



3D-PRINTING ONTKETENT EEN REVOLUTIE

Richard D'Aveni

3D-PRINTING

De meeste topmanagers en veel technici realiseren het zich niet, maar industriële 3D-printing is nu snel de kinderschoenen aan het ontgroeien. De technologie heeft het stadium van prototypes, haastig ontwikkelde productieapparatuur, hebbedingetjes en speelgoed al achter zich gelaten en staat op het punt de markt te veroveren. Met 'additieve fabricage' worden al degelijke en veilige producten gemaakt die in middelgrote tot grote hoeveelheden worden verkocht aan echte afnemers. Deze ontwikkeling zal fundamentele veranderingen teweegbrengen in bedrijfsvoering en strategie.

De uitkomsten van een enquête in 2014 van PwC onder ruim honderd ondernemingen in de maakindustrie laten zien dat de revolutie er echt aan zit te komen. Toen de vragenlijst werd rondgestuurd, gebruikte elf procent van die bedrijven al 3D-printing om onderdelen of eindproducten in serie te maken. Volgens analisten van Gartner kan een technologie 'ingeburgerd' ('mainstream') worden genoemd wanneer twintig procent van de bedrijven er gebruik van maakt.

Allerlei ondernemingen schakelen nu over op 3D-printing om hun productie op te voeren: GE (vliegtuigmotoren, medische en huishoudelijke apparatuur), Lockheed Martin en Boeing (luchtvaart, defensie), Aurora Flight Sciences (onbemande vliegtuigstoelen), Invisalign (tandheelkundige apparaten), Google (consumentenelektronica) en het Nederlandse bedrijf LUXeXcel (lenzen voor lichtafgevend diodes, of LED's). Naar aanleiding van deze ontwikkelingen merkte McKinsey recentelijk op dat 3D-printing 'op het punt staat om de status van niche-technologie achter zich te laten; dit wordt voor steeds meer toepassingen een reëel alternatief voor het traditionele productieproces'. In 2014 vertegenwoordigde de verkoop van industriële 3D-printers in de VS al een derde van het totale afzetvolume van de automatisering- en robotapparatuur die dat jaar werd verkocht. Volgens som-

mige schattingen zal dat aandeel tegen 2020 zijn gestegen tot 42 procent.

Naarmate het scala van printbare materialen toeneemt, zullen meer ondernemingen volgen. Behalve basiskunststoffen en fotogevoelige harsen lenen zich inmiddels ook al keramiek, cement, glas, allerlei metalen en legeringen voor 3D-printing, evenals nieuwe thermoplastische composieten met nanobuisjes en vezels van koolstof. Partijen die nog niet werken met 3D-printing zullen uiteindelijk overtuigd raken door de superieure bedrijfseconomische resultaten die ermee worden behaald. De directe productiekosten met deze nieuwe methoden en materialen liggen vaak hoger. Maar door de grotere flexibiliteit die additieve fabricage biedt, vallen de totale kosten aanzienlijk lager uit.

Nu deze revolutionaire verandering zich aan het voltrekken is, moeten managers zich strategische vragen stellen op drie niveaus:

Allereerst staan leveranciers van tastbare producten voor de vraag hoe hun aanbod kan worden verbeterd – door henzelf of door de concurrentie. Laagje voor laagje een object opbouwen, volgens een digitale 'blauwdruk' die naar een printer is gestuurd, biedt niet alleen eindeloos veel mogelijkheden voor maatwerk maar ook voor veel complexere ontwerpen.

Ten tweede moeten industriële ondernemingen hun operationele bedrijfsvoering opnieuw gaan bekijken. Met additieve fabricage ontstaan allerlei nieuwe mogelijkheden voor de wijze, de plaats en het tijdstip waarop producten en onderdelen worden gemaakt. Hoe ziet dan het optimale ketennetwerk eruit? Wat is de beste combinatie van oude en nieuwe processen?

Ten derde moet het management kijken naar de strategische consequenties zodra er door de nieuwe realiteiten van 3D-printing complete commerciële ecosystemen ontstaan. Er is nogal wat ophef geweest over de mogelijkheid dat grote delen van de maakindustrie versplinteren tot onnoemelijk veel kleine 'fabrikanten'. Die visie overschaduwde echter een veel waarschijnlijker en belangrijker ontwikkeling: er zullen digitale platforms moeten komen om het werk van ontwerpers, producenten en vervoerders aan elkaar te koppelen. Om te beginnen zullen die platforms het hele proces van ontwerpen tot spuiten en het uitwisselen en snel downloaden van ontwerpen mogelijk maken. Al gauw zullen ze echter ook de aansturing verzorgen van allerlei benodigde functies, zoals de operationele bedrijfsvoering van printers, kwaliteitscontrole, actuele optimalisering van netwerken van printers, en uitwisseling van printercapaciteit. Voor de succesvolste platformaanbieders is een enorme winst weggelegd als ze algemene technische normen invoeren en complexe ecosystemen een omgeving bieden waar de reacties op de vraag uit de markt kunnen worden gecoördineerd. Voor iedere onderneming zal de opkomst van deze platforms consequenties hebben. Zowel gevestigde ondernemingen als starters zullen uit alle macht proberen om een deel te veroveren van de kolossale waarde die met de nieuwe technologie van 3D-printing zal worden gegenereerd.

Hier ligt, al met al, veel voor strategische overwegingen. En dan is er nog de vraag hoe snel deze ontwikkeling zich zal voltrekken. Er zijn bedrijven die het antwoord al weten: de Amerikaanse hoorapparatenindustrie is volgens een CEO uit de sector binnen vijfhonderd dagen volledig (!) overgestapt op additieve fabricage. Niet één van de bedrijven die vasthielden aan de traditionele productietechniek heeft het overleefd. Managers staan

nu voor de keuze. Is het verstandiger om te wachten met investeren totdat deze technologie, die zich zo razendsnel ontwikkelt, volwassener is geworden? Of is wachten te riskant? De beslissing zal van geval tot geval verschillen. Voor iedereen geldt echter dat het nu tijd is om na te denken over de strategie.

DE VOORDELEN VAN ADDITIEVE FABRICAGE

Het kan moeilijk zijn om zich voor te stellen dat 3D-printing werkelijk de nieuwe norm voor grootschalige serieproductie zou kunnen worden. Met het traditionele spuitgieten, bijvoorbeeld, kunnen immers duizenden objecten per uur worden gemaakt. De her en der in hobbyzaken opgestelde 3D-printers werken intussen alleen maar op de lachspieren terwijl ze tergend traag laagje na laagje aanbrengen. Voor industriële toepassingen is het echter een heel ander verhaal, want de technologische ontwikkeling staat niet stil.

Laten we niet vergeten waarom er met de gebruikelijke productietechniek zo ongelooflijk snel kan worden gefabriceerd: omdat de betreffende producenten zwaar hebben geïnvesteerd in de benodigde productieapparatuur en bijbehorende uitrusting. De kosten voor het allereerste artikel zijn torenhoog, maar vervolgens dalen de marginale kosten per eenheid product scherp.

Aan die schaalvoordelen kan additieve fabricage in de verste verte niet tippen. Tegelijkertijd heeft 3D-printing ook niet het nadeel van de starheid die zo kenmerkend is voor de gebruikelijke productietechniek. Elk voorwerp wordt apart gemaakt en kan dus gemakkelijk worden aangepast aan individuele behoeften of, in grotere aantallen, aan technische verbeteringen of modieuze aanpassingen van het ontwerp. Bovendien is de productie-opstelling veel gemakkelijker geregeld; het proces daartoe bestaat uit veel minder stadia. Daarom is 3D-printing ook zo waardevol voor het maken van enkele stuks, bijvoorbeeld prototypen en vervangingsonderdelen waar weinig vraag naar is. Additieve fabricage leent zich echter ook steeds meer voor grotere aantallen. Afnemers kunnen kiezen uit eindeloze combinaties van

MET 3D-PRINTING
KUNNEN SUPERIEURE
BEDRIJFSECONOMISCHE
RESULTATEN WORDEN
BEHAALD

vormen, maten en kleuren, en de fabrikant kan dergelijk maatwerk op grote schaal leveren tegen nauwelijks hogere kosten per eenheid.

Een groot voordeel van 3D-printing is dat onderdelen die voorheen apart werden gegoten en vervolgens werden geassembleerd nu in één keer als één integraal product worden samengesteld. Een zonnebril is een eenvoudig voorbeeld daarvan. Met de 3D-productietechniek kunnen de porositeit en samenstelling van de kunststof voor de verschillende delen van het montuur naar believen worden afgestemd – de oortips zacht en flexibel, de voorkant voor de lenzen hard en stevig, en dit alles zonder enige assemblage.

De 3D-printingstechniek maakt ook ontwerpen met complexere architecturen mogelijk, zoals honingraatstructuren met stalen panelen of vormen die voorheen te lastig waren om fabrieksmatig te maken. Complexe mechanische onderdelen – een versnellingsbak bijvoorbeeld – kunnen zonder assemblage worden gemaakt. Met de additieve-productietechniek kunnen onderdelen worden gecombineerd en kan een veel gedetailleerder binnenwerk worden gemaakt. Daarom is GE Aviation 3D-printing gaan toepassen voor de productie van de brandstofmondstukken voor bepaalde vliegtuigmotoren. Het bedrijf verwacht er jaarlijks meer dan 45.000 stuks volgens één specifiek ontwerp te maken. Bij zulke aantallen lijkt de gebruikelijke productiemethode geschikter. Maar dat mondstuk bestond voorheen uit twintig apart gegoten onderdelen die vervolgens moesten worden geassembleerd. Met 3D-printing kan hetzelfde onderdeel in één keer integraal worden gemaakt. Volgens GE wordt op deze manier een besparing op de productiekosten voor dit onderdeel gerealiseerd van maar liefst 75 procent.

Bij additieve fabricage kunnen met een aantal printers ook verschillende materialen tegelijkertijd worden aangebracht. Optomec en andere ondernemingen ontwikkelen geleidende materialen en methoden om kleine batterijen en elektronische schakelingen direct in of op consumentenelektronica te spuiten. Andere toepassingen zijn medische apparatuur, vervoermiddelen, onderdelen in de luchtvaart, meetapparatuur, telecommunicatie-infrastructuur en vele andere 'slimme' dingen.

Juist omdat het zulke grote voordelen heeft om minder onderdelen te hoeven assembleren, neemt de ontwikkeling van de productieapparatuur voor additief produceren (3D-

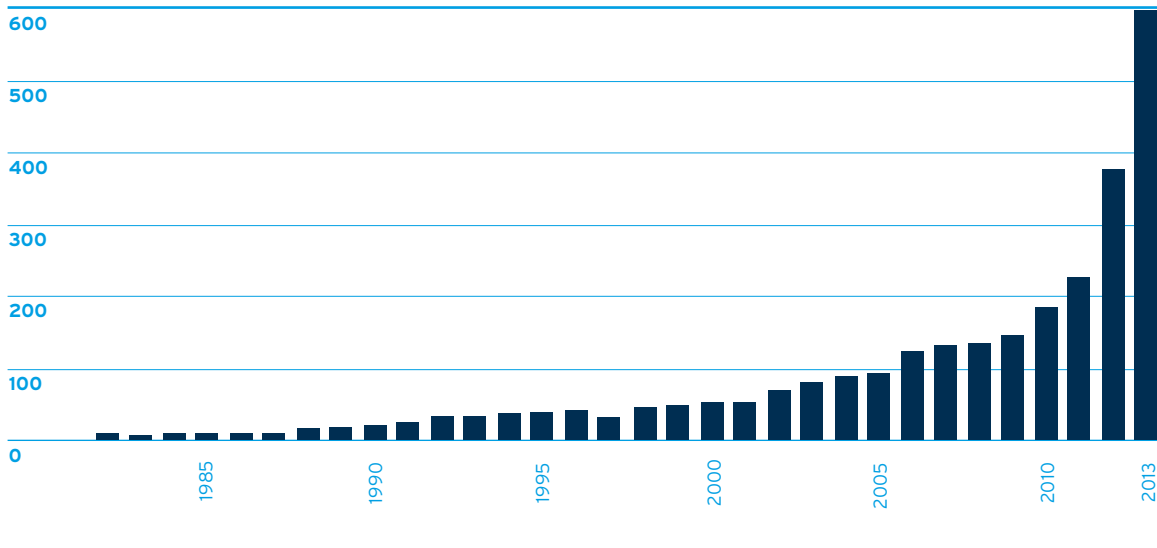
printing) een enorme vlucht. In de absolute voorhoede van dit moment ontwikkelen het Amerikaanse ministerie van Defensie, Lockheed Martin, Cincinnati Tool Steel en Oak Ridge National Laboratory samen een 3D-printingcapaciteit voor het merendeel van de endo- en exoskeletten van straaljagers, waaronder de romp, de vleugels, de interne schotten, ingelegde bedrading en antennes en over afzienbare tijd ook de draagconstructie voor de lading. Voor additieve fabricage van grote oppervlakten worden grote stellages gebruikt waarin de printers met behulp van computersturing naar de juiste plek worden gemanoeuvreerd. Zodra dit proces het formele groene licht krijgt, wordt de assemblage beperkt tot de installatie van complete en meteen werkbare ('plug and play') modules aan elektronica voor navigatie, communicatie, bewapening en elektronische afweersystemen. Die kunnen dan in één keer in de holle ruimten worden geplaatst die er tijdens het printen voor zijn uitgespaard. In Irak en Afghanistan gebruikt het Amerikaanse leger drones van Aurora Flight Sciences. Dat bedrijf spuit de complete romp inclusief de vleugels van die onbemande vliegtuigen – met een spanwijdte tot wel 132 voet – in één keer in elkaar.

PATENTEN: HET OMSLAGPUNT

Hoe snel komt de 3D-toekomst op ons af? Om ons daar een beeld van te vormen, moeten we niet in de eerste plaats kijken naar de mate waarin fabrikanten met deze technologie aan de slag gaan. Relevant is vooral hoe snel uitvinders nieuwe toepassingen ontwikkelen. In 2005 werden er wereldwijd slechts tachtig patenten afgegeven voor materialen, software en uitrusting voor additieve fabricage (gecorrigeerd voor overlap van toegekende patenten afgegeven in verschillende landen). In 2013 werden er wereldwijd al ongeveer zeshonderd patenten toegekend.

Welke ondernemingen krijgen die patenten? De twee voorlopers op dit gebied zijn Stratasy en 3D Systems, twee concurrenten die posities in additieve fabricage hebben opgebouwd. Zij hebben 57 respectievelijk 49 niet overlappende patenten. Geheel in lijn met de historische achtergrond van die onderneming heeft ook Xerox zwaar geïnvesteerd in additieve technologie voor de fabricage van elektronica. Xerox heeft

FIGUUR 1. WERELDWIJD AFGEGEVEN PATENTEN OP HET GEBIED VAN ADDITIEVE FABRICAGE



een sterke alliantie opgebouwd met 3D Systems. Ook Panasonic, Hewlett-Packard, 3M en Siemens bezitten tal van patenten.

Opmerkelijk is dat de bedrijven die 3D-printing het meeste toepassen ook de meest actieve innovators zijn. Nummer vier op de lijst, met 35 patenten, is Therics, een producent van medische apparatuur. Deze commerciële bedrijven begrijpen dat zij met additieve fabricage grote concurrentievoordelen kunnen opbouwen.

Ook bedrijven die actief zijn in beide werelden timmeren aan de weg met patenten. GE en IBM zijn belangrijke fabrikanten maar investeren steeds meer in platforms voor de optimalisatie van ketens van andere bedrijven. GE (11 patenten) ontwikkelt het 'industriële internet' (zoals GE het 'internet der dingen' noemt; red.). IBM (19 patenten) heeft een keten op basis van software ('software-defined supply chain') ontwikkeld voor slimme productiesystemen. Beide ondernemingen hebben een goede uitgangspositie om vergelijkbare rollen te vervullen ten aanzien van additieve fabricage. Allebei zijn het ook leerzame voorbeelden van sinds jaar en dag gevestigde bedrijven die buitengewoon veel waarde weten te genereren met een bijzonder disruptieve technologie.

DRIEDIMENSIONALE STRATEGIE

Uit deze beknopte bespreking van additieve fabricage blijkt wel hoe gretig bedrijven zich tot deze technologie bekennen. De extra besparingen op voorraden, transport en facilitaire kosten versterken het pleidooi ervoor alleen maar meer. De duidelijke consequentie is dat bij allerlei ondernemingen het management zich terdege zal moeten verdiepen in de vraag hoe men zich moet aanpassen op de drie genoemde strategische niveaus.

Het aanbod - herontworpen

De productstrategie geeft het antwoord op de meest fundamentele vraag die een onderneming zich maar kan stellen: wat verkopen we? Bedrijven zullen zich moeten afvragen hoe zij hun klanten in het tijdperk van additieve fabricage beter kunnen bedienen. Welke ontwerpen en productkenmerken worden nu voor het eerst mogelijk? Welke productkenmerken kunnen worden verbeterd doordat beperkingen of vertragingen in de levering wegvallen?

In de luchtvaart- en automobiellindustrie, bijvoorbeeld, zal 3D-printing het meest worden toegepast om prestatiewinst te boeken. Voorheen kon de brandstofefficiëntie van jachtvliegtuigen en voertuigen worden ver-

beterd door ze lichter te maken. Maar daardoor werd de structuur ook minder solide. Met de nieuwe technologie kunnen producenten een onderdeel uithollen, om het lichter en brandstofzuiniger te maken, en er structuren in opnemen voor een grotere treksterkte, langere levensduur en bestendigheid. Ook kunnen nieuwe hitte- en chemiebestendige materialen naar behoefte op uiteenlopende plekken in een product worden toegepast.

In andere branches zal de toepassing van additieve fabricage bij meer op maat gemaakte en zich snel ontwikkelende producten gevolgen hebben voor de manier waarop het aanbod in de markt wordt gezet. Tot nu toe spraken we ten aanzien van producten steeds van 'generaties'. Iedere nieuwe productlancering was een waar evenement. Is dat straks allemaal verleden tijd als artikelen voortdurend verder worden verbeterd in achtereenvolgende spuitronden – en niet langer sprongsgewijs met lange tussenperiodes vanwege de kostbare productieapparatuur en instellingstijden van de traditionele productiemethoden? In de toekomst zal kunstmatige intelligentie in de cloud het vermoedelijk mogelijk maken om met additieve fabricage producten ad hoc aan te passen of toe te voegen, zonder dat de productieapparatuur ervoor hoeft te worden aangepast. Dan kan de productstrategie (bijvoorbeeld de productmix, of het ontwerp) naar believen worden aangepast. Welke nieuwe voordelen moet het merk bij een dergelijk snel aanpassingsvermogen in essentie uitdragen? En hoe kan Marketing voorkomen dat het merk op drift raakt zonder omzet te verliezen?

Operationele bedrijfsvoering – opnieuw geoptimaliseerd

De operationele strategie omvat alle vragen over inkoop, productie, transport en verkoop. De antwoorden op die vragen zullen heel anders gaan uitvallen met additieve fabricage. Een betere operationele efficiëntie is altijd een doel, maar dat kan op allerlei manieren worden bereikt. Vooralsnog maken fabrikanten die 3D-printing overwegen specifieke financiële analyses voor specifieke mogelijkheden om met behulp van 3D-printing te besparen op de directe kosten. Veel grotere winst kan worden behaald wanneer de analyse wordt verbreed tot de totale productiekosten en de overhead.

Hoeveel kan er worden bespaard door assemblagestap-

pen te vermijden? Of door niet langer voorraden te hoeven aanhouden omdat er alleen nog maar op bestelling wordt geproduceerd? Of door op een andere manier te verkopen, bijvoorbeeld direct aan de consument – door deze de mogelijkheid te bieden iedere denkbare configuratie op te geven? In een hybride wereld van oude en nieuwe productiemethoden hebben producenten veel meer keuzemogelijkheden. Ze zullen moeten besluiten voor welke componenten of producten ze voortaan willen overstappen op 3D-printing, en in welke volgorde.

Een ander aandachtspunt is de productielocatie. Hoe dicht moet die zich bij welke klant bevinden? Hoe kan vergaand maatwerk even efficiënt worden geleverd als het wordt gemaakt? Moeten producten centraal in fabrieken worden geprint of gespreid, met printers opgesteld bij distributeurs, detaillisten, in vrachtwagens of misschien zelfs bij de klant op locatie? Of moet misschien worden gekozen voor een combinatie van deze opties? De antwoorden zullen mettertijd veranderen, in reactie op veranderingen in wisselkoersen, arbeidskosten, de efficiëntie van printers en capaciteiten, en de materiaal-, energie- en transportkosten.

Een kortere transportroute voor producten of onderdelen bespaart niet alleen geld maar ook tijd. Wie ooit zijn auto bij een garage heeft moeten laten staan omdat een bepaald onderdeel niet voorradig was, herkent dit. Onder andere BMW en Honda schakelen voor veel gereedschap en auto-onderdelen in hun fabrieken en bij dealers over op additieve fabricage, vooral nu er nieuwe metalen, samengestelde kunststoffen en koolstofmaterialen beschikbaar komen voor toepassingen met 3D-printing. In tal van bedrijfstakken zijn distributeurs hier alert op, want zij willen hun zakelijke klanten laten profiteren van de grotere efficiëntie die 3D-printing kan bieden. UPS, bijvoorbeeld, bouwt voort op zijn bestaande rol als extern logistiek dienstverlener en maakt van zijn magazijnen op luchthavens kleine fabrieken. Het idee is om klanten naar behoefte onderdelen op maat te kunnen leveren, in plaats van enorme voorraden aan te houden op honderden vierkante meters aan opslagruimte. We waren al beland in een tijdperk van 'just in time' voorraadbeheer. Nu zullen we echter pas echt gaan zien wat het betekent om 'JIT' te leveren. Welkom in de wereld van instant-voorraadbeheer.

Sterker nog, als we bedenken welke efficiëntiewinst

vergaand geïntegreerde additieve fabricage te bieden heeft, dan zou het managen van de bedrijfsprocessen wel eens de belangrijkste bedrijfscapaciteit kunnen worden. Sommige ondernemingen die daarin uitmunten, zullen geheel eigen coördinatiesystemen ontwikkelen om hun concurrentievoordeel te beschermen. Andere zullen door grote softwarehuizen ontwikkelde standaardpakketten overnemen en aanpassen.

Ecosystemen - opnieuw samengesteld

Ten slotte is daar de vraag waar en hoe de onderneming zich in de zakelijke omgeving in het algemeen moet voegen. Het management zal het antwoord moeten zien te vinden op belangrijke vragen. Wie zijn wij (als onderneming)? En wat moeten wij in eigen huis hebben om dat te kunnen zijn? Additieve fabricage maakt het mogelijk om printers aan te schaffen die allerlei producten kunnen maken. Overtollige capaciteit kan worden uitgewisseld met andere bedrijven die ook allerlei verschillende dingen kunnen maken. Dan worden dergelijke vragen over de eigen identiteit veel moeilijker te beantwoorden. Tot welke bedrijfstak behoort een onderneming die de ene dag auto-onderdelen, de volgende dag militaire uitrusting en de derde dag speelgoed maakt met zijn printers? Traditionele grenzen vervagen. Het management moet echter een duidelijk beeld hebben van de rol die de onderneming vervult om te kunnen bepalen in welke activa men moet investeren – of welke moeten worden afgestoten.

De organisatie ontwikkelt zich misschien tot iets heel anders dan wat ze ooit was. Wanneer de onderneming zich kan bevrijden van de logistieke eisen van de traditionele productie, zal men opnieuw moeten bekijken hoe belangrijk de eigen bestaande capaciteiten en andere bedrijfsmiddelen zijn, en hoe die de capaciteiten van andere partijen aanvullen of ermee concurreren.

DRIE MANIEREN OM ZICH IN 3D TE BEGEVEN

Een productiebedrijf dat in zijn toekomststrategie een plek inruimt voor 3D-printing, zal moeten uitstippelen hoe dat doel kan worden bereikt. Ondernemingen die daar al aan werken, doen dat stap voor stap, maar op drie verschillende manieren.

Doorsijpelen

Sommige producenten beginnen bij hun hoogwaardige producten omdat ze weten dat hun meest geavanceerde (en prijsgevoelige) klanten de innovatie en flexibiliteit van 3D-printing zullen waarderen. Zoals al zo vaak is gebeurd in het verleden, zal de vernieuwing gaandeweg doorsijpelen naar de lagere segmenten naarmate de technologie zich verder ontwikkelt en betaalbaarder wordt. Autofabrikanten, bijvoorbeeld, ontwikkelen vaak speciaal voor raceauto's in de Formule 1 aparte onderdelen die in enkele stuks worden gemaakt. Vervolgens bedenken ze hoe ze versies daarvan kunnen toepassen in de duurdere luxe en sportwagens. Naarmate de technici vertrouwd raken met de technologie, ontdekken ze mettertijd ook hoe ze er onderdelen voor de auto's voor de massamarkt mee kunnen maken.

Stapsgewijze uitbreiding

Andere pioniers pakken het bescheidener aan. Zij beginnen met een onderdeel van een bepaald product dat het gemakkelijkst kan worden overgezet op additieve fabricage. Ze proberen de kennis van de organisatie dan verder te ontwikkelen door vervolgens ook te bekijken hoe ze een lastiger onderdeel van hetzelfde product ermee kunnen maken. Dit komt veel voor in de luchtvaartindustrie. Voor bijvoorbeeld het jachtvliegtuig F35 worden dan eerst eenvoudige beugels gemaakt met 3D-printing. Vervolgens wordt de technologie toegepast voor interne panelen en schotten. Daarna, wanneer er eenmaal nog meer kennis is opgebouwd, de buitenwand. Inmiddels wordt er geëxperimenteerd met het printen van de draagconstructie.

Veelvoudige toepassing

Een derde aanpak is om onderdelen te selecteren die in allerlei verschillende producten worden gebruikt, en daarmee een basis te leggen voor de 3D-productietechniek. Een verbetering in het ontwerp voor een jager kan bijvoorbeeld ook worden toegepast in drones, raketten of satellieten. Met een dergelijke verbetering in de breedte wordt in de hele onderneming kennis en bewustzijn opgebouwd over de mogelijkheden om met additieve fabricage de prestaties te verbeteren op aspecten als gewicht, energieverbruik en flexibiliteit.

De rode draad hierbij is 'stap voor stap'. In alle drie genoemde benaderingen krijgen de technici fascinerende puzzels op te lossen zonder dat ze hun hele wereld overhoop hoeven te halen met methoden en materialen die nog in ontwikkeling zijn. Op deze manier worden risico en weerstand tegen verandering zoveel mogelijk beperkt. Het hogere management moet bij iedere stap voldoende druk zetten en de organisatie stimuleren om nog meer met de technologie te gaan werken. Daarbij moeten de sceptici in de organisatie de gelegenheid krijgen om uit te leggen waarom 3D-printing niet geschikt zou zijn voor een bepaald onderdeel of proces. Vervolgens moeten diezelfde sceptici worden uitgedaagd om de door hen gesignaleerde obstakels te overwinnen. Traditioneel ingestelde mensen zullen maar wat graag uitleggen wat er allemaal *niet* kan met 3D-printing. Zij mogen niet het zicht benemen op wat er *wel* mogelijk is met deze technologie.

DE PLATFORM-KANS

Eén specifieke positie in het ecosysteem zal de spil van alles en bij uitstek invloedrijk blijken te zijn. De grootste partijen die nu al actief zijn in additieve fabricage blijken dat ook te beseffen. Dat zijn ondernemingen als eBay, IBM, Autodesk, PTC, Materialise, Stratasys en 3D Systems. Allerlei partijen proberen de platforms te ontwikkelen waarop andere ondernemingen zullen gaan bouwen en relaties zullen ontwikkelen. Die partijen weten dat de rol van de platformaanbieder het allergrootste strategische doel is dat zij kunnen nastreven, en deze rol is nog niet echt vergeven.

Platforms zijn een belangrijk fenomeen in de vergaand gedigitaliseerde markten van de eenentwintigste eeuw. Additieve fabricage vormt daarop geen uitzondering. Platformeigenaren in de markt voor 3D-printing zullen grote invloed hebben in de markt omdat de fabricage zelf metertijd vermoedelijk minder belangrijk wordt. Er zijn nu al ondernemingen die 'printerfabrieken' opzetten waar de productie kan worden ondergebracht. Dan wordt het maken van producten op bestelling in wezen ook een massa-activiteit. Zelfs de waardevolle ontwerpen voor de printbare producten zullen bedrijven maar moeilijk voor zich kunnen houden. Die zijn immers louter digitaal en

kunnen gemakkelijk worden uitgewisseld. (Met 3D-scanners kunnen producenten dus ook andermans producten in elkaar te zetten wanneer zij de geometrische ontwerp-informatie ervoor in handen weten te krijgen.)

Via de platforms zal de productie dynamisch worden aangestuurd. De blauwdrukken voor de ontwerpen zullen er worden opgeslagen en voortdurend worden verbeterd. De grondstoffen voor de productie zullen er worden geïnventariseerd en ingekocht. Orders van klanten zullen er binnenkomen. Iedereen in het systeem zal er belang bij hebben om deze platforms te onderhouden. De partij die de teugels in handen heeft van het digitale ecosysteem zit bovenop een berg aan zakelijke transacties en kan waardevolle informatie verzamelen en verkopen. Deze 'spin in het web' kan zich als bemiddelaar opstellen en het werk naar believen onder vertrouwde partijen verdelen of intern toewijzen. Ook kan de platformeigenaar wereldwijd printercapaciteit en ontwerpen uitwisselen en de prijsvorming voor beide beïnvloeden door de 'transactiestromen' ervoor te sturen. Door het inzicht in de miljoenen transacties die via haar platform verlopen, heeft zo'n partij een gigantisch informatievoordeel. Op grond daarvan kan ze, net als handelaren in grondstoffen, transacties financieren of goedkoop inkopen en duur verkopen.

De verspreid beschikbare productiecapaciteit zal moeten worden afgestemd op de groeiende vraag in de markt. Die afstemming is weggelegd voor een klein aantal ondernemingen. Wil het hele systeem efficiënt kunnen functioneren, dan zullen zij die rol ook op zich moeten nemen. Voor internet zijn er nu partijen als Google, eBay, Match.com en Amazon. Zo zullen er ook voor de nieuwe omgeving van 3D-printing dergelijke rollen komen: zoekmachines; handelsplatforms; marktplaatsen onder merk; partijen die bemiddelen tussen drukkers/spuiters, ontwerpers en opslagplaatsen voor ontwerpen voor 3D-printing. Misschien zal er zelfs een geautomatiseerd handelsverkeer ontstaan, samen met markten voor handel in derivaten of futures voor printercapaciteit en ontwerpen.

Kortom, de eigenaren van de productieapparatuur voor 3D-printing en de eigenaren van informatie zullen elkaar concurreren om de winst die het ecosysteem genereert. De macht in de markt zal bovendien vrij snel verschuiven van producenten naar grote systeemintegrators die merkplatforms zullen opzetten met alge-

mene technische normen om het systeem te coördineren en ondersteunen. Zij zullen innovatie bevorderen door middel van open sourcing. Kleinere partijen die een hoog kwaliteitsniveau bieden, zullen ze overnemen. Of ze zullen ermee samenwerken. In de marge van de markt zullen kleine ondernemingen heus wel nieuwe manieren van werken kunnen blijven ontwikkelen. Het is echter aan de grote organisaties om dergelijke experimenten te vertalen in praktische toepassingen op grote schaal.

DE GESCHIEDENIS VAN DE DIGITALISERING HERHAALT ZICH

Als we ons proberen te verdiepen in de zich nu aandienende revolutie van additieve fabricage, dan ligt het voor de hand om terug te kijken naar die andere revolutie die zulke gigantische veranderingen teweeg heeft gebracht: internet. In termen van de ontwikkeling van internet zouden we gerust kunnen stellen dat het voor additieve fabricage nu pas 1995 is. De ophef over internet was enorm dat jaar. Niemand voorzag toen echter hoe het economisch verkeer en het leven in het algemeen in de tien jaar daarna zouden veranderen met de komst van WiFi, smartphones en cloud computing. Maar weinigen voorsagen destijds dat op een dag fabrieken – en zelfs stedelijke infrastructures – beter zouden kunnen worden aangestuurd door kunstmatige intelligentie en software-systemen op basis van internet dan door mensen.

De toekomst van additieve fabricage herbergt ongetwijfeld ook dat soort verrassingen: toepassingen en ontwikkelingen die achteraf zo voor de hand lijken te liggen, maar die wij ons nu nog nauwelijks kunnen voorstellen. Misschien worden de printers op een dag zo krachtig en veelzijdig dat ze zelfs hoog opgeleide medewerkers kunnen vervangen. Dan zouden complete ondernemingen en zelfs landen die het moeten hebben van de maakindustrie overschakelen op volledig geautomatiseerde productie. In dergelijke 'machine-organisaties' zijn dan misschien alleen nog maar mensen nodig om de printers te onderhouden.

Die toekomst laat ook niet lang op zich wachten. Ondernemingen die 3D-printing uitproberen en ervaren hoe veel flexibeler het productieproces ermee kan worden, blijken doorgaans op volle kracht over te schake-

len op deze aanpak. Naarmate er in de wetenschap meer printbare materialen worden ontwikkeld, zullen meer en meer fabrikanten en producten kiezen voor deze manier van werken. Local Motors heeft onlangs bewezen in 48 uur van onder tot boven een aantrekkelijk ogende roadster te kunnen uitprinten, inclusief de wielen, het chassis, de carrosserie, de stoelen en het dashboard – alleen nog niet de aandrijving. Wanneer deze roadster eenmaal in productie gaat zal hij, inclusief aandrijving, (in de VS) voor ongeveer twintigduizend dollar in de showroom komen te staan. Naarmate de kosten van de 3D-printuitrusting en materialen dalen, doen resterende schaalvoordelen er steeds minder toe.

Het is realistisch om te verwachten dat er binnen vijf jaar volledige geautomatiseerde systemen voor additieve fabricage zullen zijn die razendsnel artikelen in grote volumes kunnen maken en daarmee ook bedrijfseconomisch geschikt zullen zijn voor standaardonderdelen. Als gevolg van de flexibiliteit van die systemen zullen maatwerk of fragmentering in veel productcategorieën een hoge vlucht nemen. Het marktaandeel van de traditionele productiesystemen zal verder krimpen.

Slimme topmanagers wachten niet totdat die toekomst zich tot in alle details en met alle mogelijkheden heeft geopenbaard. Zij beseffen nu al wel dat de ontwikkelingen in additieve fabricage betekenen dat producten op een andere manier zullen worden ontworpen, gemaakt, gekocht en geleverd. Zij nemen nu meteen initiatieven om hun productiesystemen 'op een nieuwe leest te gaan schoeien'. Zij hebben een beeld van de positie die hun onderneming wil innemen in het nieuwe ecosysteem dat zich ontwikkelt. Zij nemen de vele lagen aan beslissingen die, alles op elkaar, leiden tot concurrentievoordeel in de nieuwe wereld van 3D-printing.

Over de auteurs

Richard D'Aveni bekleedt de Bakala-leerstoel in strategie aan de Tuck School of Business (Dartmouth College).

Translated and reprinted by permission of Harvard Business Review. This article was originally published under the English title 'The 3-D Printing Revolution', by Richard D'Aveni, in the May 2015 issue of the Harvard Business Review, vol. 93, issue 5, pp. 40-48. © 2015 Harvard Business School Publishing Corp. (Distributed by The New York Times Syndicate); all rights reserved. This translation, © 2015 Harvard Business School Publishing Corp. (Distributed by The New York Times Syndicate). Vertaling: Raymond Gijsen.