

MARKTORIËNTATIE 3D-PRINTEN

11 juni 2013

Bram Geenen

Marie Claire van Hessen

Celine Mataheru

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING	4
1.1 DOEL.....	4
1.2 RELEVANTIE ONDERZOEK.....	4
1.3 DEELVRAGEN	4
1.4 METHODE	5
1.5.1 INLEIDING 3D-PRINTEN	5
1.5.2 HISTORIE, HUIDIGE ONTWIKKELINGEN EN TOEKOMSTPERSPECTIEVEN	11
2 BEVINDINGEN	15
2.1 KARAKTERISTIEKEN BEDRIJVEN	15
2.1.1 RECHTSVORMEN.....	15
2.1.2 DATUM VAN OPRICHTING	16
2.1.3 WERKNEMERS.....	17
2.1.4 BRANCHEORGANISATIE	18
2.2 WERKZAAMHEDEN BEDRIJVEN	18
2.2.1 ‘DIGITAAL MAKEN’ ALS CORE BUSINESS OF HULPMIDDEL?	18
2.2.1.1 FABRICAGEMETHODEN	19
2.2.3 SCOPE.....	19
2.3 METROPOOLREGIO AMSTERDAM	20
2.3.1 RECHTSVORMEN.....	21
2.3.3 STIJGING BEDRIJFSOMZET BEDRIJVEN AFGELOPEN 2 JAAR	21
2.3.4 VERWACHTE STIJGING BEDRIJFSOMZET KOMENDE 5 JAAR.	22
KWALITATIEF ONDERZOEK	24
2.4 HET NETWERK VAN ‘DIGITAAL MAKEN’ IN KAART.....	24
2.5. ZIJN ER BEST PRACTICES UIT ONTWIKKELINGEN IN ANDERE “MAKERSSTEDEN” EN WORDT DE MAKERSBEWEGING GESTIMULEERD DOOR DE OVERHEID?	25
2.6 HOE ZIET HET NETWERK VAN DE 3D-PRINTINDUSTRIE ER UIT?.....	26
2.6.1 WAT ZIJN DE KNELPUNTEN	26
2.6.2 WAT ZIJN DE KANSEN?	28

3 CONCLUSIE.....	30
AANBEVELINGEN	32
DANKWOORD	33
LITERATUUR.....	33

1 INLEIDING

De 3D-printindustrie is hard aan het groeien. Gezien de grote ontwikkelingen in 3D-printen zijn er ook hoge verwachtingen voor de toekomst. Er is sprake van een hype. Voor Economische Zaken Amsterdam is het van belang om in kaart te krijgen hoe de wereld van 3D-printen in elkaar zit. Knelpunten kunnen worden verholpen en mogelijkheden gestimuleerd.

1.1 DOEL

Het primaire doel van het onderzoek is een verkenning van de 3D-printmarkt, om meer inzicht te krijgen in de ontwikkelingen en toekomst perspectieven. Op basis van de bevindingen zullen enkele conclusies en aanbevelingen voor (het beleid van) de gemeente Amsterdam opgesteld worden.

1.2 RELEVANTIE ONDERZOEK

Aan de hand van de bevindingen van dit onderzoek, verkrijgt Economische Zaken (EZ) Amsterdam informatie over ontwikkelingen in de markt van 3D-printen. Knelpunten en mogelijkheden worden in kaart gebracht, waarop EZ Amsterdam kan inspelen.

3D-printen bestaat al 30 jaar, en al 25 jaar zijn er commerciële 3D-printers op de markt. Op dit moment zijn de ontwikkelingen op technologisch vlak in een stroomversnelling, en groeit de acceptatie door consumenten en bedrijven. In dit onderzoek passeren we de hype en kijken we naar de daadwerkelijke ontwikkelingen en toekomstperspectieven.

1.3 DEELVRAGEN

Om enkele aspecten te concretiseren zijn enkele vragen opgesteld.

1. *Waaruit bestaat de '3D-printindustrie'?*

- Uit wat voor soort bedrijven? (Zowel gebruikers als makers van 3D-printers.)
- In welke categorieën of branches kunnen deze ingedeeld worden?
- Is er vooral sprake van thuisgebruik of juist gebruik op professioneel niveau?
- Is de motivatie voor het gebruik vooral fun en underground of ontstaat er ook serieuze business?
- Wie behoort er toe, in aantallen werknemers, op welke branche richt men zich?

2. *Waarvoor wordt 3D-printen gebruikt?*

- Bijvoorbeeld voor de productie van modellen, om onderdelen van apparaten mee te maken, om kunst mee te maken, voor onderzoeksdoeleinden, voor onderwijs etc.
- Van welke fabricagemethoden wordt gebruik gemaakt?

3. *Uit hoeveel bedrijven bestaat de '3D-printindustrie' in de Metropoolregio Amsterdam?*

- Aantal werknemers, omzet, verwachte groei van omzet en werknemers.
- Geografische ligging (Is er sprake van clustervorming?), wanneer mogelijk in beeld gebracht op kaart.
- Afzetten tegen cijfers op landelijk niveau.

4. Hoe ziet het netwerk rondom 3D-printen eruit?

- Wat zijn de relaties tussen bedrijven die actief zijn in deze industrie?
- Wat zijn de relaties tussen branches?

5. Zijn er best practices uit ontwikkelingen in andere gebieden en wordt 3D-printen gestimuleerd door de overheid?

6. Waar liggen knelpunten en kansen voor de groei van de 3D-printindustrie?

1.4 METHODE

Om antwoord te krijgen op de vragen is een tweedeling in dit onderzoek gebracht: een kwantitatief en een kwalitatief onderzoek. De bevindingen van het kwantitatieve en kwalitatieve onderzoek zullen antwoord verschaffen op de eerste drie deelvragen.

Daarnaast zal middels een kwalitatief onderzoek antwoord worden verkregen op de overige vragen. Een 15-tal actoren in de 'digitale maakindustrie' zullen worden geïnterviewd, middels een semi-gestructureerd interview. Deze interviews zullen worden uitgewerkt en gecodeerd. Uiteindelijk zullen alle vragen beantwoord worden en aan de hand daarvan zal een adviesrapport opgesteld worden.

De markt van 'digitaal maken' is respectievelijk nieuw en bovendien multidisciplinair van aard. Het is daarom onmogelijk om de bedrijven die onder de noemer 'digitaal maken' vallen uit een database te halen. Daarom komen de bedrijven die meedoen aan het onderzoek grotendeels uit het netwerk van Ground3d. Er werd ook gevraagd aan respondenten of ze konden doorverwijzen naar andere bedrijven die zich bezighouden met 'digitaal maken'.

1.5.1 INLEIDING 3D-PRINTEN

Deze inleiding bestaat uit twee delen. Het eerste deel is een uiteenzetting over de technologie van 3D-printen. Het tweede deel gaat in op de korte geschiedenis van 3D-printen, de huidige ontwikkelingen en op de verwachte ontwikkelingen de komende jaren.

Over 3D-printen

De officiële term voor 3D-printen is 'Additive Manufacturing'. Deze term beschrijft productietechnologieën waarbij fysieke, driedimensionale producten computergestuurd geproduceerd worden door middel van het toevoegen van materiaal (meestal laagsgewijs). Aangezien de *de facto* term voor 'Additive Manufacturing' nu 3D-printen is, zullen wij 3D-printen als term gebruiken in dit rapport.

Deze technieken onderscheiden zich van andere productietechnieken, doordat een product wordt opgebouwd door het toevoegen van materiaal, waarbij het gehele proces computergestuurd is.

Bij conventionele computergestuurde productietechnieken wordt materiaal weggehaald om tot het product te komen, bijvoorbeeld bij lasersnijden of CNC frezen, of wordt materiaal in mallen gegoten, bijvoorbeeld spuitgieten, of er worden halffabricaten mechanisch vervormd.

Dit onderscheidende vermogen; vanuit een digitaal bestand, (laagsgewijs) een product opbouwen, heeft een aantal zeer kenmerkende voordelen ten opzichte van andere productietechnieken. 3D-printen combineert de herhaalbaarheid en kwaliteit van geautomatiseerde productie met vormvrijheid en tailormade mogelijkheden die voorheen enkel ambachten toebehoorden.

Voordelen en limitaties van 3D-printtechnologieën

Karakteristieke voordelen

Zeker in vergelijking met productietechnieken waarvoor mallen nodig zijn, zoals spuitgieten, heeft 3D-printen zeer lage opstartkosten. Ook is de opstartsnelheid hoog, waardoor snellere productontwikkeling kan plaatsvinden, oftewel een kortere time-to-market. Er kan direct van computermodel naar productie overgegaan worden waardoor een aantal stappen in productontwikkeling kunnen worden overgeslagen.

De grote vormvrijheid maakt nieuwe ontwerpen mogelijk. Hierdoor kunnen eigenschappen van producten worden verbeterd, beter aangepast worden aan eisen van gebruik, en zijn er nieuwe vormgevingsmogelijkheden.

Het digitale karakter, wat 3D-printen deelt met andere computergestuurde technieken, maakt lokale productie mogelijk. Je verstuurt bestanden in plaats van producten.

3D-printen kan het energiegebruik tijdens de productie van een product sterk reduceren. Dit is echter zeer afhankelijk van de betreffende producteigenschappen en productie-eisen.

Grofweg gesteld is op dit moment 3D-printen het meest effectief wanneer zeer complexe vormen, unica of relatief kleine oplages gemaakt moeten worden. Door het dalen van de kosten, worden de oplages waarbij 3D-printen effectief is, steeds groter.

Afgezien van deze functionele blik op de staat van de techniek kan 3D-printen gezien worden als een generatieve technologie. Een technologie die de drempel om hoogwaardige producten te ontwikkelen of te produceren verlaagt en de mogelijkheden hiertoe distribueert. Dit generatieve karakter is de grootste kracht van 3D-printen.

Limitaties

3D-printen is geen magie en kent ook limitaties. De technologie staat niet meer in de kinderschoenen, maar is ook nog niet volwassen.

De productiekosten per product zijn nog hoog. Op dit moment is 3D-printen nog niet prijs-competitief met conventionele massaproductietechnologieën wanneer er goedkoop grote aantallen van dezelfde producten moeten worden ontwikkeld.

3D-printen is op dit moment niet op alle materialen toepasbaar, en de meeste machines printen slechts in één materiaal. Full color printen kan bijvoorbeeld slechts met één 3D-printtechniek en materiaal.

Materialen die geprint kunnen worden zijn onder andere kunststoffen zoals Polyamide, PLA en ABS, verschillende metalen zoals titanium, edelmetalen, aluminium legeringen en roestvrij staal, keramische materialen, was en glas.

Op dit moment versnellen de ontwikkeling van de technologie, de adaptatie door industrie en consumenten, en de groei van de toepassingsmogelijkheden.

Toepassing van 3D-printen onderverdeeld in branches

Bijna dagelijks horen we over nieuwe toepassingen van 3D-printen. De volgende cijfers geven weer welke industrieën het meest bediend worden door producenten van 3D-printers en door service bureaus, die bijvoorbeeld in opdracht producten printen (WohlersAssociates, 2013):

- consumentenproducten en elektronica	21.8%
- automotive	18.6%
- medisch en tandheelkundig	16.4%
- industriële en zakelijke machines	13.4%
- aerospace	10%
- academische instituten	6.8%
- overheid en defensie	5.2%
- architectuur	3.9%
- overig	3.6%

Deze cijfers houden geen rekening met de relatieve grootte van de industrieën. In de kleinere architectuurbranche is de penetratie van 3D-printen bijvoorbeeld hoog in vergelijking met andere industrieën.

Opvallend is de grote toepassing van 3D-printen in de medische en tandheelkundige sector. 3D-printen komt hier uitermate tot zijn recht omdat er op maat unieke objecten gemaakt kunnen worden, met zeer specifieke vormen.

Bijvoorbeeld; metalen zoals titanium en cobalt-chroom legeringen worden gebruikt om bot-implantaten te printen die een poreuze structuur hebben zodat een betere vergroeiing met het bot optreedt. Er worden jaarlijks tienduizenden implantaten geprint, en de verwachting is dat dit de komende jaren groeit naar honderdduizenden stuks per jaar (WohlersAssociates, 2013).

Ook in de tandheelkundige wereld wordt 3D-printen op grote schaal toegepast. Door 3D-printen kunnen op maat metalen bruggen en kronen worden geproduceerd, en dat zijn er op dit moment al zo'n 15.000 stuks per dag (WohlersAssociates, 2013).

In al bovengenoemde industrieën wordt 3D-printen op verschillende wijzen ingezet.

In de beginjaren werd de technologie vooral ingezet voor het maken van prototypes en modellen (vandaar dat in het verleden de term 'rapid prototyping' veel werd gebruikt).

Een andere mogelijkheid is voor het maken van onderdelen voor productie. Bijvoorbeeld voor mallen en inzetstukken die gebruikt worden om door middel van conventionele technieken te produceren.

De grootste toekomst is echter voorbehouden aan het inzetten van 3D-printen voor het produceren van eindproducten, of onderdelen van eindproducten. Tien jaar geleden werd slechts 4% van de

technologie gebruikt voor eindproductie, nu is dat 30%, en de verwachting is dat deze stijging flink doorzet (WohlersAssociates, 2013).

Bij eindproducten gaat het bijvoorbeeld over onderdelen die in de automotive- of aerospace industrie toegepast worden. Boeing print in totaal zo'n 200 verschillende onderdelen voor 10 verschillende vliegtuigen (WohlersAssociates, 2013).

Consumenten-eindproducten zijn er onder andere op het gebied van design, speelgoed en gadgets.

Verskillende 3D-printtechnologieën uitgelegd

Vele verschillende technieken vallen onder de 'parapluterm' 3D-printen. Fabrikanten van machines bedachten vaak hun eigen naam voor de technologie, met als gevolg een verwarrende wildgroei aan terminologie.

ASTM International Committee F42 on Additive Manufacturing Technologies heeft een lijst samengesteld van "Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies."

Gangbare termen zoals Selective Laser Sintering, FDM en SLA vallen hier ook onder, en classificeren de technologieën in duidelijk verschillende categorieën:

- **Material extrusion:** materiaal wordt selectief uitgescheiden door een printkop.

De gangbare 'thuis-3D-printers' maken veelal gebruik van deze categorie technologieën. De thuisprinters smelten kunststof in een printkop, welke weer uithardt nadat deze op de juiste plaats is gedeponeerd en afkoelt. Thuisprinters zijn te koop tussen de 350 en 5000 dollar.

Er zijn ook professionele machines met deze technologie beschikbaar, kostend tussen de 9.500 en 500.000 dollar (WohlersAssociates, 2013).

- **Material jetting:** druppeltjes materiaal worden selectief neergelegd.

Meest toegepaste materialen met deze techniek zijn photopolymeren en was, wat veel gebruik wordt als model voor metaalgieten. Material jetting machines kunnen meerdere materialen tegelijk printen. Machines kosten tussen de 20.000 en 600.000 dollar.

- **Binder jetting:** een vloeibaar bindmateriaal wordt selectief neergelegd om een poedervormig materiaal samen te binden.

De bekendste toepassing hiervan zijn machines die met water-gebaseerd bindmiddel en op gips-gebaseerd materiaal printen, en dat in full color kunnen doen. Andere toepassingen printen in zand, polymeren of metaal.

Er zijn machines die hiermee op zeer grote schaal printen, en ook de pionierende machine van de Italiaan Enrico Dini, die een machine ontwikkelde die op het formaat van een klein huis kan printen, maakt gebruik van deze techniek.

Industriële machines kosten, afhankelijk van de schaalgrootte, tussen de 16.500 en 1.4 miljoen dollar.

- **Sheet lamination:** vellen materiaal worden samengevoegd om een object te vormen.

Gebruikte materialen zijn papier met een verlijmende coating of metaalfolies of tapes. Na ieder vel materiaal dat wordt neergelegd wordt de benodigde vorm uit het vel gesneden. Prijzen voor soortgelijke machines zitten tussen de 36.500 en 47.500 dollar.

- **Vat photopolymerization:** een vloeibaar photopolymeer in een tank wordt selectief verhard door met UV-belichting polymerisatie te activeren.

In 2012 introduceerde de Amerikaanse startup Formlabs op de crowdfunding website Kickstarter met succes de Form1, de eerste 'thuisprinter' die Vat photopolymerisation gebruikt, en voor 3.300 dollar op de markt komt. Sinds mei 2013 worden de eerste machines naar klanten verscheept.

Verder is de technologie beschikbaar op industriële schaal, met printers die tussen de 9.000 en 800.000 dollar kosten, afhankelijk van de grootte van het photopolymeer bad. Er zijn zeer grote machines beschikbaar, bijvoorbeeld deze in het bezit van het Belgische Materialise met een printbad van meer dan 2 meter lang, waarop bijvoorbeeld prototypes voor auto-onderdelen zoals bumpers worden geprint.

- **Powder bed fusion:** thermische energie versmelt selectief delen van een poeder bed.

De bron van de energie is een laser- of elektronenstraal. Door de hitte versmelt het poedermateriaal, wat bij afkoeling weer stolt. Zowel metaal als polymeer materialen zijn beschikbaar. Een Deens bedrijf heeft een unieke technologie waarbij in plaats van een laser-of elektronenstraal een verhitte printkop de bron van thermische energie is.

Selective Laser Sintering is een veel gebruikte term voor een deel van de powder bed fusion technieken. Powder bed fusion is een populaire techniek en wordt veel in de industrie toegepast. De machines zijn echter kostbaar; de kosten van machines zitten tussen de 120.000 en 905.000 dollar.

- **Directed energy deposition:** gefocuste thermische energy wordt gebruikt om materialen te versmelten op het moment dat de materialen worden neergelegd.

In de meeste gevallen wordt een laser gebruikt om metaalpoeder te versmelten.

De techniek is kostbaar, met machines tussen de 350.000 en 1.5 miljoen dollar (WohlersAssociates, 2013).

Over 'thuis-3D-printers'

Meer dan 100 bedrijven en teams wereldwijd (waarschijnlijk zelfs meer) ontwikkelen 'thuis-3D-printers' en brengen deze op de markt. De printkwaliteit en de betrouwbaarheid van de machines is de afgelopen jaren sterk verbeterd. Echter, de ontwikkelingen zijn betrekkelijke verbeteringen, er vindt in deze markt nog weinig revolutionaire innovatie plaats. De meeste printers zijn verbeteringen van beschikbare *open source technology*.

In vier jaar tijd werden thuis printers 90% goedkoper, momenteel zijn er printers van 350 dollar op de markt.

Op dit moment bestaat er een kloof tussen wat consumenten gewend zijn aan kwaliteit en betrouwbaarheid van consumentenelektronica, en de kwaliteit van de thuis-3D-printers die op de markt zijn.

Crowdfunding platformen zijn van groot belang geweest in de lancering van nieuwe thuis-3D-printers en gerelateerde startups. Tot aan april 2013 verkregen ten minste 18 3D-printer start-ups hun benodigde kapitaal via platforms zoals Kickstarter en Indiegogo.

Nieuwe ontwikkelingen binnen 3D-printen bevatten het toepassen van roboticatechnologie op deze thuis-3D-printers. Andere ontwikkelingen zijn tools die afvalplastic omzetten in grondstof voor de thuisprinters (McKinsey, 2013).

Van idee tot print: het proces

Het creëren van een 3D model

Voordat een idee gematerialiseerd wordt, moet eerst een 3D-tekening gemaakt worden. Hiervoor zijn verschillende software programma's beschikbaar. Er bestaan gratis programma's, open source programma's (ook gratis), en vele betaalde software pakketten. Ook wat betreft de mogelijkheden van de software is het aanbod zeer divers. Van zeer eenvoudig tot zeer uitgebreide programma's die bijvoorbeeld ook meteen de modellen kunnen doorrekenen op sterkte.

Behalve het zelf tekenen van ontwerpen zijn er service bureaus die in opdracht tekeningen maken. Een andere mogelijkheid is het downloaden van een kant-en-klaar bestand. Er zijn verschillende online platforms waar deze bestanden te vinden zijn, de grootste bevatten tienduizenden bestanden. (zie bijvoorbeeld www.thingiverse.com). Nu zijn er alleen al meer dan 500.000 bestanden online te vinden (WohlersAssociates, 2013).

Er komt ook steeds meer software op de markt die de mogelijkheid geeft om voorgeprogrammeerde ontwerpen te 'customizen'. Deze software verlaagt de drempel om zelf te creëren enorm. Zowel de grote spelers in de 3D modelling software industrie, zoals Autodesk, als vele startups werken aan deze 'customize' software. Ook zien we veel voorbeelden van software die het proces van 3D-tekenen vergemakkelijken.

Een laatste mogelijkheid is het maken van een 3D-scan van een fysiek object. Ook hier bestaan zowel gratis als zeer dure oplossingen. De eenvoudigste versies stellen in staat om met de camera van een smartphone of tablet een 3D-scan te maken. Echter, vaak moet het verkregen model in de computer nog bewerkt worden om tot een geschikt bestand voor 3D-printen te komen.

3D-printen

Als er eenmaal een bestand verkregen is wat aan de voorwaarden voor 3D-printen voldoet, is de stap naar printen snel gemaakt. Een eenvoudig programma zet het 3D-model om in een code die door de printer gelezen kan worden.

Het uiteindelijke product kan geprint worden via een service bureau wat in opdracht met professionele machines print. Hierbij is een brede keus aan materialen beschikbaar, in een hoge kwaliteit. Daarnaast is er een groeiend aantal 'Fablabs' en 'Makerspaces' waar gratis of tegen lage kosten van 3D-printers gebruik gemaakt kan worden. Hier is de keus uit materialen beperkter omdat er minder dure machines staan.

Daarnaast kan een 'thuis-3D-printer' gebruikt worden, waarvan er momenteel 65.000 van op de markt zijn (WohlersAssociates, 2013). Deze printers printen enkel in thermoplastische kunststoffen, veelal ABS (het materiaal waar Lego van gemaakt is), PLA (een kunststof gewonnen uit melkzuur uit planten), of Nylon. De printkwaliteit van de thuisprinters is de afgelopen jaren sterk verbeterd, maar de betrouwbaarheid van de machines vraagt nog veel geduld van de gebruikers.

We zien dat bedrijven in deze markt dan ook voorsprong kunnen behalen door het bieden van goede service en het opbouwen van een actieve community rondom het merk.

Een laatste ontwikkeling die we zien, is dat er enkele online netwerken worden opgezet die mensen met thuis-3D-printers linken aan mensen die tegen betaling iets willen laten printen.

Eventueel vindt er na het 3D-printproces nog nabewerking plaats om bijvoorbeeld de juiste oppervlaktekwaliteit te krijgen.

Het is duidelijk dat de traditionele keten van ontwerp-productie-marketing-verkoop-consumeren overhoop gaat.

De digitale gereedschappen om te ontwerpen of bestaande ontwerpen aan te passen worden toegankelijker. Tegelijk maakt 3D-printen op industriële kwaliteit produceren op kleine schaal bereikbaar. Via enkele klikken bij een service bureau als Shapeways (80.000 tot 100.000 prints per maand), lokaal op eigen printers, of printers in hubs zoals Fablabs.

Printen kan voor eigen gebruik, maar ook toegang tot de markt is bereikbaar. Service bureau Shapeways geeft bijvoorbeeld de mogelijkheid om een 'shop' te openen waar anderen jouw ontwerpen kunnen bestellen.

1.5.2 HISTORIE, HUIDIGE ONTWIKKELINGEN EN TOEKOMSTPERSPECTIEVEN

De eerste patenten aangaande 3D-printen werden aangevraagd begin jaren '80. De eerste publicatie van een geprint fysiek object stamt uit 1981, en de eerste commerciële machines werden in 1988 aan klanten geleverd.

In de grofweg 30 jaar tussen de uitvinding van 3D-printen en de huidige hype is 3D-printen gestaag aan een opmars bezig geweest.

De kwaliteit van de technieken en beschikbare materialen is verbeterd. Ook de prijs is gedaald, zowel van de machines als materialen. Hierdoor zijn de toepassingsmogelijkheden vergroot.

Een voormalige term, veel gebruikt voor 3D-printen, was 'rapid prototyping', omdat de methode in die tijd voornamelijk voor het ontwikkelen van prototypes, testmodellen en mockups werd gebruikt. Toen de materiaalkeuze breder werd, en de machines sneller en nauwkeuriger, werd 3D-printen vaker ingezet om daadwerkelijk eindproducten te produceren.

De ontwikkelingen van thuisprinters en professionele printers

De laatste jaren zijn de ontwikkelingen in een stroomversnelling gegaan. Belangrijke aanjagers zijn prijsdalingen, het verlopen van een aantal belangrijke patenten op de technologie, het open-source RepRap project, wat kennis over het maken van een 3D-printer beschikbaar heeft gemaakt, en de grote hoeveelheid media-aandacht.

In maart 2007 werd de open source 3D-printer 'RepRap', ontwikkeld op de universiteit van Bath, vrijgegeven. Hiermee kwam informatie over het maken van 3D-printers beschikbaar, wat resulteerde in een veelvoud van afgeleide machines en de doorontwikkeling van de technologie.

In 2009 verliep het laatste patent op FDM, de techniek waarop 'RepRap' gebaseerd is, wat de technologie beschikbaar maakte voor commercieel gebruik. Sinds die tijd zien we een explosie van bedrijven die printers ontwikkelen en vermarkten gebaseerd op de FDM-technologie (een vorm van material extrusion).

Deze ontwikkeling maakt 3D-printen bereikbaar voor de hobbymarkt en kleine bedrijven.

Sinds 2007 zijn ruim 65.000 van deze machines verkocht. Ter vergelijking: in de 25 jaar dat commerciële industriële printers verscheept worden, zijn 56.000 van deze machines verkocht. Uiteraard is de capaciteit van deze industriële machines vele malen groter (WohlersAssociates, 2013).

De opkomst van de 'thuisprinter' viel samen met een langer durende prijsdaling van professionele printmachines en printmateriaal, die het proces ook voor professionele toepassing bereikbaarder maakten.

Uiteraard maakt de volwassenheid van de internet-infrastructuur de snelle verspreiding en adaptatie van online print services als Shapeways mogelijk.

3D-printen kan gezien worden als onderdeel van de digitale maakindustrie. De ontwikkelingen rondom 3D-printen kunnen niet geheel los gezien worden van de ontwikkelingen in andere digitale productietechnieken (computergestuurde productietechnieken). Hieronder vallen machines als lasersnijders, CNC freesmachines en 3D-scanners.

Van al deze machines is de prijs in het afgelopen decennium gekelderd. Dit maakt zeer hoogwaardig produceren en prototypen bereikbaar voor kleinschalige professionals en amateurs. Het heeft ook een hernieuwde interesse in kleinschalig produceren en innoveren opgeroepen.

Een beweging die hierin werkt om digitale productie beschikbaar te maken voor een groot publiek, is de FabLab-beweging, oorspronkelijk gestart aan het MIT Center for Bits and Atoms, als 'een plek waar je nagenoeg alles kan maken'. Overigens was de 3D-printer in de oorspronkelijke blauwdrukken voor FabLabs geen onderdeel, maar beschikken de meeste FabLabs er nu wel over.

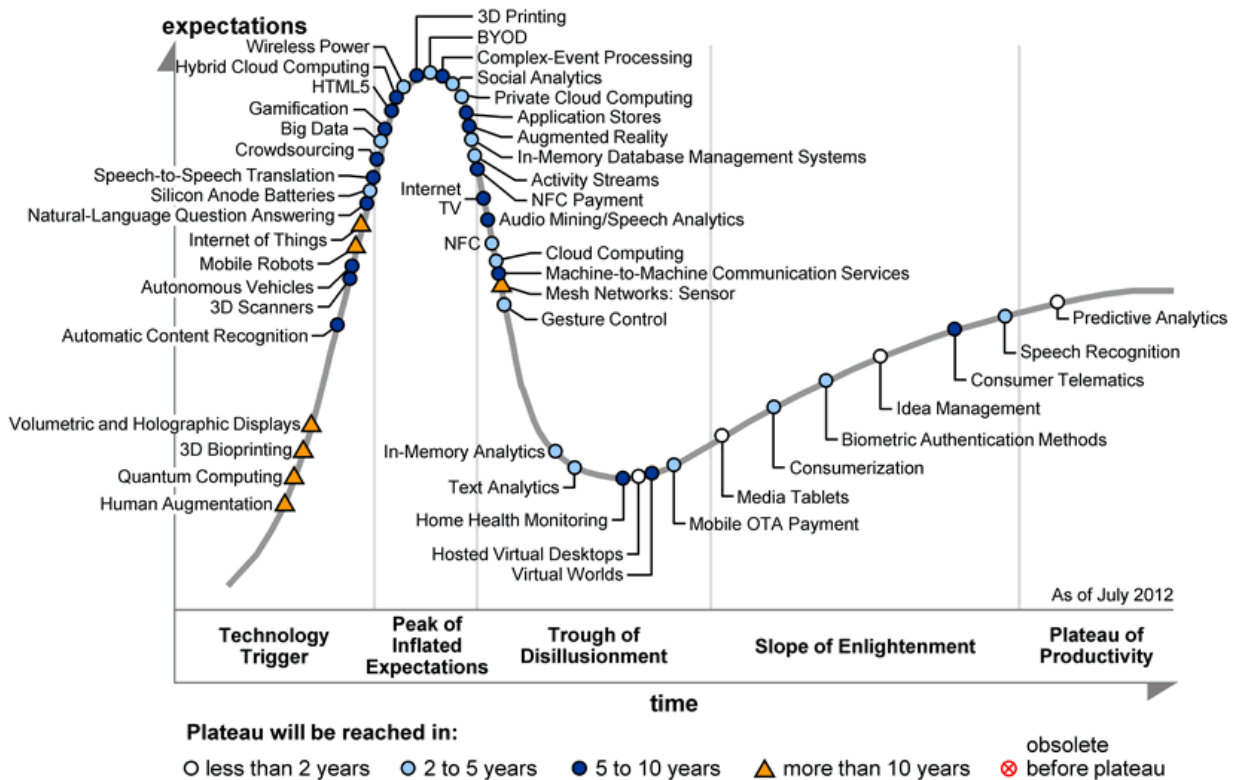
3D-printen is vanwege de laagdrempeligheid en de wijze hoe printen tot de verbeelding spreekt dé eye catcher van de digitale maakindustrie, en zal vanwege de mogelijke ontwikkelingen die de technologie kan doormaken de meeste impact hebben op de cultuur en economie.

McKinsey (2013) noemt 3D-printen als een van de '12 economic disruptive technologies' voor 2025, in een lijst met onder meer mobiel internet, kenniswerk automatisering, 'Internet of Things' sensor netwerken en geavanceerde materialen.

Hype

Op dit moment bevat 3D-printen zich overduidelijk in een hype, gedragen door de enorme media-aandacht én gebrekkige kennis over het onderwerp bij het grote publiek.

Gartner (2012, Figuur 1) positioneert 3D-printen in haar jaarlijkse 'Gartner Hype Cycle – Emerging Technologies' vlak voor de top van de hype, op de 'peak of inflated expectations.' Gartner (2012) stelt dat het 3D-printen nog 5 jaar kost om het gemak, snelheid en kostenniveau te bereiken om massale adoptie bij consumenten te bewerkstelligen.



Figuur 1 Gartner (2012). 'Gartner Hype Cycle – Emerging Technologies'

Enkele redenen voor de hype rondom 3D-printen is het gebrek aan kennis. De mogelijkheden van thuisprinters worden vaak verward met die van kostbare, professionele printers. Gevoelige onderwerpen doen veel stof opwaaien, ook als de daadwerkelijke toepassingen nog jaren van ons verwijderd zijn.

Enkele onderwerpen die in deze hype veelvuldig genoemd worden:

- printen van voedsel, waaronder vlees
- printen van wapens
- copyrights schending

In dit onderzoek kijken we door de hype heen naar de daadwerkelijke gebeurtenissen in het veld, vandaar een korte nuancering van bovenstaande onderwerpen.

Nuancering van onderwerpen die in de hype rondom 3D-printen besproken worden

- **Het kunstmatig produceren van levend weefsel** in een kwaliteit en hoeveelheid die het geschikt maakt voor consumptie is een hoogwaardig en veeleisend proces, wat lang duurt en op dit moment enkel plaats kan vinden binnen een laboratoriumomgeving. In Nederland vindt hier onder andere aan de universiteit van Maastricht en Leiden onderzoek naar plaats.

Het printen in biologisch materiaal, oftewel een gelei waarin celmateriaal kan groeien, is door de beschikbaarheid van open source bio-printers nu laagdrempelig toegankelijk. Een ontwikkeling die samenvalt met het open source beschikbaar komen van meerdere bio laboratorium apparatuur. Een

kleine groep professionals, hobbyisten en kunstenaars gebruikt deze technieken om onderzoek en experimenten met levend materiaal te doen.

- **Het printen van wapens** is technisch mogelijk. Echter, op dit moment printen de thuisprinters niet met een kwaliteit die het mogelijk maken om vuurwapens te printen. Experimenten van de Canadese politie hiermee resulteerden in een wapen dat uit elkaar spatte bij de eerste vuurpoging. Het geprinte wapen in Texas wat veel commotie opleverde is geprint met een machine die meer dan 10.000 euro kost.

Als de technologie en kwaliteit van thuisprinters de komende jaren verbetert, is het niet ondenkbaar dat het mogelijk is om met deze printers vuurwapens te printen. Dankzij de aandacht voor het printen van wapens hebben overheden nu de tijd om hier beleid op aan te passen.

- **De copyright wetgeving** is niet klaar voor de ontwikkelingen die het mogelijk maken om digitale bestanden te creëren van door copyright beschermd materiaal, deze bestanden te delen, en met deze bestanden te printen.

Overheden zouden hier goed aan doen zo snel mogelijk op in te springen, gezien de voorbeelden uit bijvoorbeeld de muziekindustrie waar wetgeving achterhaald is door technische ontwikkelingen.

Daarbij gaat het niet per se om het uitbreiden of verstevigen van de copyright wetgeving, of om sterkere repressie, maar om aanpassing en vernieuwing naar aanleiding van de nieuwe mogelijkheden.

Behalve het aanpassen van de wetgeving is er een zeer belangrijke rol voor voorlichting over rechtensituaties.

Het succes van 'creative commons' licenties voor digitale content is mede te danken aan de helderheid die de licenties scheppen over de rechtensituatie.

Groei en toekomst van de 3D-printindustrie

De samengestelde jaarlijkse groei (compound annual growth rate, of CAGR) van de wereldwijde inkomsten uit alle producten en services van de 3D-printindustrie over de afgelopen 25 jaar is 25.4%. Over de afgelopen 3 jaar is de CAGR zelfs 27.4% (WohlersAssociates, 2013).

De markt voor service bureaus rondom 3D-printen groeide het hardst binnen de 3D-printindustrie, over het laatste jaar met 36.6%, en ook in voorgaande 2 jaren had deze sector sterke groeicijfers. Onder service bureaus vallen bedrijven die zelf geen 3D-printers produceren, maar in opdracht objecten printen, of bedrijven op een andere manier diensten verlenen rondom 3D-printen (WohlersAssociates, 2013).

De inkomsten uit verkoop van materialen voor 3D-printen steeg ook hard, met 29,2%.

De verwachting is dat de gehele 3D-printindustrie over de komende jaren met dubbele cijfers zal blijven groeien en dat de verkoop van 3D-geprinte producten en services in 2017 een omzet van 6 miljard zal bereiken.

In totaal wordt de markt die 3D-printen kan beslaan door het toonaangevende WohlersAssociates (2013) op dit moment geschat op zo'n 100 miljard.

Consultancy firma McKinsey (2013) schat de gehele economische impact die 3D-printen in 2025 kan hebben tussen de 230 en 500 miljard dollar, met daarbij de grootste impact van consumentengebruik.

De verkoop van thuis-3D-printers (printers onder de 5000 dollar) steeg met 46.3%, maar het gemiddelde over de voorgaande 3 jaren was 346%, dus een sterke daling van de groei. Echter, vanwege het gefragmenteerde karakter van deze sector en het jonge bestaan van deze markt kunnen deze cijfers ook in enige mate vertekend zijn.

Een reden voor de daling van de groei zou kunnen zijn dat de 'early adopter'-markt voor deze printers relatief verzadigd is. Ook hebben de vaak jonge bedrijfjes die de thuis-print-markt betreden nog weinig 'sales' ervaring en nog geen effectieve sales kanalen opgezet. Daarnaast is de kwaliteit van de printers nog niet op een niveau wat de 'early majority' aanspreekt, en zijn de kosten van thuisprinters vergeleken met andere consumentenelektronica nog relatief hoog. Of de afzwakking van de groei een voorbode van een afzwakking van de hype rondom 3D-printen is, is moeilijk te zeggen.

Tegelijk zien we voorbeelden van grotere adoptie van deze thuisprinters. Een voorbeeld is Ford Motor Company, welke honderden 'thuis-3D-printers' op de werkvloer van haar engineers plaatste om te gebruiken in de ontwerp en ontwikkel fase.

Geschat wordt, dat in 2012 zo'n 35.500 thuisprinters verkocht werden, met een gemiddelde prijs van 1125 dollar (WohlersAssociates, 2013).

2 BEVINDINGEN

Voor het kwantitatieve gedeelte van het onderzoek zijn er enquêtes afgenomen. In deze enquêtes worden er vragen gesteld over het karakteristieke van het bedrijf en de werkzaamheden. De categorieën en branches die onderzocht worden zijn conform onderzoek en statistiek van de gemeente Amsterdam (Bureau Onderzoek en statistiek, 2013). Voor de enquête hebben 50 bedrijven respons gegeven op onze vragenlijst, het kwantitatieve gedeelte van het onderzoek.

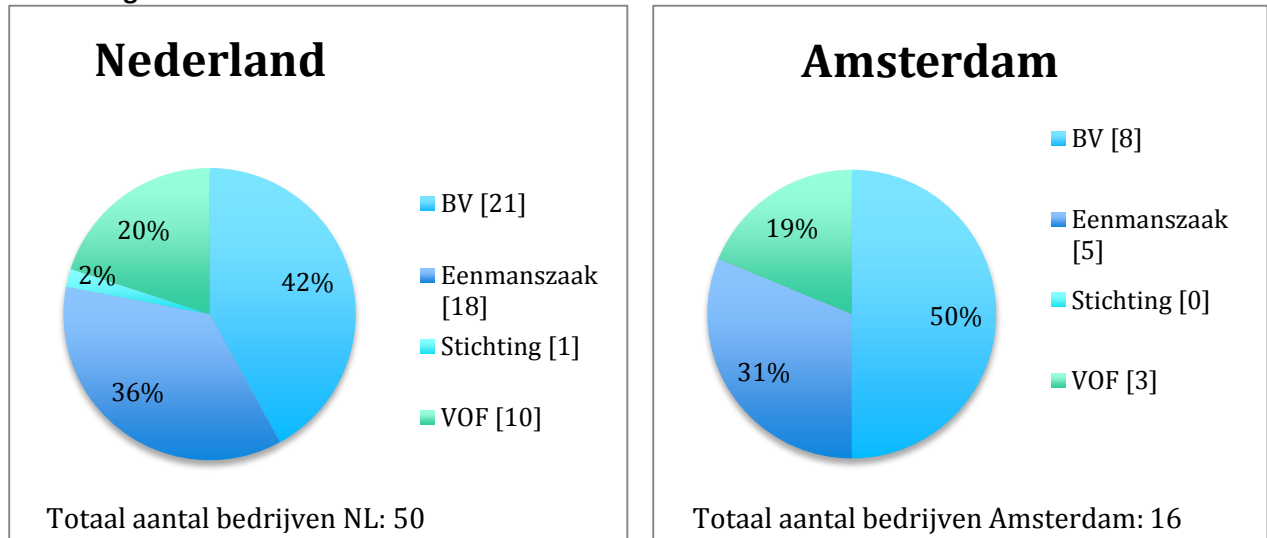
2.1 KARAKTERISTIEKEN BEDRIJVEN

Om te beginnen is gekeken naar de karakteristieken van bedrijven: rechtsvorm, datum van oprichting, aantal werknemers en de branche.

2.1.1 RECHTSVORMEN

Bij de rechtsvorm wordt er gekeken naar de verdeling van B.V.'s, VOF's en eenmanszaken in Nederland. Ook wordt er gekeken naar de Metropoolregio Amsterdam (MRA) om te vergelijken met bedrijven buiten dit gebied. Zoals figuur 2 weergeeft bestaan de meeste bedrijven uit B.V.'s en eenmanszaken. In Amsterdam is deze verdeling ongeveer hetzelfde. Van de zestien bedrijven in Amsterdam zijn er vijf eenmanszaken en acht B.V.'s.

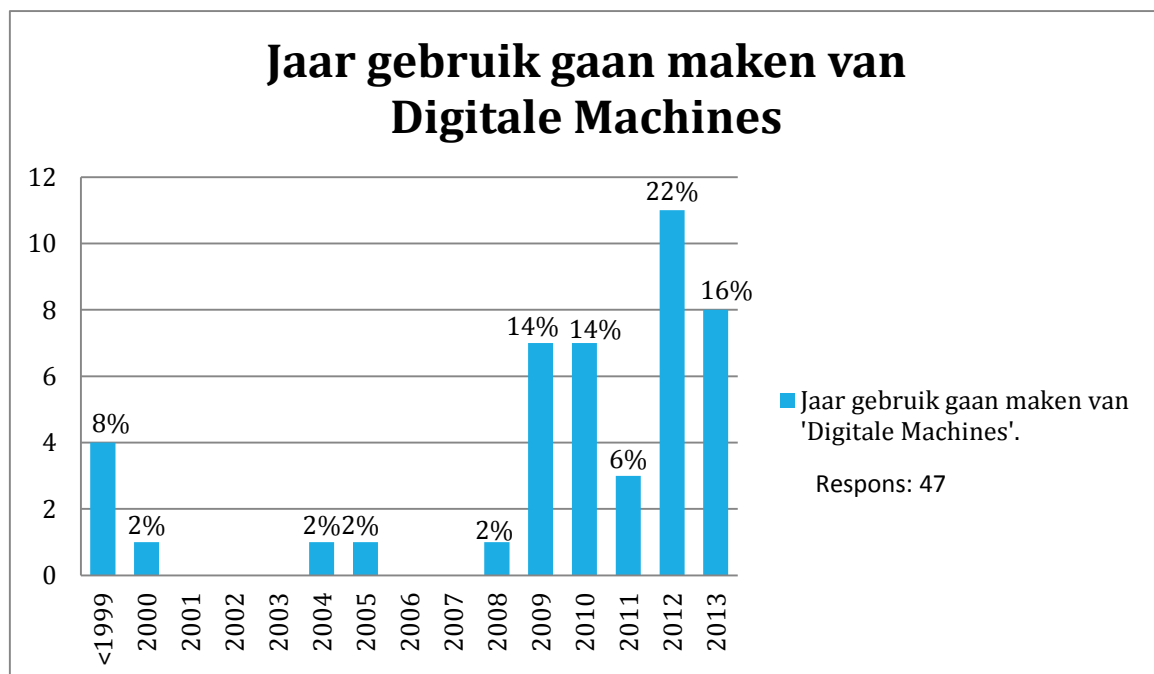
Verderling rechtsvorm



Figuur 2: Verdeling rechtsvorm in Nederland en Amsterdam

2.1.2 DATUM VAN OPRICHTING

Bij de datum van oprichting wordt er gekeken hoe lang het bedrijf al bestaat. Dit is van belang om te kijken wanneer het bedrijf gebruik is gaan maken van 3D-printen. Van alle bedrijven gaf 22% aan sinds 2012 gebruik te maken van digitaal gestuurde machines. Sinds 2013 maakt 16% gebruik van digitaal gestuurde machines. Hieruit blijkt dat er in het eerste half jaar van 2013 al bijna evenveel bedrijven als in 2012 gebruik zijn gaan maken van digitaal gestuurde machines.



Tabel 1: Gebruik maken digitale machines

2.1.3 WERKNEMERS

Bij het aantal werknemers wordt er gekeken naar de huidige situatie en de verwachtingen.

Tabel 2 weergeeft het aantal werknemers in het hele bedrijf. Zo zie je dat de meeste bedrijven 1 tot 5 werknemers is vaste dienst hebben.

Aantal werknemers	Aantal Bedrijven
1-5	30
5-10	9
10-50	6
50-100	2
100+	2
Geen respons	1

Tabel 2: Aantal werknemers gehele bedrijf in Nederland

Zoals in tabel 3 weergegeven wordt, blijkt uit de respons dat 36 % geen gebruik maakt van freelancers of ZZP'ers. Echter zijn er wel verwachtingen dat het aantal werknemers (uitgedrukt in FTE) de komende 5 jaar zal toenemen. Dit wordt besproken bij de afhankelijke factoren.

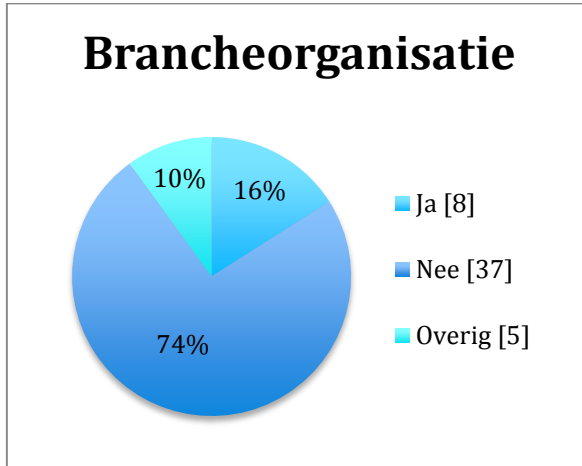
Aantal ingehuurd Freelancers	Aantal bedrijven	Aantal bedrijven in Procenten
0	18	36%
0,5	1	2%
1	4	8%
2	11	22%
2,5	1	2%
3	1	2%
4	1	2%
5	2	4%
100+	2	4%
Geen respons	9	18%

Tabel 3: Aantal Freelancers/ZZP'ers ingehuurd.

2.1.4 BRANCHEORGANISATIE

In de enquête wordt er gevraagd of het bedrijf is aangesloten bij een brancheorganisatie.

Opvallend is dat bij 74% van alle respondenten dit niet het geval is. Van de respondenten is 16% wel aangesloten bij een brancheorganisatie. Dit zijn de BNA, BNO, FPT, KVGGO, Klein Metaal en Metaal Unie.

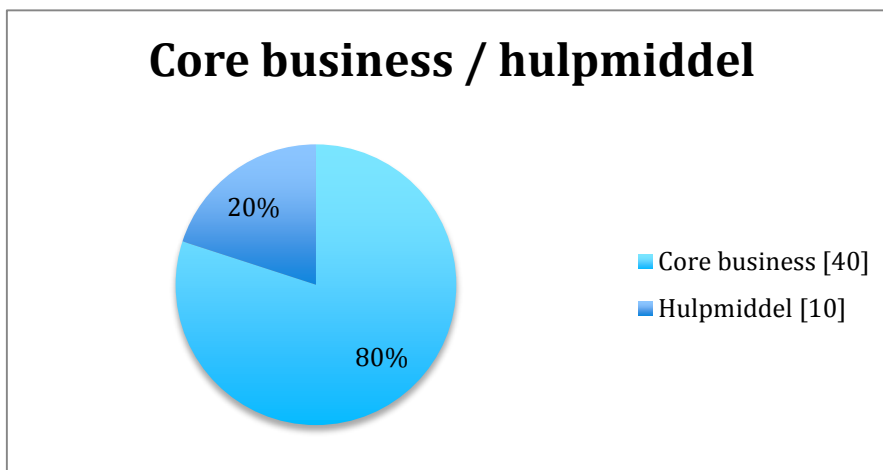


Figuur 3: Aangesloten bij brancheorganisatie

2.2 WERKZAAMHEDEN BEDRIJVEN

2.2.1 'DIGITAAL MAKEN' ALS CORE BUSINESS OF HULPMIDDEL?

'Digitaal maken' wordt door de meeste bedrijven als core business gezien om de werkzaamheden te ondersteunen. Figuur 5 laat zien dat 80% van de bedrijven 'digitaal maken' als een core business ziet en 20% ziet het als hulpmiddel.



Figuur 4: 'Digitaal maken' core business of hulpmiddel?

2.2.1. FABRICAGEMETHODEN

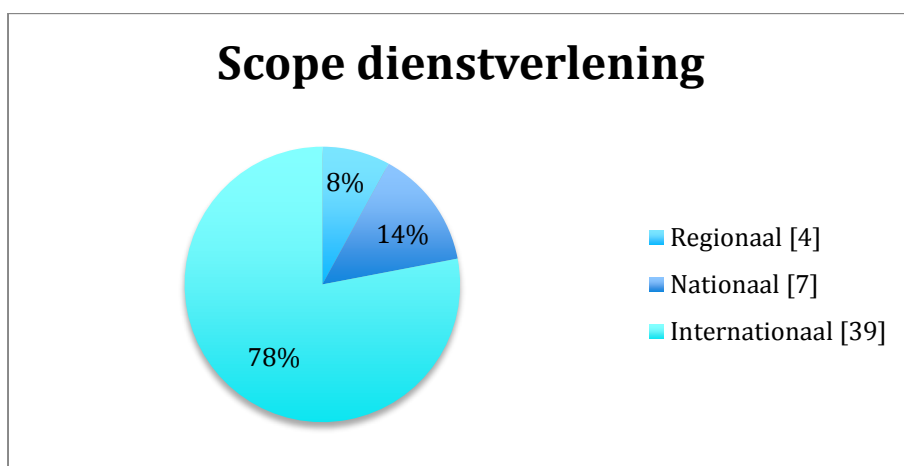
Bij de fabricagemethoden wordt er gekeken naar het directe en indirecte gebruik van 3D-printers. Ook bekijken we hoe 3D-printen wordt gebruikt in combinatie met andere digitale productietechnieken: CNC routing en lasercutting. Van alle respondenten maakt 94% alleen al (in)direct gebruik van 3D-printen met en zonder andere fabricagemethodes. Daarvan maakt circa 48% gebruik van alleen 3D-printen en 32% van alle drie de fabricagemethodes.

Fabricage Methoden	Aantal bedrijven	Procent
3D-printen	24	48%
3D-printen, CNC Routing, Later Cutting	16	32%
3D-printen, Laser Cutting	4	8%
3D-printen, CNC Routing	3	6%
Lasercutting	1	2%
Overig	2	4%

Tabel 4: Methode

2.2.3 SCOPE

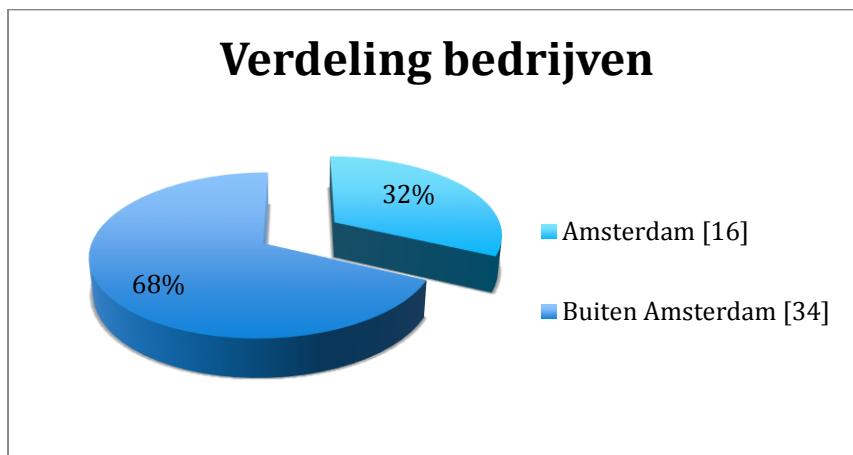
In het onderzoek wordt er gekeken naar de dienstverlening van de bedrijven op zowel regionaal, nationaal als internationaal niveau. Uit de bevindingen tot nu toe blijkt dat de meeste bedrijven uit de 'digitale maakindustrie' internationaal opereren.



Figuur 5: Dienstverlening

2.3 METROPOOLREGIO AMSTERDAM

De Metropoolregio Amsterdam (MRA) is een bestuurlijk samenwerkingsverband van de stad Amsterdam en een lokale en regionale overheden in het noordelijke deel van de Randstad (Metropoolregio Amsterdam z.j.). Uit figuur 6 blijkt dat 32% van respondenten zich in Amsterdam bevindt en 68% daarbuiten. De MRA bestaat uit 36 gemeenten. Van de 50 bedrijven bevinden 16 bedrijven zich in de MRA, allemaal in stadsregio Amsterdam.



Figuur 6: Verdeling bedrijven regio

Als je naar de verdeling van de bedrijven in Nederland kijkt, zie je dat er ook een aantal bedrijven in het zuiden is gevestigd. In Eindhoven zit de High Tech Campus. Hier bevinden circa 90 bedrijven en instituten en ruim 8.000 onderzoekers, ontwikkelaars en ondernemers werken aan de technologieën en producten (Industriepoort, 2012). Ook wordt het door een aantal respondenten als voordeel gezien om dicht bij België en Duitsland te zitten. *“Duitsland is groot met machines en in België zit de KU Leuven. Zij zijn al jaren bezig met onderzoek naar printen in metalen”*, aldus Willem Vermeend.

In België zijn sterke spelers in de 3D-printindustrie gevestigd; Materialise, Layerwise en Merlotte. Materialise is een van de grootste service providers wereldwijd. Het machinepark bestaat uit zo’n 85 industriële printers, waaronder enkele grootformaat printers. Materialise is op een breed vlak actief; onder andere in de industrieel, medisch en design sector. Op design vlak werkt Materialise veel samen met de Nederlandse creatieve industrie.

Layerwise is een toegewijde producent van metalen onderdelen met 3D-printen, en bedient de industriële en medische/tandheelkundige sector. In samenwerking met ruimtevaartorganisatie ESA ontwikkelde Layerwise onderdelen voor een communicatiesatelliet.

Ook Merlotte is gespecialiseerd in metaal printen.

Metaal printen is een van de hardst stijgende toepassingen binnen 3D-printen. De technologie heeft zich sterk ontwikkeld, er komen steeds meer metalen beschikbaar en de techniek is goedkoper geworden. Dit maakt steeds meer toepassingen mogelijk (WohlersAssociates, 2013).

De Universiteit van Leuven is sinds 1990 betrokken in research naar 3D-printen. Op dit moment spitst het onderzoek in Leuven zich toe op Powder bed fusion processen voor metalen en keramische materialen. Ook wordt onderzoek gedaan naar biocompatibele materialen.

Het collectief centrum van de Belgische technologische industrie Sirris en het Vlaamse instituut voor technologisch onderzoek VITO zijn ook actief in 3D-printen.

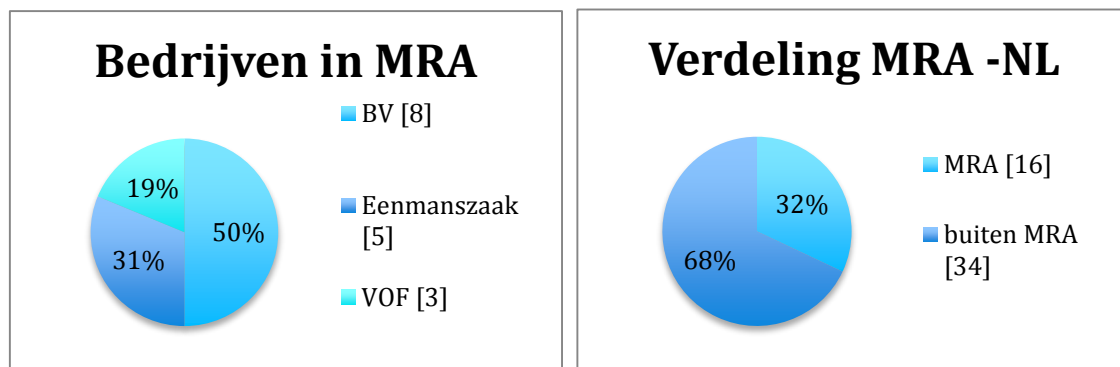
Verschillende Duitse onderzoeksinstituten doen onderzoek naar 3D-printtechnologieën en toepassingen. Bijvoorbeeld de Universiteit van Duisburg-Essen, de Technische Universiteit van Hamburg en de Technische Universiteit München.

De Universiteit van Aachen in samenwerking met het vooraanstaande Fraunhofer ILT instituut verkreeg een budget van de Duitse regering voor een 'research campus' met als doel research naar 3D-printtechnologieën waarbij licht wordt ingezet, zoals Vat photopolymerization.

Op de Friedrich-Alexander Universiteit in Erlangen-Nuremberg werd in 2011 een onderzoekscentrum voor wetenschappelijk onderzoek naar 3D-printen gestart met een budgettering van 9 miljoen voor de komende 4 jaar (WohlersAssociates, 2013).

2.3.1 RECHTSVORMEN

Figuur 7 laat de verdeling van de rechtsvormen zien van bedrijven in de MRA.



Figuur 7: Rechtsvormen MRA

2.3.3 STIJGING BEDRIJFSOMZET BEDRIJVEN AFGELOPEN 2 JAAR

Figuur 8 gaat over de omzet van de afgelopen 2 jaar. Van de 50 bedrijven gaf 56% aan dat de omzet, gerelateerd aan 'digitaal maken' de afgelopen 2 jaar is gestegen.

Omzet gerelateerd aan 'Digitaal Maken' afgelopen 2 jaar gestegen

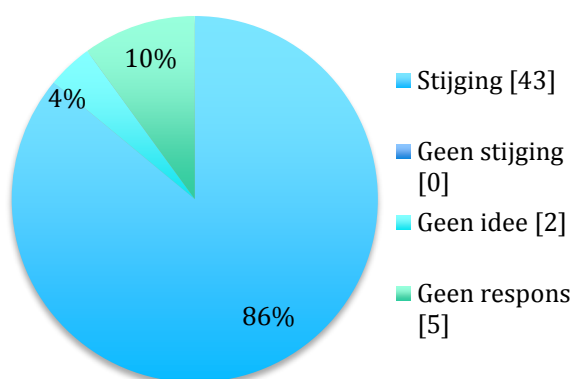


Figuur 8: stijging omzet afgelopen 2 jaar

2.3.4 VERWACHTE STIJGING BEDRIJFSOMZET KOMENDE 5 JAAR.

Op de vraag of de omzet, gerelateerd aan 'digitaal maken' de komende 5 jaar zal stijgen, verwacht 86% dat deze zal toenemen. Vijf bedrijven hadden geen antwoord op deze vraag gegeven en twee bedrijven wisten het nog niet zeker. Echter, er hadden geen bedrijven 'nee' op deze vraag beantwoord. De verwachtingen zijn dan ook hoog bij de bedrijven. *"Het zal zeker stijgen, het is de toekomst"*, aldus Raimo van der Klein, Amsterdam Makers .

Verwachte stijging omzet komende 5 jaar gerelateerd aan 'Digitaal Maken'



Figuur 9: verwachte stijging omzet komende vijf jaar.

Deze positieve cijfers en optimistische verwachtingen correleren met de groei die de gehele 3D-printindustrie wereldwijd meemaakt. Deze groei was gemiddeld 25.4 % over de afgelopen 25 jaar. In 2008 was er een krimp, maar over 2011 en 2012 stegen de inkomsten van de industrie zelfs met gemiddeld 29%.

In Nederland bevinden zich geen producenten van industriële (>5000 dollar) 3D-printers. Wel een aantal jonge bedrijven die 'thuis-3D-printers' ontwikkelen en vermarkten, en een groot aantal service bureaus. Juist deze twee sectoren groeien erg hard binnen 3D-printen. De groei van de thuisprinters koelde weliswaar flink af in 2012, maar was nog steeds 46.3%

De services sector binnen 3D-printen groeide wereldwijd met 36.6 % in 2012, en ook in 2011 en 2010 groeide deze sector gemiddeld 28% (WohlersAssociates, 2013).

Procenten	Aantal bedrijven
8%	1
10%	2
15%	2
20%	3
50%	1
75%	1
80%	1
100%	4
150%	1
200%	5
300%	2
500%	3
1000%	3
2500%	1
100000% - 500000%	1
ja	12
nog onduidelijk	2
Geen respons	5

KWALITATIEF ONDERZOEK

Het kwalitatieve gedeelte zal bestaan uit semi-gestructureerde interviews. In die interviews zullen we de respondenten de vragenlijst voorleggen en daarnaast wordt er getracht antwoord te krijgen op de volgende vragen:

1. *Hoe ziet het netwerk rondom 3D-printen eruit?*

- Wat zijn de relaties tussen bedrijven die actief zijn in deze industrie?
- Wat zijn de relaties tussen branches?

2. *Zijn er best practices uit ontwikkelingen in andere gebieden en wordt 3D-printen gestimuleerd door de overheid?*

3. *Waar liggen knelpunten en kansen voor de groei van de 3D-printindustrie?*

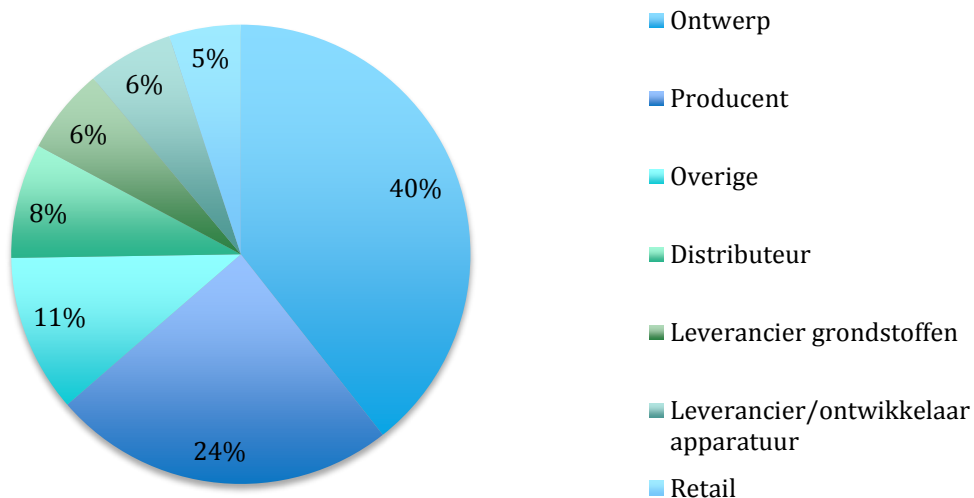
De interviews worden gehouden onder 15 respondenten. De vragen zijn semi-gestructureerd en zullen worden opgenomen en vervolgens uitgetypt worden. Daarna worden de interviews axiaal gecodeerd.

Na de voltooiing van het codeerwerk ontstaat er structuur in de verzamelde onderzoeksgegevens. Daarna wordt er overgegaan tot het beschrijven en interpreteren van de data en het zoeken naar regelmatigheden, ofwel overeenkomsten en verschillen, tussen de vijftien interviews die mogelijk antwoord zullen geven op de vragen. De belangrijke categorieën zijn elk afzonderlijk beschreven in de fase van het axiaal coderen. Via observatie verzamelde data kunnen immers met behulp van coderingsrichtlijnen in numerieke codes worden omgezet welke vervolgens statistisch zouden kunnen worden geanalyseerd. Ook via axiaal coderen verkregen waarden van variabelen kunnen in principe in numerieke codes worden omgezet en vervolgens statistisch geanalyseerd.

2.4 HET NETWERK VAN 'DIGITAAL MAKEN' IN KAART

Bij het netwerk van 'digitaal maken' komen vele soorten bedrijven met elkaar in aanraking. Zo heb je grondstoffen nodig, waarmee ontwerpers of fabrikanten een ontwerp kunnen maken. Voor een 3D-machine heb je leveranciers en ontwikkelaars nodig. Door middel van een overzicht zullen de belangrijkste 'takken' in het proces van 'digitaal maken' in kaart gebracht en onderverdeeld worden (Tabel 5). Opmerkelijk was, dat weinig respondenten ons doorverwezen naar andere actoren in de 3D-printindustrie. De 'thuis-print-markt' bouwt meer een community om zich heen. In de 'professionele markt' werken de verschillende actoren in mindere mate samen. Er is wel behoefte aan kennisuitwisseling omtrent 3D printen.

Activiteiten bedrijven



Indeling bedrijven	Aantal bedrijven	Percentage
Leverancier	9	6
Ontwerp	54	40
Producent	34	24
Leverancier/ontwikkelaar apparatuur	9	6
Distributeur	11	8
Retail	7	5
Overige	16	11

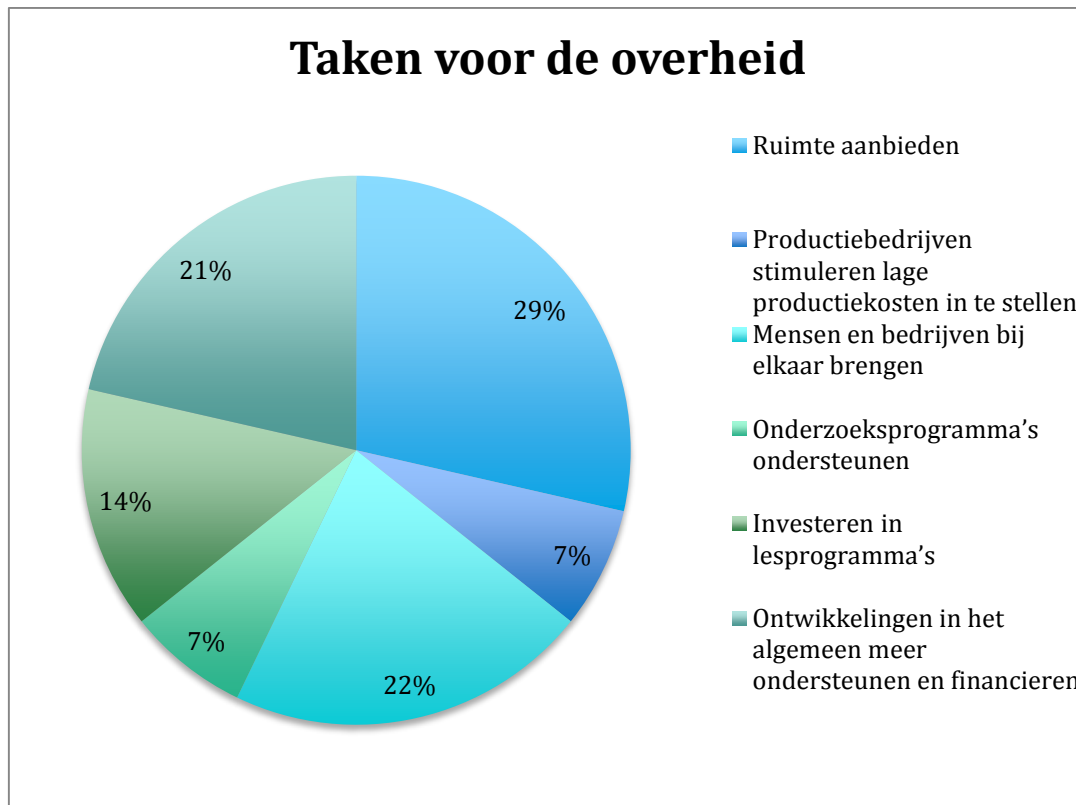
*Bedrijven kunnen in meerdere categorieën zijn ingedeeld.

Tabel 5: Indeling bedrijven

2.5. ZIJN ER BEST PRACTICES UIT ONTWIKKELINGEN IN ANDERE “MAKERSSTEDEN” EN WORDT DE MAKERSBEWEGING GESTIMULEERD DOOR DE OVERHEID?

De respondenten wisten weinig voorbeelden te geven van best practices uit ontwikkelingen in andere ‘makerssteden’. In hoofdstuk 2.3 is al eerder ingegaan op hoe 3D printen in verschillende steden gestimuleerd wordt door de universiteit. Bij onze buurlanden wordt vooral geïnvesteerd in onderzoek naar bepaalde aspecten van 3D printen.

Opvallend is dat veel organisaties aangeven dat de overheid meer ruimte beschikbaar dient te stellen voor 3D-printen (Figuur 10), en dat ontwikkelingen binnen de 3D-printwereld meer ondersteund moeten worden door de overheid.



Figuur 10: taken voor de overheid

2.6 HOE ZIET HET NETWERK VAN DE 3D-PRINTINDUSTRIE ER UIT?

Uit de diepte-interviews gehouden voor het onderzoek blijkt een zeer versnipperd netwerk. De respondenten geven aan niet onderdeel te zijn van een netwerk van 3D-printbedrijven. Er is geen branchevereniging, maar daar is wel behoefte aan.

Ontwerpers en creatieve bureaus maken veel gebruik van de services van Shapeways en Materialise

Communities. Daarnaast hebben Shapeways en Ultimaker rondom hun service en producten grote communities met consumenten, ondernemers en creatieven.

2.6.1 WAT ZIJN DE KNELPUNTEN

28% van de respondenten stelt hogere eisen aan de techniek (Figuur 11). Er is vraag naar goedkopere printers van hogere kwaliteit en ook naar stabielere printprocessen en lagere productiekosten bij industriële printers.

Gezien de technische ontwikkelingen, de vele investeringen in onderzoek, en de competitieve markt is de verwachting dat deze technische knelpunten steeds meer verholpen worden.

Gebrek aan kennis is een opvallend vaak genoemd knelpunt. Dit gebrek aan kennis zit op meerdere vlakken. Ten eerste is er bij het grote publiek weinig kennis over de mogelijkheden van 3D-printen. Door de grote media aandacht heeft bijna iedereen er wel eens van gehoord, maar is er zeer weinig begrip van de daadwerkelijke mogelijkheden en limitaties van de technologie. Bijvoorbeeld over mogelijkheden en limitaties van formaten, snelheden, materialen en kosten van te printen objecten.

Daarnaast is voor veel mensen de stap van idee naar object nog een groot vraagteken. Hoe je van een idee een printbaar kan bestand creëren is alleen bij insiders bekend. Maar ook de mogelijkheid om bestaande ontwerpen te downloaden en te laten printen bij services zoals Shapeways is nog maar bij een klein publiek door gedrongen.

De activiteiten van de vele Nederlandse fablabs (Nederland heeft de grootste dichtheid fablabs per inwoner), en van platforms als Ground3d en het 3D-print café dragen er aan bij dat de kennis van het publiek langzaam stijgt.

Behalve gebrek aan kennis bij een breed publiek heeft de industrie last van gebrek aan beschikbaar personeel met kennis. Dit gaat om kennis op het vlak van het ontwikkelen van de machines zelf, maar ook het ontwikkelen van de software waarmee machines worden aangestuurd, of software waarmee 3D-modellen gecreëerd kunnen worden.

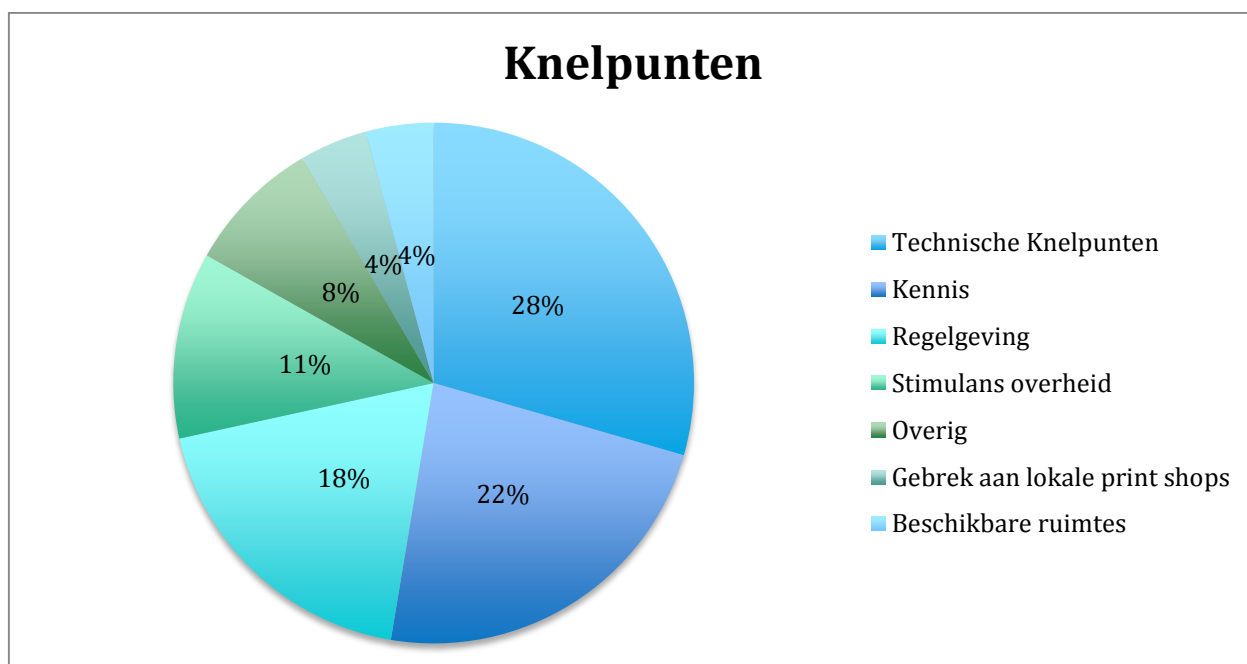
Ook is er een relatief klein aantal mensen wat hoogwaardige 3D-computermodellen kan ontwikkelen.

Op al deze vlakken neemt de vraag naar mensen met vaardigheden toe.

Uit onderzoek blijkt dat studenten die tijdens hun opleiding in aanraking zijn gekomen met 3D-printen als eerste de technologie bij hun werkgevers binnen brengen. Het onderdeel maken van 3D-printen kan dus een multiplier zijn in de adoptie van 3D-printen door het bedrijfsleven.

De drempel om met 3D-printen te werken hoeft daarbij niet groot te zijn. In Geldermalsen bouwden basisschoolklassen al 2 keer een Ultimaker, de open source 'thuisprinter' van het gelijknamige bedrijf uit Geldermalsen.

Vanuit de creatieve industrie is er grote vraag naar betaalbare woonruimte. De Amsterdamse huurmarkt is dé grote bottleneck voor jonge creatievelingen om naar Amsterdam te trekken. Een klein aantal respondenten van het onderzoek geeft aan dat er nog steeds behoefte is aan goedkope werkruimte.



Figuur 11: de knelpunten

2.6.2 WAT ZIJN DE KANSEN?

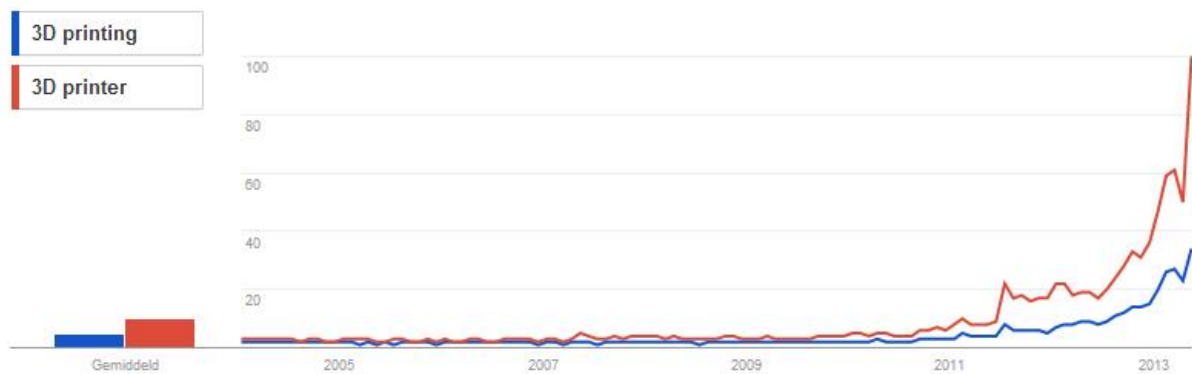
De groei van de 3D-printindustrie biedt kansen voor de Metropool Regio Amsterdam. 32% van de respondenten bevinden zich in de MRA. Dit zijn opmerkelijk veel bedrijven die vallen onder de creatieve industrie zoals ontwerpers, kunstenaars en sieradenmakers.

Rogier van der Heide, Chief Design Officer en Vice President van Philips Lighting: *“De 3D-printhype lift mee op de hype van ‘het maken’: men wil zelf weer dingen maken. Kijk maar eens naar mensen die zelf fotograaf worden en knutselen met applicaties. Het is wel opmerkelijk dat indien men zelf gaat ‘maken’, de drempel niet te hoog moet zijn. Als het te moeilijk en te ingewikkeld wordt, haken mensen af.”*

Uit de daling van de groei in de verkoop van ‘thuisprinters’ lijkt te blijken dat deze printers wel ‘early adopters’ aanspreken, maar nog niet een groter publiek. Ook bleek eerder in het onderzoek dat er bij veel mensen nog grote onbekendheid is met zowel de technologie als met het proces om tot eindproducten te komen. Tegelijk bestaat er wel grote belangstelling, dit blijkt uit het succes van publieksevenementen, zoals recente exposities over 3D-printen, de grote media-aandacht, en cijfers van gebruikte zoekwoorden in Google (2013, Figuur 11).

Interesse in de loop der tijd

Het getal 100 komt overeen met de grootste zoekinteresse



Figuur 12: Zoekopdrachten in Google (bron: Google Trends)

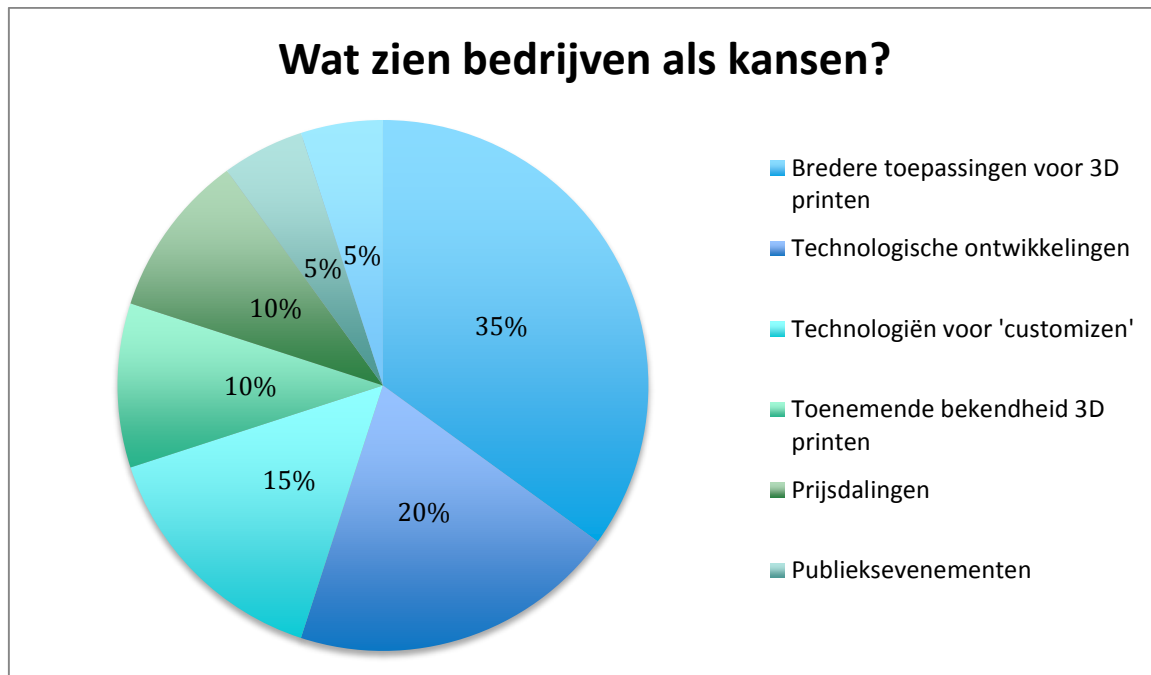
Zoals gezegd verlaagt 3D-printen de drempel tot product ontwikkeling en productieproces.

Er liggen dus kansen om een cultuur van kleinschalige, gedistribueerde productontwikkeling en productie te creëren. Hiertoe moet de drempel om met 3D-printen in aanraking te komen en het te gebruiken verlaagd worden. Een van de voorgestelde oplossingen is het creëren van laagdrempelige 3D-printwerkplaatsen. Hier zou kennis gemaakt kunnen worden met de technologie en de technologie voor het eerst gebruikt kunnen worden.

In Amsterdam bevindt zich op dit moment één FabLab waar men een 3D-printer kan gebruiken. Volgens het concept van de bedenker van FabLabs, Neil Gershenfeld, kan er één Fablab per 100.000 inwoners zijn. Dit gaat dan om grote FabLabs, volledig ingericht volgens het 'a place to make everything'-concept. Kleinschaligere, meer gespecialiseerde makerspaces zouden een nog grotere dichtheid kunnen hebben.

Volgens McKinsey (2013) is een groot deel van de potentiële waarde voor consumenten en ondernemers afhankelijk van het ontstaan van een 'ecosysteem' dat gebruikers ondersteunt.

Toegang tot 3D-printen kan sommige productiesectoren competitiever maken. Voor sommige industrieën is snelle innovatie belangrijker is dan absolute kosten. De combinatie van 3D-printen en geavanceerde robotica kan er dan voor zorgen dat de nabijheid van de eindmarkt en toegang tot hoogopgeleide werknemers belangrijker is dan uurloontarieven wat betreft vestigingslocatie voor de productie.



Figuur 12, de kansen

3 CONCLUSIE

Overduidelijk maakt 3D-printen een grote impact op onze industrie en op onze samenleving. De groei van de industrie blijft doorzetten. De snelle technologische ontwikkelingen, en de mogelijke kruisbestuiving met ontwikkelingen op andere vlakken, zoals geavanceerde materialen, maakt dat er verrassende en innovatieve toepassingen te verwachten zijn.

Naast de economische waarde van de technologie kan 3D-printen in specifieke gevallen duurzame oplossingen bieden. De grootste toegevoegde waarde van 3D-printen is echter te vinden in het generatieve karakter; de mogelijkheden en macht om te ontwikkelen en te produceren worden gedistribueerd en toegankelijk.

Juist in steden met een grote creatieve klasse kan dit generatieve karakter tot bloei komen en zorgen voor vele nieuwe bedrijven en voor consumenten surplus (meer en aantrekkelijkere keuzes voor consumenten). Om het volledige potentieel hiervan te benutten is het van groot belang dat er ook voldoende mensen met benodigde kennis en vaardigheden aanwezig zijn, met name op technisch vlak van zowel software als hardware.

Bij het grote publiek is nog weinig begrip van de techniek en haar mogelijkheden. Een snellere adoptie door een breed publiek ten opzichte van andere steden zou Amsterdam een voorsprong kunnen bieden. Er liggen hier dus kansen om door middel van publieksevenementen en het toegankelijk maken van de technologie met bijvoorbeeld 3D-printlabs, de kennis en adoptie van 3D-printen lokaal te vergroten. Dit zou als neveneffect positieve invloed hebben op het imago van Amsterdam als 'maker-' of creatieve stad.

Het is interessant, dat er rondom 3D-printen nog geen gevestigde gebieden zijn ontstaan met een ecosysteem, en ook geen reputatie en aantrekkingskracht zoals Silicon Valley dat voor de software wereld heeft. Ook hier ligt er dus de mogelijkheid een unieke positie in te nemen, en daar zijn een aantal goede ingrediënten voor aanwezig: er is een grote creatieve industrie en er is een levendige en

relatief grote software community. Er zijn ook onderzoekscentra als de Technische Universiteiten van Eindhoven en Delft, en TNO binnen een uur van Amsterdam. Nederland heeft een grote dichtheid aan FabLabs.

Of een succesvol ecosysteem kan ontstaan, is van veel factoren en zelfs toevalligheden afhankelijk. Maar Amsterdam kan wel de juiste voedingsbodem creëren.

In Duitsland en vooral België is zichtbaar wat spinoffs van hoogwaardig onderzoek naar 3D-printen kunnen bereiken. De aanwezigheid van grote spelers in België en Duitsland maakt dat enkele respondenten aangeven dat het een voordeel is om in het zuiden van Nederland gevestigd te zijn.

Mocht de metropoolregio willen investeren in onderzoek naar 3D-printen, dan is het van belang te specialiseren, zeker met zulke sterke en vergevorderde instituten vlakbij in België en Duitslands. Een van de gebieden waar vooruitgang in geboekt kan worden, is software. De software voor modelleren en customizen van 3D-modellen, en software voor het aansturen van de printers kan nog sterk verbeterd worden, terwijl bestaande onderzoeken zich voornamelijk focussen op de fysieke kanten van de technologie.

3D-printen staat niet los van andere ontwikkelingen. Mocht de Metropool Regio Amsterdam zich willen profileren op het gebied van 3D-printen dan is van belang dat ook aanverwante technologieën en ontwikkelingen in ogenschouw worden genomen. 3D-printen is onderdeel van een groep computergestuurde technologieën die onder 'Digitaal produceren' vallen, en waarvan de technologie de afgelopen jaren sterk goedkoper en toegankelijk is geworden. 3D-printen is hiervan de eyecatcher, maar verder gevorderde makers zullen ook zeker op andere digitale productietechnieken als lasersnijden en CNC frezen teruggrijpen. 3D-scanning maakt ook een grote vlucht door, en volgt op dit moment zelfs Moore's law: de technologie wordt exponentieel beter en goedkoper.

McKinsey (2013) noemt 3D-printen onderdeel van de 12 'disruptive technologies' voor 2025, en stelt dat deze technologieën elkaar kunnen kruisbestuiven en versnellen. Hierbij onder andere: mobiel internet, automatisering van kenniswerk, Internet of Things (sensor netwerken), Cloud technologie, geavanceerde robotica, geavanceerde materialen en schone energie.

Ontwikkelingen in geavanceerde robotica en materialen kunnen bijvoorbeeld een zeer direct effect hebben op de mogelijkheden van 3D-printen. Snel mobiel internet en Cloud computing kunnen de online platformen, tools en ecosystemen rondom 3D-printen voeden. Mocht Amsterdam voorlopen op deze gebieden, dan kan dat zeer positief zijn voor de positie op het gebied van 3D-printen.

AANBEVELINGEN

- 1) De gemeente Amsterdam moet een strategie op het gebied van 3D-printen ontwikkelen.
- 2) De gemeente Amsterdam zou een makerscluster kunnen ontwikkelen.
- 3) De gemeente zou het gebruik van 3D-printers in het onderwijs moeten stimuleren, en aansturen op meer onderwijs in vaardigheden gerelateerd aan 3D-printen.
- 4) De gemeente Amsterdam zou onderzoek op het gebied van 3D-printen kunnen stimuleren, en zich differentiëren qua onderzoek van bestaande onderzoekscentra in Nederland en buurlanden.
- 5) De gemeente zou kennis en adoptie van 3D-printen door haar inwoners kunnen stimuleren door het ondersteunen van publieksevenementen.
- 6) Amsterdam dient samenwerking met ministeries te intensiveren; Onderwijs Cultuur en Wetenschap en Economische Zaken Vervolgonderzoek.
- 7) Het beleid van de gemeente dient aangesloten te zijn bij de ambities van B.V. Nederland en de Europese Commissie.
- 8) Binnen de gemeente dient kennis ter beschikking te zijn (een aantal ambtenaren vrij in te schakelen om van de snelle ontwikkelingen van deze nieuwe creatieve bedrijfstak optimaal te profiteren).
- 9) Kunstenaars en mensen uit de creatieve industrie zijn vaak voorlopers en dienen gestimuleerd te worden door middel van bijvoorbeeld huisvesting, communicatie en kennisuitwisseling.
- 10) Amsterdam moet hubs stimuleren, waar mensen op een laagdrempelige wijze zelf aan de slag kunnen gaan met 3D-printen.
- 11) Amsterdam kan op het gebied van regelgeving rondom 3D-printen enkele richtlijnen geven, maar geen regels opleggen.
- 12) Het is van belang om samen te werken met brancheorganisaties en platforms, zoals Ground3d, om te weten wat er in de 3D-printmarkt gaande is. Voor de gemeente Amsterdam is het van groot belang om partnerships te ontwikkelen met de overheid, EZ, OC en W en bedrijfsleven om de nieuwe partnerships te ontwikkelen en deze vernieuwede industrie optimaal te laten bloeien. Ground3d kan een rol spelen om die diverse partnerships optimaal te ontwikkelen.
- 13) De 3D industrie zal in de toekomst ongetwijfeld in het topsectorenbeleid van de overheid worden meegenomen en daarom zal dit ook de relatie tussen de gemeente, een aantal ministeries en de Europese commissie kunnen verstevigen.

DANKWOORD

Alle respondenten bedanken we voor deelname aan het onderzoek. Bas Beekman heeft geholpen bij het opstellen van de onderzoeksvragen en heeft het onderzoek in de juiste richting weten te brengen. Daarnaast hebben Judith van Dellen, Jannes Hak, Anush Martirosian, Richard Hulskes, Alewijn Medendorp en Ralph van Hessen bijgedragen aan het onderzoek.

LITERATUUR

Arduino (2013). Gedownload op 11-5-2013 van: <http://www.arduino.cc>

Bureau Onderzoek en Statistiek (2013). Gedownload op 11-5-2013

van: <http://www.os.amsterdam.nl/tabel/6759>

Metropoolregio Amsterdam (z.j.) gedownload op 10-5-2013 van
<http://www.metropoolregioamsterdam.nl/over-mra>

WohlersAssociate (2013), *Wholers Report2013, Additive Manufacturing and 3D printing state of the industry, annual worldwide progress report.*

Industriepoort (2012). *Toespraak Marja van Bijsterveldt*. Gedownload op 10-05-2013 van:
<http://www.industriepoort.nl/wp-content/uploads/2011/01/20120328-Toespraak-minister-Marja-van-Bijsterveldt.pdf>

Gartner (2012). *Gartner over de Gartner Hype Cycle in Forbes*. Gedownload op 10-6-2013 van :
<http://www.forbes.com/sites/gartnergroup/2012/09/18/key-trends-to-watch-in-gartner-2012-emerging-technologies-hype-cycle-2/3/>

McKinsey Global Institute (2013), *Disruptive Technologies: Advances that will transform life, business and the global economy.*

ABN AMRO (2013), *Visie op Industrie, sectorupdate 2013*