

## Neuinstallierter 3D Drucker mit FDM-Technologie am Institut für Maschinenwesen

Siemann, E.

*Seit Oktober verfügt das Institut für Maschinenwesen über einen 3D Drucker Dimension BST 768 der Firma Stratasys Inc./alphacam Fertigungssoftware GmbH. Damit ist es Studenten der Hochschule und Mitarbeitern möglich, die Fused Deposition Modelling Technologie, kurz FDM, genauer kennen zu lernen und für dreidimensionale Modelle zu nutzen.*

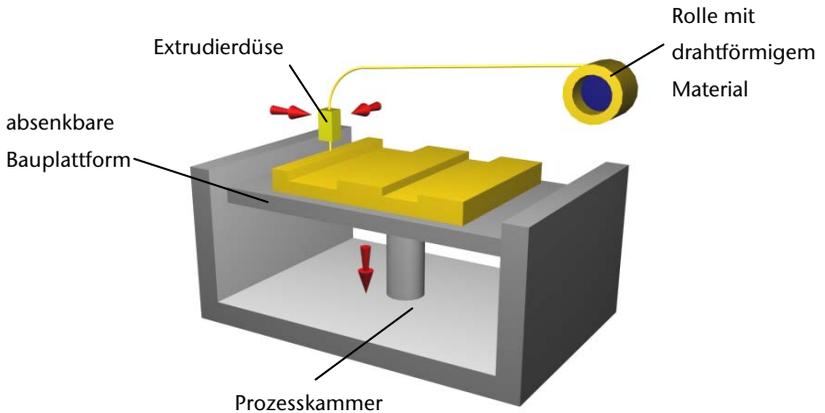


*Since October the Institute of Mechanical Engineering are able to use a Dimension BST 768 3D printer. Now students and scientific staff can use the fused deposition modelling technology.*

### 1 Einleitung

Der FDM-Prozess gehört zu den generativen Fertigungsverfahren bei denen direkt aus dem Datenmodell der CAD-Anwendung heraus ein reales Endprodukt erzeugt wird. Im Fertigungsprozess wird das drahtförmige Ausgangsmaterial in einer beheizbaren Extrudierdüse aufgeschmolzen und durch einen integrierten Düsenkopf, der sich durch einen 2D-Mechanismus in X-Y-Richtung bewegt, gefördert. Diese Düse hinterlässt entlang ihrer Bahn, der Bauteilgeometrie, das aufgeschmolzene Material, welches auf der Bauplattform erneut erstarrt. Danach wird die Plattform um eine Schichtdicke in Z-Richtung abgesenkt und die nächste Schicht wird analog dazu erzeugt. Prinzipiell ist der Ablauf der Fertigung in **Bild 1** dargestellt.

Mit dieser Technologie können Bauteile innerhalb kürzester Zeit und mit geringen Kosten flexibel produziert werden. Das äußerst feste ABS-Baumaterial entspricht weitestgehend den Eigenschaften eines ABS-Serienbauteiles und ermöglicht so eine Anwendung der Teile für Ergonomie- und Funktionsversuche.



**Bild 1:** Schematische Darstellung des FDM-Bauprozesses /1/

## 2 Prozesskette

Wie das bereits am IMW installierte Selektive Lasersintern gehört das Fused Deposition Modelling zu den Rapid Prototyping Verfahren und ist somit ein Bindeglied zwischen Entwurf und Produktion. Startpunkt jeglicher Fertigungsprozesse ist dabei die 3D-CAD Konstruktion die zwingend als Volumenmodell vorliegen muss (siehe **Bild 2**), da aus diesem die Schichtinformationen für den späteren Bauprozess gewonnen werden. Die Schnittstelle zur weiteren Datenaufbereitung stellt die STL-Formatierung dar. Dieser STL-Datensatz entsteht, indem die Oberfläche des CAD-Modells mit kleinsten Dreiecken überzogen wird und so eine Annäherung an die tatsächliche dreidimensionale Geometrie erfolgt.

In der Datenaufbereitung die mit der Software Dimension CatalystEX 3.0 vorgenommen wird, können dann die Bauteile für den Bauprozess platziert, Stützstrukturen (Support) generiert und die Schichtinformationen erzeugt werden. Dies ist nötig, da zur Steuerung der Extrudierdüse beim Bauprozess diese mathematisch gleichen Schichten vom 3D Drucker im Bauprozess abgearbeitet und materiell umgesetzt werden.

Hierbei baut sich Schicht für Schicht ein vollständig generiertes Modell der CAD-Daten auf, dadurch lassen sich die kompliziertesten Konturen und räumlichen Geometrien in kürzester Zeit realisieren.

Die Endbearbeitung der Teile ist der letzte Schritt in der Prozesskette der FDM-Fertigung. Hier muss zum einen der Support vom Bauteil entfernt oder weitere konstruktive Features wie zum Beispiel Gewinde konventionell erstellt werden. Zum anderen kann eine Oberflächenveredelung oder Wärmebehandlung vorgenommen werden, um spezielle Eigenschaften der Bauteile zu erlangen. Die Palette der Optionen geht von Schutz gegen Temperaturschwankungen bis zu elektromagnetischer Abschirmung. Die dabei erzielten Oberflächen können ohne weiteres mit denen von Serienprodukten mithalten oder übertreffen diese sogar.

**CAD-Konstruktion**

- 3D-Konstruktion
- STL-Formatierung



**Datenaufbereitung**

- Platzieren der Bauteile
- Support generieren
- Schichten erzeugen
- CMB-Schnittstelle



**FDM-  
Bauprozess**

**Finishen**

- Support entfernen
- Möglichkeit des Schleifens, Lackierens, der NC-Bearbeitung und Wärmebehandlungen



**fertiges  
Produkt**



**Bild 2:** Fused Deposition Modelling Prozesskette

**3 FDM-Anlage und Baumaterialien**

Der 3D Drucker Dimension BST 768 wird von der Firma Stratasys Inc. hergestellt und vom deutschen Distributor alphacam Fertigungssoftware GmbH in Schorndorf vertrieben. Durch seine geringe Größe, Gewicht und seine Umweltverträglichkeit kann er ohne Probleme in einer Büroumgebung aufgestellt und betrieben werden. Seine Abmessungen sind ca. 0,7 m in der Breite, 0,9 m in der Tiefe, 1 m in der Höhe (ohne Maschinenunterschrank) und sein Gewicht beträgt 136 kg. Kommuniziert wird mit dem in der Anlage integrierten Rechner über eine Standard TCP/IP 100/10 Base-T Netzwerkschnittstelle.

Bauteile finden auf der (B x T) 203 x 203 mm großen Bauplattform Platz und können im bis zu 305 mm hohen Bauraum generiert werden.

Als Baumaterial steht das Thermoplast ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol Copolymerisat) zur Verfügung. Dieses Baumaterial gibt es für den Anlagentyp in den Farben weiß, blau, gelb, schwarz, stahlgrau, rot und grün. Wobei der Drucker diese aber nur Schichtweise wechseln kann und es ihm somit nicht möglich ist Farbverläufe zu erzeugen.

Die in **Tabelle 1** aufgezeigten Materialeigenschaften, wie unter anderem die Zugfestigkeit von 22 N/mm<sup>2</sup> und das Zug-Elastizitäts-Modul von 1627 N/mm<sup>2</sup>, entsprechen in etwa zwei Drittel eines Standard ABS-Spritzgussbauteiles. Aufgrund dieser Werte ist es möglich die FDM Bauteile sehr flexible und seriennahe anzuwenden.

<b>Mechanische Eigenschaften</b>	Einheit	Wert	Prüfmethode
Zugfestigkeit, Type 1, 0.125	N/mm <sup>2</sup>	22	ASTM D638
Zug-Elastizitäts-Modul, Type 1, 0.125	N/mm <sup>2</sup>	1627	ASTM D638
Dehnung, Type 1, 0.125	%	6	ASTM D638
Biegefestigkeit	N/mm <sup>2</sup>	41	ASTM D790
Biege-Elastizitäts-Modul	N/mm <sup>2</sup>	1834	ASTM D790
IZOD-Schlagzähigkeit	J/m	214	ASTM D256
IZOD-Kerbschlagzähigkeit	J/m	107	ASTM D256

<b>Thermische Eigenschaften</b>	Einheit	Wert	Prüfmethode
Formbeständigkeit in der Wärme, bei 4,6 bar	°C	90	ASTM D648
Formbeständigkeit in der Wärme, bei 18,2 bar	°C	76	ASTM D648
Glasübergangtemperatur Tg	°C	104	ASTM (SSYS)

<b>Spezielle Eigenschaften</b>	Einheit	Wert	Prüfmethode
Spezifische Dichte	g/cm <sup>3</sup>	1,05	ASTM D792
Rockwell-Härte		R105	ASTM D785
Vertikaler Brenntest (Entflammbarkeit)	mm	HB	UL 94
Elek. Durchschlagfestigkeit	kV/mm	32	IEC 60112
Dielektrizitätszahl (60Mhz)		2,4	IEC 60250

**Tabelle 1:** Dimension BST 768 Baumaterialeigenschaften /2/

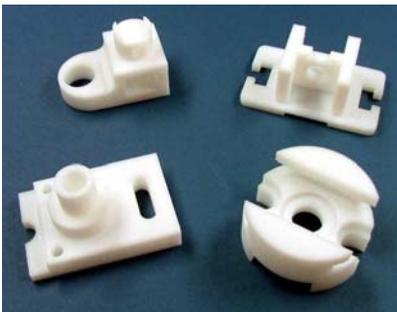
Ein leichtes Entfernen der Stützstrukturen gewährleistet das Break Away Support System (BASS™), welches durch eine spezielle Bauweise und ein separates Supportmaterial das manuelle Entfernen gestattet. Das Supportmaterial geht beim Bauprozess keine feste Verbindung mit dem Bauteilmaterial ein.

#### 4 Anwendungsmöglichkeiten des 3D Druckers

Das Spektrum der Anwendungen für die Dimension BST 768 am Institut reichen vom Lehrbetrieb bis hin zu Funktionsteilen für Prüfstände und Versuchsaufbauten.

In der Lehre soll der 3D Drucker den Studierenden aktuelle Fertigungsverfahren der Produktentwicklung im Rahmen von Vorlesungen, Übungen und Praktika näherbringen. Die Anlage unterstützt hierbei vor allem die Vorlesungen Rechnerintegrierte Produktentwicklung, Rechnerintegrierte Fertigung, Konstruktionselemente sowie die Praktika Rapid-Prototyping und Tooling und das CIM-Praktikum.

Den Studierenden kann so im Bereich der Rapid-Technologien ein neues Fertigungsverfahren praktisch vorgestellt werden und bietet ihnen so die Option eigene Konstruktionen in Übungen zu erstellen (siehe Bild 3 und 4).

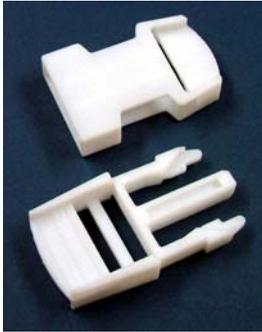


**Bild 3:** Übungsbauteile aus dem Kurs:  
Technisches Zeichnen



**Bild 4:** Designelement /3/

Weiterhin konnten, wie Bild 5 und Bild 6 zeigen, erste Funktionsteile mit der FDM-Anlage generiert werden. Unter anderem entstanden hierbei mehrere Schnappverschlüsse zum Test der Flexibilität und ein optimiertes Hebelsystem eines Motorradhelm-Visiers.



**Bild 5:** Schnappverschluss



**Bild 6:** Hebelsystem eines Motorradhelm-Visiers

Die angepasste Konstruktion des Hebels bewirkt eine Erhöhung der Festigkeit durch eine breitere Wandstärke, einer Führung der Feder und der Drehachse, sowie einer stärker ausgebildeten Rundung zur besseren Justierung des Visiers.

## 5 Zusammenfassung

Durch den installierten 3D Drucker können jetzt schnell und kostengünstig Prototypen und Funktionsteile aus ABS Material hergestellt werden. Die FDM-Technologie ermöglicht es hierbei Seriennahe Material- und Oberflächeneigenschaften der Bauteile zu generieren.

Diese geringen Kosten gestatten es in Praktika und Übungen den Studierenden dieses RP-Verfahren zugänglich zu machen und so die Anschaulichkeit und Qualität der Lehre zu erhöhen.

## 6 Literatur- und Quellenverzeichnis

- /1/ Müller, N.: Rechnerintegrierte Produktentwicklung: Übung „Rapid Prototyping and Rapid Tooling“, Clausthal-Zellerfeld, 2008
- /2/ Materialdatenblatt Acrylnitril-Butadien-Styrol Copolymerisat, Stratasys Inc., USA, 2006
- /3/ Bathsheba Sculpture LLC: Antichron, Santa Cruz, 2008