

# Gedruckte Hilfsmittel für die Serienfertigung

*Durch additive Fertigung entstehen bei Ford Schablonen oder Lehren für die Fahrzeugproduktion*

Ford setzt bei der Herstellung diverser Montagewerkzeuge auf Desktop-3D-Drucker und kann dadurch die Schablonen mit teilweise komplexem Design sehr günstig und schnell vor Ort produzieren. Da die Drucker von Ultimaker nicht materialgebunden sind, kann der Automobilhersteller die Druckerzeugnisse durch unterschiedliche Filamente diverser Werkstoffhersteller exakt auf die jeweiligen Anforderungen abstimmen.



Zur präzisen Platzierung von Emblemen oder Beschriftungen setzt Ford auch in der Serienfertigung auf additiv gefertigte Schablonen und Lehren  
(© Ultimaker)

Die Automobilindustrie war eine der ersten Branchen, die die Vorteile des 3D-Drucks erkannt hat. Die fortschrittliche Technologie hat die Entwicklungs-, Design-, Fertigungs- und Vertriebsprozesse der Autobauer in den letzten zehn Jahren bedeutend verändert. Die Folge sind leichtere Produkte, neuartige Designs sowie in vielen Fällen auch geringere Kosten und kürzere Entwicklungs- und Herstellungsprozesse. Eine Studie von Allied Market Research [1] von November 2017 belegt, dass 3D-Druck den Wert bestehender Produkte und die Funktionalität in jeglicher Hinsicht erhöht und somit in der Automobilindustrie nicht mehr wegzu-

denken ist. Die Entwicklung individueller Werkzeuge für eine effizientere Fertigung gehört heute zu einer der erfolgreichsten neuen Einsatzmöglichkeiten des 3D-Drucks in der Automobilindustrie.

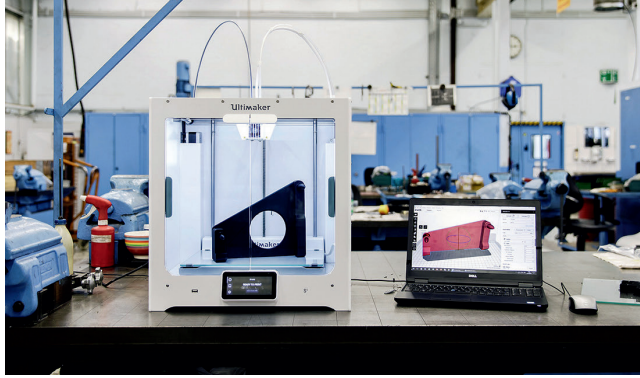
### 3D-Druck bei Ford

Ingenieure und Produktionsmitarbeiter benötigen während der Entwicklung und Herstellung der Automodelle zahlreiche passgenaue Fertigungshilfsmittel, die jeweils für eine bestimmte Aufgabe bei einem Fahrzeugmodell konzipiert sind. Allein für die Serienfertigung des Volumenmodells Ford Focus sind mehr als

50 verschiedene Schablonen und Lehren erforderlich.

Die Erstellung und Beschaffung konventionell gefertigter Hilfsmittel über externe Auftragsfertiger nimmt viel Zeit in Anspruch, ist kostenintensiv und verlangsamt den Entstehungsprozess. Um den Workflow zu optimieren, entschied sich das Additive-Manufacturing-Team der Ford-Werke GmbH in Köln dafür, Fused-Deposition-Modeling-Desktop-Drucker (FDM) des Herstellers Ultimaker B.V., Geldermalsen/Niederlande, in den Arbeitsablauf zu integrieren. Die Werkzeuge mit ihrem teilweise ziemlich komplexen Design können dadurch kostengüns- ➤

**Bild 1.** Die FDM-Desktop-Drucker von Ultimaker ermöglichen eine schnelle Herstellung der Fertigungshilfsmittel im eigenen Haus (© Ultimaker)



tig, schnell und direkt vor Ort produziert werden.

Dass die Wahl von Ford auf die 3D-Drucker von Ultimaker gefallen ist, verdanken die Niederländer auch dem materialoffenen System, mit dem sich Bauteile aus Filamenten verschiedenster Hersteller fertigen lassen. Dadurch können die gedruckten Fertigungswerkzeuge mittels Filamenten mit unterschiedlichen Materialeigenschaften individuell auf die jeweilige Anwendung angepasst werden, ohne dass eine Abhängigkeit von einzelnen Filamentherstellern entsteht. „Das offene Filamente-System erlaubt es uns, industrielle Werkstoffe einzusetzen, um noch strapazierfähigere Werkzeuge und Vorrichtungen für unsere Serienfertigung herzustellen“, erklärt Lars Bogner, Research Engineer Additive Manufacturing der Ford-Werke GmbH in Köln.

Die Fertigungs- und Montagehilfsmittel werden in der Pilot Plant von Ford in

Köln zentral entwickelt. Hergestellt bzw. gedruckt werden die Werkzeuge anschließend dezentral in allen europäischen Werken. In Köln verfügt Ford über eine komplette Kleinserienfertigung für additiv gefertigte Fertigungshilfsmittel, in denen die Lehren und Schablonen für neue Fahrzeugdesigns bis zur Serienreife entwickelt werden können. Im Vergleich zu den konventionell gefertigten Hilfsmitteln aus Metall sind die additiv gefertigten Werkzeuge aus Kunststoff wesentlich leichter und widerstandsfähiger.

### **Verschiedene Filamente für ein Montagewerkzeug**

Der Einsatz von FDM-Druckern bei der Fertigung von Produktionsmitteln, Werkzeugen und Montagehilfen hat disruptives Potenzial und könnte einen Paradigmenwechsel herbeiführen. Speziell bei den Montagewerkzeugen ist das Anwendungsspektrum nicht nur sehr mannigfaltig, sondern auch besonders umfangreich. Die Vielzahl an verfügbaren Filamenten und die Bandbreite an Materialeigenschaften ermöglichen für jede Anwendung eine maßgeschneiderte Lösung: Festigkeit, Elastizität, Temperatur- und Medienbeständigkeit, Widerstands-

fähigkeit und Haltbarkeit – je nach Anforderungsprofil können auch einzelne Bereiche eines Fertigungshilfsmittels mit anderen Eigenschaften dargestellt werden. Wichtig dabei ist allerdings, dass ein Material in ausreichender Qualität und ohne Verlust der Materialeigenschaften gedruckt werden kann.

Bei Ford kommen verschiedene Filamente und Werkstoffe bei der Herstellung der Produktionswerkzeuge wie Lehren, Halterungen oder Schablonen zum Einsatz. Dabei haben die eingesetzten Polymere spezifische Eigenschaften, die an bestimmten Stellen im Hilfsmittel Vorteile bieten oder die Anforderungen schwieriger Einsatzzwecke erfüllen:

- Thermoplastisches Polyurethan (TPU) wird bei Montagewerkzeugen eingesetzt, die an der Oberfläche des Fahrzeugs angelegt werden. Das elastische und flexible Material vermeidet Schäden an bereits lackierten Karosserien und kommt auch bei additiv gefertigten Schutzabdeckungen zum Einsatz. Darüber hinaus ist TPU besonders haltbar und eignet sich für Bauteile, die extremen Belastungen ausgesetzt sind oder sich schnell abnutzen. Das Material lässt sich einfach verarbeiten. Ein beheizter Bauraum ist nicht notwendig, und das Schrumpf- und Verzugverhalten ist minimal.
- PLA (Polylactic Acid) ist ein Standard-Filament, da es unkompliziert bei der Verarbeitung und vielseitig einsetzbar ist. PLA ist spröde und verliert ab ca. 60 °C an Festigkeit, weshalb es vorrangig für Modelle oder Prototypen verwendet wird. Ford nutzt ein technisches PLA-Filament (Typ: Tough PLA; Hersteller: Ultimaker B.V.), das in puncto Robustheit mit ABS vergleichbar, aber leichter in der Handhabung ist und sich daher sehr gut für den

## Der Autor

**Paul Heiden** ist seit Januar 2017 Senior Vice President Product Management bei Ultimaker B.V. und für die Produktentwicklung, Strategie und das Ultimaker-Material-Alliance-Programm verantwortlich.

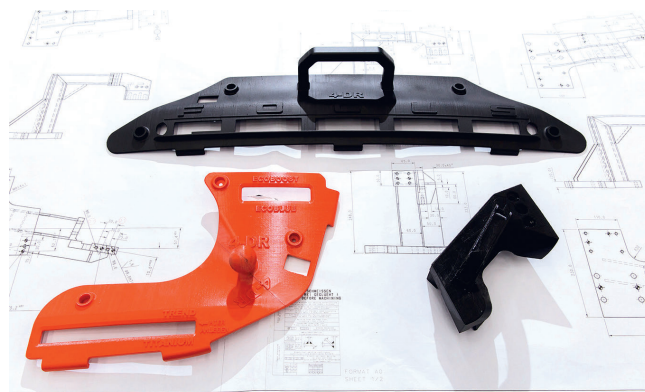
## Service

### Literatur & Digitalversion

- Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/2019-06](http://www.kunststoffe.de/2019-06)

### English Version

- Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)



**Bild 2.** Die additiv gefertigten Lehren und Schablonen sind wesentlich leichter und günstiger als konventionell gefertigte Werkzeuge

(© Ultimaker)

Druck technischer Modelle mit größeren Ausmaßen eignet.

- ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer) kann als Filament für das FDM-Verfahren universell eingesetzt werden. Es ist flexibler als PLA, zeichnet sich aber durch bessere Haltbarkeit und Temperaturbeständigkeit aus. Die Drucktemperatur für ABS liegt zwischen 210 °C und 250 °C. Daher besteht die Gefahr, dass sich das Bauteil beim Abkühlen verzieht. ABS eignet sich jedoch hervorragend für Werkzeuggriffe oder Applikationen, bei denen Belastbarkeit und Beständigkeit gefordert sind.
- Filamente aus Polyamid (PA) überzeugen durch hohe Widerstandsfähigkeit, Festigkeit, Flexibilität, geringe Reibung und hohe Korrosionsbeständigkeit. Aufgrund der sehr guten mechanischen Eigenschaften eignet sich Nylon ideal für 3D-gedruckte Werkzeuge, funktionale Prototypen und technische Bauteile. Die Werke von Ford in Europa nutzen verschiedene PA-Filamente bekannter Werkstofflieferanten der Automobilindustrie, z.B. von DSM N.V., Heerlen/Niederlande, der Clariant AG, Muttentz/Schweiz, oder der BASF S.E., Ludwigshafen.

### *Funktion folgt der Farbe*

Neben den Materialeigenschaften können die Filamente auch verschiedene Farben haben, um ganze Werkzeuge oder einzelne Bereiche der Lehren und Schablonen zu markieren. Unterschiedliche Farben kennzeichnen die Werkzeuge, wenn mehrere Fahrzeugvarianten auf einer Fertigungsstraße produziert werden. Anhand von Kennfarben lassen sich die Hilfsmittel Modelltypen, Sondereditionen bzw. einer Fahrzeugseite oder einem Fahrzeugbereich zuordnen. Werden beispielsweise auf einer Montagelinie gleichzeitig 5- und 3-türige Fahrzeuge produziert, können die Fertigungshilfsmittel für die eine Fahrzeugvariante in Rot, die Lehren für die andere in Blau gefertigt werden. Diese kleinen Maßnahmen tragen erheblich zu einem fehlerfreien Ablauf und zu einer Effizienzsteigerung in der Fertigung bei.

### *Hohe Druckqualität durch Abstimmung mit den Werkstoffen*

Für die Materiallieferanten sind Filamente für den 3D-Druck mit dem FDM-Verfahren



**Bild 3.** Die Cura-Software von Ultimaker unterstützt die Ingenieure bei Ford bei der Auswahl des passenden Materials für die Fertigungshilfsmittel (© Ultimaker)

ren ein neuer lukrativer Markt. Sie haben großes Interesse daran, die langjährigen Beziehungen mit der Automobilindustrie aus dem Spritzgießbereich weiter auszubauen. Um der wachsenden Nachfrage der Abnehmerbranche gerecht werden zu können, kooperieren aktuell etwa 80 verschiedene Werkstoffproduzenten mit Ultimaker, wie DSM, BASF, DuPont, Owens Corning, Mitsubishi, Henkel, Kuraray, Solvay oder Clariant, um industrietaugliche Filamente auf den Markt zu bringen. Für einen unterbrechungsfreien Druck und hochwertige Bauteile ist eine optimale Abstimmung zwischen Hardware, Software und Material entscheidend. Die Kunststofffilamente verhalten sich bei der Verarbeitung unterschiedlich. Kriterien wie Geometrie, Schichtstärke oder Masse des aufgetragenen Materials beeinflussen den Druckvorgang erheblich und müssen über die Software und die mechanischen Druckerkomponenten präzise gesteuert werden.

Wie Ford können auch alle anderen Kunden von der Zusammenarbeit zwischen Ultimaker und den Werkstoffherstellern profitieren. Wählt der Kunde für eine Anwendung ein Material, dessen Verarbeitungsprofil noch nicht von Ultimaker erfasst und zum Download im Ultimaker Cura Marketplace zur Verfügung steht, wendet er sich an den Werkstofflieferanten. Dieser erstellt zusammen mit Ultimaker die notwendigen Materialprofile für die Verarbeitung mit den Druckern von Ultimaker. Die Profile werden für die Slicing-Software Ultimaker Cura vorkonfiguriert und stehen anschließend zum Download zur Verfügung. Die manuelle Eingabe von Druckparametern entfällt damit für den Kunden, und durch das offene Filamentsystem entsteht ein immer breiteres Portfolio an technischen Kunststoffen und Verbundwerkstoffen für die

3D-Drucker von Ultimaker. Beim Anwendungsbeispiel von Ford kamen einerseits originale Materialprofile der Hersteller und von Ultimaker zum Einsatz, andererseits mussten die Entwickler bei Ford viele Profile selbst erstellen oder anfragen, um das gewünschte Ergebnis erzielen zu können.

### *Weitere Anwendungsfelder denkbar*

Die Vorteile des Desktop-3D-Drucks liegen auf der Hand: vergleichsweise geringe Produktionskosten angesichts kleiner Stückmengen, schnellere Verfügbarkeit im ungeplanten Bedarfsfall und ca. 70 % weniger Gewicht als die konventionell gefertigten, teilweise metallischen Werkzeuge. Verglichen mit den Kosten für Werkzeuge von externen Partnern werden bei den gedruckten Montagehilfen ca. 1000 EUR pro Schablone oder Lehre eingespart. Anstatt nach durchschnittlich zehn Wochen bei externer Vergabe für das Design und die Herstellung stehen jetzt selbst komplexe Montagevorrichtungen spätestens nach zehn Tagen zur Verfügung.

Ford setzt Desktop-3D-Drucker in allen europäischen Werken ein. Das Entwicklungsteam in Köln stellt das Design der Fertigungs- und Montagehilfsmittel für alle Produktionsstandorte zur Verfügung, wo diese innerhalb von 24 Stunden direkt gedruckt werden können. Neben Montagehilfen druckt Ford auch Schutzvorrichtungen, Abdeckungen oder Platzhalter für fehlende Kleinteile im Prototypenbau. Fast täglich ergeben sich neue Anwendungen für Betriebsmittel oder Verbrauchsgegenstände mit geringen Stückzahlen, sodass Ford aktuell prüft, in welchen anderen Anwendungsfeldern der Einsatz von FDM-Desktop-Druckern wirtschaftlich und technisch sinnvoll ist. ■