

## 3-D-Druck – Was ist das?

Früher konnte man auf einem Drucker lediglich Texte und sehr viel später auch digitale Fotos auf Papier drucken. Wie funktioniert die moderne 3-D-Drucktechnik und warum erobert sie im Eiltempo die Industrie? Dieser Artikel erklärt die Funktionsweise der 3-D-Drucktechnik.

Woher kommt eigentlich der 3-D-Druck? Blickt man zurück in die 80er-Jahre des letzten Jahrhunderts, so tauchten die ersten erschwinglichen CAD-Systeme (engl. *Computer-aided Design*) für das rechnergestützte Konstruieren auf. Diese Technik entwickelte sich rasant weiter, sodass auch die Kosten für die Anschaffung von CAD-Software stark gefallen sind. Zu Beginn war CAD lediglich nur ein Hilfsmittel für das technische Zeichnen, das in der Tat sehr zeitintensiv war. Für die technischen Zeichner an den großen Zeichenbrettern war CAD anfangs ein Segen, im Laufe der Zeit wurde der Beruf des technischen Zeichners jedoch überflüssig, da die CAD-Software immer leistungsfähiger wurde und einfacher zu bedienen geworden ist.

Für die industrielle Produktion bedeutete die Einführung der CAD-Technik den Beginn der immer mehr automatisierten Verfahren. Der technische Konstrukteur, aber auch das Management waren auf einmal in der Lage, das Produkt vor dem Start der Produktion optimal zu beurteilen und damit die Qualität besser zu sichern. Die CAD-Technik hat den großen Vorteil, dass die Daten des zu fertigenden Produktteils digital vorliegen und die Produktionsmaschinen mit den Daten gefüttert werden können. Mithilfe der Produktionsmaschine kann dann sofort mit der Fertigung des Produktes begonnen werden. Die computerunterstützte Fertigung wird auch CAM genannt (engl. *Computer-aided Manufacturing*). Übrigens wird in der Zahntechnik als CAM die Berechnung und Bereitstellung der notwendigen Fräsbahnen für Maschinensteuerung bzw. der Fräsmaschinen bezeichnet. Der Computer muss dabei eine „numerische“ Maschinensteuerung vornehmen, der Fachbegriff hierfür lautet CNC (engl. *Computerized Numerical Control*). Der Computer steuert sozusagen direkt die Werkzeugmaschine. Das bedeutet, dass die Wertschöpfungskette vollständig digital ist und sehr leicht optimierbar bzw. anpassbar gemacht werden kann.

In der Zahntechnik ist die CAD-Technik heute nicht mehr wegzudenken, und mit entsprechenden Hochleistungs-Fräsmaschinen kann hochwertiger Zahnersatz mit den unterschiedlichsten Materialien gefertigt werden. Mit dem 3-D-Mundscanner, auch als „Intraoralscanner“ bezeichnet, kann ein Zahnarzt präzise digitale Abformungen von Ober- und Unterkiefer in sehr kurzer Zeit erstellen. Die so entstandenen Bilder können dann in 3-D-Modelle umgerechnet werden.

In den 80er-Jahren des letzten Jahrhunderts konnte in Japan der

erste gedruckte Festkörper erstellt werden. Dabei wurde keine Fräsmaschine verwendet, die aus einem Materialblock das gewünschte Produkt herausfräst, sondern es wurde ein „additives Verfahren“ eingesetzt, bei dem das Produkt schichtweise aus einem bestimmten Material aufgebaut wird, sozusagen Schicht für Schicht. Genau dieses schichtweise Aufbauen (AM – engl. *Additive Manufacturing*) wird letztendlich als dreidimensionales Drucken bezeichnet. Erst in diesem Jahrhundert konnte die komplizierte Technik des 3-D-Druckverfahrens so weit ent-

Außerdem können Materialien verwendet werden, die sich beim Erhitzen verformen lassen. Dabei wird das FDM-Verfahren angewendet (engl. *Fused Deposition Modeling*), also nur Materialien, die sich schmelzen lassen. Da beim FDM-Verfahren das verwendete Material an der Luft nicht sofort erstarrt, müssen größere Überhänge und flache Vorsprünge am zu druckenden Objekt in der Druckphase abgestützt werden. Der 3-D-Drucker fügt sogenannte Stützstrukturen bzw. Stützgitter hinzu. Der Druckvorgang beim FDM-Verfahren ist relativ flott, die Objekte zeigen aber auf der Oberfläche oft

einesichtbare Riffelung auf, was für die Optik in vielen Fällen nicht so schön ist.

Ein anderes Verfahren, das sogenannte „Addi-



wickelt werden, dass die Kosten drastisch sanken und diese Technik auch kommerziell in der Industrie einsetzbar wurde. In den letzten Jahren entstanden viele Produkte, auch „Open Source“, die den 3-D-Druck industriell populär machten. In der Zahntechnik wird der 3-D-Druck in Zukunft immer mehr die digitale Frästechnik verdrängen.

Wirtschaftsforscher sagen der 3-D-Drucktechnik eine glänzende Zukunft voraus und Unternehmen können noch kostengünstigere und qualitativ hochwertigere Produkte digital produzieren. Durch die Weiterentwicklung bei den druckbaren Materialien werden neue Anwendungsgebiete ermöglicht (man kann z.B. auch Lebensmittel drucken).

### Funktionsweise des 3-D-Drucks

Prinzipiell ist der 3-D-Druck nicht gleich 3-D-Druck. Eher haben wir es hierbei mit sehr unterschiedlichen Fertigungstechniken zu tun, bei denen jeweils verschiedene Materialien verarbeitet werden können. Bei allen Fertigungstechniken dienen aber digitale CAD-Daten als Input für den Druck.

„Additive Verfahren“, kommt ganz ohne Stützstrukturen bzw. Stützgitter aus. Hierbei wird das Rohmaterial als Pulver verarbeitet. Schicht für Schicht wird dabei das Pulver aufgetragen. Der Druckkopf geht dann über die aufgetragene Schicht und verfestigt entsprechend der Objektform das Pulver. Wenn Kunststoffe wie Polyamid oder Metalle wie Stahl und Titan verarbeitet werden, verschmilzt oder sintert ein Laser die Körnchen präzise. Dies wird auch als SLM (engl. *Selective Laser Melting*) oder SLS (engl. *Selective Laser Sintering*) bezeichnet. Das Pulver, das nicht zum Druckobjekt gehört, bleibt während des Produktionsprozesses liegen. Es stützt überhängende Teile und kann dann am Ende ganz einfach entfernt und für das nächste Modell wiederverwendet werden. Auch beim „Additiven Verfahren“ ist die Oberfläche nicht ästhetisch. Der Pulverdruck erzeugt raue Oberflächen, die wie Sandpapier aussehen.

Das aus den 80er-Jahren des letzten Jahrhunderts stammende und damit älteste 3-D-Druckverfahren ist die „Stereolithografie“. Hierbei wird in einer Stereolithografie-Maschine (SLA) ein Becken mit einem flüssigen und lichtaushärtenden Kunststoff (Photopolymer)

gefüllt. Das zu druckende Objekt nimmt schichtweise Kontur an, indem der Füllstand für jede Schicht erhöht wird. Jeder Schritt bedeutet ein Absenken des Objektes in die Flüssigkeit. Auf der Oberfläche wird der flüssige Kunststoff gleichmäßig verteilt. Ein Laser, der von einem Rechner gesteuert wird, fährt dann auf der neuen Schicht über die Flächen, die mit UV-Licht ausgehärtet werden sollen. Nach und nach entsteht so das fertige dreidimensionale Druckobjekt. Die Stereolithografie-Maschinen erzeugen die feinsten Objektflächen. Es werden für größere Druckobjekte ebenfalls Stützstrukturen benötigt, die aus dem gleichen Material wie das Objekt bestehen. Am Ende des Druckvorgangs müssen dann die Stützstrukturen wieder vom Objekt mechanisch entfernt werden. Zusätzlich werden die Objekte nach einem erfolgreichen Druckvorgang in einem UV-Lichtbehälter zur endgültigen Aushärtung gelegt.

### Materialien für den 3-D-Druck

Wie bereits im letzten Kapitel beschrieben, können nur FDM-fähige Materialien für den 3-D-Druck verwendet werden. Zum Glück gibt es aber eine große Anzahl von Materialien, die sich durch Erhitzen verformen lassen. Gerade in der Zahntechnik und die dort verwendeten Materialien ist das 3-D-Druckverfahren äußerst interessant, da Kunststoffe, Gips, Stahl und Edelmetalle wie z.B. Gold beim 3-D-Druck verwendet werden können.

Hier eine Auflistung von 3-D-Druck-Materialien (nicht vollständig): • Verschiedene (thermoplastische) Kunststoffe • PolyJet-Photopolymere • Silikon • Gummi • Kunstharz • Modellierwachs • Gips • Metalle (Stahl, Aluminium, Nickel, Chrom) • Edelmetalle (Gold, Titan, Silber) • Kohlefaser (Carbon) • Holz (pulverisiertes Holz mit einem Bindemittel) • Lebensmittel

Für die Zahntechnik sind die Materialien Kunststoffe, Gips, Stahl und Gold von Bedeutung.

### 3-D-Druck in der Zahntechnik

Wie bereits oben beschrieben, kann der 3-D-Druck für Zahnersatz und Implantate in der Zahntechnik optimal verwendet werden. Die additiven Fertigungsverfahren in der 3-D-Drucktechnik haben bereits Einzug in Labore gehalten und konnten damit Gussverfahren nahezu ersetzen. In Zukunft können in den Zahntechnik-

laboren Zahnersatz, Prothesen, Implantate und andere Zubehör- bzw. Hilfsteile sehr effizient, schnell und mit höchster Präzision in einem 3-D-Drucker gefertigt werden. Durch den durchgängig digitalen Workflow werden die klassischen Fertigungsverfahren immer mehr verdrängt, da neue Druckdaten in kürzester Zeit für den 3-D-Drucker zur Verfügung stehen. „Industrie 4.0“ kann mittels 3-D-Druck in der Zahntechnik/Zahnmedizin in der Tat optimal umgesetzt werden, da alle Daten in der Wertschöpfungskette digital vorliegen. In sehr kurzer Zeit lassen sich auch mehrere Zahnmodelle mit unterschiedlichen Materialien gleichzeitig in höherer Qualität herstellen als mit den herkömmlichen Fertigungsverfahren. Nicht zu vergessen ist der deutlich höhere Materialverbrauch bei Fertigungsverfahren mit Frästechnik. Die Fertigungskosten können somit deutlich gesenkt werden. Auch die herkömmliche Gießtechnik zeigt deutliche Nachteile: Die Materialdichte ist relativ niedrig und die Fertigung und das nachträgliche Bearbeiten sind allgemein sehr zeitaufwendig.

### Ausblick

Die Digitalisierung, gerade in der Zahntechnikbranche, schreitet unaufhaltsam voran und wird den Zahntechnikerberuf nachhaltig verändern. Erst kam die 3-D-Frästechnik in die zahntechnischen Labore und jetzt das 3-D-Druckverfahren. Der gesamte Zahnersatz-Workflow, von der Zahnabdruck-Abnahme bis hin zur Fertigung des Zahnersatzes, ist durch und durch digitalisiert. Beim 3-D-Druck wird die konventionelle Formgebung von Objekten umgekehrt, bei den herkömmlichen wird Material abgetragen, was zu deutlich höheren Fertigungskosten und Ressourcenverschwendung führt. Noch wird die zukunftsweisende Technik relativ wenig eingesetzt, durch das hohe Potenzial wird sich das jedoch in Zukunft mit großer Sicherheit ändern. Das 3-D-Druckverfahren ist auf dem Vormarsch und wird die zahntechnischen Labore erobern. **ZT**



### ZT Adresse

Thomas Burgard Dipl.-Ing. (FH)  
Softwareentwicklung & Webdesign  
Bavariastr. 18b  
80336 München  
Tel.: 089 540707-10  
info@burgardsoft.de  
www.burgardsoft.de  
burgardsoft.blogspot.com  
twitter.com/burgardsoft