekomst kan de klant op een website diverse opties combineren tot het gewenste eindproduct.

4.3 CONCLUSIE

'Kan er een deel van de productie worden overgenomen door 3D-printen?'

Het is mogelijk om een deel van de productie over te nemen, maar voor het toegepast kan worden, moeten een aantal zaken onderzocht worden. Ten eerste moet het model aan alle gewenste functies voldoen. Vervolgens zal een prijsvergelijking gemaakt moeten worden met de conventionele productiemethode, waarbij de seriegrootte een belangrijk element vormt.

Aangezien de productiemethode 3D-printen volop in ontwikkeling is, zullen belangrijke beslisfactoren, zoals printsnelheid en –kosten, enorm veranderen de komende jaren.

5. Onderzoek 3D-printen en redesign

59

5.1 ONDERZOEKSVRAAG

Voor het deelonderzoek 3D-printen en redesign, zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd waarbij de volgende vraag centraal staat:

'Wat moet ik aanpassen aan mijn ontwerp om het te kunnen printen?'

5.2 CASES

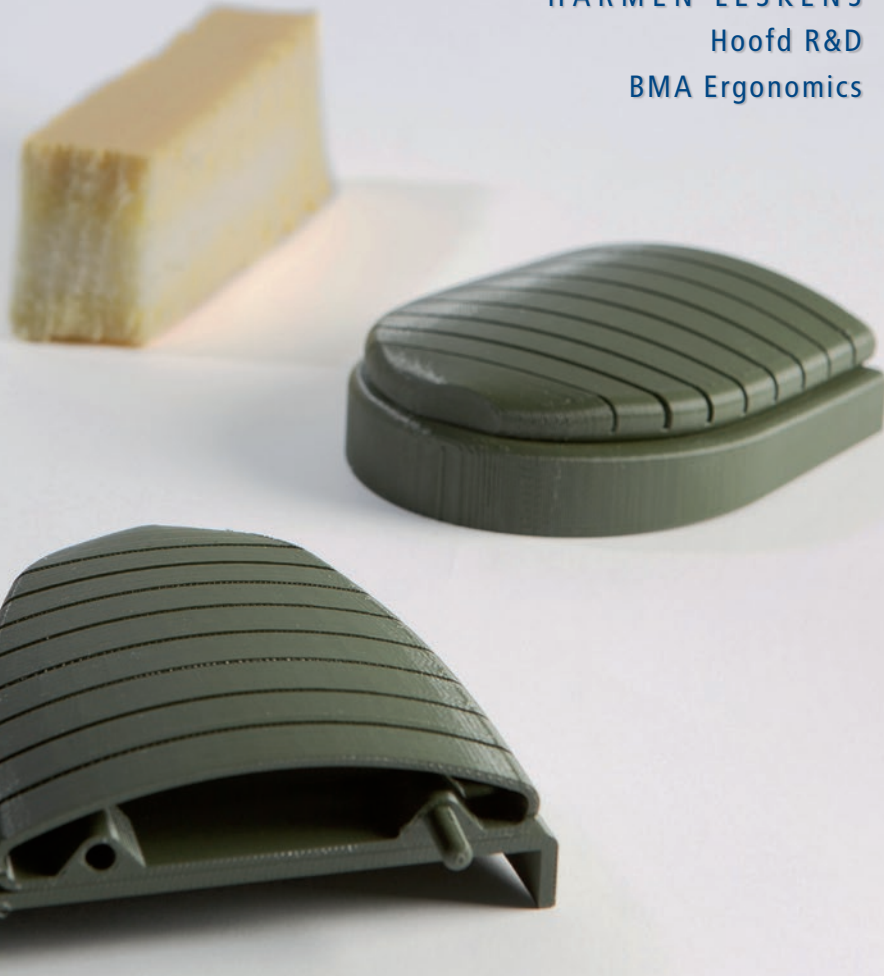
De deelonderzoeken zijn bij drie verschillende bedrijven uitgevoerd:

- BMA Ergonomics
- Dyka
- 3DE Van Dijk

Elk bedrijf heeft zijn eigen ervaringen met 3D-printen, wat resulteert in specifieke onderzoeken.

‘Het *nabootsen* van schuimrubber is geen makkelijke opdracht’

HARMEN LESKENS
Hoofd R&D
BMA Ergonomics



5.2.1 BMA ERGONOMICS

Achtergrond

BMA Ergonomics in Zwolle ontwikkelt en produceert sinds 1996 ergonomische bureaustoelen, waaraan hoge eisen worden gesteld qua zitcomfort en gebruiksgemak. Een belangrijk onderdeel voor het zitcomfort van de stoelen is de zitting van Polyurethaan, welke te maken is in verschillende hardheden.

De zittingen worden geproduceerd door twee componenten Polyurethaan in een matrijs te gieten, waar het materiaal vervolgens met behulp van verwarming zijn vorm krijgt.

BMA is geïnteresseerd om klantspecifieke zittingen te printen met een realistische comfortbeleving, voordat er wordt geïnvesteerd in een matrijs of verschillende samples worden ‘geproduceerd’.

Onderzoek

Er is onderzoek gedaan naar het 3D-printen van materiaal, dat aanvoelt als schuim als je erop gaat zitten. Het printen van ‘elastomeren’ is duur (materiaalkosten 300 Euro/liter), gekozen is om met de goedkope printtechniek FDM verende elementen te testen die een vergelijkbare comfortbeleving hebben.

Resultaat

In verband met de afmetingen van de FDM-printer is het onderzoek uitgevoerd op een armlegger van de stoel. De constructies van bladveren komt het beste overeen met de tactiele feedback van schuim. BMA vindt echter de gelijkenis in comfortbeleving te laag en gaat dit onderwerp zelf verder onderzoeken.

‘Verrassende resultaten met geprinte koelkernen in testopstelling. Nu moeten we het in de praktijk brengen en er een **besparing** mee realiseren!’

FOKKO NUMAN
Manager Productontwikkeling
Dyka Kunststof Leidingssystemen

5.2.2 DYKA

Achtergrond

Dyka Kunststof Leidingssystemen in Steenwijk produceert PVC buizen en koppelstukken. De koppelstukken worden door middel van spuitgieten gemaakt, waarbij gesmolten kunststof in een matrijs wordt gespoten. Holle producten worden gemaakt met kernen, die gekoeld worden om het product af te koelen voor het wordt uitgestoten.

Gevraagd is om deze gedraaide aluminium koelkern te (her)ontwerpen, zodat er met een lager koelwaterdebiet toch een turbulente stroming teweeg gebracht kan worden om de koeling in de matrijs te optimaliseren.

Onderzoek

Allereerst is de stroming rond de huidige koelkern in de computer geanalyseerd. Zowel bij hoog als laag debiet, bleek de stroming laminair te zijn. Vervolgens zijn verschillende ontwerpen geprint met een FDM-printer en geanalyseerd in een testopstelling. De kernen zijn verkleind om materiaal te besparen en printtijd te verkorten.

Resultaat

Het uiteindelijke ontwerp is gebaseerd op het fluitjesprincipe, waarbij het koelwater ‘over de kop gaat’ om turbulentie te krijgen. Daarnaast is er een bufferzone in de koelkern verwerkt, om de stroom gelijkmatig te verdelen.

‘Voor conventionele productietechnieken zijn er ontwerpregels. Met dit onderzoek is er (weer) een *design rule* voor 3D-printen bij gekomen.’

PAUL BRUININK
Managing Director
Van Dijk 3DE



5.2.3 3DE VAN DIJK

Achtergrond

Van Dijk 3DE in Ermelo is een full-service ontwerp bureau, waar industrieel ontwerpers en engineers een sterk gevoel voor design combineren met grondige kennis van materialen en productieprocessen.

3DE maakt veel gebruik van 3D-printen, en is geïnteresseerd in design rules voor het ontwerpen van producten die met 3D-printen geproduceerd kunnen worden.

Onderzoek

Het spel 'Holle bolle big' van Goliath Games, waarvan Van Dijk 3DE het herontwerp heeft gemaakt, is gebruikt als case. Er is voor deze case gekozen, omdat er diverse materialen en productietechnieken in gebruikt zijn.

De broek zal met behulp van de goedkope FDM-printer gemaakt worden, waarbij is getracht de hoeveelheid support materiaal te reduceren.

Resultaat

Het ontwerp van de broekspijp, een cilinder, is geoptimaliseerd. De hoeveelheid support materiaal is met 17% gereduceerd en de printtijd is met bijna 50% verkort. Deze design rule wordt nog verder onderzocht voor ovalen, bollen en kubussen.

5.3 CONCLUSIE

'Wat moet ik aanpassen aan mijn ontwerp om het te kunnen printen?'

Design rules voor het ontwerpen van een spuitgietproduct zijn bekend, denk aan: gelijke wanddiktes, gebruik van radii en lossing. Maar design rules voor 3D-printen moeten nog (verder) ontwikkeld worden. Het ontwerpen van producten, die met 3D-printen gemaakt worden, vergt een totaal andere manier van denken.

6. Onderzoek 3D-printen en scannen

67

6.1 ONDERZOEKSVRAAG

Voor het deelonderzoek 3D-printen en scannen, zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd waarbij de volgende vraag centraal staat:

'Hoe creëer ik een bestand, op basis van een bestaand product, om te kunnen printen?'

6.2 CASES

De deelonderzoeken zijn bij drie verschillende bedrijven uitgevoerd:

- Herikon
- Miedema
- Brilmontuur

Elk bedrijf heeft zijn eigen ervaringen met 3D-printen, wat resulteert in specifieke onderzoeken.

‘Door het scannen van het bestaande product en/of het printen van de matrijs, kunnen we **veel sneller** een product uit Polyurethaan aan onze klant laten zien.’

HENK ZENGERINK
Managing Director
Herikon



6.2.1 HERIKON

Achtergrond

Herikon, High Technical Polyurethane & Silicone Products, in Almelo is gespecialiseerd in de ontwikkeling en productie van klantspecifieke, technisch hoogwaardige producten uit polyurethaan (PU).

Tijdens het ontwikkelproces moet de klant vaak worden overtuigd dat een PU-product aan de eisen en wensen voldoet. Het komt in dit proces regelmatig voor dat er geen CAD-bestanden zijn, maar slechts één product aanwezig is.

Onderzoek

Het bestaande product is gescand met een handscanner. Het 3D-bestand is gebruikt om in een CAD-programma een matrijs te modelleren, die vervolgens op een Inkjet-printer is gemaakt. Er is voor deze printtechniek gekozen vanwege het materiaal, dat bestand is tegen de hogere temperaturen die optreden tijdens 'curing' van Polyurethaan.

Resultaat

Het PU-model uit de geprinte matrijs is realistisch. De doorlooptijd, van aanvraag tot eerste model, kan door middel van scannen en printen enorm worden verkort. Daarnaast kan het handmatig omzetten van een bestaand product naar een siliconen matrijs achterwege blijven.

‘Tandtechniek is ambachtelijk werk, maar het eindresultaat telt. Met behulp van 3D-printen hebben we een **tussenstap geëlimineerd** en we zien nog veel meer mogelijkheden!’

EDDY MIEDEMA

Eigenaar

Tandtechnisch Laboratorium Miedema

6.2.2 MIEDEMA

Achtergrond

Tandtechnisch Laboratorium Miedema in Drachten is gespecialiseerd in esthetische tandtechniek en implantologie. Het maken van tandprotheses, oftewel kunstgebitten, behoort tot hun specialiteit.

Deze producten moeten esthetisch en qua maatvoering perfect zijn. Om deze hoge kwaliteit te realiseren, moet een aantal stappen doorlopen worden voordat het eindproduct klaar is. In één van die stappen wordt een afdruklepel gemaakt, die eenmalig gebruikt wordt.

Is het mogelijk om een afdruklepel te printen (eenmalig te gebruiken), waarmee een nauwkeurige afdruk kan worden gemaakt?

Onderzoek

Met een standaard afdruklepel wordt een eerste afdruk gemaakt, die vervolgens in gips wordt gegoten. Dit gipsen model wordt met een laserscanner gescand, en het 3D-bestand dient als basis voor de individuele afdruklepel.

Resultaat

De individuele afdruklepel wordt geprint op een goedkope FDM-printer. Met behulp van een CAD-bestand en een 3D-printer is het mogelijk om snel en met minder handwerk een eenmalig te gebruiken individuele afdruklepel te maken.

‘In een winkel in Amsterdam
laat je je *hoofd scannen*,
vervolgens kies je een
montuur en kleur. Na een
uur winkelen, kan je je
persoonlijke en ‘hippe’ bril
direct opzetten!’



MASJA MOOIJ

Docent Industrieel Product Ontwerpen
Windesheim



6.2.3 BRILMONTUUR

Achtergrond

Ieder persoon is uniek: afmeting van het hoofd, positie van ogen en vorm van de neus. Het op maat maken van gehoorprotheses voor individuen is al gebruikelijk. Het personaliseren en printen van een brilmontuur lijkt daarom een logisch vervolg.

Onderzoek

Met behulp van een handscanner wordt het hoofd van de klant gescand. Het ontstane bestand dient als input voor het ontwerpen of aanpassen van een gekozen brilmontuur. Als de gewenste aanpassingen gedaan zijn, kan de bril geprint worden.

Resultaat

De bril is met de goedkope FDM-techniek geprint met een gekleurd ABS. Het aangepaste montuur sluit perfect aan op het hoofd van de klant.

De vormgeving van het brilmontuur kan geoptimaliseerd worden, net als de scharnierfunctie van de pootjes. De grove oppervlaktekwaliteit van FDM-prints kan ook verbeterd worden, maar kan ook goed passen bij de ‘hippe’ uitstraling van een 3D-geprinte bril.

6.3 CONCLUSIE

'Hoe creëer ik een bestand, op basis van een bestaand product, om te kunnen printen?'

Het scannen van een bestaand product is mogelijk met bijvoorbeeld een handscanner. Er zijn diverse type scanners met verschillende werkingsprincipes, variërend in afmeting, met of zonder fotomateriaal. Glimmende producten zijn moeilijker te scannen, en simpele producten kunnen sneller (na)gemaakt worden in een CAD-programma.

7. Resultaten

75

Een van de belangrijkste bevindingen van dit onderzoek, is dat de meeste mkb'ers interesse hebben in 3D-printen. Zij ondervinden echter problemen bij het selecteren van de juiste 3D-printtechniek. Om de mkb'ers hierin te ondersteunen zijn een drietal producten ontwikkeld: het boekje 'Printen in de derde dimensie', het congres 3DprintNL en een beslismodel.

7.1 PRINTEN IN DE DERDE DIMENSIE



Als eerste deelproduct is een handzaam boekje gemaakt, waarin een duidelijke uitleg van de verschillende printtechnieken wordt gegeven. Deze technieken zijn voorzien van illustraties, voor- en nadelen en de toepasbare materialen. Tevens zijn de meest in het oog springende cases van het onderzoek, inclusief productfoto's en een quote van de betrokken mkb'er, hierin terug te vinden.

Het boekje 'Printen in de derde dimensie' is uitgereikt aan alle deelnemers van het congres 3DprintNL op 19 september 2013, en fungeerde bij die gelegenheid als discussiedocument. Tijdens deze discussies viel vooral op, dat het MKB nog steeds moeite heeft met het overzien van alle mogelijkheden van deze (nieuwe) techniek en de selectie van de juiste 3D-printtechniek.

7.2 3DPRINTNL

Het congres 3DprintNL heeft als hoofddoel de lokale mkb'er te informeren op het gebied van 3D-printen. Dit is gedaan door de volgende gastsprekers:

- *De industriële revolutie 3.2: kennismaking met de wereld van 3D-printen!*
Folkert Vrijburg (Philips)
- *3D-printen; van idee naar realiteit*
Arjen Koppens (TNO)
- *Bultrug Johanna en 3D-printen*
Prof. dr. Alexander J. Werth (Hampden-Sydney College, Verenigde Staten)
Peter van de Graaf (IPO, Windesheim)
- *3D-printen nu!*
Maarten Valckenaers (Materialise)

De diversiteit aan onderwerpen van deze sprekers heeft een breed publiek aangesproken, variërend van studenten tot lokale mkb'ers. Dit heeft zich onder andere geuit in het grote bezoekersaantal, en de levendige discussies die tussen de lezingen zijn gevoerd.

Tijdens het organiseren van dit evenement, dat oorspronkelijk gestart is als eenmalige activiteit ter afsluiting van het SIA Raak-project, bleek nogmaals dat de interesse naar 3D-printen erg groot is. Dit heeft ertoe geleid dat 3DprintNL een terugkerend congres voor Noord-Nederland wordt, dat afwisselend in Zwolle en Emmen wordt gehouden.



Naast de bijdrage van Windesheim is 3DprintNL mede mogelijk gemaakt door: Stenden Hogeschool (Emmen), Polymer Science Park, Westrup Engineering, Kennispoort Regio Zwolle, Oost NV, Kamer van Koophandel en de provincies Overijssel en Drenthe. Voor meer informatie, zie: www.3dprintnl.nl

Uit de gesprekken die, aan de hand van het boekje 'Printen in de derde dimensie', zijn gevoerd met vertegenwoordigers van het MKB, is gebleken dat het MKB behoefte heeft aan een handzaam hulpmiddel om de juiste printtechniek te selecteren. Deze gesprekken hebben gefungeerd als input voor het verder ontwikkelen van het derde product van dit onderzoek: het beslismodel.

7.3 BESLISMODEL

Eén van de dingen die het MKB mist om tot een weloverwogen keuze te komen voor een 3D-printtechniek, is een gebrek aan kennis over de mogelijkheden van deze techniek. Er is veel informatie beschikbaar over diverse aspecten van 3D-printen, maar een duidelijke en bruikbare richtlijn voor een specifieke vraag ontbreekt. Uiteindelijk heeft dit geleid tot de hoofdvraag van dit onderzoek:

'Welke 3D-printtechniek en materiaalcombinatie kan functioneel en financieel worden toegepast binnen het MKB?'

Uit de verschillende cases is naar voren gekomen, dat het belangrijk is om in eerste instantie het onderzoek te richten op het functioneel toepassen van 3D-printen. Wanneer dit gelukt is, kan onderzocht worden of het ook financieel haalbaar is om 3D-printen toe te passen.

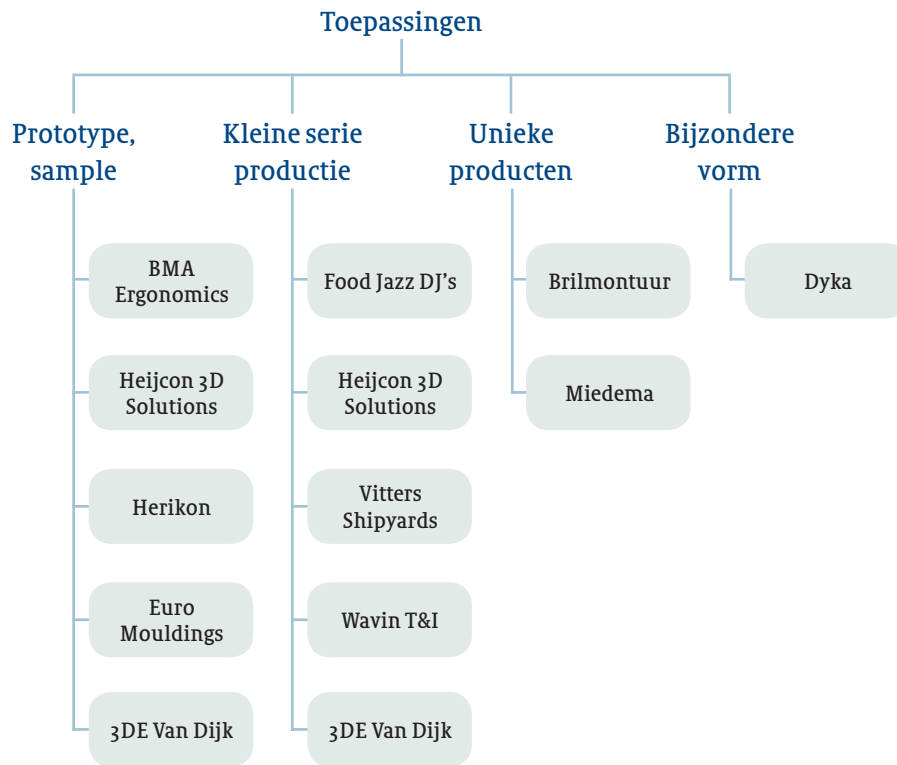
Om tot een beslismodel te komen is de focus gelegd op de functie van het geprinte model. De resultaten van de onderzoeken zijn geclusterd op de onderwerpen 'toepassingen' en 'technieken'.

Toepassingen

Elk bedrijf zal 3D-printen op zijn eigen manier toepassen. Deze toepassingen zijn op te delen in vier categorieën, elk met hun eigen eisen en wensen.

Het maken van prototypes met behulp van 3D-printen wordt al vaak gedaan. Maar het printen van een kleine serie wordt steeds realistischer, omdat de materiaal- en printerprijzen dalen en er nieuwe materialen worden ontwikkeld.

Het echte voordeel van 3D-printen komt naar voren als het wordt toegepast voor unieke of gepersonaliseerde producten, maar ook voor bijzondere vormen die op geen enkele andere manier te maken zijn.

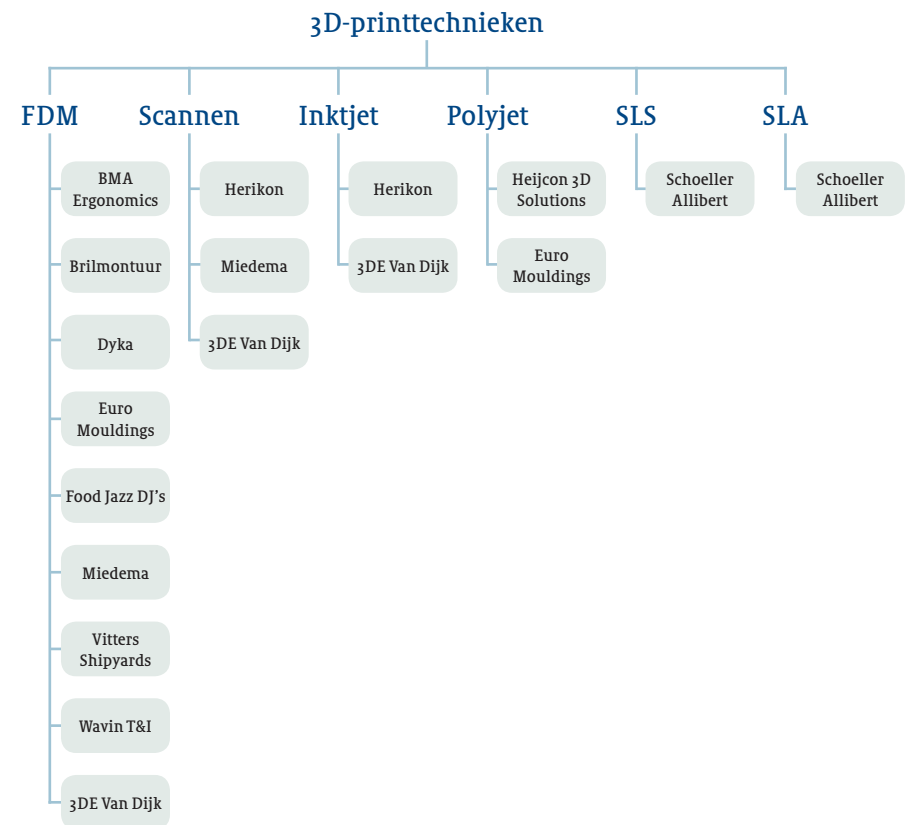


Technieken

Binnen het project zijn verschillende 3D-printtechnieken toegepast. Per case is de techniek weergegeven, zoals die in de onderzoeken zijn toegepast.

De FDM-printer is in dit project het meest gebruikt, omdat het een goedkope en zeer toegankelijke techniek is. Deze techniek leent zich erg goed om te gebruiken om het model te valideren.

De Inktjet-printer is in dit project gebruikt voor het maken van een matrijs voor het drukloze proces, met hogere temperaturen.



Functioneel

Uit alle onderzoeken blijkt dat, bij het beoordelen of 3D-printen toepasbaar is, er allereerst gekeken moet worden of het haalbaar is om het geprinte model functioneel te maken. In veel van de onderzoeken is een eerste model geprint met de goedkope en toegankelijke FDM-printer. Dit geprinte model is gebruikt om het product te valideren. Vervolgens kan een vervolgstap worden gedaan met een andere 3D-printtechniek en materiaalcombinatie om het model te optimaliseren.

Wanneer het model zijn functie naar wens vervult, kan worden gekeken naar de financiële beoordeling van de productietechniek 3D-printen.

Financieel

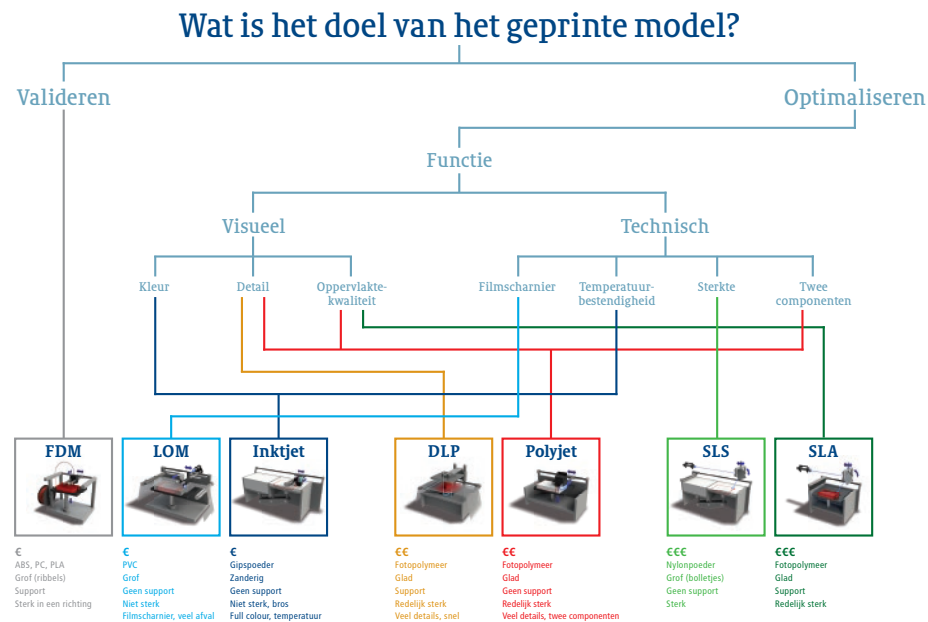
Per situatie moet beoordeeld worden of 3D-printen een goede oplossing is. Deze beoordeling zal enorm per bedrijf verschillen.

Zo zal het 3D-printen van enkele producten ten opzichte van het spuitgieten van deze producten, al snel een financieel voordeel opleveren. Hetzelfde voordeel is te behalen bij een productieproces, waar veel gebruik wordt gemaakt van handwerk.

Het printen van een grote serie met een duur materiaal of een dure printtechniek zal niet snel rendabel zijn.

Beslismodel

Op basis van alle onderzoeksresultaten, is een beslismodel gecreëerd om de juiste printtechniek te selecteren voor een elke gewenste toepassing. Het complete beslismodel is te vinden op de binnenkant van de omslag (achterzijde publicatie).



8. Conclusies en aanbevelingen

Het in deze publicatie beschreven onderzoek heeft tot nieuwe inzichten geleid op het gebied van het toepassen van 3D-printen bij mkb'ers. Hiermee is één van de hoofddoelstellingen van het project gerealiseerd. Daarnaast kunnen de volgende conclusies worden getrokken en aanbevelingen worden gedaan.

Conclusies

De belangrijkste conclusie uit het onderzoek is dat bij alle mkb'ers de productietechniek 3D-printen op de een of andere manier toe te passen is.

Het ene bedrijf zal er een nieuw productidee mee gaan uittesten, terwijl het andere bedrijf gebruik maakt van de mogelijkheid om 'onmogelijke' vormen te maken. Anderzijds kan 3D-printen ook gebruikt worden voor marketingdoeleinden of het maken van een kleine serie unieke producten. Om een eerste ontwerp te valideren, kan in de meeste gevallen gebruik worden gemaakt van een FDM-printer.

Het boekje 'Printen in de derde dimensie' en het jaarlijks terugkerende 3D-print evenement in Noord-Nederland (3DprintNL), zullen als een startpunt gaan fungeren voor bedrijven die gebruik willen gaan maken van deze nieuwe productietechniek.

Daarnaast kan het beslismodel gebruikt worden voor het selecteren van de juiste 3D-printtechniek voor elke gewenste toepassing.

Aanbevelingen

Het ontwikkelde beslismodel is een momentopname, op basis van de huidige prijzen en mogelijkheden van materialen en printtechnieken. Daarom is de eerste aanbeveling het continu aanvullen en actueel houden van het beslismodel.

Het beslismodel heeft bewezen te werken voor de elf cases, die binnen dit project onderzocht zijn. Om de werking van het beslismodel te valideren, verdient het de aanbeveling het model op meer cases toe te passen.

Een printtechniek, die nog niet gevalideerd is in het model is DLP. Het zou daarom goed zijn meerdere cases met deze techniek op te nemen in een vervolgonderzoek.

Afkortingen en woordenlijst

Afkortingen

3DP	3D-printen
RM	Rapid Manufacturing
RP	Rapid Prototyping
AM	Additive Manufacturing
CAD	Computer Aided Design
STL	CAD-bestand voor 3D-printen
LOM	Layered Object Manufacturing
FDM	Fused Deposition Modeling
SLS	Selective Laser Sintering
SLA	Stereo Lithography
DLP	Digital Light Processing

Woordenlijst

Design rule	Regel, waar het productontwerp rekening mee moet houden
Filament	Draadvormig basismateriaal voor FDM-printer
Overhang	Zwevende horizontaal geprinte vlakken
Matrijs	Productiemiddel voor bijvoorbeeld spuitgieten
Printbed	Plaat, waar product op wordt geprint
Support	Materiaal om overhang te ondersteunen

Projectpartners

BMA Ergonomics

Schoenerweg 4
8042 PJ Zwolle
T: 038 - 422 93 22
E: info@bma-ergonomics.com
I: www.bma-ergonomics.com

3DE Van Dijk

Harderwijkerweg 141a
3852 AB Ermelo
T: 0341 - 416 594
E: info@3de.nl
I: www.3de.nl

DYKA Kunststof Leidingsystemen

Produktieweg 7
8331 LJ Steenwijk
T: 0521 - 534 911
E: info@dyka.nl
I: www.dyka.nl

EURO Mouldings

Ambachtsweg 3
7442 CS Nijverdal
T: 0548 - 611 007
E: info@euromouldings.com
I: www.euromouldings.com

Food Jazz DJ's

Geertestraat 2b
3511 XE Utrecht
T: 030 - 274 13 88
E: info@foodjazzdjs.nl
I: www.foodjazzdjs.nl

Heijcon 3D Solutions

Zompstraat 11
8102 HX Raalte
T: 0572 - 362 351
E: info@heijcon.nl
I: www.heijcon.nl

Herikon

Edisonstraat 11
7601 PS Almelo
T: 0546 - 486 486
E: info@herikon.nl
I: www.herikon.nl

Schoeller Allibert

Hanzelaan 320
8017 JP Zwolle
T: 038 - 467 07 00
E: info.zwolle@schoellerallibert.com
I: www.schoellerallibert.com

Tandtechnisch Laboratorium Miedema

Berglaan 62
9203 EJ Drachten
T: 0512 - 544051
E: info@ttlmiedema.nl
I: www.ttlmiedema.nl

Vitters Shipyards

Stouweweg 33
8064 PD Zwartsluis
T: 038 - 386 71 45
E: info@vitters.com
I: www.vitters.com

Wavin T&I

Rollepaal 20
7701 BS Dedemsvaart
T: 0523 - 624911
E: info@wavin.com
I: www.wavin.com

Consortium

Dutch Polymer Institute Value Centre (DPI Value Centre)

Kennispoort 3^e verdieping
J.F. Kennedylaan 2
5612 AB Eindhoven
T: 040 - 247 56 29
E: info@polymers.nl
I: www.polymers.nl

Federatie Nederlandse Rubber en Kunststoftechnologie (NRK)

Loire 150
2491 AK Den Haag
T: 070 - 444 06 60
E: info@nrk.nl
I: www.nrk.nl

Rapid Manufacturing Democentrum (RMD) van TNO

De Rondom 1
5612 AP Eindhoven
T: 040 - 26 50 556
E: rm@tno.nl
I: www.tno.nl

Kamer van Koophandel (voorheen Syntens)

Kronenburgsingel 525
6831 GM Arnhem
T: 088 - 585 36 34
E: info@kvk.nl
I: www.kvk.nl

Westrup Engineering

Leeuwte 65
8326 AB Sint Jansklooster
The Netherlands
T: 0527 - 239 944
E: info@westrupengineering.nl
I: www.westrupengineering.nl

Lectoraat Kunststoftechnologie

Contactgegevens

Lectoraat Kunststoftechnologie
Campus 2-6
8000 GB Zwolle
T: 088 - 469 9700
E: kunststoftechnologie@windesheim.nl
I: www.windesheim.nl/kunststoftechnologie

Contactpersonen

Margie Topp
Lector
T: 088 - 469 72 03
E: m.topp@windesheim.nl

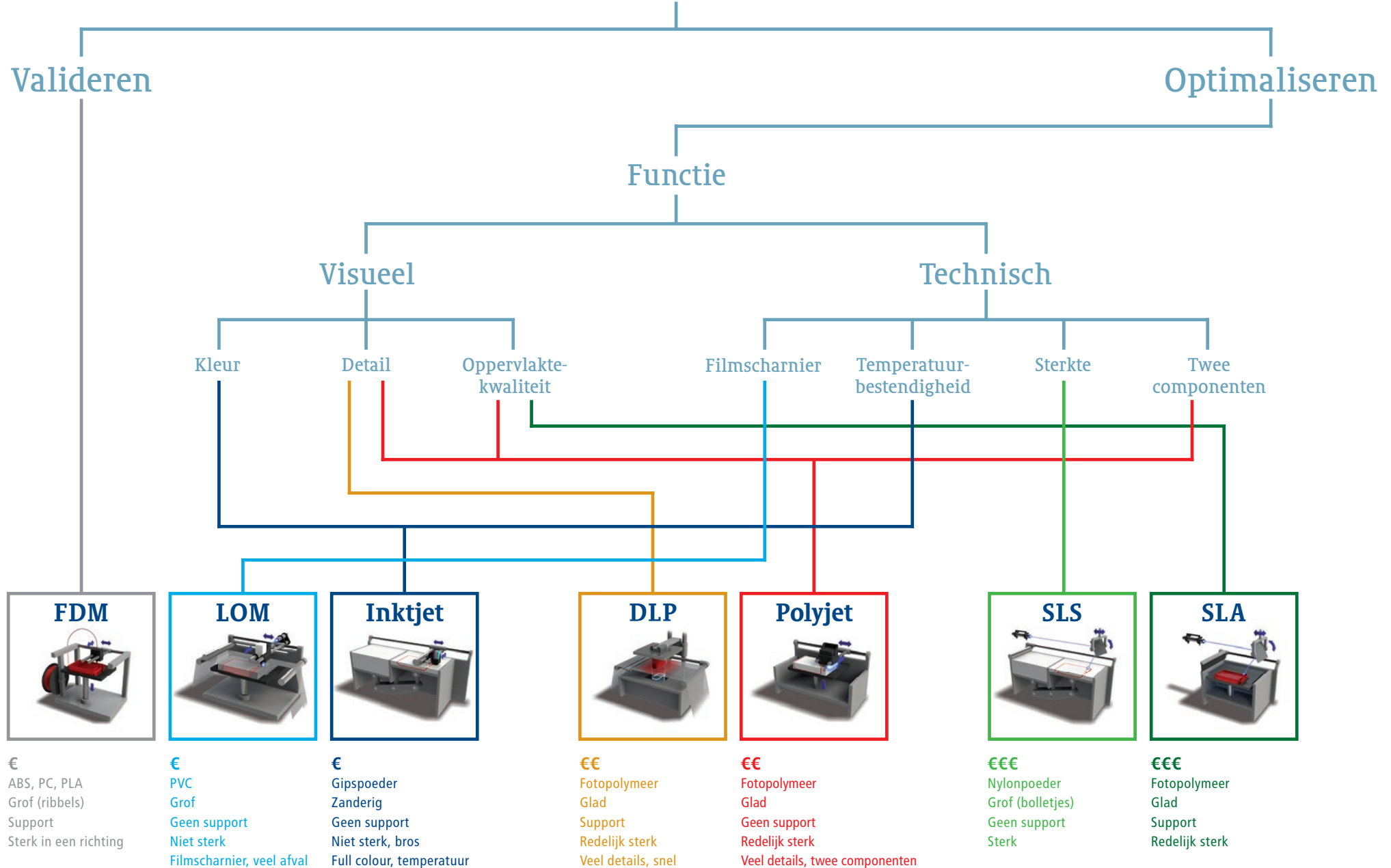
Masja Mooij
T: 088 - 469 72 83
E: mb.mooij@windesheim.nl

Geert Heideman
Associate lector
T: 088 - 469 89 19
E: g.heideman@windesheim.nl

Alexander Jansen
T: 088 - 469 64 42
E: afcm.jansen@windesheim.nl



Wat is het doel van het geprinte model?



◀ Beslismodel

Lectoraat Kunststoftechnologie



Het lectoraat Kunststoftechnologie heeft als doel het hoger onderwijs in kunststoffen te bevorderen. Dat gebeurt onder meer door onderzoek, het geven van lessen en het opzetten en uitvoeren van projecten.

Eerder uitgevoerde onderzoeken zijn: Duurzaam produceren in de kunststofindustrie, Recycling in Ontwerp en Maakindustrie creëert met Rapid Manufacturing nieuwe ontwerpen en mogelijkheden.

Binnen het Rapid Manufacturing-project zijn verschillende printtechnieken en materialen onderzocht. Daarnaast zijn bij elf mkb'ers cases uitgevoerd, waarbij de mogelijkheid van het toepassen van 3D-printen werd onderzocht.

In deze publicatie worden naast de printtechnieken en materialen alle cases behandeld. Op basis van de resultaten van deze onderzoeken is een beslismodel gecreëerd om de juiste printtechniek te selecteren voor een elke gewenste toepassing.

WWW.WINDESHEIM.NL

Windesheim 

Christelijke Hogeschool Windesheim
Campus 2-6 | Postbus 10090 | 8000 GB Zwolle
T 0900 8899 | www.windesheim.nl