

# LEHRE UND FORSCHUNG

— 2014 —

## Neue Möglichkeiten der Prototypenfertigung im 3D-Druck an der Hochschule Trier

Durch die Einführung eines neuen 3D-Drucksystems erweitert das Labor für Digitale Produktentwicklung und Fertigung LDPF im Fachbereich Technik sein Anwendungsspektrum um die professionelle Herstellung von funktionellen Kunststoffprototypen

FB TECHNIK  
Michael Hoffmann  
Jens Eberhard

### EINLEITUNG

Der 3D-Druck, eine Fertigungstechnologie die in Fachkreisen als additives bzw. generatives Fertigungsverfahren bezeichnet wird, erlebt in den letzten Jahren einen enormen Zuwachs. Verfahrensoptimierungen zur Erhöhung der Prozesssicherheit, neue Werkstoffe und Werkstoffkombinationen, sowie eine stetige Verbesserung von Auflösung und Genauigkeit der Prototypen bei gleichzeitig sinkenden Kosten der Fertigungsanlagen ermöglicht einen wirtschaftlichen Einsatz in Produktentwicklungsprozessen bis hin zu industriellen Produktionsprozessen. Diese Entwicklung wurde an der Hochschule Trier bereits vor vielen Jahren erkannt. Im Fachbereich Technik wurde unter der Leitung von Michael Hoffmann im Labor für Digitale Produktentwicklung und Fertigung [LDPF] ein Kompetenzzentrum für Computerunterstützte Konstruktion und Fertigung aufgebaut. Neben der digitalen Aufberei-

tung, Prozessoptimierung und Absicherung von CNC-gesteuerten Fertigungsprozessen für die klassischen, sogenannten subtraktiven Fertigungsverfahren wie Fräsen und Drehen werden sowohl in der Lehre als auch in konkreten Industrie- und Forschungsk Kooperationen verschiedene additive Fertigungsverfahren (3D-Drucktechnologien) im praxisnahen Einsatz untersucht und bewertet.

Als „additiv“ bezeichnet man dabei alle Herstellverfahren, bei denen der Werkstoff zur Erzeugung des Bauteils schichtweise aufgetragen wird. Das Schichtbauprinzip ermöglicht es, in kürzester Zeit geometrisch komplexe Strukturen herzustellen, die mit konventionellen Fertigungsverfahren gar nicht oder nur sehr aufwendig realisierbar sind. Die Prototypen können dabei bereits wichtige Merkmale und Eigenschaften wie mechanische Festigkeit oder Farbe des spä-

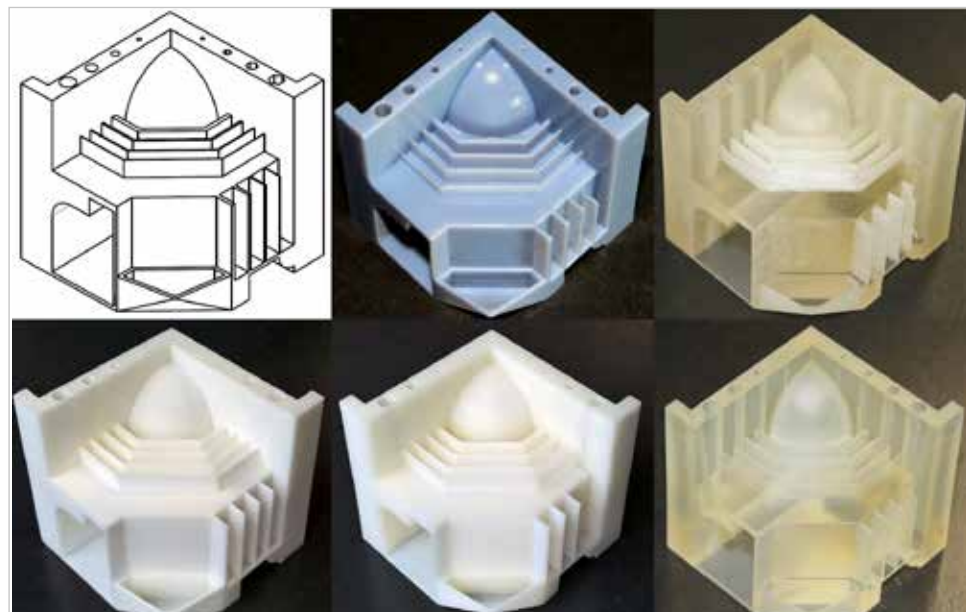


Abb. 1: Benchmark- Bauteil verschiedener Anbieter

**Vergleich Rapid Prototyping Systeme**

HOCHSCHULE TRIER  
The University of Applied Sciences

Modell	Photon 2500	Photon 2000	Photon 2100	Photocube P100
Bauvolumen (mm³)	10000	10000	10000	10000
Auflösung (µm)	100	100	100	100
Materialien	ABS, PLA, Nylon	ABS, PLA, Nylon	ABS, PLA, Nylon	ABS, PLA, Nylon
Druckzeit (h)	10	10	10	10
Preis (€)	10000	10000	10000	10000

Abb. 2: Auswertung des Benchmarks

teren Endproduktes haben.

Die heutigen 3D-Drucktechnologien bieten im Hinblick auf Reifegrad und Durchgängigkeit der Prozesskette noch erhebliches Optimierungspotential und sind somit in der Breite für den industriellen Einsatz noch nicht geeignet. Gleichwohl zeigen sich bereits sehr viele Aspekte, die zu einem erheblichen Wettbewerbsvorteil führen können. So zum Beispiel in der Produktentwicklung: Durch den Einsatz additiver Fertigungsverfahren können die Prozesszeiten in der Konstruktion, dem Produktionsbeginn und der Verfügbarkeit der ersten Produkte erheblich reduziert werden.

### Marktanalyse und Benchmark von 3D-Drucksystemen für industrielle Anwendungen

Im Oktober 2014 konnte der bestehende 3D-Druckservice um einen professionellen Kunststoffdrucker erweitert werden. Im Vorfeld wurden eine aufwändige und intensive Markt- u. Technologierecherche sowie ein konkreter Benchmark (Abbildung 1) der etablierten 3D-Drucksysteme durchgeführt. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse (Abbildung 2) fiel die Wahl auf ein System, das den Gegebenheiten und Anforderungen des Labors am besten entspricht.

Das neue 3D-Drucksystem Fortus 250mc (Abbildung 3) des US amerikanischen Herstellers Stratasys arbeitet nach dem FDM-Verfahren (Fused Deposition Modeling, zu Deutsch: Schmelzschichtung). Die

Maschine ist für die professionelle/industrielle Fertigung von mechanisch belastbaren und funktionellen Prototypen ausgelegt (Enterprise Segment). Das Drucksystem beinhaltet unter anderem einen abgeschlossenen und beheizten Bauraum, darin ein Extruderkopf mit zwei Düsen für unterschiedliche Materialien (ABS-Kunststoff und ein auswaschbares Stützmaterial) sowie eine Nutzersoftware die vielfältige Änderungen ermöglicht, um die Verfahrensparameter an die jeweilige Aufgabe anzupassen. Den korrekten Umgang mit Hard- und Software erlernten die Mitarbeiter des Labors während einer mehrtägigen Schulung.

Seit Oktober 2014 ist das neue Drucksystem in Betrieb und wurde seither bereits intensiv genutzt. So z.B. in vielfältigen studentischen Projekten, Abschlussarbeiten oder auch einem Schüler-Workshop.



Abb. 3: Neuer 3D-Drucker Fortus 250mc (Quelle: Stratasys)



Abb. 4: 3D-Druck der Kunststoffgehäuse

### Schülerworkshops

#### „Ideen [be]greifen mit 3D-Druck“

Ende Oktober veranstaltete Michael Hoffmann wieder einen mehrtägigen Workshop für SchülerInnen der gymnasialen Oberstufen und Fachoberschulen in den Schulferien. Nach kurzer Einführung in das weMINTo-Projekt (siehe Bericht Lehre und Forschung 2013), einem Einblick in die Bedienung eines professionellen 3D-CAD Systems und der 3D-Druck Technologie konnten die Teilnehmer ein Spielgehäuse nach eigenen Vorstellungen gestalten. Anschließend wurden die entstandenen 3D-Modelle über Nacht gedruckt (Abbildung 4 und 5). Gemäß dem Motto „Ideen [be]greifen“ durften die Schülerinnen und Schüler das selbst erstellte Gehäuse am Ende in den Händen halten und natürlich auch mit nach Hause nehmen (Abbildung 6).



Abb. 5: Ergebnisse des Workshops

### Digitale Produktentwicklung u. 3D Druck in Kooperationsprojekten

Neben dem Einsatz im Lehrbetrieb werden die additiven Technologien des Labors auch im Rahmen verschiedener Kooperationsprojekte mit der Industrie genutzt. Ein Beispiel ist die Zusammenarbeit der Hochschule mit dem Unternehmen Klimatec Luft- und Klimatechnik GmbH mit Sitz in Trier.

Ziel der Kooperation war die Optimierung eines Bauteils aus der Serienproduktion von Klimaschränken (Abbildung 7 und 8). Dabei handelt es sich um einen Eckverbinder, der in einer Stückzahl von ca. 10.000 Einheiten/Jahr im Kunststoffspritzguss produziert werden soll. Die Teileproduktion und die Fertigung des dazu erforderlichen Kunststoffspritzgießwerkzeugs sollte wie beim alten Bauteil an einen externen Dienstleister vergeben werden. In der Vergangenheit bestand die Problematik, dass nach Fertigstellung der Konstruktionszeichnungen drei Monate oder mehr vergingen, bis eine Spritzgussform bei einem entsprechenden Dienstleister angefragt, angeboten, beauftragt, konventionell gefertigt und einsatzbereit war und erst dann erste Produkte praktisch getestet werden konnten. Änderungen am Verbindungselement wären dann nicht mehr oder nur mit hohem Zeit- und Kostenaufwand möglich.

„Im Rahmen des Kooperationsprojektes waren durch die Verwendung eines parametrischen CAE-Systems eingebrachte Ideen, deren Umsetzung in die 3D-Entwürfe in verschiedenen Varianten und die Fertigung von Prototypen im 3D-Druck in ein paar Tagen realisierbar“, erklärt Jens Eberhard, Projektingenieur im Labor für Digitale Produktentwicklung und Fertigung. Diese Prototypen dienten dabei nicht nur zur Anschauung, sondern wurden gleich in der Produktion eines Klimagerätes als Musterbauteil integriert und in



Abb. 6: Montage und Test



Abb. 7: Klimaschrank, Foto: Klimatec

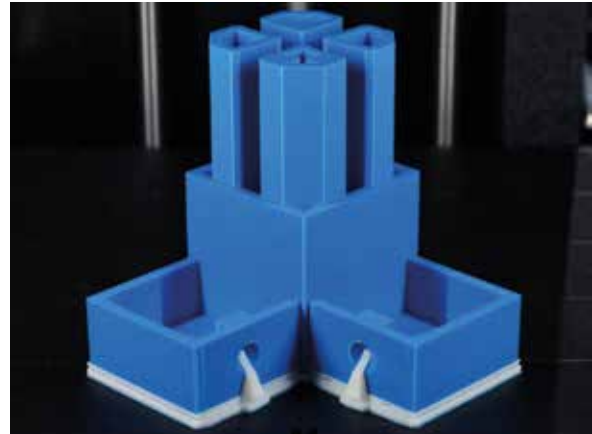


Abb. 8: Druck eines Funktionsprototyps in Kunststoff



Abb. 9: Funktionsprototyp aus dem 3D-Druck: Winkelsteller für den Möbelbau



Abb. 10: Funktionsprototyp aus dem 3D-Druck: Winkelstellers zur Höhenverstellung von Möbelfüßen

Funktion sowie Handhabung getestet.

„Die Tatsache, dass der Leiter der Entwicklungsabteilung Herr Helmrich bereits kurz nach seinem Studium mit seiner Problemstellung wieder den Weg zur Hochschule gesucht hat, zeigt die Bedeutung der Vernetzung von Hochschule und den regional ansässigen Unternehmen.

Wir unterstützen in solchen Kooperationen die KMUs, um durch die Einführung neuer Technologien wettbewerbsfähig zu bleiben“, betont Michael Hoffmann, Leiter des Fach-

gebiets Computerunterstützte Konstruktion und Fertigung im Fachbereich Technik an der Hochschule Trier.

„Der Technologietransfer mit der Hochschule spielt für uns eine wichtige Rolle, um uns stetig weiter zu entwickeln. Wir möchten diesen weiterhin intensivieren, um die Kompetenzen der Hochschule zu nutzen und durch individualisierte Lösungen kundenspezifische Wünsche noch besser erfüllen zu können. Durch die Zusammenarbeit mit Herrn Eberhard und Herrn Hoffmann,

vom Labor für Digitale Produktentwicklung und Fertigung, konnten wir in kürzester Zeit unsere Konstruktion des Eckverbinders weiter verbessern und letztendlich die Fertigung des Spritzgießwerkzeugs in Auftrag geben.“ resümiert Marc Helmich, Leiter Entwicklung und Konstruktion, Klimatec Luft- und Klimatechnik GmbH.

Ein weiterer Anwendungsfall für das neue Drucksystem war die Entwicklung und Optimierung mehrerer Prototypen eines Winkelantriebs für den Möbel- und Holzbau. In diesen Branchen kommt es häufiger vor, dass Schraubenmuttern über eine weitere Distanz auf einer Gewindestange bewegt werden müssen. Gerade an schwer zugänglichen Stellen können solche eher simplen manuellen Arbeitsschritte verhältnismäßig viel Zeit in Anspruch nehmen. Abhilfe soll eine verzahnte Mutter mit einem passenden Antriebsaufsatz für Akkuschrauber schaffen. Die, inzwischen als Patent angemeldete Idee stammt von Matthias Kronenberg und Stefan Schmaalenberg von der Möbelmanufaktur Atelier aus Salmtal-Dörbach. Im nächsten Schritt sollte aus den skizzierten Ideen ein funktionaler Prototyp entwickelt und gefertigt werden. Damit wandten sich die Erfinder an das Labor von Michael Hoffmann.

Auf Basis der Beschreibungen und Skizzen wurde ein Konzept im 3D-CAD ausgearbeitet. So entstand im LDPF zunächst ein virtuelles parametrisches Modell am PC. Dort konnten schon einige notwendige Verbesserungen erkannt und direkt umgesetzt werden. Die Realisierung eines Funktionsprototyps aus den 3D-Daten erfolgte dann durch den Einsatz des neu beschafften 3D-Druckers (Abbildung 9). In nur wenigen Stunden fertigte die Maschine den ersten belastbaren Prototyp. Auch die gewünschte Antriebsfunktion war vorhanden. „Mit diesen Prototypen können

wir nun unsere Idee sehr anschaulich vorstellen und konkrete Schritte für die Serienproduktion einleiten“, stellten die Kooperationspartner begeistert fest.

Anschließend folgten weitere Optimierungen an der Geometrie sowie eine funktionale erweiterte Version dieser Technik für verstellbare Möbelfüße (Abbildung 10).

Durch diese Art von Praxis-Kooperationen können wir unseren Studierenden und Industriepartnern sehr anschaulich zeigen, wie innovative Ideen mit Hilfe von generativen Fertigungsverfahren in kürzester Zeit realisiert und weiterentwickelt werden können.



**Michael Hoffmann**

FB Technik  
Fachgebietsleitung CAD und CAM

Hochschule Trier,  
Hauptcampus

T.: +49 651 8103 281  
M.Hoffmann@fh-trier.de  
<http://hochschule-trier.de/~hoffmann>