

Inhoud in vogelvlucht

<i>Inleiding</i>	1
<i>Deel I: Aan de slag met 3D-printen</i>	5
Hoofdstuk 1: 3D-printen als moderne fabricagemethode.....	7
Hoofdstuk 2: De verschillende methoden voor 3D-printen.....	19
Hoofdstuk 3: Toepassingen van 3D-printen.....	35
<i>Deel II: De benodigheden voor 3D-printen</i>	53
Hoofdstuk 4: Basismaterialen voor 3D-printen.....	55
Hoofdstuk 5: Bronnen voor 3D-printbare objecten.....	73
<i>Deel III: De commerciële kant van 3D-printen</i>	89
Hoofdstuk 6: 3D-printen als commerciële activiteit.....	91
Hoofdstuk 7: De gevolgen van 3D-printen voor traditionele bedrijfstakken	107
Hoofdstuk 8: Onderzoek en ontwikkeling van 3D-printen	119
<i>Deel IV: Werken met persoonlijke 3D-printers</i>	131
Hoofdstuk 9: Artistieke expressie met 3D-printen	133
Hoofdstuk 10: 3D-printers voor consumentengebruik.....	143
Hoofdstuk 11: Een geschikte RepRap-printer kiezen	153
<i>Deel V: Een RepRap-printer bouwen</i>	183
Hoofdstuk 12: De hardware van een 3D-printer assembleren.....	185
Hoofdstuk 13: RepRap-besturingselektronica	213
Hoofdstuk 14: De RepRap-extruder	247
Hoofdstuk 15: Software uitzoeken en de printer kalibreren	273
<i>Deel VI: Het deel van de tientallen</i>	307
Hoofdstuk 16: Tien mogelijke gevolgen van additieve fabricage.....	309
Hoofdstuk 17: Tien voorbeelden van directe digitale fabricage	317
Hoofdstuk 18: Tien onmogelijke dingen, gemaakt met additieve fabricage	323
<i>Bijlage</i>	327
<i>Index</i>	333

Inleiding

Traditioneel zijn er twee manieren om voorwerpen te maken. De oudste manier is beginnen met een groot blok materiaal en vervolgens de gewenste vorm bereiken door materiaal te verwijderen. De tweede manier is het in een vorm gieten of spuiten van vloeibaar materiaal, dat vervolgens hard wordt. 3D-printen is een relatief nieuwe fabricagemethode, waarbij eerst met behulp van een computer een 3D-model wordt ontworpen, dat vervolgens laagje voor laagje wordt opgebouwd in precies de juiste vorm. Dit maakt heel veel bewerkingen zoals boren, snijden en frezen overbodig.

3D-printen gebeurt al de nodige jaren, maar pas sinds kort zijn er 3D-printers die ook voor de gewone consument betaalbaar zijn. Nu steeds meer mensen over deze technologie beschikken en ook de mogelijkheden wat betreft materialen en vormen steeds uitgebreider worden, lijkt 3D-printen op het punt te staan een revolutie te ontketenen. *3D-printen voor Dummies* is geschreven voor de gewone consument. Dit boek legt uit wat er op dit moment al mogelijk is met zogenoemde *additieve fabricage*, zowel voor privégebruikers als voor commerciële organisaties, en probeert ook te anticiperen op de toekomstige ontwikkelingen.

Over dit boek

De eerste helft van dit boek behandelt tal van verschillende technologieën die op dit moment beschikbaar zijn voor additieve fabricage. Het gaat vaak om nieuwe, onvolwassen technieken die nog tal van beperkingen hebben in onder meer de materiaalkeuze en de mogelijke vormen, vooral in het geval van consumentenprinters. Industrieel en commercieel is er al veel meer mogelijk.

In de tweede helft kun je zelf aan de slag met het bouwen van je eigen 3D-printer en wel de printer die zichzelf (deels) maakt: de RepRap. Dit is een opensource-printerontwerp, waarmee iedereen die dit wil tegen slechts materiaalkosten aan de slag kan. Hiermee word je weliswaar niet in één keer expert in alle aspecten van 3D-printen, maar vormt desondanks een prima manier om al knutselend de wereld van additieve fabricage te verkennen. Hopelijk kunnen wij je enthousiast maken voor de verbazende mogelijkheden van 3D-printen, zodat je je eigen printer bouwt en je creativiteit letterlijk vorm kunt geven!

Wat we aannemen

Misschien vind je het raar dat we dingen over je aannemen, we kennen je immers helemaal niet! Het gaat echter om een paar simpele aannames om dit boek mee te beginnen.

Onze eerste aanname is dat je weinig weet over 3D-printen. Het is allereerst belangrijk om je te realiseren dat deze technologie nog in de kinderschoenen staat, en vergelijkbaar is met de eerste machinale weefgetouwen uit het begin van de achttiende eeuw. Industriële 3D-printers zijn al redelijk ontwikkeld, maar vooral consumentenprinters vereisen toch nog wel het nodige handen- en voetenwerk om ze te gebruiken en ook werkend te houden. Daarom gaan we uitgebreid in op het afstellen en onderhouden van je thuisprinter, zodat je de onvermijdelijke problemen ook zelf kunt oplossen. Nee, je hoeft echt geen raketgeleerde te zijn om een 3D-printer te bouwen en gebruiken, maar het is wel handig als je weet hoe je een schroevendraaier moet vasthouden.

Verder nemen we aan dat je in staat bent om programma's via een webbrowser te downloaden en te gebruiken, zodat je de verschillende toepassingen die in dit boek besproken worden kunt uitproberen, bijvoorbeeld TinkerCAD. Mocht je geen computer hebben, of om welke reden dan ook geen eigen 3D-printer willen bouwen, dan kun je dit boek ook gewoon lezen als leerzame en interessante uiteenzetting over wat er mogelijk is met 3D-printen en hoe deze technologie de toekomst zal veranderen!

De pictogrammen in dit boek

In de marge vind je diverse handige pictogrammen die je op diverse belangrijke dingen wijzen. Dit zijn de pictogrammen en wat ze betekenen:



Tips zijn handige weetjes die je tijd en moeite kunnen besparen. De tips in dit boek verwijzen je vaak naar diverse bronnen die nuttige extra informatie geven over 3D-printen.



We willen niet belerend overkomen, maar pas op met dingen waar dit pictogram naast staat.



Eigenlijk geeft dit pictogram niets anders aan dan een tip voor gevorderden. Hiermee geven we extra achtergrondinformatie of een handige oplossing aan die je niet per se hoeft te lezen, maar toch interessant kan zijn.



Ook al lees je de tekst misschien maar met een half oog, zorg ervoor dat deze pictogrammen beslist niet overslaat. Het geeft essentiële informatie aan die je echt niet mag missen.

De opbouw van dit boek

Dit boek bestaat uit diverse delen, elk met een eigen hoofdonderwerp. Dit kun je in elk van de delen aantreffen:

Deel I: Aan de slag met 3D-printen

In dit eerste deel maak je kennis met de belangrijkste basisprincipes en technologieën voor 3D-printen volgens de huidige stand van de techniek. Dit deel is bedoeld als inleidend overzicht.

Deel II: De benodigheden voor 3D-printen

Dit deel gaat dieper in op onder meer de materialen die nu en in de nabije toekomst bij 3D-printen gebruikt worden. Ook lees je hoe de virtuele 3D-modellen worden gemaakt die later als tastbaar object worden geprint.

Deel III: De commerciële kant van 3D-printen

Als er één technologie is die de huidige industriële wereld op zijn kop kan zetten, is het wel 3D-printen. Deze nieuwe vorm van fabricage zal ongetwijfeld gevolgen hebben voor de bestaande vormen van massaproductie en ook nieuwe zakelijke mogelijkheden creëren. Ook geeft dit deel een overzicht van lopende onderzoeksprojecten die de mogelijkheden van 3D-printen in de toekomst verder zullen uitbreiden.

Deel IV: Werken met persoonlijke 3D-printers

Het vierde deel laat zien wat er zoal te koop is voor de gewone consument, waarbij we ingaan op zowel opensource-projecten als commerciële kant-en-klare printers. Verder bespreken we de verschillende dingen waar je rekening mee moet houden als je je eigen RepRap-type printer wilt gaan bouwen.

Deel V: Een RepRap-printer bouwen

Dit deel is in zijn geheel gewijd aan het opbouwen en afregelen van een RepRap-printer.

Deel VI: Het deel van de tientallen

Het laatste deel geeft een lijstje met tien interessante, revolutionaire en (traditioneel) onmogelijke toepassingen van 3D-printen.

Hoe verder te gaan

Het doel van dit boek is je aan het denken te zetten over 3D-printen en wat dit kan betekenen voor jouw werk of hobby. We staan aan het begin van een nieuwe industriële revolutie, waarbij massaproductie grotendeels verdrongen zal worden door persoonlijke fabricage in je eigen huis, met grote voordelen voor onder meer het milieu. Je hoeft dit boek beslist niet van begin tot einde door te lezen, al denken we dat op bijna iedere bladzijde wel interessante informatie te vinden is (anders hadden we het natuurlijk niet geschreven). We hopen dat dit boek je inspireert om zelf nieuwe dingen te bedenken en te maken, met behulp van de verbazende nieuwe techniek van 3D-printen.

Deel I

Aan de slag met 3D-printen

In dit deel ...

- ✓ Maak kennis met de wereld van 3D-printen, waaronder de verschillende technologieën voor additieve fabricage en hun toepassingen.
- ✓ Lees waar 3D-printen tegenwoordig zoal voor wordt gebruikt.
- ✓ Ontdek welke mogelijkheden er bestaan om zelf aan de slag te gaan met 3D-printen.

Hoofdstuk 1

3D-printen als moderne fabricagemethode

.....

In dit hoofdstuk:

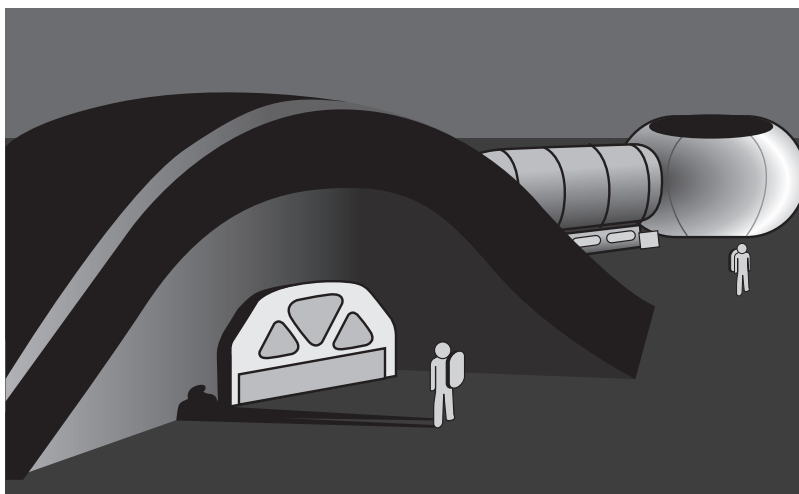
- ▶ Wat is additieve fabricage?
 - ▶ De mogelijkheden van additieve fabricage
 - ▶ De verschillen met traditionele fabricagemethoden
 - ▶ Recycling en geplande levensduur van producten
 - ▶ De toekomst van 3D-printen
-

Momenteel vindt er een verbazingwekkende verandering plaats in de manier waarop talloze producten worden gefabriceerd. Deze verandering kan bijdragen aan een duurzamere toekomst met producten die naar behoefte en op maat worden geproduceerd. Deze ontwikkeling betreft niet alleen alledaagse gebruiksvoorwerpen, maar ook zaken zoals reserveonderdelen en zelfs complete bouwwerken en lichaamsdelen; al deze dingen kunnen in de nabije toekomst snel, goedkoop en met een minimum aan afval worden geproduceerd. We hebben het hier ook niet over een geleidelijk proces, zoals de zoveelste generatie smartphone, maar over een echte revolutie, vergelijkbaar met de veranderingen aan het begin van de industriële revolutie en de groot-schalige introductie van licht en elektriciteit in de huizen van gewone mensen.

Zoals iedere revolutie zal ook deze niet geheel zonder slachtoffers verlopen. Iedere nieuwe ontwikkeling die invloed heeft op de wereldeconomie zal ook verliezers kennen. Zo zullen de traditionele, vaak minder efficiënte methoden voor massaproductie plaats maken voor iets wat we ons nu nog nauwelijks kunnen voorstellen. De technologie die deze revolutie drijft, is beter bekend onder de termen *additieve fabricage*, *3D-printen* of *directe digitale fabricage*.

Wat uiteindelijk de gangbare naam ook zal zijn, deze technologie zal de komende decennia worden gebruikt voor het fabriceren en samenstellen van bijna alles wat je je maar kunt voorstellen, van woningen en vliegtuigmotoren tot voedsel en zelfs vervangende weefsels en organen, gemaakt van je eigen lichaamscellen! Nog elke dag worden nieuwe toepassingen gevonden voor 3D-printen, tot in de ruimte aan toe; zo test de NASA 3D-printers die ook nog werken in gewichtloze en luchtledige omstandigheden. Deze technologie kan goed van pas komen bij het verkennen van de maan en de planeten van ons zonnestelsel, zoals Mars; in figuur 1.1 zie je een simpele schets van een dergelijke constructie. Hou je vast, want in de komende hoofdstukken maak je kennis met

Figuur 1.1:
Een
impressie
van NASA
van een
3D-geprinte
constructie
op de maan



een duizelingwekkende hoeveelheid nieuwe technologieën en mogelijkheden. Natuurlijk laten we ook zien hoe je zelf kunt meedoen aan deze revolutionaire ontwikkeling, door je eigen persoonlijke 3D-printer te bouwen en in gebruik te nemen!

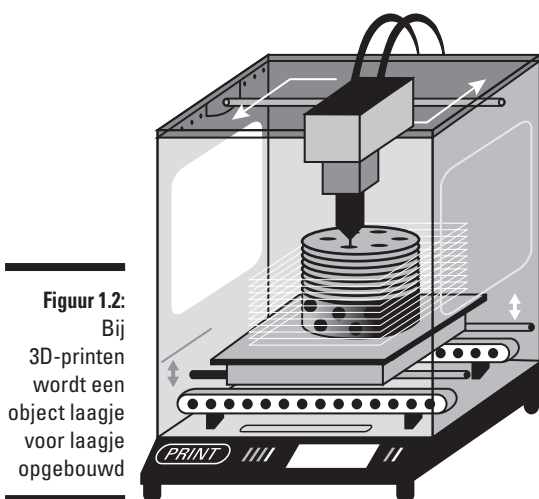
De mogelijkheden van additieve fabricage

Dit klinkt natuurlijk allemaal leuk, maar wat houdt additieve fabricage eigenlijk in? Je kunt het een beetje vergelijken met de *replicators* van Star Trek: machines die op verzoek talloze substanties of voorwerpen kunnen produceren, waaronder bijvoorbeeld een lekker kopje thee. Nu zijn we met 3D-printen nog niet helemaal op dat geavanceerde niveau. Wel kunnen we een 3D-object dat we in de computer hebben gedefinieerd vertalen in een groot aantal laagjes kunststof die door een 3D-printer op elkaar worden gelegd, zodat de uiteindelijke vorm ontstaat.



Eigenlijk is er niet zo heel veel verschil tussen bepaalde 3D-printers en de al langer bestaande gewone inkjetprinters. In beide gevallen wordt iets dat in digitale vorm bestaat tastbaar gemaakt door materiaal op een ondergrond te spuiten. Het belangrijkste verschil is dat gewone printers één laag inkt op papier aanbrengen om een tekst af te drukken, terwijl 3D-printers heel veel laagjes materiaal op elkaar stapelen om een tastbaar object te maken.

Vanaf het moment dat Johannes Gutenberg met de eerste drukpers kwam, is de verspreiding van kennis via gedrukte boeken in een stroomversnelling geraakt. Dit proces kreeg een nieuwe impuls met de komst van computers en tekstverwerkers, die niet alleen het werk van drukkers overnamen, maar ook van stenotypisten, redacteuren (spellingcontrole) en zettters (voor het maken van een lay-out en het invoegen van afbeeldingen). Via internet kun je jouw document vervolgens delen met de hele wereld.



Figuur 1.2:
Bij
3D-printen
wordt een
object laagje
voor laagje
opgebouwd

3D-printen doet hetzelfde voor driedimensionale objecten: voorwerpen worden in digitale vorm gecreëerd, bewerkt en opgeslagen, waarna ze via internet kunnen worden aangeboden, gedownload en uiteindelijk geprint. Wat zou Johannes Gutenberg hiervan hebben gedacht?

Wat is additieve fabricage?

De term 'additieve fabricage' is inmiddels al enkele keren gevallen, maar wat is het nu precies? Additieve fabricage betekent niets anders dan dat een voorwerp wordt gemaakt door materiaal toe te voegen, niet door materiaal weg te halen. Bij 3D-printen wordt een digitaal model van een voorwerp door een computer verdeeld in heel veel opeenvolgende laagjes, die door de 3D-printer op elkaar worden gelegd om de uiteindelijke vorm te krijgen. Figuur 1.2 laat zien hoe dit in principe werkt. Op deze manier kunnen eindeloos veel objecten worden gecreëerd, van een simpele plastic mok tot een compleet huis. In alle gevallen wordt eerst de onderste laag gelegd en daarna de volgende lagen, net zolang tot het voorwerp klaar is.

Dingen met één laag tegelijk opbouwen is iets wat natuurlijk ook op andere manieren al gebeurt. Zo doen kinderen eigenlijk niets anders als ze met Lego spelen en ook metselaars hebben maar weinig keus: je kunt een muur niet van bovenaf naar beneden metselen... Het verschil is alleen dat 3D-printers echt alleen maar in laagjes kunnen werken en dus niet eerst één wand van een object kunnen maken en daarna een andere.

Er zijn verschillende manieren waarop die laagjes met 3D-printen opgebouwd kunnen worden. De oudste methode gaat uit van vloeibare kunsthars, die hard wordt onder de invloed van ultraviolet licht, afkomstig van een laser. Ook bij andere methoden wordt een laser gebruikt; zo worden kleine bolletjes kunststof door middel van een laser aan elkaar gesmolten op de plaats waar het materiaal hard moet worden. Bij weer een andere methode wordt dunne, gesmolten kunststofdraad uit een kleine opening gespoten. Deze eindeloze draad wordt