

# Introductie 3D-printen

(22-4-2019)

Gerrit van Eindhoven

<http://www.gerritintiny.nl/>

Voorwoord.....	2
Wat is 3D-printen? .....	2
Toepassingen .....	2
- Sieraden / artistiek / persoonlijke voorwerpen.....	2
- Technische voorwerpen .....	2
- Medisch.....	2
- Diversen .....	2
Materialen .....	3
Afmetingen.....	3
Huidige 3D-printers.....	4
- Printkop-systeem (FDM = Fused deposition modeling).....	4
- Poederprintsysteem.( SLS = Selective Laser Sintering).....	5
- Vloeistofsysteem (SLA = Stereolithografie).....	6
Modellen maken.....	7
- Organische vormen.....	7
- Technische voorwerpen .....	10
- Tekenprogramma's .....	10
Model laten printen. ....	11
- Kleuren.....	11
- Printservice .....	11
Voorbeeld van een 3D-print .....	12
Conclusie .....	12
Aanbeveling .....	13
Diverse sites met 3D-info .....	14

## Voorwoord

In de media verschijnen regelmatig publicaties over het maken van voorwerpen met een 3D-printer.

Meestal zijn die verhalen zeer enthousiast, suggereren ze onbeperkte mogelijkheden maar geven ze nauwelijks informatie over de reële toepasbaarheid op dit moment.

In dit artikel ga ik proberen e.e.a. te verduidelijken, dit naar aanleiding van mijn recente ervaringen met deze veelbelovende techniek.

## Wat is 3D-printen?

3D-printen is het maken van voorwerpen door deze, met een speciale 3D-printer, laag voor laag op te bouwen. Dit houdt in dat het printen behoorlijk tijdrovend kan zijn.

Vooraf voor enkelfabricage zoals een prototype of kleine seriefabricages met een beperkt materiaalvolume is het echter een aantrekkelijke methode.

Ook zijn met 3D-printen vormen mogelijk die met andere technieken niet of nauwelijks maakbaar zijn bv. holle wanden en losse voorwerpen in elkaar.

Bij grotere series en materiaalvolumes zullen de conventionele productietechnieken zoals bv. spuitgieten van kunststof en CNC-verspanen van metaal voorlopig echter een voorsprong behouden wat kostprijs en procestijd betreft.

Om een 3D-printer aan te kunnen sturen zal men van het gewenste product eerst een z.g. digitaal model moeten maken in een daarvoor geschikt 3D-tekenprogramma.

Van dit model moet dan weer een speciaal bestand, meestal in .stl-formaat, worden gemaakt waarmee de printer wordt geprogrammeerd. Voor het maken van het model moet men wel ervaring hebben met een Cad-tekenprogramma.

## Toepassingen

Het 3D-printen wordt al zeer veel toegepast bij het maken van verschillende soorten voorwerpen.

De belangrijkste soorten zijn:

- Sieraden / artistiek / persoonlijke voorwerpen  
Deze voorwerpen hebben als kenmerk dat vorm en kleur het belangrijkste is. Materiaalkeuze en maatnauwkeurigheid zijn daar meestal minder belangrijk.  
Het meest gebruikte materiaal hiervoor is PLA (zie Materialen) en de meest gebruikte printtechniek is FDM (Fused Deposition Modelling) (zie Huidige 3D-printers)
- Technische voorwerpen  
Deze hebben als kenmerk dat ze een functie hebben waarbij materiaaleigenschappen en maatvoering het belangrijkste zijn.  
Een veel gebruikt materiaal is nylon en de meeste gebruikte printtechniek is SLS (poederprinten).
- Medisch  
Hier zijn de toepassingen meestal nog experimenteel.  
In de tandtechniek wordt het wel steeds meer toegepast voor het maken gebit-elementen uit keramisch materiaal.
- Diversen  
Verder wordt op alle mogelijke terreinen geëxperimenteerd (door hobbyisten) met toepassingen, zoals elementen voor huizenbouw, culinaire versieringen en printen van metalen voorwerpen.

## Materialen

De meest gebruikte materialen bij 3D-printen zijn op dit moment thermoplastische polymeren zoals nylon, ABS en PLA. (Thermoplastisch wil zeggen dat ze bij hogere temperatuur plastisch worden en zo vervormbaar zijn)

- Nylon (Polyamide) is vrij hard, slijtvast, heeft een behoorlijke treksterkte ( $\pm 55 \text{ N/mm}^2$ ), is taai en heeft goede glij-eigenschappen. Hierdoor is het voor veel, vooral technische, toepassingen bruikbaar. Is wel poreus, heeft een korrelig oppervlak en neemt in beperkte mate vocht op.
- ABS (Acrylonitril-butadien-styreen) is een harde, sterke kunststof in veel kleuren. Het wordt bv. gebruikt voor de bekende Lego-bouwblokjes.
- PLA (Polymelkzuur of polylactide) is een vrij nieuwe milieuvriendelijke goedkope kunststof ook in veel kleuren verkrijgbaar. Een groot voordeel is dat het uit plantaardige grondstoffen wordt gemaakt en ook weer biologisch geheel afbreekbaar is.
- Ook het kunstharz methacrylaat wordt als fotopolymeer toegepast o.a in de stereolithografie - printers.

Daarnaast worden ook al veel andere materialen toegepast, maar dit gebeurt meestal nog in een experimentele fase. Veel onderzoek hierin gebeurt op technische universiteiten in samenwerking met commerciële bedrijven.

Voorbeelden van die materialen zijn:

- Metalen (staal, aluminium, edelmetalen)  
Als poeder vermengd met een bindmiddel of met een laser gesmolten.
- Keramiek (glas, porselein, klei)  
Als poeder vermengd met een bindmiddel.
- Hout  
Als poeder vermengd met een bindmiddel

Het bindmiddel is soms een fotopolymeer dat tijdens het printen met UV wordt uitgehard.

Soms moeten de producten na het printen nog nabewerkingen ondergaan zoals kleuren, sinteren om toegevoegde vulstoffen te verwijderen of de poriën met andere materialen te vullen.

Daar vooral deze categorie nog sterk in ontwikkeling is en minder algemeen toegepast wordt, blijft die hier verder buiten beschouwing.

## Afmetingen

De maximale productafmetingen beperken zich op dit moment meestal tot zo'n 30 cm, afhankelijk van printstelsel en printertype.

Experimentele printers gaan veel verder. Op dit moment staat in China een experimentele 3D-printer die voorwerpen tot 12 meter kan printen.

Ook in Nederland staan al 3D-printopstellingen die metersgrote voorwerpen kunnen printen.

Huidige 3D-printers.

Deze zijn te onderscheiden in:

- Printkop-systeem (FDM = Fused deposition modeling)

Het meest voorkomende en goedkoopste 3D-printer gebruikt een printtechniek die lijkt op het printen met een inktjetprinter.

Bij een inktjetprinter spuit een printkop door een klein spuitgatje (düse) een inkt-dot op papier. Door de spuitkop in één richting (de x-richting) en het papier in de andere richting (de y-richting) te verplaatsen kan men een volgende inkt-dot plaatsen en zo, door dit te herhalen, een patroon bv. een letter of plaatje printen.

Bij de goedkopere 3D-printer gebeurt dit ook, maar wordt meestal zowel de x- als de y-verplaatsing met de spuitkop gedaan. I.p.v. inkt wordt dan een gesmolten kunststof-dot of rups geplaatst.

Het kunststofmateriaal wordt meestal in draadvorm aangevoerd naar een verwarmde spuitkop en vandaar door een klein gatje geperst en als rups of dot op een tableau gespoten waar het direct uithardt.

Is de gehele laag klaar dan zakt het tableau een laagdikte, bv. 0,2 mm, en wordt op de gemaakte laag een volgende laag aangebracht die aan de vorige vastsmelt. Dit wordt herhaald tot alle lagen zijn gemaakt, het product is dan klaar.

Door meerdere düses en verschillende kleuren draad te gebruiken kan men ook voorwerpen printen in meerdere kleuren.

De maatnauwkeurigheid wordt voor een groot deel bepaald door de diameter van de düse. Die is meestal groter dan 0,3 mm.

Doordat het productmateriaal dot voor dot en laag voor laag wordt aangebracht is de procestijd vrij lang. Denk aan ongeveer een uur per cm<sup>3</sup> materiaal.

Printers die met dit systeem werken zijn vrij goedkoop (vanaf €500), de gebruiksmaterialen zijn goed verkrijgbaar en uitermate geschikt voor thuis- en hobbygebruik voor producten waar geen hoge eisen aan een precieze maatvoering worden gesteld.

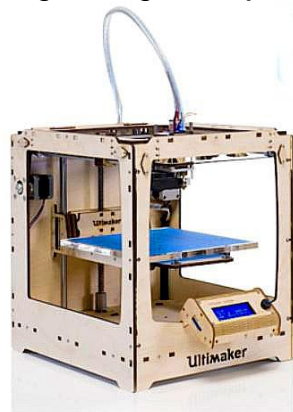
Één van de meest populaire FDM-printers is de Ultimaker die compleet of als zelfbouwpakket voor < €1000 kan worden aangeschaft. Vooral bij hobbyisten is deze printer zeer gewild.

Voordelen:

- Printer is goedkoop (€500 - €5000)
- Meer kleuren printen is soms mogelijk
- Het product mag ook hol zijn
- Eenvoudig te gebruiken.
- Productprijs vrij laag

Nadelen:

- Maattoleranties vrij groot (>0,3 mm)
- Product is poreus
- Bij sommige producten moeten soms ondersteuning met worden geprint om doorzakken te voorkomen.
- De lagen blijven duidelijk zichtbaar
- Proces vraagt veel tijd
- Productsterkte en temperatuursgevoeligheid zijn minder goed



<https://www.ultimaker.com/>

- Poederprintsysteem. ( SLS = Selective Laser Sintering)

Een veel gebruikte uitvoering werkt als volgt:

Een dun laagje zeer fijn poeder, bv. nylon, wordt als laagje uitgespreid op een tableau en vervolgens met een rakel afgestreaken tot een zeer dun laagje met een dikte van 0,03 tot 0,05 mm overblijft.

In dit poederlaagje wordt met een sterke laserstraal het beeld van de betreffende productlaag getekend waardoor de bestraalde korrels aan elkaar smelten. Dit tekenen en samensmelten gebeurt in een fractie van een seconde.

Daarna daalt het tableau een laagdikte, er wordt nieuw poeder gedeponneerd, afgestreaken en een nieuw laagpatroon geprojecteerd. Dit herhaald zich tot het gehele product klaar is.

Deze methode geeft een betrekkelijk fijn gedetailleerd product met maar kleine maatafwijkingen.

Ook zijn de procestijden aanzienlijk korter. Het gebruikte poedermateriaal is echter aanzienlijk duurder en het verzamelen en schoonmaken van de producten uit het overblijvende poeder is meer werk.

Printers van dit type zijn erg duur en worden voornamelijk door speciale 3D-printbedrijven gebruikt waar men printopdrachten kan plaatsen.

Een dergelijk bedrijf is de firma Shapeways, van oorsprong als spin-off afkomstig van Philips, in Eindhoven maar inmiddels ook in New York gevestigd.

Meer info op <http://www.shapeways.com/>

Voordelen:

- Maattoleranties kunnen klein zijn (<0,1 mm)
- Er zijn diverse materialen bruikbaar die zeer sterk en/of temperatuurbestendig zijn, bv. nylon, keramiek en metalen.
- Holle producten gaat prima, ondersteuning mee printen is niet nodig.
- Het product printen kan eenvoudig worden uitbesteed.
- Korte cyclustijd

Nadelen:

- Printers zijn duur (€10.000 - €1.000.000) waardoor eigen aanschaf lastig is.
- Standaard printkleur is wit. Producten kunnen wel in een bad gekleurd worden
- Product is (meestal) poreus
- Productprijs vrij hoog



Behalve de laserpoederprinter zijn er nog een aantal andere poederprint varianten in gebruik. Één van deze varianten werkt niet met een laserstraal maar spuit met een x-y gestuurde printkop minuscule dotjes waterdunne UV-lijm op de poederlaag. Deze dotjes worden daarna direct met een UV-verlichting uitgehard.

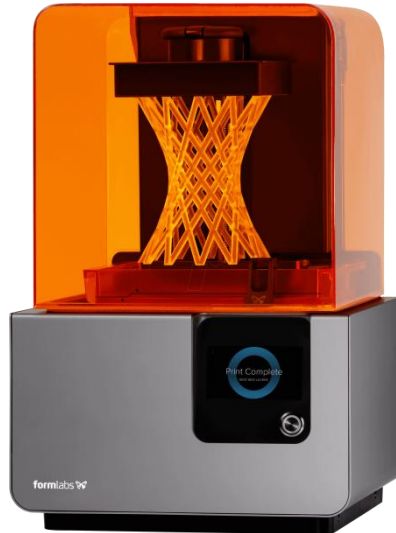
- Vloeistofsysteem (SLA = Stereolithografie)

Dit is een vrij nieuwe procedure waarbij in een bak vloeibare UV-gevoelige acrylate-polymer aan de boven- of onderzijde d.m.v. een UV-laser een beeldlaag wordt geprojecteerd en uitgehard.

De eerste laag hecht vast aan een tableau dat telkens een laagdikte wordt verplaatst, waarna een nieuwe laag wordt geprint.

Dit systeem is vrij nieuw maar zeer veelbelovend.

Hier mee kunnen ook zeer gladde, fijn gedetailleerde en vloeistofdichte producten worden gemaakt.



Voordelen:

- Producten worden zeer glad en erg fijn gedetailleerd.
- Maten zeer nauwkeurig. Toleranties <0,1mm mogelijk.
- Eenvoudig te gebruiken.
- Transparante en vloeistofdichte producten mogelijk.

Nadelen:

- Printers vrij duur >€4000
- Productprijs vrij hoog.
- De gebruikte productmaterialen (methacrylate) zijn vrij bros.
- De producten moeten intensief en speciale spoelbaden worden gereinigd.

## Modellen maken

Om een voorwerp te kunnen 3d-printen zal eerst een software model van het voorwerp moeten worden gemaakt.

De twee meest voorkomende vormen zijn:

### - Organische vormen

Men wil een kopie van een bestaand voorwerp waarvan geen technische tekening kan worden gemaakt, bv. een appel of een geboetseerd beeldje.

- Er zijn speciale 3D-scanners op de markt waarmee men een voorwerp in 3D kan scannen, bv. een hoofd of zelfs een compleet persoon..

Een beperking van deze methode is dat men alleen uitwendige maar geen inwendige vormen kan vastleggen.

Men kan ze met speciale software later wel een wanddikte geven.

Deze situatie is voor technische producten meestal dus niet bruikbaar.

Ook Hema biedt deze 3D-printdienst aan. Men kan er zelf sieraden laten printen of zich laten scannen en 3d-printen als beeldje van max. 30cm hoog.

- Er zijn ook speciale 3d-tekenprogramma's waarmee men, door bv. een bol te vervormen, digitale figuren kan kneden, analoog aan het boetsen met klei.

Een hiervoor zeer geschikt programma is Sculptris, te downloaden op:

<http://pixologic.com/sculptris/>

- Men kan ook zelf van een voorwerp een 3D-scan maken d.m.v. een fotocamera. Heb je een voorwerp waarvan je een 3D-print wilt laten maken dan is één van de mogelijkheden om er een serie opnames met een fototoestel van te maken en die opnames om te zetten in een 3D-model.

Hiervoor moeten 4 stappen worden doorlopen.

#### 1- Foto's maken (met camera)

- Van het voorwerp moet een serie foto's (minimaal 30 stuks) worden gemaakt Dit kan met elke digitale camera, zelfs met een smartphone.

Stel het toestel (indien mogelijk) in op Handmatig en kies een vaste sluitertijd, diafragma en zoominstelling. Schakel de flits uit.

- Maak de opnames bij voorkeur buiten om een egale belichting te verkrijgen.

Plaats het voorwerp op een kruk of console zodat je rondom minimaal 1 meter ruimte hebt.

Maak een proefopname om te controleren dat de toestelinstellingen correct zijn.

De foto moet contrastrijk, scherp en zeker niet overbelicht zijn.

- Ga op een afstand staan van  $\pm 3x$  de hoogte van het voorwerp, dus bij een voorwerp van 20 cm hoogte een afstand van 60 cm en houd het toestel horizontaal op de hoogte van het voorwerp.

Stel de zoom zodanig in dat het voorwerp verticaal beeldvullend is.

- Maak de 1<sup>e</sup> opname, verplaats je  $\pm 18^\circ$  en maak de volgende opname.

Herhaal dit tot je helemaal rond bent geweest en de 20 eerste opnames hebt gemaakt. p.

- Dit proces wordt nog eens herhaald waarbij men een stuk of 10 opnames maakt schuin van boven. *Wil men zo een persoon fotograferen dan moet die wel een minuut of twee onbeweeglijk blijven zitten. Kan zal erg lastig zijn en is eigenlijk niet te doen.*

- Heeft men de foto's gemaakt, sla ze dan op op je computer in een aparte directory

- **Er zijn ook bedrijven die een z.g. 3D-cabine hebben waarin een groot aantal camera's in een vaste cirkelvormige opstelling zijn geplaatst. Met al die camera's wordt dan op hetzelfde moment een opname gemaakt. Voordeel is dat zo ook van bewegende voorwerpen (mensen en dieren) opnames kunnen worden gemaakt.**

#### 2- Foto's uploaden (123D Catch)

De gemaakte foto's moeten nu worden samengesteld tot een 3-dimensionaal plaatje.

Hiervoor is speciale software nodig die verkrijgbaar is in betaalde en gratis versies.

Een goed werkend gratis, in de cloud werkend programma, is 123D Catch van Autodesk.

Men kan het downloaden en installeren op : <http://www.123dapp.com/catch>

Heeft men 123D Catch geïnstalleerd en geopend dan verschijnt het volgend scherm:



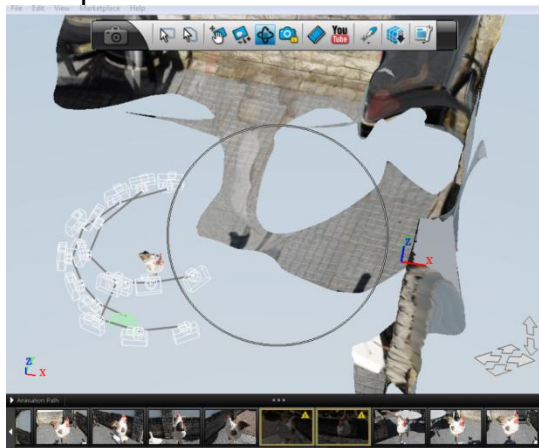
- Klik nu op de knop Get Started.  
Er verschijnt nu een browser, selecteer daar de gemaakte foto's en sluit af door op Openen te klikken. De Create Project-knop krijgt nu een groene Vink
- Als je nu op die knop klikt verschijnt een schermje om wat gegevens in te vullen, doe dat en sluit het af. Nu worden alle foto's geupload naar Autodesk.  
Dat kan wel een half uurtje duren.

**Opmerking:**

**Soms kan tijdens dit uploaden de mededeling "reageert niet" verschijnen. Probeer het dan opnieuw. Kennelijk is de Autodesk-server of je eigen internet dan overbezet en faalt het uploaden.**

Als het uploaden is geslaagd dan gaat Autodesk de foto's combineren tot een model en zal het model vervolgens downloaden. Kan ook wel een half uurtje duren.

- Na het downloaden verschijnt een nieuw scherm met het model met de cameraposities en rondom de niet gebruikte fotofragmenten. Kan soms een beetje lastig zijn om je voorwerp hier tussen te vinden.



Ook zie je onderin alle geuploade foto's. Controleer of alle geselecteerde foto's daar aanwezig zijn. Is dat niet dan was het uploaden verstoord. Je kunt dan beter opnieuw uploaden.

In sommige foto's staat soms een geel uitroepteken. Dat betekent dat die foto niet gematched kon worden. Ook die camerapositie wordt dan niet getoond. Door er dubbel op te klikken kun je alsnog handmatig proberen een match te maken. Is wel moeilijk.

Heb je veel uitroeptekens dan zijn je opnames niet goed en kun je beter nieuwe maken.



- Verwijder alle losse fotofragmenten door ze met de rechthoekige selectieknop in het menu te selecteren en te deleten..  
*Je kunt inzoomen of verplaatsen met het muis-scrollwiel en roteren door de Orbit-knop in het menu te selecteren.*
- Is alles goed gegaan dan kun je het project onder een eigen naam save. Het wordt dan in kleur opgeslagen als een .3dp-bestand.
- Vervolgens moet je het exporteren als een .obj-bestand. Dit kun je later bewerken in bv. Meshmixer.  
Je kunt 123Catch nu afsluiten. Het model is nu nog een mesh-model, d.w.z. dat alleen het oppervlak is vastgelegd, dus het is dan nog helemaal hol, zonder wanddikte.  
In de volgende stap gaan we dat veranderen.

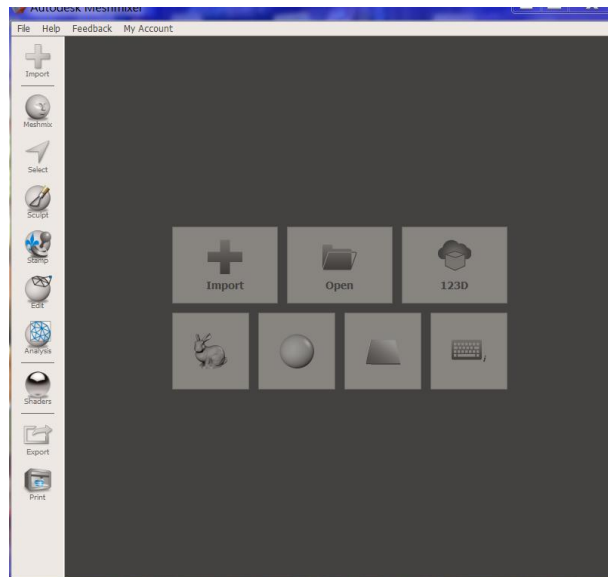
### 3- Model afwerken (Meshmixer)

In stap 2 is alleen nog maar een oppervlaktemodel (mesh) gemaakt. Dit moet nog massief (solid) worden gemaakt en evt. een wanddikte en afmeting krijgen.

Hiervoor gebruiken we het gratis programma Meshmixer voor.

Het is te downloaden op: <http://www.meshmixer.com/download.html>

- Heeft men Meshmixer geïnstalleerd en geopend dan verschijnt het volgende scherm:



- Door op het kruis (import) te klikken kan je via een browser het gewenste .obj-bestand openen.  
Het object verschijnt dan monochroom op het scherm, mogelijk nog samen met wat niet verwijderde fragmenten. Verwijder die alsnog.
- Klik op View en vink "Show printer bed". Vink het later weer uit als het in de weg zit.
- Klik op Edit – Align om het object in het werkvlak te brengen
- Klik op Edit – Transform om het object te verplaatsen of te roteren
- Klik op Analyse – Units/Dimensions en geef als y-waarde de gewenste objecthoogte op.
- Opmerking:  
Het navigeren (verschuiven, zoomen en roteren) is vrij lastig.  
Hierbij een paar hints:

**Alt+LeftMouse:** tumble camera around object (turntable mode)  
**Alt+MiddleMouse:** pan camera  
**Alt+Shift+LeftMouse:** pan camera  
**Alt+RightMouse:** zoom camera  
**Alt+Ctrl+LeftMouse:** zoom camera

- Nu gaan we een wanddikte creëren.
  - Klik op de pijl (selecteren)
  - Klik vervolgens op het object (een vlak zal rood worden)
  - Druk op “e” van het toetsenbord. Het hele object wordt nu rood.
  - Klik in het selectmenu op “Edit”
  - Klik op “Extrude”
  - Selecteer bij Direction “Normal”
  - Vul in Offset een negatieve waarde in bv. -2
  - (“-“ voegt een wanddikte aan de binnenkant toe, “+” voegt aan de buitenkant toe.
  - Sla op via “Export” onder een nieuwe naam.
  - Klaar
  - Printen

Opmerking: Meshmixer maakt normaal monochrome modellen. Het heeft wel de mogelijkheid om de kleur te kiezen en zelfs om plaatselijk verschillende kleuren aan te brengen.

#### - Technische voorwerpen

Dit zijn voorwerpen waarvan afmetingen en materiaal strikte eisen moeten voldoen en waarvan de geometrie goed is vast te leggen..

Hiervoor moeten de volgende stappen worden doorlopen:

- Maak van het product eerst een schets of technische tekening, waarin alle maten worden vastgelegd.  
Dit hoeft niet persé een digitale tekening te zijn maar mag uiteraard ook een eenvoudige schets zijn.
- Maak een 3D-model in een een daarvoor geschikt 3D-tekenprogramma.  
Heeft men een 3D-model gemaakt dan moet het nog worden omgezet in een speciaal formaat (meest gangbaar is het .stl-formaat) waarmee de 3D-printer kan worden aangestuurd. Nagenoeg alle 3D-tekenprogramma's hebben die mogelijkheid.

#### - Tekenprogramma's

Autocad Mechanical is uitstekend geschikt maar is een vrij duur professioneel tekenprogramma.

Beschikt men hier niet over dan zijn echter ook een aantal gratis 3D-tekenprogramma's op internet te downloaden bv.:

- DesignSpark Mechanical van RS (gratis)  
RS verleent ook veel andere diensten op 3D-print gebied.  
<http://www.rs-online.com/designspark/electronics/>
- Fusion 360 van Autodesk (voor hobbyisten gratis)  
Dit programma is uitstekend geschikt om 3D-modellen en evt. de daarbij behorende 2D-werktekeningen te maken.  
Het is te installeren via:  
<https://www.autodesk.com/campaigns/fusion-360-for-hobbyists>  
Een introductieartikel voor Fusion 360 kun je op mijn site VANALLESWAT vinden.  
<http://www.gerritentiny.nl/>
- Google Sketchup (gratis)  
<http://www.sketchup.com/products/sketchup-make>
- Blender (gratis)  
<http://www.blender.org/>
- Solid Works (niet gratis)  
<http://www.solidworks.com/>

Voor alle programma's geldt dat men er behoorlijk mee moet oefenen voordat men in staat is om een bruikbaar model te maken.

Voor de meeste programma's zijn ook tutorials op het internet te vinden.

## Model laten printen.

Heeft men zelf een digitaal model gemaakt en omgezet in een .stl-bestand dan kan het geprint worden.

- Kleuren  
Normaal wordt het model geprint in een monochrome uitvoering.  
Wil men het product in kleur hebben dan zijn de mogelijkheden afhankelijk van het printprocedé.
  - FDM-systeem  
Normaal zal monochroom geprint worden. De toegepaste kleur kan men meestal zelf kiezen.  
Er zijn echter ook FDM-printers die z.g. full-color kunnen printen door gebruik te maken van meerdere printkoppen.
  - SLS-systeem  
Heeft men voor nylon gekozen dan is full-color nog niet mogelijk.  
De standaardkleur is dan wit, maar het product kan wel monochroom gekleurd worden in een kleurbad naar keuze.  
Bij Shapeways is full-color wel mogelijk bij het materiaal Sandstone. Dit is niet sterk maar kan goed gebruikt worden voor beeldjes e.d.  
In dit geval wordt geprint in een witte poederlaag met een inktjetprinter met een gekleurde vloeistof. Die vloeistof wordt direct daarna met UV-licht uitgehard.  
Wil men hier meer over weten kijk dan op:  
<https://www.shapeways.com/tutorials/designing-for-better-colors-in-full-color-sandstone>

## - Printservice

Heeft men zelf geen printer dan zijn er inmiddels veel bedrijven waar je je bestand kunt laten printen. Je kunt je bestand daarnaar uploaden en krijgt dan per omgaande een offerte met prijs en levertijd.

Via internet zijn veel van deze bedrijven te vinden, je kunt er meestal ook als particulier terecht o.a. bij:

- Shapeways  
<http://www.shapeways.com/>  
Hier kan men een eigen ontwerp ook op laten nemen in een bibliotheek  
Derden kunnen daaruit dan kiezen om het ook te laten printen. In dat geval krijg je er een vergoeding voor.
- I.materialise  
<https://i.materialise.com/>
- Cadix  
<http://www.cadix.nl/tekenbureau/3d-printen>

De prijzen zijn afhankelijk van het gewenste materiaal, materiaalvolume, evt. nabewerking en een vast bedrag startkosten. Reken op €0,1 tot €0,25 / omschreven cm<sup>3</sup>

Er zijn inmiddels ook veel particulieren en hobbyisten die over een 3D-printer beschikken.

Dat zal meestal een FDM-printer zijn.

Dikwijls zijn die zeer bereid om een model voor je uit te printen.

De meesten zijn te vinden op hun community-site: <http://www.3dhubs.com/>

Bij Hema kan men via internet zelf een sieraad ontwerpen en laten 3D-printen. De ontwerp mogelijkheden zijn nog vrij beperkt.

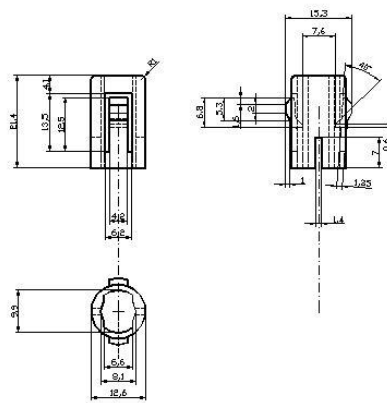
Ook is het mogelijk om een 3D-scan van een persoon te laten maken en hiervan een beeldje te laten printen. Kijk op:

<http://www.z24.nl/ondernemen/3d-printen-bij-hema-laat-een-poppetje-van-jezelf-maken-474144>

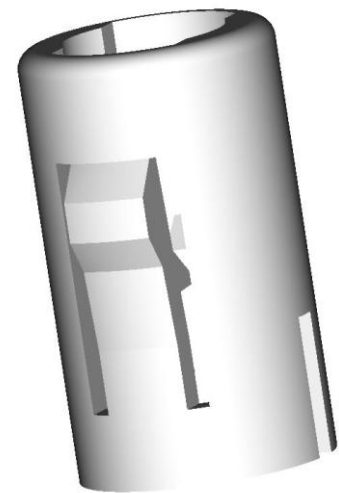
## Voorbeeld van een 3D-print



Origineel



Tekening



Digitaal model

Foto van een bestaand voorwerp met de technische tekening en het digitaal model

### Conclusie

Hoewel het 3D-printen eigenlijk nog maar in zijn kinderschoenen staat biedt het steeds meer mogelijkheden om op een snelle, goedkope manier losse of kleine series gecompliceerde voorwerpen te maken.

Het lijkt er op dat het feitelijke printen steeds meer door gespecialiseerde bedrijven gedaan zal worden. Dit is vergelijkbaar met het maken van papieren drukwerk door drukkerijen.

Het ontwerpen en toeleveren van de digitale modellen gebeurt dan door de opdrachtgever, al kan het modellen maken inmiddels ook worden uitbesteed.

De beperkingen liggen op dit moment vooral in de beschikbare materialen, de maatnauwkeurigheid bij kleine voorwerpen, de maximale grootte van het voorwerp en de benodigde printtijd.

Op bedrijven, scholen en universiteiten worden hiernaar veel onderzoek gepleegd, ook in samenwerkingsverbanden.

Hierdoor bevindt het 3D-printen zich nu in een stroomversnelling en zal het in de toekomst steeds meer mogelijkheden voor bedrijven en particulieren bieden.

Maar ook op dit moment kan het al van grote betekenis zijn voor bedrijven die een prototype of kleine series van een product nodig hebben. Vooral kostprijs en korte levertijd kan dan bij 3D-printen een groot voordeel zijn. Ook het feit dat de prijs voornamelijk wordt bepaald door het materiaalvolume en dat vormcomplexiteit nauwelijks een rol speelt is dan een groot voordeel. Ook is het 3D-printen heel goed toegankelijk voor particulieren, zeker als men zelf een FDM-printer, bv. Ultimaker, aanschafft en zich wil verdiepen in het maken van de digitale modellen met de gratis beschikbare programma's.

Zelf een 3D-printer aanschaffen is commercieel meestal niet zinvol door de hoge prijs en de snel voortschrijdende ontwikkelingen van de printers.

Zie je het meer als een hobby, laat je dan echter niet weerhouden.

**Heeft men zelf geen printer beschikbaar dan kan men als particulier ook zeer goed terecht bij de bedrijven zoals Shapeways. Dit heeft mijn voorkeur.**

## **Aanbeveling**

Heb je interesse in 3D-printen en wil je zelf producten maken die een technische functie hebben doorloop dan de volgende stappen:

(Met technische producten bedoel ik hier producten die een functionele toepassing hebben, bv. een kapot apparaatonderdeel waarbij maattolerantie en materiaaleigenschappen belangrijk zijn)

Stap 1: Maak een maatschets van het gewenste product.

Stap 2: Kies als materiaal bij voorkeur nylon.

Stap 3: Maak een 3D-model in een 3D-tekenprogramma .

Stap 4: Maak van het 3D-model een STL-bestand.

Stap 5: Upload het STL-model naar een printservice, bv. Shapeways, vraag een prijsopgaaf en laat het evt. printen.

## **Diverse sites met 3D-info**

Een site met een zeer goede introductie over 3D-printen:

<http://www.ground3d.nl/over-3d-printen/wat-is-3d-printen/>

Een site waarin de diverse 3d-print technieken worden beschreven en vergeleken.

<http://www.windesheim.nl/~media/Files/Windesheim/Research%20Publications/Printen%20in%20de%20derde%20dimensie.pdf>

Boek over de actuele stand van zaken van het 3D-printen (papier en ebook).

<http://www.bol.com/nl/p/de-wereld-van-3d-printen/9200000021970735/>

Dit bedrijf levert alles voor printen.

Hebben ook een goedkope 3D-printer (± €1000) in het pakket.

<https://www.printabout.nl/3d-printers/>

Daar veel mensen betrokkenheid hebben met het 3D-printen is er een wereldwijde 3D-community opgericht waarvan de leden bezig zijn met het 3D-printen of zelfs over een printer beschikken.

Je kunt je locatie opgeven en kijken waar zich 3D-printers in de buurt bevinden.

<http://www.3dhubs.com/>

Een andere groep bedrijven is Fab Lab. Dit zijn over de hele wereld gevestigde werkplaatsen die ontwikkelaars faciliteiten bieden, o.a. gebruiken van 3D-printers. In Nederland is in de meeste grote plaatsen wel een vestiging.

<http://fablab.nl/>