

Architektur- und Geländemodell: Hier steht nicht das Detail im Vordergrund, sondern der Überblick. Im Gegensatz zum klassischen Modellbau bietet der 3D-Druck eine kostengünstige Alternative, die nicht nur eine sehr eindrucksvolle Wiedergabe, sondern auch einen schnelleren Aufbau ermöglicht.

Didaktischer mit 3D-Modellen

Die erfolgreiche Vermittlung technischer Inhalte im Hochschulbereich wird wesentlich vom richtigen Medieneinsatz bestimmt. Hier hilft Rapid Prototyping in der Lehre, Technik dreidimensional greifbar zu machen.

➔ Ein Phänomen unserer Zeit ist der vielbeklagte Mangel an Technikern und Technikerinnen quer durch alle Disziplinen der Ingenieurwissenschaften, wobei Frühpensionierungen und Stellenabbau während der letzten Wirtschaftskrise die Situation noch weiter verschärfen. Eine weitere Ursache für das mangelnde Interesse ist, dass unsere Jugend für Technik kaum zu begeistern ist. Das hat auch damit zu tun, dass viele unserer Produkte kompakt, miniaturisiert und so kaum zerleg- und damit erforschbar sind.

Die genannten Fakten sind Gründe dafür, dass neue Methoden zur Verbesserung der technischen Ausbildung, insbesondere an Fachhochschulen und Universitäten, entwickelt werden müssen. Die Rapid-Technologien stellen ideale Hilfsmittel dar, um die neuesten Trends für die Studierenden »greifbar« zu machen. 3D-Drucksysteme, die Lehrmodelle und industrielle Produkte als Schnittmodelle in Vollfarbe erzeugen, schaffen wichtige Voraussetzungen, um besonders die Jugend mehr für Technik zu begeistern.

Das 3D-Drucksystem der Studienrichtung Automationstechnik an der FH Campus 02 in Graz (Österreich) arbeitet nach dem Prinzip des indirekten 3D-Druckens. Der Prozess des indirekten Druckens ist durch das Sprühen eines Bindemittels in ein Pulverbett gekenn-

zeichnet, um eine dünne Schicht des Ausgangsmaterials in eine feste Schicht zu verwandeln und gleichzeitig mit der darunterliegenden, bereits gebauten Struktur zu verbinden. Der 3D-Drucker besitzt neben dem Druckkopf für farblosen Binder auch weitere Druckköpfe für die drei Grundfarben (Yellow, Magenta und Cyan) zur Erzeugung vollfarbiger Teile.

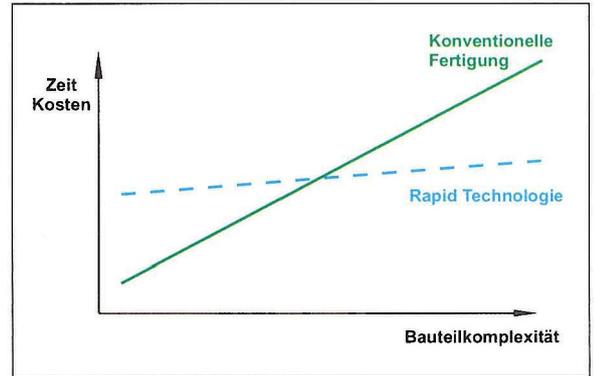
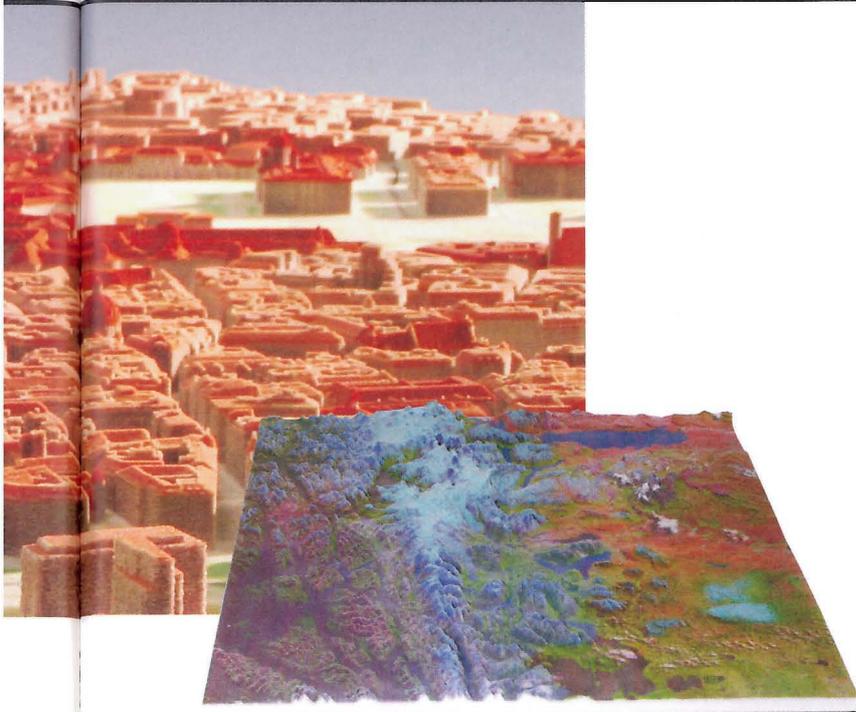
Verwendet wird der Z-Printer 650 von Z Corporation. Dieser beinhaltet die geeignete Ausstattung. Er hat eine Auflösung von 600 x 540 dpi und bietet neben den Binderflüssigkeiten Farblos, Yellow, Magenta und Cyan auch einen schwarzen Binder samt Druckkopf. Damit man die Druckkosten gering halten kann, wird nur eine etwa 2 mm dicke Randzone in Farbe gedruckt.

Die Entscheidung über den Einsatz von Rapid-Technologie

in Lehre und Forschung wird zwangsläufig auch von wirtschaftlichen Fragen beeinflusst. Folgende Voraussetzungen müssen für einen effizienten Einsatz erfüllt sein:

- Komplexe Geometrie der Bauteile
- Notwendigkeit der raschen Auftragsabwicklung
- Große Variantenvielfalt
- Standardmäßiger Einsatz eines 3D-CAD-Systems
- Engagiertes, handwerklich geschicktes Personal

In Sachen Wirtschaftlichkeit sind feste wie variable Kosten zu beachten. Zu den Fixkosten gehören die Anschaffungskosten (kalkulatorische Abschreibung, kalkulatorische Zinsen) inklusive der maschinennahen Infrastruktur (also Computeranlage, Software und anderes Zubehör). Die sehr kurzen Innovationszyklen bei additiven Fertigungsanlagen führen zu ver-



Einfluss der Bauteilkomplexität auf die Kosten: Der Zeit- und damit Kostenvorteil kommt bei komplexen Modellen besonders zum Tragen.

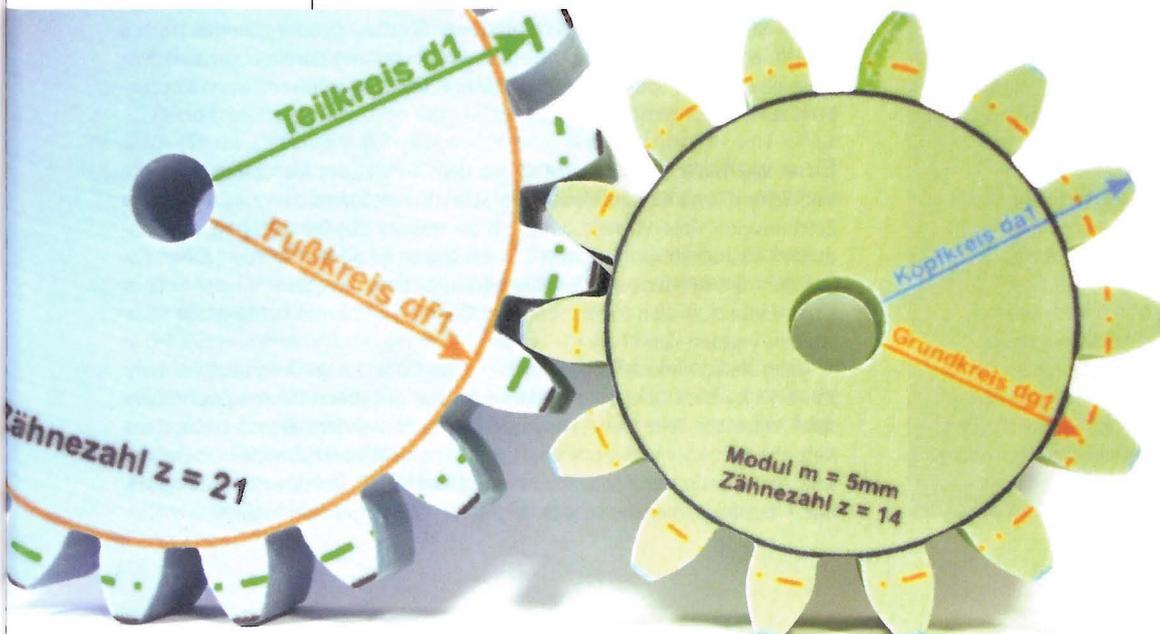
gleichsweise hohen Kosten für Instandhaltung und Wartung. Bezüglich der variablen Kosten ist als Hauptfaktor das Material zu sehen (Pulver, Binder, Druckköpfe, Infiltrat). Da derzeit noch wenige Anlagen im Einsatz sind und der Kreis der Materialanbieter naturgemäß klein ist, befinden sich die Materialkosten auf hohem Niveau. An der Studienrichtung Automatisierungstechnik wurde daher ein Kalkulationsblatt entworfen, mit dem die Druckkosten direkt aus den Angaben zu Materialverbrauch und Druckzeit der Software Z-Print ermittelt werden können. Nicht zu vernachlässigen sind die Energiekosten, da ein 3D-Drucker zur Temperierung des Pulver-Vorratsbehälters rund um die Uhr eingeschaltet sein muss.

Eine nur vage Vorstellung existiert am Beginn eines Projektes häufig bezüglich des endgültigen Modells. Auch neigen Personen, die mit der Technik weniger vertraut sind, zur Überschätzung der Möglichkeiten des Druckver-

fahrens. Daher ist eine umfassende Beratung und detaillierte Planung, die die Anforderungen im Unternehmenseinsatz berücksichtigt, unerlässlich. Wenn eigene CAD-Daten vorhanden sind oder Geometriedaten von Firmen zur Verfügung gestellt werden, lassen sich diese über das VRML-Format direkt vom 3D-Drucker verarbeiten.

Eine Besonderheit des Verfahrens ist der Vollfarbdruck von Grafiken (zum Beispiel Logos oder Beschriftungen), die auf Oberflächen der Volumenkörper projiziert werden können. In der Gestaltung des Layouts sollen Erkenntnisse der Mediendidaktik einfließen (wie Größe der Beschriftung, Farbwahl). Während man die Farbinformation der Einzelteile in der VRML-Datei speichert, müssen die Grafiken in der Zusatzsoftware Z-Edit auf den Flächen positioniert, in der Größe angepasst und danach projiziert werden.

Gedrucktes Kinematikmodell einer Stirnradverzahnung: Es besteht aus zwei Evolventenzahnrädern, wobei einige Kenngrößen bemisst und bezeichnet sind. Das Modell lässt sich bewegen und damit kann man Sachverhalte (wie Verzahnungsgesetz, Überdeckungsgrad, Kräfte) am Zahnrad veranschaulichen.



Die einfache Übernahme des modifizierten 3D-Objekts in das Programm Z-Print, das die eigentliche Drucker-Software darstellt, beschließt die vorbereitenden Maßnahmen des Druckprozesses. Mit Z-Print bestimmt man zuerst die Druckzeit und die erforderlichen Materialmengen. Selbstverständlich kann man durch einfaches Skalieren das Modell kleiner und damit billiger ausführen, damit ist jedoch eine geringere Anschaulichkeit verbunden.

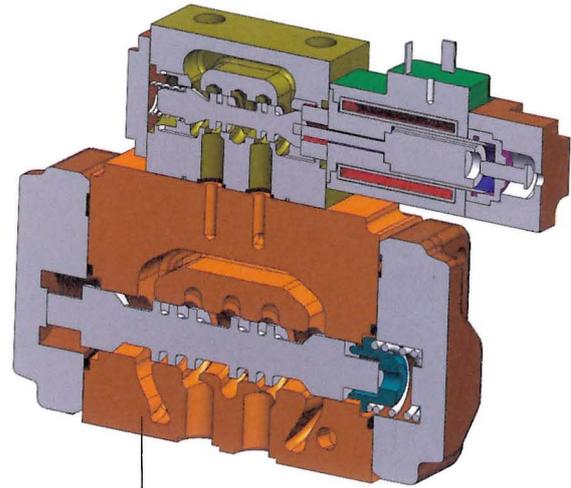
Die vorbereitenden Arbeiten umfassen die Säuberung der Anlage (Bauraum, Reinigungsstation), notwendige Wartungsarbeiten und, falls erforderlich, die Ergänzung von Verbrauchsmaterial. Wenn Druckköpfe zu tauschen sind, ist ein Alignment-Druck zu starten. Dabei wird ein spezielles Muster gefertigt und durch ein Kamerasystem vermessen. Bei Abweichungen kompensiert die Maschine die Positionsunterschiede der einzelnen Druckköpfe automatisch.

Der Bauprozess läuft vollautomatisch ab, es werden zwischen zwei und vier Schichten (Stärke 0,1 mm) pro Minute gedruckt. Man kann dabei das gesamte Bauvolumen mit Teilen ausfüllen. Nachdem die Bauteile fertig aufgebaut sind, verbleiben sie noch ungefähr zwei Stunden zum Trocknen im Pulverbett, um die Festigkeit zu erhöhen. Das Absaugen und Abblasen des umgebenden oder anhaftenden Pulvers muss sehr sorgfältig geschehen, damit die Teile nicht brechen oder die Oberflächen durch den Druckluftstrahl beschädigt werden. Grundsätzlich sollte eine geschulte Person den Drucker bedienen.

Bei der Infiltration wird Erfahrung vorausgesetzt, vor allem aber sind die Sicherheitsvorschriften (Handschuhe, Schutzbrillen) zu beachten. Den Abschluss des Produktionsvorgangs bildet die Überprüfung der Qualität der Modelle.

REFERENZEN

- Gäse, T. (2009): Detaillierungsstufen in der Layoutplanung. Innovationsforum Digitale Fabrik, S. 104-106, Westsächsische Hochschule Zwickau, ISSN 1863-1916
- Gebhart, A. (2007): Generative Fertigungsverfahren. Hanser Verlag, S. 50-55, ISBN 3446226664, München
- Hartner, A. (2009): Einsatzkonzept eines 3D-Druckers am Studiengang Automatisierungstechnik. Diplomarbeit FH Campus O2, S. 70-71, Graz
- Hoffmann, J. (2008): Durch Modellbildung und Simulation technische Sachverhalte nachhaltig vermitteln. Neues Handbuch Hochschullehre, S. 2-4, Raabe Fachverlag, Berlin
- Meyerhoff, J. & Brühl, C. (2004): Fachwissen lebendig vermitteln, Rosenberger Fachverlag, S. 30-37, ISBN 3-931085-46-5, Leonberg



Schnittdarstellung eines 4/2-Hydraulik-Wegeventils: Das per 3D-Druck geschaffene Schnittmodell besitzt bewegliche Innenteile, wodurch die Ventilstellungen anschaulich demonstriert werden können.

Dreidimensionale Modelle sind an Anschaulichkeit durch kaum ein anderes Medium im Unterricht zu überbieten. Modelle unterstützen vor allem dann den Unterricht, wenn die technische Funktionsweise, die Dynamik des Geschehens oder die räumliche Anordnung im Vordergrund steht. Entscheidend bei Lehrmodellen ist, dass die Kernfunktion, auf die es ankommt, das Modell auch tatsächlich wiedergibt. Im anderen Fall wird die Vorstellungskraft der Teilnehmer überfordert.

Modelle und Muster (Originalprodukte) sind durch ihre Anschaulichkeit ein Garant für eine hohe Aufmerksamkeit der Studierenden und geben den Teilnehmern das sichere Gefühl, praxisnah unterrichtet zu werden. Das einfache, detailgetreue Abbilden von Objekten durch den 3D-Druck bietet demnach für die Mediendidaktik eine Fülle neuer Möglichkeiten. Einige mögliche Einsatzfelder des 3D-Druckverfahrens in Lehre und Forschung mögen das verdeutlichen. Damit ist zugleich auch eine Kategorisierung der Modelle verbunden.

Simulationswerkzeuge ermöglichen es, über die rein kognitive Wissensvermittlung hinaus, das Verhalten eines Systems bei verschiedenen Parametern oder Einflüssen von außen zu analysieren. Die Finite-Elemente-Methode (FEM) nimmt unter den Simulationsmethoden in der Technik eine dominierende Stellung ein. Im Maschinenbau werden Bauteile und ganze Baugruppen in ihrem Verhalten unter realer Belastung (Kräfte, Drücke, Temperaturen) berechnet. Das Postprocessing dient zur Aufbereitung der Ergebnisse, indem beispielsweise die Spannung gemäß einer Farbskala an den einzelnen Knotenpunkten des Körpers dargestellt wird.

Eine weitere Anwendung aus dem Gebiet der Maschinenelemente sind Schnitt- und Kinematikmodelle. Schnittmodelle besitzen im Vergleich zu Zeichnungen viele Vorteile, weshalb sie sowohl zur Präsentation von Produkten als auch im Unterricht seit vielen Jahren eingesetzt werden. Einerseits hat man die Möglichkeit des Begreifens, andererseits eröffnet der Schnitt einen Einblick in den Innenleben des Objekts, damit die Funktion genauer studiert werden kann.

Beim Anlagenmodell steht nun nicht das Detail im Vordergrund, vielmehr soll ein Überblick über eine gesamte Anlage gegeben und das Zusammenspiel einzelner Teile zum Ausdruck gebracht werden. Damit steht diese Kategorie in enger Verwandtschaft zum reinen Architekturmodell. Im Gegensatz zum klassischen Modellbau bietet hier der 3D-Druck eine kostengünstige Alternative, die eine sehr detailgetreue Wiedergabe ermöglicht.



Ein weiteres Anwendungsgebiet ergibt sich mit der Layoutplanung von Produktionsstätten. Um die komplexen, das optimale Layout beeinflussenden Abhängigkeiten zu berücksichtigen, wird zunächst von einem sehr abstrakten Modell ausgegangen. Am Ende steht das virtuelle Modell, das man mithilfe des 3D-Druckverfahrens in ein reales Modell umsetzen kann.

In den Naturwissenschaften gibt es ein vergleichsweise großes Angebot an Lehrmodellen. Aber auch in diesem Bereich kann ein maßgeschneidertes Produkt, das die Idee des Lektors optimal umsetzt, auf die Studierenden besonders motivierend wirken. Ein Beispiel aus der Materialwissenschaft sind Elementarzellen von Kristallstrukturen. Hier lässt sich beispielsweise die Verzerrung eines kubisch raumzentrierten Kristallgitters durch ein Fremdatom und die Entstehung des kubisch raumzentrierten Martensitgitters aus dem kubisch flächenzentrierten Gitter als Folge kleiner Verformungen darstellen.

Rapid Prototyping kann also nicht nur bei der Produktentwicklung, sondern auch für die Lehre sehr hilfreich sein. Damit dies gut gelingt, sind einige Regeln zu beachten:

- Empfehlenswert ist es, ein Arbeitsteam zu bilden und eine optimale Nutzung der Modelle zu planen.
- Die Kosten sind gerade bei größeren Bauteilen unbedingt zu beachten.
- Die Modelle einer Lehrveranstaltung sollten einer gemeinsamen Design-Richtlinie entsprechend konstruiert werden.
- Die Zusammenarbeit mit der Wirtschaft ist anzustreben.

Bezüglich der Kosten, der Gestalt- und Skalierbarkeit ist der 3D-Druck klar im Vorteil gegenüber der herkömmlichen Fertigung. Aktualität und Praxisbezug sind gewährleistet, wenn die CAD-Daten direkt vom Hersteller übernommen werden können.✉

FH-Prof. DI Dr. techn. Franz Haas

Artikel unter RX110370

Farbiges 3D-Modell: Dieses hat der Z-Printer 650 gefertigt. Er besitzt eine Auflösung von 600 x 540 dpi. Der Drucker verwendet dazu neben dem Druckkopf für farblose und schwarze Binderflüssigkeiten auch weitere Druckköpfe für die drei Grundfarben (Yellow, Magenta und Cyan). Damit man die Druckkosten gering halten kann, wird nur eine etwa 2 mm dicke Randzone in Farbe gedruckt.

KONTAKTINFO

Anwender:

**FH Campus O2, Fachhochschule der Wirtschaft GmbH, Studienrichtung Automationstechnik
Tel. +43 316 6002-769
www.campusO2.at**

Systemhändler:

**3D Modell GmbH - Rapid Technics
Tel. +43 664 5155-320
www.3dmodell.at**



Kreativeres Uhrendesign per Laser Cusing

RAPID TECHNOLOGY	Berührungssensitives CAD	Seite 12
RAPID PRODUCT DEVELOPMENT	Geräte für die Medizin	Seite 21
RAPID PROTOTYPING	Didaktische 3D-Modelle	Seite 24
RAPID MANUFACTURING	Komplexe Al/Mg-Teile	Seite 36