

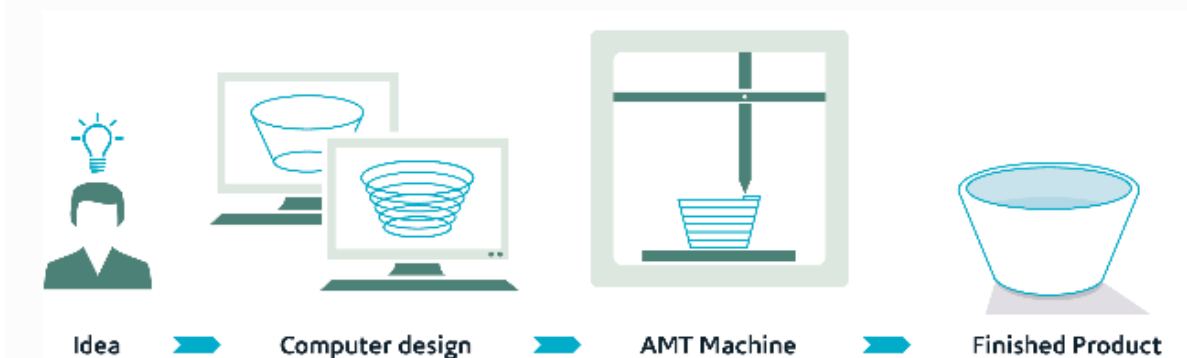
Nieuwe technologieën en de gevolgen ervan

3D printen

Inleiding

3D-printen begint ons dagelijks leven steeds sterker te beïnvloeden en biedt grote economische en maatschappelijke kansen. Het kunnen printen van 3D-voorwerpen geeft iedere consument de mogelijkheid om gepersonaliseerde ontwerpen met één druk op de knop daadwerkelijk te realiseren. De professionele markt, met name vanuit de maakindustrie, zal steeds vaker bij de vervaardiging van complexe producten het 3D-printen gebruiken. Tot op heden vielen vooral de prototypes in de smaak, maar het zal steeds aantrekkelijker worden om functionele onderdelen en ook grotere aantallen producten te printen. Het gebruik van 3D-printen betekent dat er totaal andere businessmodellen ontstaan, waarbij de logistieke keten volledig op z'n kop gaat. Het leveren van een gereed product aan winkels wordt deels vervangen door materialen die op locatie in de winkel of thuis worden geprint, en ontwerpen worden gekocht in de 3D-store op internet.

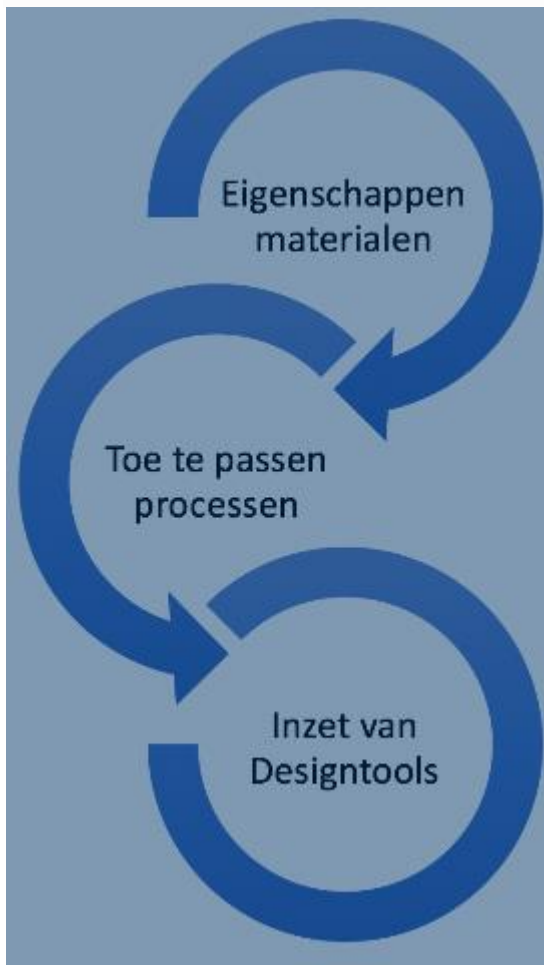
De technologie



3D-printen is een techniek waarbij laag voor laag materiaal wordt aangebracht; de figuur laat het principe zien. De verschillende lagen creëren volume en structuur, waardoor een 3-dimensionaal object ontstaat. Er zijn verschillende technieken die gebruik maken van deze laagsgewijze opbouw, en daarbij met verschillende materialen werken.

Een ontwerp kan digitaal worden gemaakt in een 3D CAD-programma (Computer Aided Design) zoals AutoCad of 3DStudiotheMax en worden doorgestuurd naar een 3D-printer. Die converteert het ontwerp naar tekeningen van de lagen, die laag voor laag in vast materiaal worden omgezet en aan de onderliggende laag 'bevestigd'. In een relatief korte tijd kan zo een ontwerp worden gematerialiseerd. Het grootste en bekendste toepassingsgebied van deze techniek is dan ook "rapid prototyping". De techniek wordt dan gebruikt om snel een tastbaar model van het ontwerp ter beschikking te hebben waarmee geëxperimenteerd kan worden om zo het ontwerp te verbeteren.

Het hart van 3D printen



Het hart van 3D-printen wordt bepaald door drie zaken:

- 1: de eigenschappen van de te verwerken materialen,
- 2: de toe te passen processen en
- 3: de beschikbare designtools.

Voor iedere toepassing is het belangrijke een optimale keuze te maken uit de mogelijke materialen, de mogelijke processen en de mogelijke designtools.

Het optimale in die keuze zit 'm in het voorspelbaar en reproduceerbaar producten te kunnen vervaardigen.

Die keuze is erg belangrijk voor het succes van een product en vaak complex van aard.

Een voorbeeld: De keuze is afhankelijk van aantallen, complexiteit, toepassingseisen en kostprijs.

Een eenmalig prototype van een vaasvorm dat gebruikt wordt om een mal te maken waarmee je de vaas m.b.v. gietklei als keramiek gaat produceren.

of

Een oplage van 12 ringen ontworpen in Fusion360 en te produceren in zilver.

Eerder werd het prototype van de vaas voor de 3D print mogelijkheden vaak geboetseerd. Met 3D ontwerptools heb je meer controle over de vorm en symmetrie en ben je sneller. Je ziet tegenwoordig dat de mal gemaakt wordt van een geprint ontwerp.

Voor de ringen in zilver stuur je je ontwerp naar een producent die zilveren voorwerpen kan printen. Dat kan bijvoorbeeld via [ShapeWays.com](https://www.shapeways.com).

Waarvoor gebruiken we die technologie?

3D-printen is in veel verschillende markten toepasbaar. De tabel geeft weer in welke markten reeds toepassingen geproduceerd worden met behulp van 3D-printen.

Markt	Toepassingen
Medical / Dental	Protheses, implantaten, hearing aids, bruggen, beugels, brillen, tooling, gereedschappen, scanning, hartkleppen, smartpillen
Aerospace	Prototyping, complexe lowvolume, (spare) parts, lichtgewicht, constructiedelen, kleine metalen parts
Automotive	Prototyping, high-performance, onderdelen (race), lichtgewicht delen, spare parts
Consumenten (lifestyle & fashion)	Customized producten, zelfontworpen, meubelen, speelgoed, juwelen, kunstvoorwerpen, kleding, reverse engineering
Machinebouw / Apparatenbouw / Tooling	Prototyping, low-volume (spare) parts, mallen en modellen
Electronics en electronic devices	PCB's, behuizingen elektronica, zonnepanelen
Defensie	Tools, spare parts (on location), interne structuren voor wapens
Offshore, energie, procesindustrie	Complex parts, heat shields
Bouw	Maquettes, Betonnen onderdelen, geprinte huizen, dakpannen met zonnepanelen
Consumenten (safety)	Veiligheidshelmen, lichaamsbescherming op maat
Food	Custom-made food, grappige vormen

Toepassingen in de verschillende markten volgens Wohlers report 2012

Medische sector

In de medische sector wordt reeds op ruime schaal gebruik gemaakt van 3D-printen. Wohlers schat in dat 15% van alle omzet in 3D-productie medische toepassingen betreft. De applicaties bestaan primair uit tooling, maar ook uit protheses, gehoorapparaten, implantaten en orthopedische hulpmiddelen. Deze markt kan sterk groeien door technologische ontwikkelingen zoals de opkomst van voor 3D-printen geschikte biocompatibele materialen (biocompatible betekent passend in biologisch weefsel, zonder afstoting, ingroeidend). Een interessant toepassingsgebied is ook het printen van structuren om cellen op of in weefsel te laten groeien.

Luchtvaart

In de luchtvaart worden op dit moment uitgebreid de mogelijkheden verkend van 3D-printen. Dit betreft met name prototyping, maar er komen steeds meer voorbeelden van geprinte eindproducten. Er zijn in deze markt veel kansen, gezien het grote aantal dure en complexe onderdelen waarvan slechts kleine series nodig zijn. Met behulp van 3D-printen kunnen daarnaast, anders dan met conventionele technieken, holle verstevigde structuren worden gemaakt; dit reduceert de benodigde hoeveelheid materiaal.

Het belang en de potentie van gewichtsbesparing, en daarmee brandstofbesparing, die met 3D-geprinte onderdelen gerealiseerd kan worden is groot in deze sector. Daardoor zijn relatief grote budgetten in deze markt beschikbaar voor het onderzoek. Tevens kan het op locatie printen van reserveonderdelen veel tijd en daarmee kosten besparen. Wachten op onderdelen voor onderhoud, waardoor een vliegtuig of helikopter aan de grond staat, kost veel geld. In de commerciële luchtvaart rekent men met \$ 0,5 miljoen per verloren vluchtdag.

Automobieliindustrie

De automobieliindustrie is een aantrekkelijke en nu al grote markt, waarin de 3D-printtechnologie vooral wordt toegepast voor prototyping. Er zijn echter al voorbeelden van kunststofonderdelen voor interieurdelen die in producten voor eindgebruikers worden gebruikt. Voor het exterieur zijn de toepassingen voor eindproducten nog beperkt vanwege certificeringen en garanties. In de auto-rensport

gebruikt men wel geprinte onderdelen voor het exterieur. Formule 1-renstallen benutten 3D-printen bijvoorbeeld voor het aanpassen van de spoilers aan het circuit. In deze markt zijn gewichtsbesparing en personalisatie van groot belang. Ook het feit dat 3D-printen primair interessant is voor lage volumes, is interessant in deze branche. De verwachting is dat de komende vijf jaar de toepassing van 3D-printen verder toeneemt.

Voor de automobiellindustrie zijn kosten, afwerking en 100% uniformiteit zeer belangrijke factoren. Vandaar dat in eerste instantie 'specialty products' en klantspecifieke productelementen de aantrekkelijkste niches (kleine markten) lijken te vormen. Bij serie- en massaproductie spelen product- en procescertificering een belangrijke rol. Ontwikkelingen op dit terrein zullen de toepassing van 3D-printen in de automobiellindustrie versnellen.

Consumenten (lifestyle, fashion & safety)

Een wezenlijk deel van de huidige productie van 3D-geprinte artikelen betreft consumentengoederen (lifestyle & fashion). Producten als sieraden en gepersonaliseerde objecten (eigen designs) zijn samen goed voor ongeveer 20% van de totale markt voor 3D-geprinte goederen (Wohlers, 2012). Andere voorbeelden van eindproducten zijn designlampen en andere interieuraccessoires (via bijvoorbeeld serviceproviders/designers FOC (Freedom of Creation)), customized juwelen en avatars. De ontwikkeling van machines die 'print it yourself' mogelijk maken (Ultimaker, Le cube, Makerbot) en de opkomst van sites als Shapeways en Materialise maken de techniek voor nieuwsgierigen toegankelijk en bespoedigen de acceptatie bij consumenten.

Daarnaast zijn er verschillende toepassingen van 'custom-fit' producten, zoals op lichaam aangepaste helmen, guards (tand- of elleboog-/kniebescherming) en schoenen. In de toekomst worden naar verwachting ook stoelen en kleren vaker gepersonaliseerd;

In de praktijk blijkt het voordeel van op lichaam aangepaste voorwerpen eerder cosmetisch dan veiligheids- of prestatiebevorderend te zijn. Imago speelt dan een belangrijke rol. Daarnaast zijn er nog juridische barrières. Een voorbeeld: helmen moeten minimaal een aantal keren destructief worden getest, terwijl de seriegrootte van het geïndividualiseerde product één stuks is. Dit is een issue, omdat juist ten aanzien van veiligheids- en beschermingsproducten de certificeringseisen dominant zijn. Als er een oplossing komt voor deze problemen, is groei te verwachten in deze markt.

Over het algemeen zijn de eisen die consumenten aan hun (vaak zelfontwikkelde) producten stellen lager dan in de professionele markt. Met name de aspecten herhaalbaarheid en 100% uniformiteit zijn voor consumenten minder van belang. Voor de consumentenmarkt (fashion en lifestyle) zijn lage kosten, een goede afwerking en ready-to-use belangrijke eisen.

Machinebouw/tooling

Ongeveer 10% van de huidige 3D-productie betreft machineonderdelen en tooling. Voor een groot deel gaat het hier over prototypes, maar het aandeel eindproducten stijgt snel. Er zijn veel mogelijkheden voor marktgroei. Deze markt kent veel dure, complexe, low-volume onderdelen. In veel gevallen is een goedkopere oplossing te vinden via 3D-printen. Daarnaast worden op dit moment veel onderdelen en tools niet geproduceerd, omdat het niet economisch rendabel is. Een mal maken voor een kleine serie is vaak financieel niet aantrekkelijk. 3D-printen kan in dit segment dus leiden tot daadwerkelijke marktvergroting, omdat rendabel produceren van kleine series en aangepaste producten mogelijk wordt. Ook voor serieproductie biedt de techniek kansen: goedkopere mallen kunnen het risico beperken. Er kan sneller een proefmal gemaakt worden, waarmee kinderziektes van het ontwerp sneller zijn te verhelpen. Met een dergelijke eerste mal kan eventueel zelfs al de eerste serie geproduceerd worden. Moet er normaliter rond de zes weken gewacht worden op een productiemal, nu is de levertijd afhankelijk van de grootte van de mal en de snelheid van de printer. Voorwaarde is wel dat het printen van met name metalen onderdelen qua performance en kosten aantrekkelijker wordt. Dan is een grote groei op korte en middellange termijn te verwachten.

De belangrijkste drijfveer is echter de ontwerp vrijheid die 3D-printen biedt, waardoor het mogelijk wordt complexe producten te vervaardigen die normaliter niet vervaardigd kunnen worden.

Electronics en electronic devices

De elektronische sector is in potentie een zeer grote markt. Zeker wanneer het printen op substraten (2D ondergrond) eenvoudiger kan worden toegepast. Voor adoptie van de techniek is een verdere verbetering noodzakelijk in precisie en reproduceerbaarheid. De verwachting is dat op korte termijn steeds meer machines voor printen op 2D ondergrond worden ontwikkeld (bijvoorbeeld [Mutrax](#)).

Miniaturisering speelt ook een grote rol. Zo hebben onderzoekers op Harvard met een 3D-printer een batterij gemaakt van minder dan een millimeter groot, met dezelfde energiedichtheid en levensduur als van de accu van een telefoon. Dergelijke ontwikkelingen maken geheel nieuwe concepten mogelijk.

Defensie

Over de defensiemarkt is bekend is dat 3D-technieken worden benut en dat er inmiddels veel kansen zijn, bijvoorbeeld om de bevoorrading, productie en reparatie 'in het veld' efficiënter te laten verlopen. Op dit moment is naar schatting zo'n 6% van de 3D-productie ten behoeve van de defensiemarkt. De te verwachten applicaties zijn complexe, low-volume onderdelen en reserveonderdelen ('spare parts on demand'), waarschijnlijk primair voor vaar-, voer- en vliegtuigen.

Kijk op: https://magazines.defensie.nl/allehens/2015/10/09_3printer-dmi

Voor defensie zijn de eisen per productgroep verschillend en worden ontwikkelingen voorzien voor toepassingen op het gebied van aerospace, automotive, electronics en machinebouw.

Offshore, energie en procesindustrie

Onbekend is hoe interessant deze markt is voor 3D-geprinte onderdelen. Er zijn voorbeelden van complexe onderdelen (heat shields) voor energiecentrales en windturbines. Ook is bekend dat petrochemische en offshore-multinationals 3D-printen onderzoeken. Met name het feit dat onderdelen relatief snel ter plekke kunnen zijn, biedt voordeel voor deze industrie. Ook hier geldt dat stilstand van installaties veel geld kost. Echter, dit zijn sectoren met vaak heel hoge certificeringseisen. Daarnaast spelen betrouwbaarheid, maatvoering (volumineus) en robuustheid een grote rol. Conceptueel gezien lijken de mogelijkheden die 3D-printen biedt voor 'on demand, on location' printen zeer interessant. Maar gelet op de hoge eisen en de maatvoering is in deze sector pas op middellange termijn een grote groei van 3D-printen van onderdelen te verwachten.

Bouw

Op dit moment wordt 3D-printen in de bouw primair gebruikt voor maquettes. Geschat wordt dat dit 3% van de totale 3D-productie betreft. Daarnaast zijn er al voorbeelden van (customized) producten zoals beslag (deurklink, bel) en kozijnen. Groei is op korte termijn te verwachten, omdat architecten en groothandelaren op zoek zijn naar nieuwe mogelijkheden om kosten te verlagen, terwijl men tegelijkertijd aan de vraag van de consument naar individualisering tegemoet wil komen.

Het daadwerkelijk printen van bouwmaterialen, bijvoorbeeld de muren van een huis, is op pilotschaal al toegepast ([grachtenpand door DUSArchitecten](#)). Duurzaamheid (bijvoorbeeld materiaalbesparing en hergebruik) is een belangrijke driver voor ontwikkelingen op dit terrein. De verwachting is dat het printen van huizen op de langere termijn mogelijk wordt.

De initiatieven op dit terrein krijgen veel aandacht, maar bevinden zich allen nog in het experimentele stadium.

Over het algemeen geldt dat het kostenverschil op dit moment een groot voordeel biedt bij het vervaardigen van maquettes, maar nog een grote remmende factor is om 3D-printen grootschalig in deze markt in te zetten voor eindproducten.

Food

Er is veel aandacht voor het printen van voedsel, met name omdat het tot de verbeelding spreekt. Op dit moment zijn er voorbeelden van geprint voedsel en wordt naar toepassingen gekeken voor bijvoorbeeld customized chocolade en gebak. Voor voedsel zijn de certificerings- en veiligheidseisen hoog. Daarnaast is de economische

rentabiliteit op dit moment nog ver te zoeken. In feite kost het nu extra bewerkingen om een product te maken dat lijkt op een bestaand product. Tegenvraag is: waarom zou je bijvoorbeeld een wortel willen printen? Decoratief (food design) biedt daarentegen wel veel mogelijkheden.

Voordelen

Kosten verlagen (kleine series)	Design-complexiteit en -functionaliteit	Customized	Duurzaamheid	Nieuwe business-modellen
<ul style="list-style-type: none"> • Geen tooling • Beperkt/geen transport • Beperkt/geen magazijn • Geen voorraadverlies 	<ul style="list-style-type: none"> • Toevoeging features (koelingskanalen, geluidsisolatie, interne structuren, hybride materialen laag-om-laag, etc.) • Functies beter uitvoeren (porositeit, elektrische geleiding, etc.) • Lichtgewicht producten • Assemblage onderdelen door ontwerp (integrale functies) en tijdens productieproces 	<ul style="list-style-type: none"> • Ergonomisch design (naar extern lichaam) • Anatomisch design (naar intern lichaam) • Esthetisch design (naar smaak) 	<ul style="list-style-type: none"> • Minder materiaal (afval) • Lichtgewicht producten • Efficiënte supply chains • Life Cycle Analysis lager 	<ul style="list-style-type: none"> • Goedkoper kleine serie producten maken • Iteratiesnelheid/ verkorten time-to-market (prototyping) • Verkorten van servicetijd, lead times • Nieuwe supply chains (on demand, on location) • Bieden nieuwe services (printer bij de klant) • Design-en-print-het-zelf • Co-creatie

Kosten verlagen

Een groot voordeel van laagsgewijs aanbrengen van materiaal is dat de integrale kosten lager kunnen uitvallen wanneer er geen tooling (bijvoorbeeld in de vorm van mallen of matrijzen) nodig is. Dat geldt in het bijzonder voor complexe producten of onderdelen die in lage volumes worden geproduceerd. De toolkosten moeten in dat geval over een kleine hoeveelheid producten worden afgeschreven, waardoor de kosten per product vrij hoog zijn. Daarnaast biedt 3D-printen de mogelijkheid om dichterbij klanten te produceren zonder grote voorraden aan te houden ('on demand, on location'). Hiermee kunnen voorraadverliezen (overbodig gemaakte producten) worden vermeden. Omdat er steeds meer professionele 3D-printers wereldwijd beschikbaar zijn tegen acceptabele kostprijs, komt de techniek steeds meer in het bereik van kleinere ondernemingen en zelfs van particulieren.

Vormvrijheid en maatwerk

Een groot voordeel van 3D-printen is de vormvrijheid van het ontwerp. Er hoeft nauwelijks rekening te worden gehouden met maakbaarheidsbeperkingen vanuit tooling (bijvoorbeeld [lossingen van matrijzen](#)). Je hebt ook geen bewerkingsbeperkingen als je interne kanalen in een voorwerp wil maken. Daardoor ontstaan nieuwe mogelijkheden om eigenschappen aan het eindproduct toe te voegen, zoals cilindrische koelingskanalen en interne verstevigungsstructuren. Ook is het mogelijk om productfuncties beter uit te voeren, zoals het benutten van

porositeit en het verbeteren van elektrische geleiding. Deels zijn deze mogelijkheden nog niet bekend: ontwerpers moeten hiervoor opnieuw de functionaliteit van het product bestuderen en een vernieuwd ontwerp maken, met de specifieke randvoorwaarden die de 3D-printtechniek daaraan stelt. Met 3D-printen kunnen producten ook licht van gewicht gemaakt worden middels constructies op basis van interne structuren (vergelijkbaar met een honingraat). Ook kunnen producten complexe designs bevatten, zodat onderdelen kunnen worden geïntegreerd tot één geheel (hoger stuklijstniveau) zonder de noodzaak van assemblageprocessen om een onderdeel als een hybride uit te voeren. Bovendien zijn er eenvoudig customized producten (one-offs) te printen die zowel ergonomisch, anatomisch als esthetisch customized kunnen zijn.

Duurzaamheid

Wat betreft duurzaamheid biedt het aanbrengen van materiaal voordelen ten opzichte van het weghalen van materiaal (verspanen). Er is minder afvalmateriaal dan bij veel verspanende processen, zoals bij het conventionele frezen, draaien en slijpen. Ook is er minder energie nodig bij het opbouwen van bijvoorbeeld 10% materiaal dan bij het weghalen van 90% van het materiaal om de uiteindelijke 10% over te houden. Ook koelmiddelen en andere hulpstoffen zijn niet of minder vaak nodig. Lichtgewicht producten kunnen in de gebruiksfase leiden tot minder energieverbruik, denk aan lichtere auto's en vliegtuigen. Daarbij wordt ook brandstof bespaard door efficiëntere supply chains (on demand, on location). Er is immers minder transport nodig om producten op de plaats van bestemming te krijgen door uitgangsmateriaal in plaats van eindproducten af te leveren. Tevens biedt 3D-printen een alternatieve oplossing voor het voorraadbeheer van overbodige componenten en producten. Normaliter vergen die in de eindfase van de levenscyclus extra voorraad om levergaranties te realiseren. Dit alles leidt in veel gevallen tot een positief uitvallende Life Cycle Analysis (LCA), oftewel een lagere milieubelasting.

Nieuwe businessmodellen

De opgesomde voordelen van 3D-printen kunnen ook leiden tot nieuwe businessmodellen. Gezien de lagere kosten kunnen met 3D-printen op een goedkopere manier lagere volumes geproduceerd worden. Daarnaast kan het digitale karakter van de technologie en het ontbreken van tussenstappen tussen ontwerp en productie de productontwikkeling versnellen: er valt tijdsvoordeel te behalen met de verkorting van de iteratieslagen door middel van tastbare 3D-geprinte voorwerpen (prototyping). 3D-printen kan ook worden ingezet bij het versnellen van het overgaan tot productie. Steeds vaker worden nulseries geprint, mits hierbij geen certificeringen komen kijken. Ook kunnen servicetijden en reparatietijden worden verkort. Geheel nieuw ingerichte supply chains komen binnen handbereik doordat verschillende schakels in de keten overbodig worden (toelevering van tools, opslag en transport van voorraden). Wellicht de interessantste kans voor nieuwe business is het aanbieden van nieuwe services. Zoals het neerzetten van een 3D-printer op locatie (bijvoorbeeld een chemische fabriek, boorplatform of bouwplaats) om producten lokaal te vervaardigen op het moment dat ze nodig zijn. Bovendien is voor deze nieuwe techniek enige kennis van CAD-modelleren noodzakelijk – dus kunnen engineers derden hulp aanbieden bij het ontwerpen en printen van hun eigen producten.

Consument en logistieke keten

Door de toegankelijkheid van de 3D-printtechniek zullen consumenten steeds vaker hun eigen ontwerpen maken. Zij kunnen gebruik maken van compacte en eenvoudige printers die zij thuis kunnen gebruiken, of hun ontwerp opsturen naar een printservice die dat vervolgens print en toestuur. Consumenten ontwerpen en customizen nu al eenvoudige gebruiksartikelen, sieraden, kledingstukken en accessoires zoals telefoonhoesjes. Doordat het vervaardigen van producten zo toegankelijk is geworden voor consumenten, ontstaat een cruciale verschuiving in de logistieke keten: van het kopen van producten in de winkel naar het printen van deze producten thuis. Dit betekent dat de logistieke stroom in materialen sterk verandert, maar ook dat in plaats van producten er digitale ontwerpen worden gekocht (bijvoorbeeld via een App-store). Ontwerpers van producten worden dan betaald per download in plaats van per verkocht fysiek product.

Business-to-Business

Er ontstaat een enorme 'freedom of creation', waarbij creativiteit eindeloos toepasbaar lijkt en iedereen snel een ontwerp kan uitproberen in de praktijk. Desalniettemin berust het succes van 3D-printen vooral op de Business-to-Business-markt (B2B). De B2B-markt zorgt ervoor dat de innovaties professionaliseren. Nieuwe ontwerptools, materialen, printprocessen en applicatiemogelijkheden krijgen door de investeringen vanuit de B2B-markt de mogelijkheid om volwassen te worden. Medische producten in de vorm van maatwerk-implantaten en -hulpmiddelen zullen verder vernieuwen en in aantal toenemen, evenals onderdelen voor machinebouw, automotive, luchtvaart en defensie. En de machinebouw (3D-printers) zelf zal innoveren en groeien.

Nadelen

Er zitten echter ook (nog) enkele nadelen aan 3D-printen. Voor grote series en heel grote onderdelen (bijvoorbeeld groter dan een kubieke meter) is de technologie nog niet geschikt en nog niet uit ontwikkeld.

Voor grote series zal het naar verwachting waarschijnlijk altijd interessanter blijven een aparte tool (mal of matrijs) te maken om mee te produceren, tenzij de vorm alleen met additieve technologie gemaakt kan worden. De conventionele technieken hebben vaak ook als voordeel dat de gebruikte materialen en de machines nu nog goedkoper zijn dan die voor 3D-printen gebruikt worden. Ook ligt de productiesnelheid bij conventionele technieken vaak vele malen hoger en is er minder nabewerking noodzakelijk.

Daarentegen verwacht men in de toekomst voor grotere producten voldoende productiecapaciteit.

Er zijn reeds printers beschikbaar die designs van 3.000 x 2.000 x 2.000 millimeter kunnen printen in polymeer. Metaalprinters voor grotere producten zijn ook in ontwikkeling.

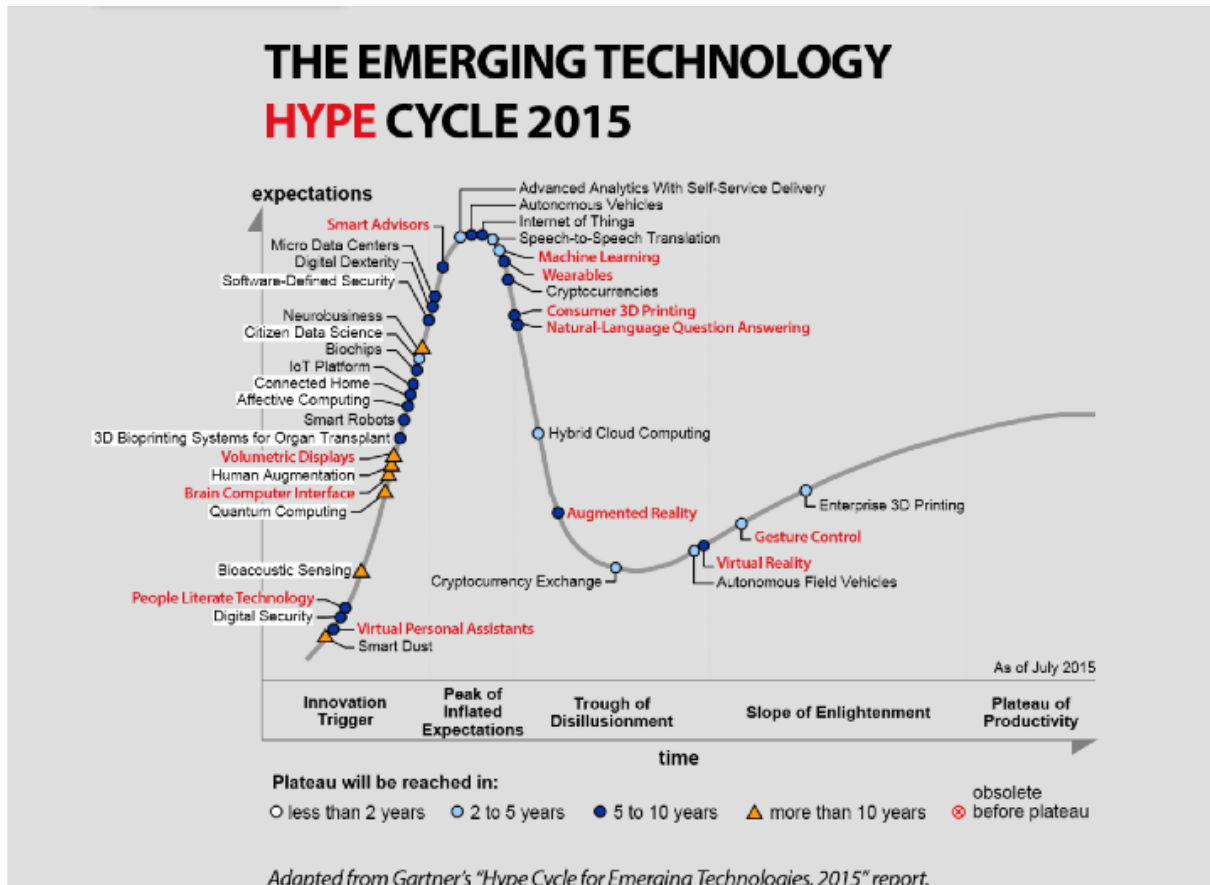
Een ander nadeel is dat 3D-printen technologisch voor enkele materialen nog onvolwassen is (kunststof is voor prototypingdoeleinden al wel ver ontwikkeld). De verwachting is dat de performance (tijd, oppervlaktestructuur) verbetert en de kosten (materiaal, machines) zullen dalen.

Positie van 3D Printen volgens Gartner

[Gartner](#) is een wereldbekend onderzoeks- en adviesbureau voor Informatietechnologie.

Zij levert per jaar de stand van zaken op in de verschillende branches en de technieken. Daar maakt zij een zogenaamde hype cycle voor.

In de hype cycle van Emerging Technologies van 2015 kun je zien waar 3D printing staat.



De HypeCycle positioneert technologieën in 5 plateaus.

Het eerste plateau is de Innovation trigger dat is het moment dat de innovatieve technologie bekend raakt, er wordt over gesproken en de mogelijkheden worden ontdekt.

Het volgende plateau is de Peak of Inflated Expectations, dit is de fase waarin de toepassingen van de technologie overschat worden. Nu is het echt een hype.

Daarna komt de Trough of Disillusionment, dat is het plateau dat iedereen zich realiseert dat de verwachtingen te hoog waren en dat het wel eens tegen zou kunnen vallen. De verwachtingen zijn nu onder de potentie van de technologie gedaald.

Het volgende plateau is de Slope of Enlightenment waar de verwachtingen weer op peil raken en uiteindelijk bereikt de technologie het plateau van Productivity. De technologie heeft zich bewezen en wordt opgenomen in standaard processen.

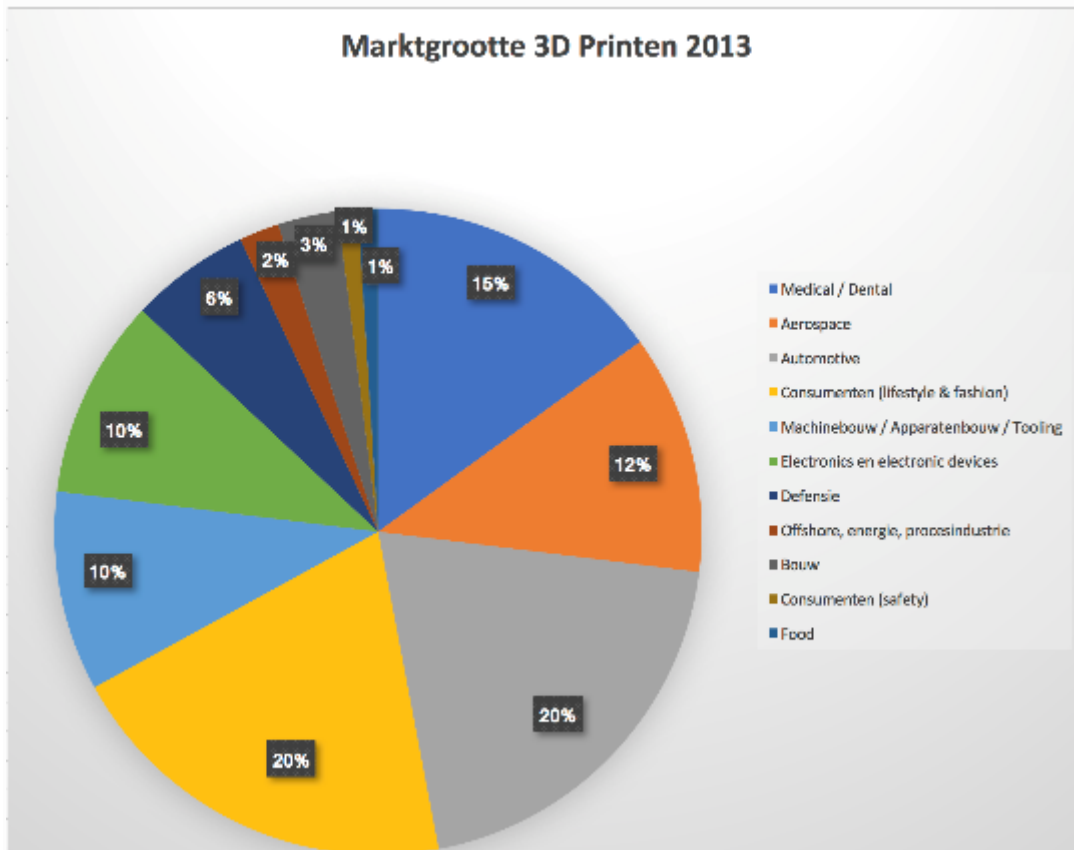
3D printen staat op 2 plaatsen.

De consumer 3D Printing is op weg naar de Trough of Disillusionment terwijl de Enterprise 3D printing zich al in het laatste plateau bevindt.

Markontwikkelingen

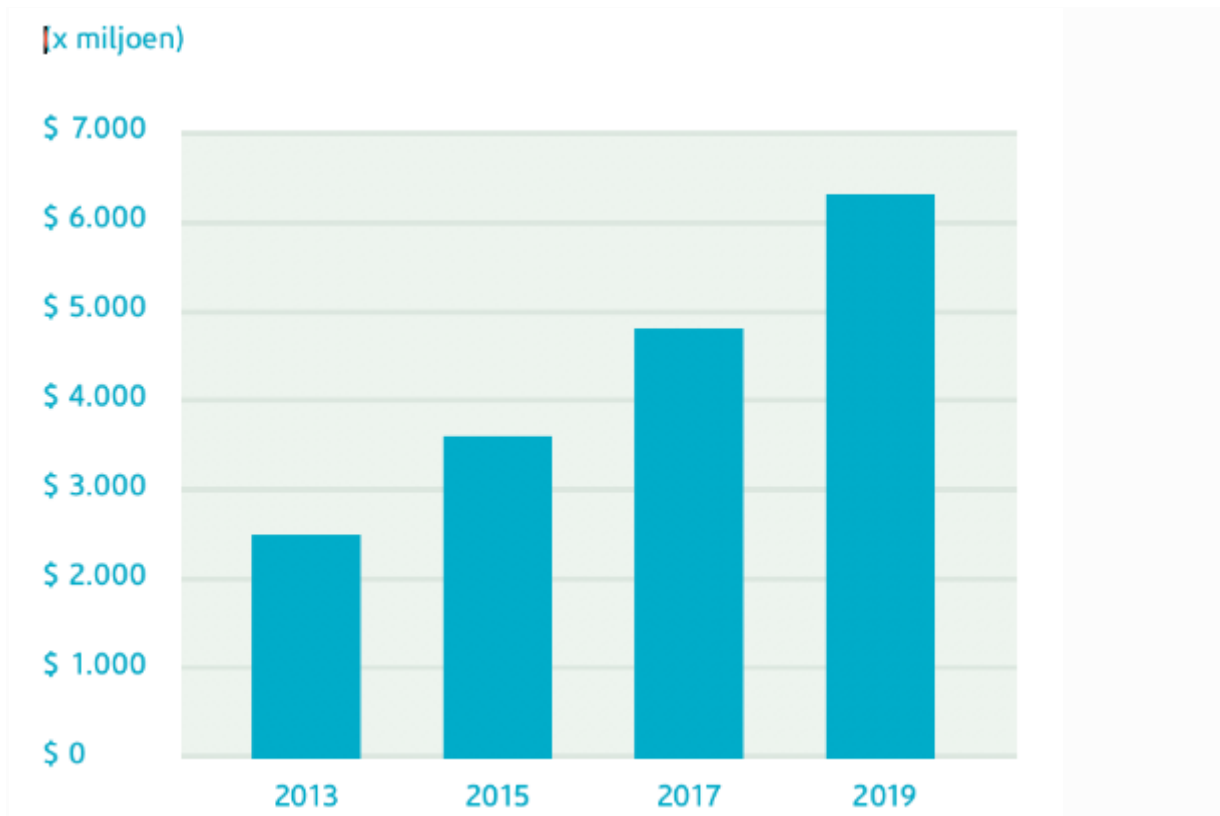
De Marktverdeling

De marktverdeling van de 3D printing wereldwijd wordt weergegeven in de onderstaande grafiek. (Bron: Wohlers Report 2013)



De groei

De groei van de markt wordt als volgt ingeschat:



Langetermijn-marktonderzoek laat zien dat de verwachtingen zelfs nog hoger zijn: volgens McKinsey kan de markt groeien tot \$ 230-550 miljard in 2025. Het aandeel van consumentenproducten (\$ 100-300 miljard) wordt nog steeds hoog ingeschat, evenals industriële applicaties (\$ 100-200 miljard) en daarnaast tooling zoals mallen en matrijzen (\$ 30-50 miljard).

In deze prognoses zijn de integrale kosten van het eindproduct meegenomen, inclusief materialen, printmachines, thuisprinters, designtools en bijvoorbeeld testsystemen. Er is een sterk onderscheid tussen applicaties voor de consumentenmarkt (B2C) en industriële toepassingen (B2B). Met name voor de consumentenmarkt wordt een nog veel groter potentieel voorzien, als alle verwachtingen worden waargemaakt. Dit is inclusief het toenemende aantal thuisprinters en het oneindige aanbod van digitale ontwerpen die via web-stores als download worden aangeboden. Het printen van consumentenproducten – thuis of in de printshop om de hoek – heeft enorme gevolgen voor het logistieke proces, waarbij de rol van winkelketens afneemt en de materiaalvoorziening enorm zal toenemen.

Nieuwe verdienmodellen

Hybrid Wholesale

Wanneer 2,5- en 3D-printing technieken robuuster en sneller zijn dan nu het geval is, komen alternatieve businessmodellen om de hoek kijken. Het 'on demand, on location' printen van onderdelen of additionele features wordt dan mogelijk. Op voorraad houden van onderdelen wordt overbodig. Samen met de mogelijkheden die online marktplaatsen bieden, opent dit de weg naar duurzame, economisch rendabele inzet van 3D-printing in de B2B-sector.

Vraaggestuurd printen in een Netwerk

Het bedrijf ShapeWays heeft een bijzonder businessmodel. Het bedrijf maakt het mogelijk voor anderen op hun site te adverteren met ontwerpen die als print aangeboden worden. Wanneer zo'n product gekocht wordt wordt het daarna geprint en opgestuurd naar de koper.

In feite brengt ShapeWays ontwerpers en printbedrijven (makers) en afnemers samen. Wat begint als een uitprobeer print van een eigen ontwerp kan bij ShapeWays uiteindelijk tot een plek in de Store leiden waar het product regelmatig verkocht worden. In de keten wordt zowel door de printbedrijven, de ontwerpers en ShapeWays verdiend.

Scannen: Digitalisering en toepassingen ervan.

Inleiding

In het proces van digitalisering is scannen een techniek die altijd tot de verbeelding spreekt. Het beeld van de ontwerper dat er met een 3D scanner geen moeizame opbouw van het 3D model meer nodig is echter te optimistisch.

3D scannen is vaak een lastig proces met veel extra bewerkingsslagen die nodig zijn om de werkelijkheid goed te documenteren.

Oppervlakte scanning voor iedereen.

De meest gebruikte manier om te scannen is oppervlakte scanning. In principe zijn er een aantal manieren om het oppervlakte te scannen.

Foto's maken van een object en aan elkaar maken (Qlone app)

Dit is een manier om zelf een 3D scan te maken. Selecteer een object. Het mag van alles zijn maar reflecterende en transparante objecten zijn meestal niet goed te scannen. Je zet het object op de AR mat. Zorg dat het goed verlicht is en volg de aanwijzingen van de app.

Deze app zet de scan meteen om naar een 3D model.

Patronen projectie en interpretatie (de Davidscanner)

De David scanner is een combinatie van een projector en een camera. De projector projecteert patronen zoals evenwijdige lijnen op het voorwerp en de kromming van de lijnen die de camera ziet, worden door een applicatie geïnterpreteerd als de vorm van het voorwerp. Door het voorwerp te roteren en opnieuw te scannen ontstaat een 3D beeld.

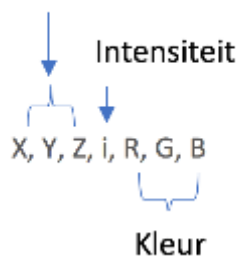
Professioneel scannen

Punten meten en het genereren van een point cloud (vaak met een laser)

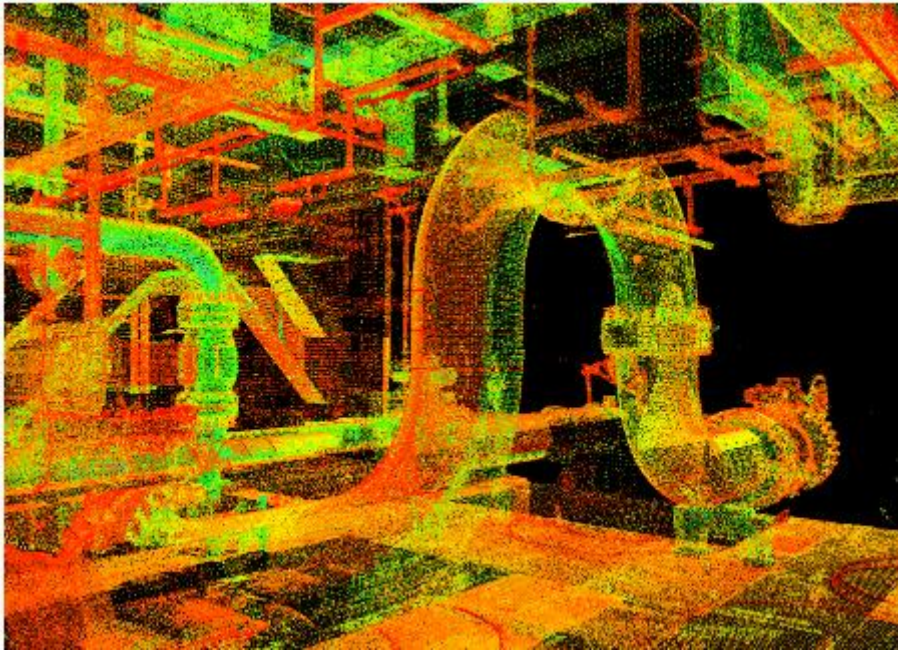
(Dit onderdeel is tot stand gekomen dankzij de informatie van **PelserHartman 3D Measuring Solutions**. Je vindt hun site op: www.meet-tekenwerk.nl Er is gebruikt gemaakt van het [whitepaper 3D-Scanning](#))

Professioneel wordt er vaak gewerkt met een laser die een laserstraal uitzendt en de reflectie opvangt in de vorm van een punt. Van dat punt worden dan de volgende kenmerken opgeslagen.

Positiebepaling



Daarmee ontstaat een zogenaamde Point Cloud.



Pointcloud afbeelding van een industriële ruimte

Voorbeeld van een point cloud bestand:

PLY file example for a point cloud

Below is the contents of points.ply.

ply

format [ascii](#) 1.0

element vertex 36

property float x

property float y

property float z

property float intensity

property uchar diffuse_red

property uchar diffuse_green

property uchar diffuse_blue

end_header

13.32 12.84 3.06 1 255 243 245

13.44 12.84 3.06 1 255 244 242
13.56 12.84 3.024 0.988235 252 232 218
13.68 12.84 3 0.980392 250 222 199
13.8 12.84 3 0.980392 250 222 196
13.92 12.84 2.94 0.960784 245 205 181
13.32 12.96 3.048 0.996078 254 240 240
13.44 12.96 3.036 0.992157 253 232 220
13.56 12.96 2.976 0.972549 248 217 195
13.68 12.96 2.94 0.960784 245 207 182
13.8 12.96 2.928 0.956863 244 199 175
13.92 12.96 2.916 0.952941 243 173 147
13.32 13.08 3.06 1 255 236 225
13.44 13.08 2.976 0.972549 248 217 195
13.56 13.08 2.94 0.960784 245 197 168
13.68 13.08 2.94 0.960784 245 185 157
13.8 13.08 2.916 0.952941 243 169 149
13.92 13.08 2.796 0.913725 233 144 121
13.32 13.2 3.024 0.988235 252 228 206
13.44 13.2 2.928 0.956863 244 207 178
13.56 13.2 2.952 0.964706 246 190 155
13.68 13.2 2.892 0.945098 241 161 133
13.8 13.2 2.856 0.933333 238 144 115
13.92 13.2 2.556 0.835294 213 119 99
13.32 13.32 2.964 0.968627 247 215 189
13.44 13.32 2.916 0.952941 243 198 169
13.56 13.32 2.976 0.972549 248 181 148
13.68 13.32 2.784 0.909804 232 144 116
13.8 13.32 2.664 0.870588 222 124 101
13.92 13.32 2.484 0.811765 207 105 86
13.32 13.44 2.94 0.960784 245 197 166
13.44 13.44 2.94 0.960784 245 191 161
13.56 13.44 2.952 0.964706 246 170 139
13.68 13.44 2.64 0.862745 220 128 104
13.8 13.44 2.472 0.807843 206 110 92
13.92 13.44 2.412 0.788235 201 89 72

Een 3D laser scanner is een apparaat dat in korte tijd een heleboel meetpunten kan verzamelen.



In de afbeelding hierboven is een sterke en snelle high-end WFD scanner te zien, die gebruikt wordt om gebouwen en installaties in te scannen.

3D laserscanners maken een zeer realistische en accurate opname van de werkelijkheid. Ze 'vangen' zichtbare objecten in een wolk van miljarden meetpunten. Een scanner is een meetinstrument dat met hoge snelheid metingen verricht, vaak wel 1.000.000 punten per seconde.



De bovenstaande afbeelding lijkt een foto of een screenshot van een perfect 3D model, maar is een wolk van miljarden meetpunten, de zogenaamde point cloud, gemaakt met een high-end 3D WFD scanner.

Voordelen van 3D scannen

De meetdata die gemaakt wordt door een 3D scanner is dus een puntenwolk of pointcloud. Het meet- apparaat 'de laserscanner' verricht niet alleen metingen, maar maakt tegelijkertijd ook foto's (meestal met een interne camera) om achteraf ieder meetpunt de juiste kleurwaarde te kunnen geven. Op deze manier ontstaat snel een goed beeld van het object in zijn omgeving. Er zijn verschillende typen scansystemen zoals pulse-, phase-, wfd- en structured-light-scanners. De meest bekende merken terrestrial 3D scanners zijn Leica, Z+F, Faro, Riegl en Trimble.

Voordelen

De voordelen van 3D laserscanning op een rijtje:

- Inmeten gaat sneller, beter en foutloos (bij inzet van goede scanners)
- Volledige opname van de werkelijkheid
- Complete basis voor 2D en 3D tekenwerk
- Complete basis voor controle tekenwerk
- Modelleren gaat beter en sneller
- Grip op complexe vormen
- Ongrijpbare zaken komen aan het licht
- Documentatie en nulmeting
- Maakt fasering van het werk mogelijk
- Maakt spreiding van kosten mogelijk

Het is erg belangrijk om te snappen wat scanning *niet* is!

3D scannen is een indrukwekkende techniek met enorm veel voordelen. Een 3D scan ziet er altijd prachtig uit, het *lijkt* wel een 3D model. Wat echter zeer belangrijk is voor succesvolle inzet van 3D scanning is begrijpen wat *niet* kan met 3D scannen:

- Een scanner scant nergens *doorheen*
- Een scanner maakt geen kant en klaar 3D model
- Een scan kan niet automatisch omgezet worden naar IFC, DWG, BIM etc.
- Een scanner is geen fototoestel.

BIM

BIM

BIM staat voor 'Building Information Modelling'. Deze oorspronkelijke aanduiding wordt toegekend aan een methodiek die digitale informatie centraliseert in 3-dimensionele lichamen. Lichamen die uiterlijk de vorm, afmeting en materialen van het beoogde bouwdeel hebben en kenmerken herbergt die oorspronkelijk zijn voor de functie ervan. Daarnaast bevat ze ook de kenmerken die nodig zijn om het ontwerp daadwerkelijk te kunnen realiseren.

De (on)mogelijkheid van scan tot BIM

Zoals al gemeld is een Point Cloud nog geen 3D model. Je hebt in een Building Information Model 3D models van vormen nodig zodat je die kunt gebruiken in bouwtekeningen en aanwijzingen voor onderaannemers die onderdelen van het werk uitvoeren. Doordat de 3D scanners steeds goedkoper worden (prijs zakt van €350000 naar €10000 en nog lager) zijn er ook steeds meer aanbieders van een 3D scan. Niet alle aanbieders hebben verstand van hoe een goede Point Cloud op te leveren. In de renovatie en huizenbouw is het op dit moment nog onmogelijk om point clouds automatisch om te zetten naar 3D models.

In de industrie gaat het al veel beter. Omdat er geen muren en afwerking om de structuren zit kunnen die structuren in een point cloud gemakkelijker herkend worden. Dan kan in combinatie met een point cloud en een verzameling van 3D models om te vergelijken de point cloud automatisch omgezet worden naar een 3D model van een fabriek.



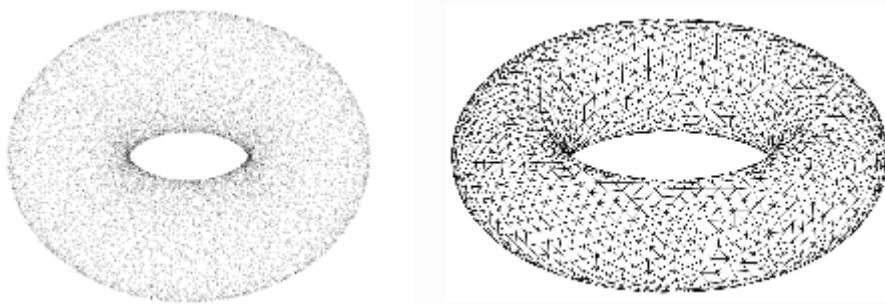
In bovenstaande afbeelding worden delen van de point cloud door een programma herkend en omgezet in een 3D Model.

Van point cloud naar mesh

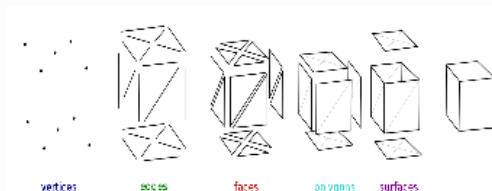
Zoals al aangegeven bestaat een point cloud uit punten in een geometrische samenstelling van het object dat gescand is. Een 3D model heeft echter een mesh.

Een mesh is een geheel van aaneengesloten driehoekjes (waar het oppervlak uit bestaat) waarbij de driehoekjes opgevuld zijn. Hoe kleiner de driehoekjes hoe hoger de resolutie van het oppervlak, hoe meer details je kan zien.

Torus in point cloud en in mesh



Om de overgang van point cloud naar mesh goed te begrijpen is het nodig dat je de volgende begrippen goed begrijpt:



Vertices zijn punten, verbind je die punten dan spreken we over **edges**. De vlakken die door de **edges** zijn ingesloten noemen we **faces**. **Faces** met eenzelfde **normaal** noemen we een **polygoon**. **Polygonen** die aan elkaar verbonden zijn vormen de **surface**.

Een **normaal** is een lijn in 90 graden op het oppervlak (**face**). Het zegt dus iets over de richting waarin het vlak staat. Een normaal van een **vertex** (vertex) is een gemiddelde normaal van de omringende **faces**.

In dit voorbeeld gaat het om een betrekkelijk klein object. Je snapt wel dat je bijzondere krachtige computers nodig hebt om point clouds van miljarden punten om te zetten naar een 3D model. Daarnaast ben je er nog niet als je van een gebouw

één 3D model maakt, je wil eigenlijk van elke onderdeel van het gebouw een 3D model hebben. Vandaar dat de experts ook zeggen dat de point cloud de basis bevat van het 2D en 3D tekenwerk en het niet het 2D en 3D tekenwerk vervangt.

Om een point cloud om te zetten naar een printbaar bestand komen er een aantal zaken kijken.

Stap 1: Van een ruwe point cloud rekenen we de normaal van elk vertice of van de faces.

Stap 2: We verkleinen het aantal faces om het geheel binnen een redelijke termijn printbaar te houden.

Scannen van een menselijk lichaam, medische toepassing

Medische scans, een kijkje in de materie.

In de medische wereld worden ook scans gemaakt. Bij orthopedisch werk zijn het voornamelijk oppervlakte scans waardoor de orthopedisch vakman bijvoorbeeld een schoen perfect kan laten passen aan de voet.

De rest van de medische wereld wil echter een kijkje nemen in het lichaam zonder het open te snijden. Daarvoor gebruiken zij diverse technieken waarbij bij de beeldvorming computers gebruikt worden.

De technieken zijn:

- Röntgenfoto ("X-straling")
- MRI (magnetische velden)
- Echografie (geluidsgolven)
- CT-scan oftewel CAT-scan
- PET-scan (m.b.v. radioactieve vloeistof)

2D, 3D en 4D echografie

Bij echografie krijg je normaliter 2D beelden te zien, afhankelijk van de intensiteit en frequentie van de ultrasone golf krijg je een bepaalde doordringing en heb je zicht op een bepaald vlak.

Wanneer je die beelden vastlegt in tijd kun je een filmpje maken van een bewegend deel zoals de embryo bij zwangerschap. Door intensiteit en frequentie te variëren kun je dieper kijken en van een deel verschillende 2D beelden aan elkaar plakken in een 3D animatie. In deze situatie kun je als het ware de embryo (in een momentopname) van alle kanten bekijken.

Als je dat realtime doet spreken we over een 4D animatie.

In principe komen alle technieken via deze mechanismes tot beeldvorming. Wil je weten hoe de technieken werken kijk dan op [Wikipedia scantechnieken](#), daar staat de natuurkundige uitleg.

Bij de MRI scans wordt gebruik gemaakt van een halve of een hele cirkel beweging van de scanner om het object. Zo kunnen bijvoorbeeld actieve 3D structuren in de hersenen in beeld gebracht worden.

- Virtual Reality en Augemented Reality

Need to know

VR	Virtual Reality	Een werkelijkheid die in de computer nagebootst wordt.
AR	Augmented Reality	Extra informatie die door een computer aan de werkelijkheid toegevoegd wordt
MR	Mixed Reality	Werkelijkheid, gemengd met virtuele werkelijkheid en toegevoegde informatie
HMD	Head Mounted Display	Headset voor VR
IPD	InterPupillairy Distance	De afstand tussen de pupillen bij een mens waarvoor de afstelling van de lenzen in de VR headset aangepast moet kunnen worden voor een optimale ervaring
FOV	Field Of View	De ruimtehoek waarin je kunt kijken. Normaal iets groter dan 180°, bij VR ongeveer 150°
Lag	Vertraging	Wanneer er vertraging is tussen de beweging en het zicht wat je hebt in een VR bril is je ervaring niet geweldig. Je kunt zelfs misselijk worden.
Avatar	Representatie van een persoon	Vaak ben je in de VR wereld een persoon. We noemen dat een Avatar. In het hindu betekent Avatar(h): een goddelijke incarnatie op aarde
Social VR	VR wereld waar Avatars(gebruikers) samenkomen	Facebook heeft Oculus gekocht met de bedoeling om een VR component toe te voegen aan Facebook .
Haptics	Actuatoren voor in de VR wereld	Apparaat met sensoren dat in de VR wereld een gebruiksvoorwerp wordt. Denk aan de het apparaatje dat je vasthoudt bij het Wii'en en bijvoorbeeld mee kunt tennissen (Tennisracket)
360° Video	geen VR	Gewoon realiteit

Hoe werkt VR.

Wat is Virtual Reality?

Letterlijk vertaald is het een virtuele realiteit, ofwel een omgeving die door een computer gemaakt en weergegeven wordt.

Hoe werkt Virtual Reality?

Virtual Reality werkt door middel van een klein beeldscherm wat met speciale lenzen ervoor op een soort headset wat je op je hoofd kunt zetten.

Er zijn verschillende headsets verkrijgbaar omdat er steeds meer bedrijven bezig zijn met Virtual Reality. In principe bevat een headset de volgende onderdelen:

- Een beeldscherm (kan erin verwerkt zitten of kan een smartphone zijn die je erin klikt)
- Sensoren die de bewegingen van je hoofd waar nemen
- Evt. kleine speakers voor het geluid.

Wanneer je een Virtual Reality headset op hebt, en een geschikte video of applicatie ervoor opstart, dan zal het aanvoelen alsof je daadwerkelijk in die wereld aanwezig bent.

Een voorbeeld:

Stel je hebt een applicatie voor je Virtual Reality headset opgestart waarbij je een 3D tour van een huis kunt doorlopen. Zodra je je headset opzet zul je dan bijvoorbeeld de woonkamer kunnen zien. Wanneer je je hoofd naar links of rechts draait, zal het beeld meegaan. Kijk je dus naar links, dan zullen de sensoren in de headset dit doorgeven en het beeld mee laten bewegen. In dit geval zal je in de computeromgeving dan ook naar links kijken. Dit heen en weer kijken kan in principe in alle richtingen. Wanneer je de beelden kijkt als je de headset niet op je hoofd hebt, dan zijn het 2 aparte beelden. Deze 2 beelden worden door onze hersenen verwerkt tot 1 beeld.

Je hebt vast wel eens gekeken op Google Streetview. Hierin kun je door de straten heen kijken over de hele wereld (<https://www.google.nl/intl/nl/maps/streetview/>). Zo'n ervaring wordt stukken mooier als je niet naar je beeldscherm kijkt en met de muis moet bewegen om rond te kijken. Dit soort dingen kunnen dan automatisch gaan bij zo'n Virtual Reality headset.

Wat kun je met Virtual Reality?

Met Virtual Reality zijn de mogelijkheden vrijwel eindeloos. De omgevingen worden met de computer gemaakt. Het kan worden gebruikt voor bijvoorbeeld:

- Het lopen van 3D routes door woningen, straten, etc.
- Het spelen van computerspellen waarbij het lijkt alsof je in het spel zit;
- Het kijken van films waarbij je door de ruimtes kan kijken;

- Het inleven in andermans visie op bepaalde dingen door beelden door iemand anders ogen te bekijken;
- Het trainen van militairen door oorlogssituaties te simuleren;
- Het behandelen van mensen die last hebben van bijv. posttraumatische stress;
- Het behandelen van mensen die moeten revalideren door ze bepaalde situaties te laten ondervinden door een virtueel gesimuleerde video.

Bron: Simpeleuitleg.nl

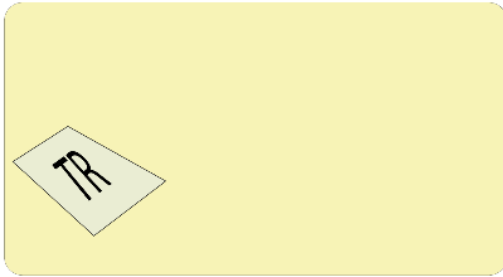
Augmented Reality (AR) is een technologie die de realiteit en de virtuele wereld met elkaar verbindt.

In het Nederlands betekent 'Augmented Reality' letterlijk: verrijkte werkelijkheid. Het is dus een mix van de realiteit met virtuele toevoeging of verrijking.

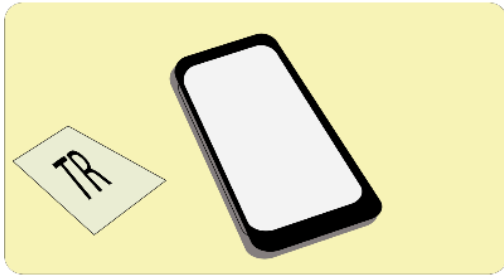
Voor AR heb je meestal de volgende dingen nodig:

- een trigger (meestal een afbeelding)
- beeldherkenningssoftware (meestal via een app)
- databank met bijbehorende 'content' in de cloud
- de Geo-positie sensor van het device (meestal van een smartphone)

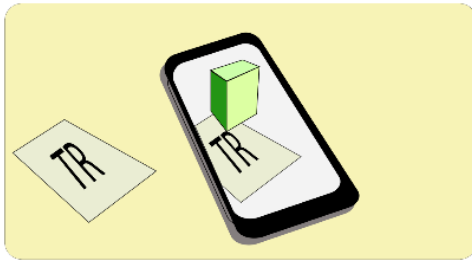
Hoe werkt AR?



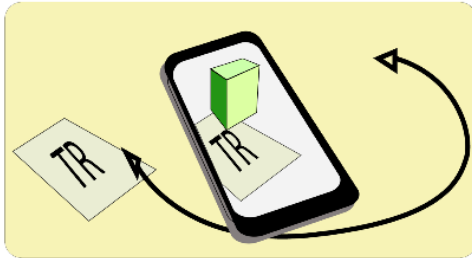
AR werkt altijd met een trigger. Deze trigger zet de AR in gang.



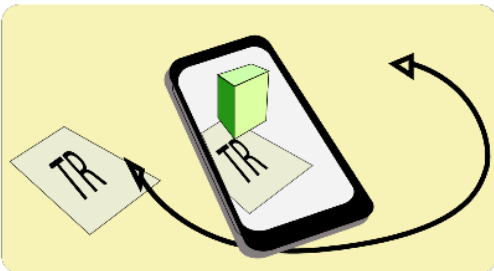
Die trigger wordt waargenomen door camera van een device.



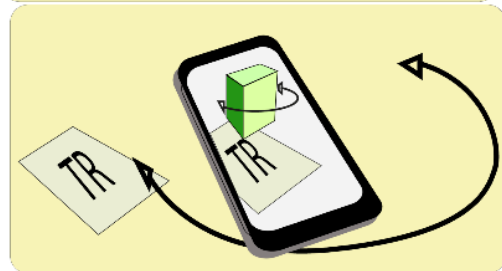
In de database van de applicatie is de trigger verbonden met een object. Het object wordt zichtbaar.



De applicatie maakt gebruik van de sensor Geo-positie.

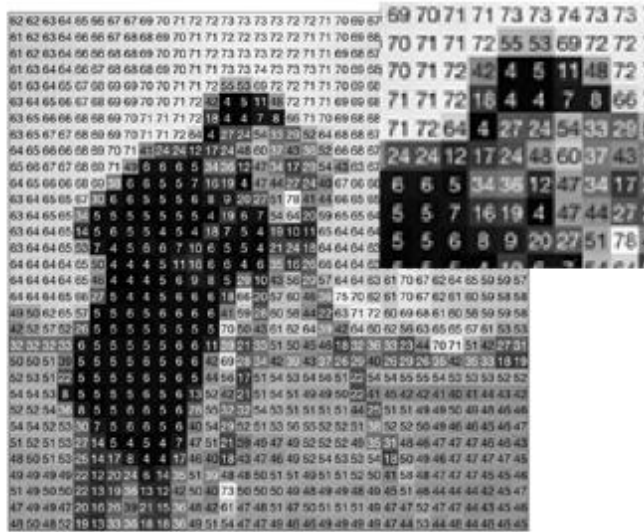


De applicatie maakt gebruik van de sensor Geo-positie.



Door beweging van het device is er een interactie met de content waarbij de beweging overgenomen wordt kijkend naar de content

Beeldherkenning en interactie zijn "leading"



Voor de trigger is beeldherkenning software nodig die werkt volgens het figuur hierboven. De herkenning zit 'm in dit geval in de patroon van de intensiteit van de foto.

Omdat deze manier van vormherkenning niet zo goed verloopt wordt in plaats van een foto een QRCode of een Signet gebruikt.



QRCode

Signetten

Toepassingen van 360 Video

De toepassingen van 360° Video gaan vooral om beleving. Reclame is dan ook een toepassing. Daarnaast kun je bv. ook een wandeling (mee)beleven als je bedlegerig bent.

Video Mapping

Videomapping is AR:

Videomapping is een AR projectietechniek waarbij objecten, vaak van onregelmatige vorm, gebruikt worden als oppervlakte van projectie. Objecten kunnen zijn: Gebouwen, Podia, Pilaren.

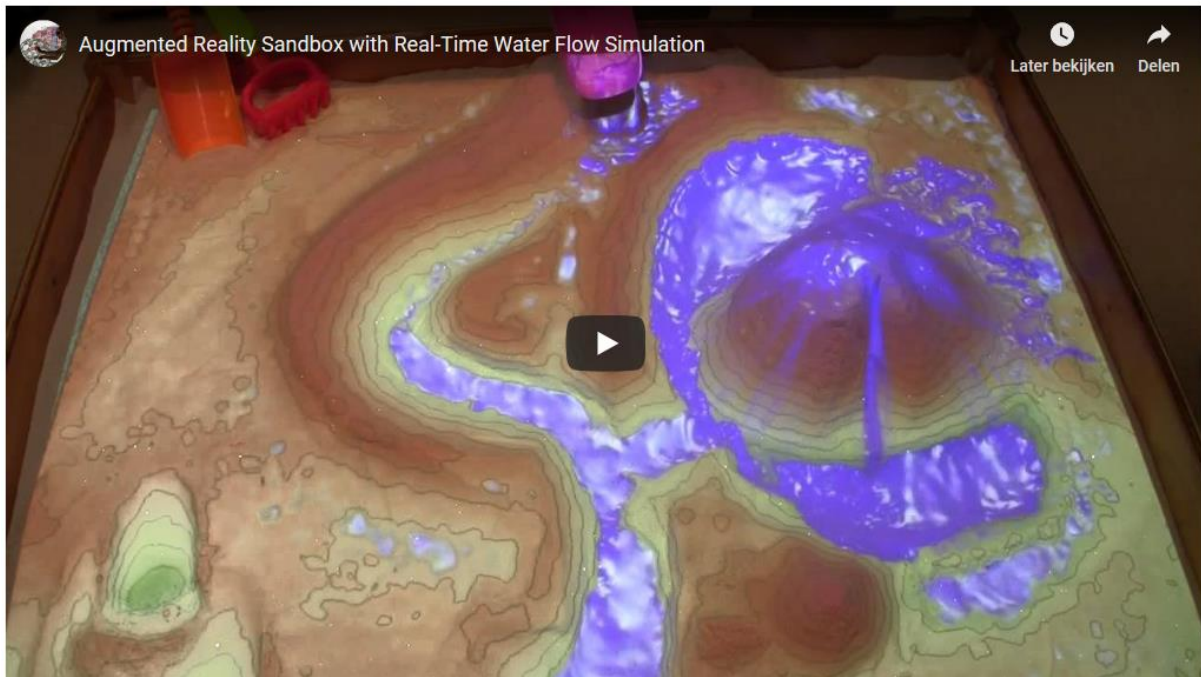


Opera in Sidney in 2013 een object voor videoprojectie

Doordat de projectie zich beperkt tot de ruimtelijke vorm van het object geeft dat een extra dimensie aan het object in de vorm van een optische illusie. Dat kan bijvoorbeeld een gevoel van beweging teweegbrengen.

Videomapping wordt vaak gebruikt als kunstuiting maar er bestaan ook andere vormen.

Zo is het Sandbox Project een vorm van video projectie waarbij de projectie afhankelijk van de afstand tot de oppervlakte van het projectscherm. Daarmee kun je prima hoogtelijnen aangeven en geografische concepten uitleggen.



Boven de zandbox hangt de projector en een Kinect. De Kinect meet de afstand naar het zand en stuurt de te projecteren kleuren naar de projector. Geel voor normaal niveau, dieper worden de kleuren groen en uiteindelijk blauw, hoger dan worden de kleuren bruin en uiteindelijk blauwviolet.

Wil je water laten stromen dan hoef je alleen je hand als een soort wolk in de lucht te houden en dan regent het.

Wil je meer weten over het SandBox project kijk dan op:

<http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/>

Robotisering

Robotisering is een container begrip en staat voor overname van werk van mensen door intelligente systemen.

We denken bij een robot nog altijd iets wat op een mens lijkt maar de meeste robots zijn machines die niets van een mens hebben.

Wanneer we een robot gebruiken heeft te maken met hoe we als mens het werk vinden. Zo kan saai werk door robots gedaan worden, denk daarbij aan de stofzuigerrobot. In sommige omgevingen kan de mens niet zo makkelijk werken,

denk daarbij de zwembadschoonmaakrobot. En soms is het werk erg gevaarlijk zoals het opruimen van bommen en mijnen.



Stofzuiger



Zwembadcleaner



Bommen opruimrobot

Het zal je niet verbazen dat deze producten allemaal door een fabrikant gemaakt worden.

Dit zijn allemaal autonome systemen die een taak doen. De software bepaalt hoe slim ze zijn.

Maar er zijn natuurlijk veel meer robots. In de industrie worden er heel wat ingezet. Maar vergeet de andere branches niet.

In de volgende video komen de laatste ontwikkelingen voor bij en het mag duidelijk zijn dat de titel "Overbodig in 2030, mensen hoeven niet te solliciteren" ook meteen de problemen in beeld brengt.

<https://youtu.be/GHc63Xgc0-8>

Wil je weten of jouw toekomstige baan overgenomen wordt door robots kijk dan op:

<https://willrobotstakemyjob.com>