

## 3D-DRUCK



## INTRO

## Schnell, präzise und günstig

Was George Lucas in den 1970ern noch als ferne Zukunftsvision eines Science-Fiction-Universums erschien, ist heute wahrscheinlicher denn je: das Drucken von Gegenständen. Gerade wenn man sich die Einsatzbereiche von 3D-Druckern in der Medizintechnik ansieht, scheint die Vision gar nicht mehr so unwahrscheinlich, dass sich eine menschliche Hand mit all ihren Funktionen wie im Falle Luke Skywalkers vollständig reproduzieren lässt. Doch auch aus anderen Bereichen wie Luft- und Raumfahrttechnik, Autoindustrie, Design und Architektur sind 3D-Drucker nicht mehr wegzudenken.

## ADDITIVE FERTIGUNGSVERFAHREN

## Von der Vision zum fertigen Modell

Der Ingenieur Chuck Hull gilt als der Erfinder des 3D-Drucks. 1984 meldete er ein Patent für die von ihm entwickelte Stereolithographie an, die weltweit als das erste additive Fertigungsverfahren betrachtet wird. Die Stereolithographie im ursprünglichen Sinne bedient sich eines Laserstrahls, um lichtsahärtende Stoffe, wie beispielsweise Kunstharz, schichtweise aufeinander aufzubauen. Dabei fährt der Laser immer wieder über das anfangs noch flüssige Harz und härtet die Konturen des zu druckenden Objekts in der gewünschten Form nach und nach aus. Dieser Prozess wird als Rapid Prototyping bezeichnet. Früher mussten Ingenieure in der Autoin-

dustrie für die Entwicklung und Verbesserung neuer Fahrzeugtypen aufwändige Modelle und Prototypen aus Lehm oder vergleichbaren Werkstoffen anfertigen, um neue Designs oder technologische Innovationen plastisch zu visualisieren. Mit der Erfindung des 3D-Drucks wurde dieser Vorgang signifikant vereinfacht, da es den Ingenieuren nun möglich ist, ihre Ideen zunächst digital am Computer zu entwerfen, um diese dann nur kurze Zeit später, exakt nach Vorlage, physisch in den Händen zu halten.

Zudem bieten 3D-Drucker eine enorme Kostenersparnis, da sich mit ihrem Einsatz nicht nur die Arbeitszeit, sondern beispielsweise

weiter auf S. 2

## PORTRÄT

## Think and Print Big

Der 29-jährige Ingenieur Johannes Wiessler arbeitet beim 2014 gegründeten Berliner Start-up BigRep, wo der weltweit größte serienmäßig verfügbare (FFF) 3D-Drucker entwickelt wurde: der BigRep ONE.

weiter auf S. 2-4



kompakt  
Schule

## KOMPAKT SCHULE

## Bonusmaterial zum Thema

Der Einleger kompakt Schule soll als Anregung für den Unterricht dienen und ergänzt ausgewählte Themen um Lehrmaterial, das auch als Download zur Verfügung steht:

s.think-ing.de/material

3D-DRUCK

weise auch Überschuss- und Abfallprodukte stark reduzieren lassen. Die offensichtlichen Vorteile des Einsatzes von 3D-Druckern haben dafür gesorgt, dass diese inzwischen in so gut wie allen industriellen Bereichen angekommen sind. Ingenieure der unterschiedlichsten Branchen haben im Laufe der Zeit auch die Druckersysteme selbst immer weiter verändert und branchenspezifisch auf ihre Bedürfnisse angepasst. So können heute beispielsweise auch Materialien wie Beton im 3D-Druck-Verfahren verarbeitet werden. Der Druckkopf funktioniert in diesem Fall wie bei einem Tintenstrahldrucker und ohne den Einsatz eines Lasers, sodass flüssige oder breiartige Materialien tröpfchen- und schichtweise aufgetragen werden. So können Architekten und Bauingenieure die additive Fertigung sogar für den Bau eines Hauses nutzen.



THOR (Testing Hightech Objectives in Reality) ist ein flugfähiges Airbus-Minutestflugzeug aus dem 3D-Drucker (siehe auch Titelmotiv)

Die Möglichkeiten, die sich heute durch 3D-Drucker eröffnen, sind so mannigfaltig, dass man sich eher fragen muss, was ein Ingenieur mit einem 3D-Drucker eigentlich nicht anfertigen kann. Vom Fahrzeugbau bis zur Medizintechnik arbeiten Ingenieure mit 3D-Druck-Techniken. Und auch Ingenieure der Luft- und Raumfahrttechnik setzen auf die additive Fertigung, um Flugzeugteile leichter und somit treibstoffsparender zu gestalten. In vielen Ingenieurstudiengängen gehören die unterschiedlichsten Druckermodele bereits zur Standardeinrichtung von Werkstätten und können in Studienprojekte einbezogen werden. Der Zugang zu den Arbeitsfeldern, in denen 3D-Druck zum Einsatz kommt, erfolgt oftmals über ein Maschinenbaustudium. Dort kommen auch noch zwei weitere Varianten des 3D-Drucks ins Spiel: Selektives Lasersintern (SLS) und Laserschmelzen (SLM) werden vor allem bei der Verarbeitung von Metallen und Keramik eingesetzt. Bei diesen Methoden ist das Ausgangsmaterial ein Pulver, das mithilfe eines Lasers in die gewünschte Form geschmolzen wird.



Bei der Entwicklung des 3D-Druckers BigRep Studio hat Johannes Wiessler das Entwicklungsteam beratend unterstützt

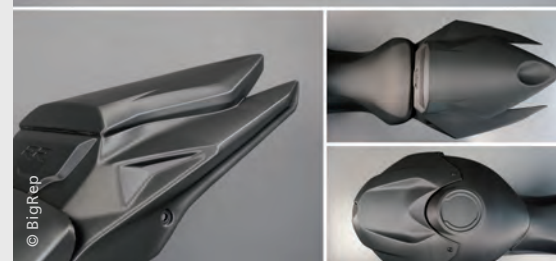
PORTRÄT

# Think and Print Big: 3D-Druck im Großformat

Ganz so wie in der Science-Fiction-Serie Star Trek – The Next Generation wird es wohl nicht kommen. Vorerst jedenfalls. Das Wundergerät namens Replikator konnte im fiktiven Raumschiff dreidimensionale Objekte aus dem Nichts entstehen lassen. War Captain Picard etwa nach einem guten Earl-Grey-Tee zumute, servierte ihn der Replikator binnen weniger Sekunden. Die Maschine konnte aber auch Ersatzteile für die Enterprise oder Kleidung jederzeit schnell und präzise herstellen. Da sind wir schon näher bei den alchemistisch anmutenden Kunststücken des aktuellen 3D-Drucks.

Technisch befeuert wird diese Entwicklung durch Unternehmen wie BigRep. Das 2014 gegründete Berliner Start-up, das auch Büros in New York und Singapur unterhält, hat den weltweit größten, serienmäßig verfügbaren Fused Filament Fabrication (FFF) 3D-Drucker entwickelt. BigRep ONE heißt der Koloss von Berlin mit einem Druckvolumen von einem Kubikmeter, dem man noch den kleineren Bruder BigRep STUDIO zur Seite gestellt hat. Das Spektrum der Gegenstände, die aus diesen Druckern kommen, ist sehr groß – vom Prototyp einer individuell gestalteten Schiffsschraube über Motorradrahmen bis hin zu spektakulären Kuriositäten. So druckte ein Berliner Künstler für eine Ausstellung ein überdimensionales Hühnerskelett aus. Ein BigRep-Mitarbeiter ließ eine Geige drucken, die tatsächlich nach Geige klingt. Neben der beeindruckenden

Hardware bietet das Unternehmen Komplettlösungen für Kunden aus der Industrie, darunter klangvolle Namen wie Airbus, ABB, BMW oder ThyssenKrupp. Das multinationale und interdisziplinäre BigRep-Team ist inzwischen auf über 70 Mitarbeiter angewachsen.



Auch Motorrad-Chassis-Teile kommen heute aus dem 3D-Drucker

Einer von ihnen ist der 29-jährige Ingenieur Johannes Wiessler. Er ist seit knapp eineinhalb Jahren ein Teil der BigRep-Familie. Viele Ideen und Details, die den Drucker BigRep ONE auszeichnen, stammen von ihm. Nach einer Ausbildung zum Industriemechaniker in Freiburg machte er sein Abitur nach und studierte Maschinenbau an der HTW Berlin, arbeitete als studentischer Mitarbeiter bei der NET AG - engineering team und absolvierte seinen Bachelor. Dann ging er erst mal auf Reisen. Irgendwann sah er eine Doku über



© BigRep



© BigRep

Gedruckte Haltevorrichtung für einen Extruder

3D-Druck auf Arte und war fasziniert. Durch Freunde wurde er auf BigRep aufmerksam. „Mein Arbeitsbereich nennt sich in der Start-up-Sprache Research and Development, ich würde es Konstruktion und Entwicklung nennen. Einen typischen Arbeitsalltag gibt es hier eigentlich nicht. BigRep ist ein dynamisches Unternehmen, wir arbeiten viel mit Open Teams. Ich stehe ständig in Kontakt mit anderen Abteilungen und hole mir von denen Wissen, wenn es zum Beispiel um die Entwicklung verschiedener Bauteile geht. Circa 70 Prozent meiner Arbeitszeit verbringe ich vor dem Rechner.“

Das BigRep-Team ist jung und interdisziplinär. Die Leute kommen aus den unterschiedlichsten Bereichen. „Viele haben zum Beispiel Betriebswirtschaft studiert und sich dann auf den 3D-Druck spezialisiert. Der 3D-Druck ist ja noch relativ jung, da muss vieles durch Erfahrung erschlossen werden. Es gibt auch kaum Fachliteratur dazu. Man lernt das nicht an der Uni. Wenn also jemand herkommt, der ein spezielles Wissen entwickelt hat, hat der auf jeden Fall eine gute Chance.“ Was in diesem jungen Unternehmenszweig zählt, ist vor allem persönliche Kompetenz.

„Wichtig ist natürlich auch, dass man auf einer Wellenlänge mit den Kollegen ist. Das Allerwichtigste ist aber die Obsession und die Leidenschaft für die Sache.“

Und was geschieht, wenn eine Firma sich mit einem speziellen Auftrag an BigRep wendet? „Das ist von Fall zu Fall sehr unterschiedlich“, betont Maik Dobberack, Communication- und Eventmanager bei BigRep. „Ein Unternehmen hat zum Beispiel schon erste Erfahrungen mit dem 3D-Druck gemacht und möchte das Druckvolumen vergrößern. Andere Firmen entdecken uns auf Messen oder lesen über uns. Als B2B (Business to Business)-Unternehmen treten wir täglich mit neuen Kunden in Kontakt und schauen, wie weit 3D-Druck in deren Produktion übernommen werden kann.“ Was zunächst bescheiden klingt, bringt tiefgreifende Veränderungen in diversen Produktionszweigen mit sich. „Wir schauen uns an, wie 3D-Druck in bestehende Fertigungsprozesse eingebunden werden oder diese künftig sogar ablösen kann. Zusammen mit der niederländischen Forschungsorganisation TNO erarbeiten wir derzeit eine Lösung für eine Fertigungsstrecke vom 3D-Druckprozess über die automatische

Qualitätskontrolle bis zur Nachbearbeitung.“ In die Entwicklung der Materialien, die man für den Druck unterschiedlichster Modelle und Bauteile braucht, sind auch Universitäten und Forschungsinstitute eingebunden.

Das Verfahren passt gut in den Trend zur Flexibilisierung von Produktionsprozessen. „3D-Druck ist sehr günstig in Kleinserien“, sagt Johannes Wiessler. „Selbst für zwei oder drei Teile lohnt es sich. Ein weiterer Vorteil ist die gestalterische Flexibilität. Diese Freiheit hat man eigentlich bei keinem anderen Verfahren. Beim Selektiven Lasersintern sind die Teile außerdem sehr homogen. Beim Druckgussverfahren kann es zu Einschlüssen kommen. Und wenn ein Teil gefertigt wurde und es gefällt nicht, kann das sofort geändert und das nächste Teil optimiert gefertigt werden.“ Ökologische Vorteile inklusive: „Beim 3D-Druck kann ich Fehldrucke verschreddern, wieder zu Filament verwandeln und den Abfall wiederverwerten. Außerdem ist diese Art der Produktion wesentlich energiesparender als etwa die Spritzgusserstellung. Und man benötigt auch keine Schmiermittel, die Emulsionen beinhalten und absolut nicht umweltverträglich sind.“



Modell einer individuell gestalteten Schiffsschraube aus dem Drucker

Auch für das Design von Artikeln und Kunstwerken entstehen neue Möglichkeiten. „Stichwort: Freiformflächen. Mit dem 3D-Druck ist es möglich, Objekte mit sehr komplizierten Strukturen zu kreieren. Das war bisher mit massivem Aufwand verbunden. Da ist zum Beispiel ein Designerstuhl entstanden, den hätte man mit keinem Spritzgussverfahren fertigen können. Der Aufwand wäre einfach zu groß gewesen.“ Bleibt die Frage, wie der 3D-Druck das Arbeitsleben verändern wird. Johannes Wiessler beschreibt den Trend so: „Ganz am Anfang wurden Zahnräder noch per Hand gefeilt. Heute liest die Maschine nur noch das 3D-File, das direkt vom Konstrukteur kommt und fräst das Ganze. Der Trend geht dahin, dass der Arbeiter kein Allrounder mehr sein wird, sondern immer spezialisierter.“



© BigRep

Baut große Objekte Schicht für Schicht auf: der 3D-Drucker BigRep ONE

## Türöffner für Elvis

**Dr. Dominik Rietzel ist Leiter der BMW Group Additive Manufacturing Nichtmetall. Der Chemieingenieur beschäftigt sich hier schwerpunktmäßig mit dem 3D-Druck. Wir fragten ihn nach der derzeitigen Bedeutung und der Zukunft des 3D-Drucks in der Fahrzeugentwicklung bei BMW.**

Was bedeutet Mixed Reality (die Kombination virtueller Realität mit 3D-Druck) für die Entwicklung bei BMW?

Gerade in der Fahrzeugentwicklung ist es enorm wichtig, schon sehr früh möglichst realitätsnahe Aussagen zu einzelnen Bauteilen oder Produktionsverfahren treffen zu können. Für diese Absicherungen brauchen wir die additive Fertigung, also den 3D-Druck. Einzelne Fahrzeugkomponenten können so zum Beispiel unter Volllast erprobt werden, oder wir simulieren damit Montageschritte, die später im Werk stattfinden. Etwas in den Händen halten zu können, um an dem Werkstück zu schrauben, zu feilen oder darüber zu diskutieren, gehört bei uns zum täglichen Arbeiten einfach dazu.

Welche Bedeutung hat die additive Fertigung bei BMW?

Bei der BMW Group werden schon seit 1989 unterschiedliche Technologien eingesetzt und erprobt. In den ersten Jahren wurden besonders kunststoffbasierte Technologien fürs Prototyping genutzt, dann kamen metallbasierte Verfahren hinzu. Heute forschen und arbeiten wir mit den neuesten Technologien am Durchbruch für die Serienfertigung. Vor etwa fünf Jahren startete der 3D-Druck-Hype richtig durch, nachdem wichtige Patente der Anlagenhersteller ausgelaufen waren. Seitdem hat sich das Thema sehr stark verbreitet. Dies hilft uns natürlich auch, die Technologie bei uns intern weiter zu verbreiten.

Können Kunden künftig zuschauen, wie ihr Wunschfahrzeug vor ihren Augen entsteht?

Kurz- bis mittelfristig sehen wir die höchsten Potenziale in additiv gefertigten Ersatzteilen, Formgebungswerkzeugen sowie Individualteilen auf Kundenwunsch bis hin zu Kleinserien. Seit ein paar Jahren arbeiten wir beispielsweise erfolgreich daran, mit additiven Fertigungsmethoden unterschiedliche Ersatzteile aus Kunststoff und Metall für Kunden wieder verfügbar zu ma-



Dr. Dominik Rietzel

chen. Ein sehr schönes Beispiel sind die Türöffner und Fensterkurbeln aus verchromtem Metall für unsere 507er Classic-Modelle – je ein Satz davon ging auch in die Restauration des 507 von Elvis. Der Weg zu einem komplett personalisierten Wunschfahrzeug scheint noch in weiter Ferne zu liegen, aber man weiß ja nie, welche smarte Idee als nächstes auf uns wartet.

Welche neuen Möglichkeiten ergeben sich für die Gestaltung des Fahrzeugdesigns?

Natürlich ist theoretisch fast alles mit der additiven Fertigung möglich. Bionische Designs sind aus der Berechnung heraus in der Fertigung umsetzbar und Komplexität ist kein Problem. Zudem kann agiler konzipiert werden und der Designprozess in der Entwicklung findet auch heute schon viel schneller statt als es früher der Fall war. Die Möglichkeit, mit diesen Freiheitsgraden sinnvoll arbeiten zu können, muss sich an vielen Stellen jedoch erst noch in neuen Denkweisen manifestieren. Hier sind besonders Hochschulen in der Pflicht.

Welche druckbaren Materialien werden beim Fahrzeugbau im Mittelpunkt stehen?

Wenn es um Prototypen für die Entwicklung von Fahrzeugen geht, haben wir wahrscheinlich schon heute fast jede Einzelkomponente eines Fahrzeugs gedruckt – auch wenn es sich oftmals nur um einen Geometrieprototyp handelt. Zudem sind sowohl kleinere Komponenten auch im nicht sichtbaren Bereich (zum Beispiel komplexe Halter und Adapter) gerade bei Derivaten mit geringeren Stückzahlen wirtschaftlich einsetzbar. Wir versuchen, uns hier

werkstofflich nicht zu beschränken und forschen sowohl an kunststoff- als auch an metallbasierten Verfahren.

Können 3D-Drucker Autos umweltfreundlicher machen?

Gerade durch neue Design- und Auslegungsmöglichkeiten können wir Fahrzeugkomponenten um Leichtbauaspekte ergänzen. Das wirkt sich positiv auf die Gewichtsreduktion aus und macht unsere Fahrzeuge noch umweltfreundlicher und effizienter. Große Hübe sind jedoch erst bei einem massiven Einsatz der Technologien zu sehen.

Welche Ausbildung braucht man für die moderne Automobilfertigung mit 3D-Druck?

Wir arbeiten generell in einem sehr bunt gemischten Team unterschiedlichster Disziplinen, um die komplette Prozesskette darstellen zu können. In der additiven Fertigung müssen CAD-Daten generiert werden – hier sind zum Beispiel Berechner für die Topologieoptimierung genauso wichtig wie Konstrukteure oder Designer. In unserer Vorentwicklung arbeiten viele Werkstoffwissenschaftler an den metallischen und polymerbasierten Verfahren, weshalb auch hier das Spektrum an Studienrichtungen breit gefächert ist – ich selbst bin beispielsweise Chemieingenieur. Wenn wir in den Bereich der Prozessingenieure schauen, finden wir Kollegen mit einem Background im Maschinenbau oder in optischen Technologien (gerade in der Lasertechnik) genauso wie aus dem Bereich der Automatisierungstechnik und Qualitätssicherung. Man sollte eine hohe Affinität für die Technologien mitbringen, gepaart mit einem hohen Maß an Kreativität.

# Einsatzgebiete für den 3D-Druck



Ein Airbus besteht bald zur 50 Prozent aus Teilen, die im 3D-Druck gefertigt wurden, das gilt nicht nur für die Inneneinrichtung



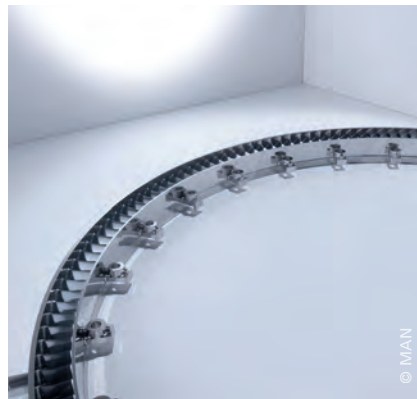
## Flugzeuge aus dem 3D-Druck

Auch Europas größter Flugzeughersteller Airbus S.A.S. befasst sich längst mit dem Thema 3D-Druck. Mit additiv gefertigten Teilen lässt sich bei gleicher Stabilität der Konstruktion das Gesamtgewicht eines Flugzeugs enorm reduzieren, wodurch nicht zuletzt der Treibstoffverbrauch geringer wird. War es 2014 noch lediglich ein einziges Teil in einem Airbus 380, so sollen in naher Zukunft die Hälfte aller Komponenten eines Airbus-380-Flugzeugs aus dem 3D-Drucker stammen. Die Bandbreite der Bauteile reicht dabei von Kleinteilen über die Sitzschalen bis hin zum Rumpf. Eine Besonderheit der Luftfahrtindustrie sind die strengen und gesetzlich geregelten Anforderungen an die Bauteile und damit auch an den Werkstoff selbst. So musste beispielsweise neben der Verarbeitung von Aluminium und anderen Metallen ein Material gefunden werden, das extrem belastbar und schwer entzündbar ist. Der thermoplastische Hochleistungskunststoff Ultem 9085 erfüllt diese Anforderungen. Auch bei den 3D-Druckern für die großen Schalenteile handelt es sich um Spezialanfertigungen, die Airbus in Zusammenarbeit mit dem Hersteller Additive Industries entwickeln ließ.

## Gebündelte Kompetenz

Der Maschinenbaukonzern MAN Turbo & Diesel setzt voll auf 3D-Druck und hat kürzlich sein eigenes 3D-Druck-Kompe-

tenzzentrum in Oberhausen eingeweiht. Im MAN Center for Additive Manufacturing arbeiten Designer, Werkstoffingenieure und Fertigungstechniker in direktem Austausch miteinander, um Ersatzteile bedarfsgerecht zu fertigen und kurzfristig nachliefern zu können.



Turbinenleitschaufeln werden künftig im MAN-Kompetenzzentrum im 3D-Druckverfahren gefertigt

Kürzere Entwicklungszyklen, mehr Freiheiten für innovative Bauteildesigns und bessere Serviceleistung sind die schlagkräftigen Argumente für die Investition in die Zukunft, die dem Unternehmen rund 2,6 Millionen Euro wert war. Bisher konnte MAN das Potenzial der additiven Fertigung für die Entwicklung einzelner Komponenten von Gasturbinen nutzen. Am Standort Oberhausen soll nun beispielsweise auch an der Weiterentwicklung einzelner Laufräder von Kompressoren oder Kraftstoffdüsen von Motoren gearbeitet werden.

## Alles für die Ergonomie

Nicht nur bei der Herstellung und Entwicklung neuer Auto- oder Jetteile können 3D-Drucker von Nutzen sein, sondern auch, wenn es um das Wohl der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen geht. Gerade bei Fließbandarbeit müssen viele Arbeitsschritte noch von Hand getätigt werden, was sich wiederum früher oder später belastend auf Sehnen, Gelenke und Muskeln auswirken kann. Um dem vorzubeugen, hat das BMW Werk in München kürzlich ein Pilotprojekt gestartet, bei dem mittels 3D-Scan individuell angepasste Hilfswerkzeuge direkt am 3D-Drucker angefertigt werden. Konkret handelt es sich dabei um eine Art Handschuh, bei dem die Fingerpartien durch einen Kunststoffteil extra verstärkt sind, sodass bei bestimmten Montagetätigkeiten eine Überbelastung von Gelenken vermieden wird. Ein wichtiger Aspekt im Hinblick auf die Industrie von morgen, wo das Wohl der Mitarbeiter, die in der Produktion agieren, stärker im Mittelpunkt stehen soll.



## Ein Schuh wie angegossen

Schuhe sind wie fast alles in der Textilindustrie Massenware. Wenn man Glück hat, passt das jeweilige Modell auf Anhieb, doch nicht umsonst hat sich die sprichwörtliche Frage nach dem drückenden Schuh ergeben. Im Sportbereich kann ein schlecht sitzender Schuh gravierende Auswirkungen auf die Gesundheit haben, weswegen die Firma Adidas schon seit drei Jahren an einem neuen Konzept arbeitet. Geplant ist, Stützung und Dämpfung jeder Sohle direkt im Laden mittels eines Laufbands individuell anzupassen. Für diese Innovation arbeitet der Großkonzern mit dem kalifornischen Start-up-Unternehmen Carbon zusammen, das momentan eine Technik entwickelt, die den Druck der Sohle in maximal 20 Minuten ermöglichen soll. Damit ließe sich der komplette Prozess, bestehend aus individueller Anpassung, Druck und Kauf des Modells beim Konsumenten in einen ganz normalen Shoppingausflug integrieren. Um dennoch auch in der Massenproduktion tätig zu bleiben, hat Adidas gleichzeitig, basierend auf den gesammelten Daten von Sportlern, standardisierte Sohlen entworfen, die ebenfalls mit dem 3D-Drucker produziert werden.



Ob Standardmodell oder individuell angepasst, die Sohle von Sportschuhen kommt zukünftig aus dem 3D-Drucker

## Links für Schüler und Studierende

Es gibt viele Möglichkeiten, sich während des Studiums mit 3D-Druck zu befassen. 3D-Drucker werden interdisziplinär eingesetzt und kommen daher in vielen Ingenieurstudiengängen zum Einsatz. Maschinenbau sollte vermutlich studieren, wer später 3D-Drucker optimieren oder für weitere Anwendungen entwickeln möchte. Doch auch das Bauingenieurwesen, die Metall- und Kunststoffverarbeitung oder spezifische Studiengänge wie Luft- und Raumfahrttechnik bieten die Möglichkeit, Innovationen und Ideen mittels additiver Fertigung voranzutreiben.

### Maschinenbau – Kunststofftechnik

Bachelor an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg, Campus Horb am Neckar  
[s.think-ing.de/kunststoff-dhbw](http://s.think-ing.de/kunststoff-dhbw)

### Maschinenbau

Bachelor und Diplomingenieur an der Technischen Universität Dresden  
Bachelor: [s.think-ing.de/maschinenbau-dresden](http://s.think-ing.de/maschinenbau-dresden)  
Diplom: [s.think-ing.de/maschbau-dresden](http://s.think-ing.de/maschbau-dresden)

### Bauingenieurwesen

Bachelor am KIT (Karlsruher Institut für Technologie)  
[s.think-ing.de/bauing-kit](http://s.think-ing.de/bauing-kit)

### Luft- und Raumfahrttechnik

Bachelor an der Universität Stuttgart  
[s.think-ing.de/lur-stuttgart](http://s.think-ing.de/lur-stuttgart)

### Anwendungstechniker für Additive Fertigungsverfahren

Aufbaustudium an der Hochschule Schmalkalden  
[s.think-ing.de/anwendungstechniker-schmalkalden](http://s.think-ing.de/anwendungstechniker-schmalkalden)

Weitere Studiengänge unter: [www.search-ing.de](http://www.search-ing.de)

## Einsatz an der Rennstrecke

Im Motorrennsport arbeiten Renningenieure schon jetzt täglich mit 3D-Druckern, um Leitungen, Schrauben und andere essentielle Teile individuell für den jeweiligen Rennwagen und dessen Fahrer zu optimieren. Dabei gilt es beispielsweise genau zu beobachten, durch welche Faktoren noch mehr Aerodynamik erreicht werden kann. Um die Erkenntnisse dieser Beobachtungen in der realen Situation anwenden zu können und direkt vor Ort Veränderungen der Details in Design und Technologie auszuprobieren, bringt das Team von McLaren/Honda seine 3D-Drucker kurzerhand mit an die Rennstrecke. Für die Verwendung während eines Rennens sind die Drucker aufgrund der knappen Zeitspanne in der Boxengasse zwar noch zu langsam, aber



Im Motorsport setzt man auch bei McLaren auf 3D-Druck

beim freien Training verschaffen sie den Teams einen enormen Vorsprung, denn was ein 3D-Drucker in wenigen Stunden schafft, konnte früher schon mal zwei bis drei Wochen in Anspruch nehmen.

think  
ING.

Die Initiative für  
Ingenieurnachwuchs

## Impressum

Herausgeber: Gesamtmetall

Gesamtverband der Arbeitgeberverbände der Metall- und Elektro-Industrie e.V.  
Voßstraße 16 - 10117 Berlin

Objektleitung: Wolfgang Gollub (verantw.)

Druck: color-offset-wälter GmbH & Co. KG, Dortmund

Redaktion und Gestaltung: concedra GmbH, Bochum

[www.think-ing.de](http://www.think-ing.de)

Alle in dieser kompakt enthaltenen Inhalte und Informationen wurden sorgfältig auf Richtigkeit überprüft. Dennoch kann keine Garantie für die Angaben übernommen werden.