

LDDE

laufen

otis

auer

3D-DRUCK-MODELLBAU

DER 3D-DRUCK IN GREIFBARER NÄHE

Dreidimensionale Druckverfahren haben in den vergangenen Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen und stellen heutzutage keine Novität mehr dar. Man spricht auch von Rapid Prototyping, was sich mit schnellem Prototypenbau übersetzen ließe. Auch wenn diese Verfahren zunächst nicht exklusiv für planende Berufszwecke entwickelt wurden, so scheint der Einsatz für Architekturschaffende mittlerweile sinnvoll. Rapid Prototyping ist im Bereich des Produktdesigns (Industrial Design) für die Erzeugung testbarer Prototypen längst zum unverzichtbaren Bestandteil geworden. Computermodellgestützte Druckverfahren gelangen darüber hinaus auch in der Medizin (z. B. Schädelknochen aus dem Computertomographen) und der Molekularphysik für die Verwirklichung von Anschauungsmodellen zur Anwendung.

von Bob Martens

Der Architekturmodellbau – also die Fertigung von maßstäblichen Prototypen – wurde auf Grund der wohl kostengünstigeren Computervisualisierung in den vergangenen Jahren sukzessive in den Hintergrund gedrängt; Die Qualität des „Greifbaren“ im Sinne einer raschen und einfachen räumlichen Erfassung ging jedoch dabei teilweise verloren. Freilich: Anhand von bildhaften Darstellungen besteht eine reichhaltige Palette zur Manipulation der Betrachtung, bedenkt man allein schon den Einsatz der Transparenz im Bild. Es wurde das Feld hin zur freien Bildinterpretation geöffnet und überdies nahezu in jedem Projekt ein beinahe schon unnatürliches Maß an visueller Leichtigkeit suggeriert. Auch Modellbauer stellten diesbezügliche Überlegungen an, konnten sich jedoch nicht über die Gesetze der Materialität hinwegsetzen. Zudem ist der klassische Modellbau kosten- und arbeitsaufwändig. Im Wege eines computergestützten Modellbaus können dagegen zwei Fliegen mit einem Schlag getroffen werden. Zum einen wird zum Zwecke der Visualisierung ja ohnedies in vielen Fällen ein 3D-CAD-Modell erstellt (allenfalls ließen sich die vorhandenen Daten mit überschaubarem Aufwand erweitern), das auch für Präsentationsbildzwecke mitgenutzt wird. Zum anderen kann ein und dasselbe Modell ja auch für Animationen herangezogen werden. Um als Modelldruckgrundlage eingesetzt werden zu können, muss das Datenmodell aber erst in das STL- oder VRML-Format konvertiert werden.

Auch wenn in diesem Beitrag die Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der Architektur im Vordergrund stehen, so sollte doch zunächst das 3D-printing (Druckverfahren) erläutert werden. Das Ziel des Verfahrens selbst besteht darin, unter Anwendung physikalischer/chemischer Prozesse mittels eines zunächst „formlosen“ Pulvers den zu formenden Körper schichtweise aufzubauen. Das zu erstellende Werkstück, das während des Druckprozesses allseitig von nichtverfestigtem Pulver umschlossen wird, entsteht innerhalb eines Volumens, weshalb jede beliebige Form ohne zusätzliche Stützkonstruktion gefertigt werden kann. Dieses Volumen definiert zugleich die maximal druckbare Größe. Mittels eines Druckkopfs wird die „Bindeflüssigkeit“ auf die zu verfestigenden Bereiche aufgebracht. Nach Abschluss des Druckvorgangs wird das Werkstück (= verfestigtes Pulver) freigelegt; Das nicht verfestigte Pulver kann erneut verwendet werden. Es fallen also keinerlei „Abfälle“ an, und es wird nur jenes Material tatsächlich verbraucht, das im Werkstück selbst enthalten ist. Das Objekt kann sowohl im Vollfarbenmodus wie auch in unterschiedlichen Materialeigenschaften (von starr bis gummielastisch) dargestellt werden. Da das freigelegte Werkstück nach der Entnahme relativ empfindlich ist, muss es entsprechend infiltriert werden. Hinzu kommen noch verschiedene Optionen im Bereich der Oberflächenbehandlung (Veredelung).



Eyecatcher-Modelle auf „Knopfdruck“

Abb. 1: 3D-Druckverfahren im Büro Morphosis; Die Werkstücke sind fast fertig – bloß das nichtverfestigte Pulver muss noch entfernt werden.



Abb. 2: Die Oberfläche kann beliebig behandelt werden. Das Verfahren lädt demnach dazu ein, unterschiedliche Varianten ein und desselben Modells „zu drucken“ (Modellstudie im Büro Morphosis).

Da bei der Modellentstehung grundsätzlich mit 3D-Volumendaten gearbeitet wird, erklärt dies die Notwendigkeit einer Konversion aus dem bestehenden 3D-CAD-Modell. Nahezu alle erhältlichen CAD-Softwarepakete haben jedoch eine diesbezügliche Schnittstelle integriert, um die notwendigen STL- bzw. VRML-Daten erzeugen zu können. Die errechneten Daten werden in die Produktionssoftware (z. B. Zprint von ZCorp) eingelesen; Bereits in diesem Stadium erscheint das Druckvolumen am Bildschirm deutlich sichtbar, und es werden die zu druckenden Bauteile im simulierten Druckvolumen abgebildet. Dies funktioniert selbst dann, wenn die 3D-printing-Maschine nicht an den Rechner angeschlossen ist, wodurch etwaige Fehler im Bereich der Modellierung bereits im Vorfeld entdeckt werden können. Darüber hinaus kann auch der voraussichtliche Verbrauch von Substanzen und die Druckzeit vorab errechnet werden. Last but not least, lassen sich auch die Kosten relativ klar abschätzen (im Rahmen einer universitären Anwendung fällt u. U. die Verrechnung des Personaleinsatzes etc. zur Gänze weg).

3D-Drucker ähneln in Form und Handhabung inzwischen einem handelsüblichen Bürokopierer; Der Markt offeriert mittlerweile eine ganze Reihe von diesbezüglichen Gerätschaften. Da wundert es nicht, wenn sich bereits ein entsprechend großer Personenkreis etabliert hat, welcher damit auch in der praktischen Anwendung umzugehen weiß. Der Personalaufwand in der Betriebsführung ist jedenfalls durchaus überschaubar, wengleich von einem „plug-and-play“-Einsatz zurzeit nur



Abb. 3: Axel Schmitzberger wartet im Büro Morphosis auf ein Werkstück. Die weiße Fläche unterhalb der Haube stellt die Oberkante des Druckvolumens dar. Fotos: Bob Martens

bedingt die Rede sein kann. Bis dato sind Publikationen über die praktische Anwendung dieses Verfahrens eher in der Minderzahl, doch werden einschlägige Erfahrungswerte auf dem Wege direkter, aber undokumentierter Kontakte ausgetauscht.

Die Anschaffung eines 3D-Druckers ist heute auch für Institutionen und größere Büros durchaus erschwinglich geworden. Darum sind Preisvergleiche mit Plottern für großformatige Papierausgaben gegebenenfalls durchaus anzuraten. Die Verfügbarkeit vor Ort lohnt sich jedoch erst ab einer gewissen Stückzahl, entsprechende „Sharing-Modelle“ sind also durchaus überlegenswert. Überdies hat sich inzwischen ein breitgefächertes Angebot an (kommerziellen) Plotservices etabliert, wobei der Kunde die Daten vorab entsprechend vorzubereiten hat. In ähnlicher Weise könnte dies auch beim 3D-printing – auf der Basis einer kundenseitigen Vorbereitung der Produktionsdaten – funktionieren.

Auch wenn das Druckvolumen für gewöhnlich kleiner sein wird als das zu errichtende Endmodell (die Volumensgröße ist maschinenabhängig – z. B. 254 mal 356 mal 203 Millimeter), kann gegebenenfalls auch für den Druck von Einzelementen optiert werden, welche nachträglich entsprechend zusammengestellt werden. Dies hätte überdies eine Optimierung zur Folge: Auf Grund einer entsprechend ausgeklügelten Anordnung der Bauteile kann die Entstehung von Hohlräumen vermieden werden, was wiederum erlaubt, Druckzeiten einzusparen. So gesehen, kann der Modellproduzent einerseits gleichsam als



Abb. 4: Synagoge Schopenhauerstraße: Rekonstruktion und Modellbau von Christoph Oberhofer (Ausführung im CAD/CAM_Labor TU Delft); Mischung aus Laserschnitt und 3D-Druck. Fotos: Markus Ziegelwanger



Abb. 5: Synagoge Schopenhauerstraße: Beispiel einer ausschließlichen Verwendung von 3D-Druck für einen gewählten Modellausschnitt (Modellierung Christoph Oberhofer; Ausführung Fa. Bibus).

Fortsetzung von Seite 9

„Datenfleischhauer“ agieren (die zu schaffende Modellgröße wird in jeweils dem Druckvolumen entsprechende Segmente aufgesplittet – siehe Abbildung 5) oder als „Datenchirurg“ vorgehen, der das künftige Modell in passende Einzelteile seziiert und diese eventuell mit anderen Methoden der Fertigung zu kombinieren weiß (Abbildung 4). Hier bietet sich unter anderem der Laserschnitt an; Linien und Muster können darüber hinaus im Bedarfsfall „eingebrennt“ werden (z. B. die Andeutung von Scharen in einem Mauerwerk). Des Weiteren kann eine verhältnismäßig große Vielfalt an Materialien zum Einsatz gelangen. In jedem Fall aber ist es die Geschwindigkeit der Abwicklung, die den Laserschnitt interessant erscheinen lässt.

Insgesamt könnte also das „Konstruieren“ im tradierten Sinne wieder an Bedeutung gewinnen, denn es sind im Zuge der Modellproduktion schließlich auch statisch notwendige Mindestwandstärken zu berücksichtigen. Des Weiteren weisen die Produktionsvolumina bestimmte Dimensionen auf, weshalb es ab einer gewissen Modellgröße erforderlich wird, das 3D-Modell entsprechend aufzuteilen oder in Komponenten zu zerlegen und die erzeugten Teilbereiche nach erfolgtem Druck erneut zu assemblieren. Eine fundierte Datenaufbereitung ist daher unabdingbar. Überdies verlangt die Datenkonversion in das so genannte STL-Format besondere Aufmerksamkeit, zumal nicht jedes CAD-Softwarepaket – trotz vorhandener Schnittstelle – wirklich „saubere“ STL-Daten liefert.

Erste Erfahrungen mit dem computergestützten Modellbau konnten zunächst im Rahmen der virtuellen Rekonstruktionsarbeit von Wiener Synagogen gesammelt werden. Das moderne Informationszeitalter gibt uns damit ein Mittel an die Hand, das uns gestattet, erste Teile der „Welt von gestern“ wieder sichtbar zu machen. Die auf diese Weise rekonstruierten Synagogen lassen uns nicht nur staunend wiederentdecken, wie diese Bauwerke einmal ausgesehen haben, sondern machen uns auch gleichzeitig bewusst, wie viele davon einst integraler Bestandteil des städtischen Gefüges waren. Laserschnitt- und 3D-Druck-Verfahren ermöglichen es also, bereits vorhandene digitale Datensätze mit ausreichend hoher Präzision in ein physisches Modell zu verwandeln.

Hauptfassade und Toraschrein der nicht mehr existenten Synagoge in der Schopenhauerstraße wurden als erste „greifbare“ Resultate aus einem detailgenauen 3D-Computermodell produziert. Das Modell der Hauptfassade (Abbildung 4) basiert auf der Vorstellung, dass sämtliche Bauelemente, welche aus Plattenmaterialien erstellbar sind, mittels Laserschnitt produziert werden können. Die verbleibenden Bauelemente werden einzig und allein mit dem 3D-Drucker gefertigt. Mit Unterstützung der Firma Bibus (www.bibus.at) konnte ein Teilbereich rund um den Toraschrein vollständig ausgedruckt werden. Es wurde ein Fragment mittels Rapid Prototyping gefertigt, ohne dieses in Einzelteile zerlegen und – nach erfolgter Fertigung – assemblieren zu müssen.

Es sei darauf hingewiesen, dass der computergestützte Modellbau sehr wohl auch die Entwicklung von neu zu errichtenden Projekten unterstützt. Er könnte durchaus eine „Renaissance des Architekturmodellbaus“ einleiten. Auch wenn dabei oft nur ein einziges Modell produziert wird, so stellt dieses keinesfalls ein „Unikat“ dar, denn schließlich können gleichsam per Knopfdruck

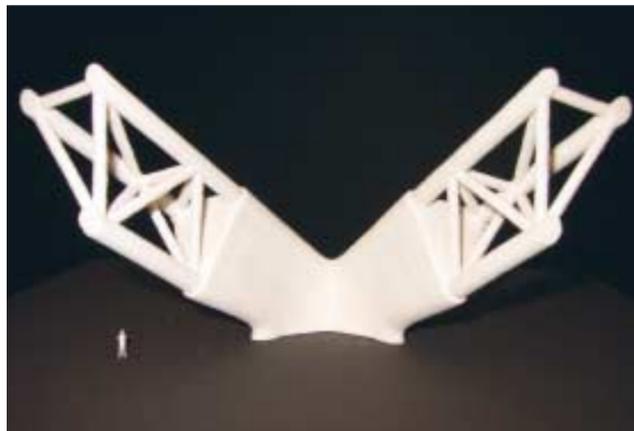


Abb. 6a, 6b: Für seinen preisgekrönten Entwurf im Rahmen des studentischen Stahlpreis-Wettbewerbs (The Great Arches – Hong Kong) erstellte Frank Meyer ein Modell, das auch färbig ausgeführt wurde. Es kann durchaus sinnvoll sein, gut gewählte Teilbereiche des jeweiligen Entwurfs als gesondertes Werkstück zu realisieren; Erst hier offenbart sich die filigrane Baustruktur. Fotos: TU Delft

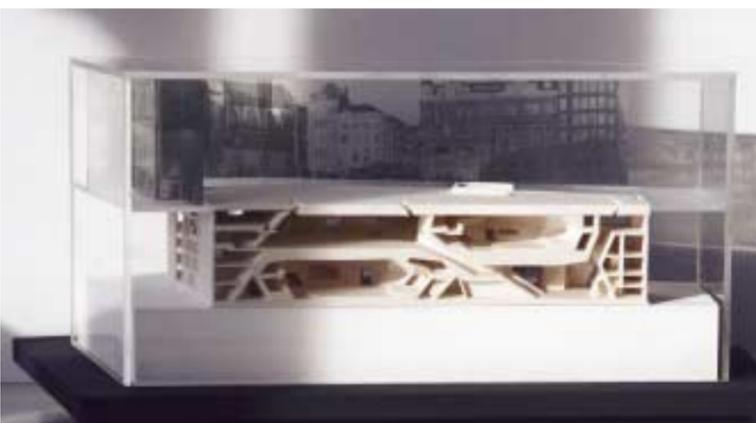


Abb. 7a, 7b: Für seine Diplomarbeit zum Thema einer unterirdischen Diskothek im Amsterdamer Stadtzentrum entwickelte Marco Oliveira (TU Delft) eine komplexe räumliche Struktur, die mittels des 3D-Druckverfahrens wirkungsvoll veranschaulicht wurde. Fotos: TU Delft

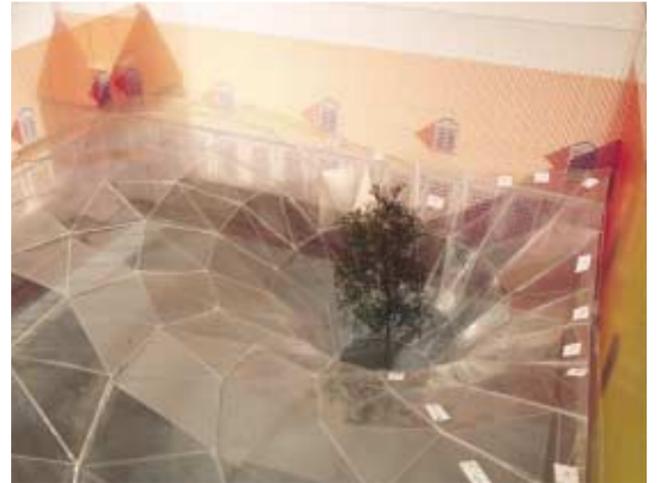
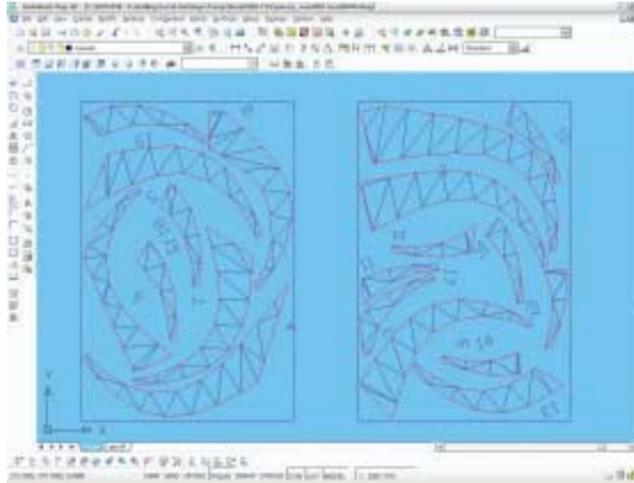
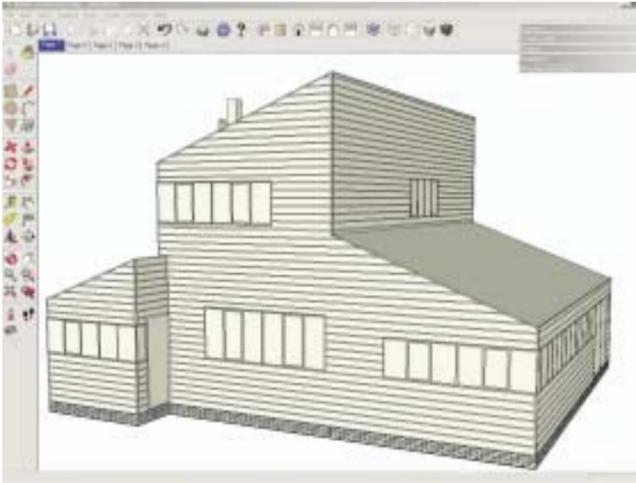


Abb. 9a, 9b: In dieser Gegenüberstellung wird im Computermodell die Abwicklung in 2D-Einzelteilen abgebildet, um diese nach erfolgtem Laserschnitt im 3D-Modell zu einer räumlichen Überdachung zu assemblieren. Es handelt sich dabei um ein doppelt gekrümmtes Glasdach (Entwurf: E. Bonnema / M. Veltkamp). Rendering/Foto: TU Delft



Abb. 8a, 8b: Die Entwicklung eines virtuellen und eines physischen Computermodells kann durchaus Hand in Hand in gehen. ganz oben: Ein 3D-Modell wurde mittels der SketchUp-Software rekonstruiert (Architekten Duiker & Bijvoet). oben: Die Bauteile wurden mittels Laserschnitt aus den 2D-Auszügen erstellt. Rendering/Foto: TU Delft

an Hand der bereitstehenden Daten jederzeit weitere Modelldrucke erfolgen. Der Material- und Maschinenaufwand ist in diesem Zusammenhang durchwegs kalkulierbar. Der computer-gestützte Modellbau bezieht sich also nicht nur auf virtuelle Rekonstruktionen, sondern unterstützt räumliche Darstellungen sowohl von bestehenden wie auch projektierten Bauten.

Die Beispiele, dargestellt in den Abbildungen 6 bis 10, stammen aus dem CAM-Lab der Technischen Universität Delft in den Niederlanden, wo Martijn Stellingwerff und sein Team Studierende beim Modellbau unterstützen. Die präsentierten Modellstudien mögen den architekturbezogenen Nutzen illustrativ deutlich machen.

Abschließend soll nun die Entwicklung von 3D-Tastmodellen als Orientierungshilfe vorgestellt werden. Diese Artefakte werden im Rahmen eines Forschungsprojekts unter der Leitung von Andreas Voigt an der TU Wien konzipiert. Ein Tastmodell dient vordergründig zur Unterstützung der Orientierung von Blinden und Sehbehinderten in ihrer gebauten Umwelt: Durch physische Maßstabsmodelle mit geeigneten haptischen Qualitäten sollen „greifbare“ Informationen über einen räumlichen Zusammenhang vermittelt werden. Des weiteren kann ein solches Modell eine räumliche Ausdehnung verständlich machen und Zusammenhänge zwischen einzelnen Bauteilen verdeutlichen, wobei eine „Verräumlichung“ von Grundrissen und Schnitten geboten wird.

Dieses Konzept verhält sich gewissermaßen gegensätzlich zu dem bei Architekturmodellen oftmals schroff artikulierten: „Bitte nicht berühren“, denn hier wird Berührung zur Notwendigkeit. Zwar ist die Gefahr einer mechanischen Beschädigung stets gegeben, doch kann das Modell durch Imprägnierung bzw. Behandlung der Oberfläche entsprechend aufbereitet werden. Durch Abtastung kann auch ein Sehbehinderter den Raum, wenn auch in verkleinertem Maßstab, baulich „erfahren“. Dies ermöglicht ihm sein sensibles Tastvermögen, das weitaus differenzierter entwickelt ist als jenes von Personen, die ohne diese Behinderung ein Objekt erleben. Anhand von wahrnehmungspsychologisch validierten Testreihen mit prototypischen Tastmodellen soll die Vorgangsweise, Modelle als Orientierungshilfe für Sehbehinderte einzusetzen, abgesichert und konzeptionell erweitert werden.

FAZIT

Die Erörterung der Rahmenbedingungen für die Produktion von Modellen in unterschiedlichen Formen, Maßstäben und Detaillierungsgraden und der hier gezeigten Anwendungen zeigen, wie groß das Feld ist, das sich uns hier erschließt: Der computer-gestützte Modellbau fördert nicht nur die Fertigung von detaillierten Maßstabsmodellen für Präsentationszwecke, sondern auch die von Baumassenstudien u. ä. in einem frühen Stadium des Entwurfsprozesses. Die Frage nach der gewählten Form der Abstraktion und dem damit einher gehenden Detailreichtum ist von wesentlicher Bedeutung. Des weiteren werden Überlegungen, wie eine Architekturgestaltung auf sinnvolle Art und Weise zu konstruieren ist, insbesondere beim Umgang mit zu assemblierenden Werkstücken, wesentlich forciert. Besonders attraktiv scheint auch die Möglichkeit, einen weiteren Modellabzug mit „Unikat-Charakter“ anfertigen zu können. Das erzielte Maß der Präzision ist im Vergleich zu Modellen, die ein durchschnittlicher



Abb. 10: In diesem Modell wird deutlich gemacht, dass auch übergeordnete Maßstabsbereiche bedient werden können. Es handelt sich um eine Pol-derlandschaft, welche für eine Ausstellung im Niederländischen Architekturinstitut vom Lehrstuhl für Landschaftsarchitektur an der TU-Delft entwickelt und durch das CAM-Lab zur Ausführung gebracht wurde. Foto: TU Delft

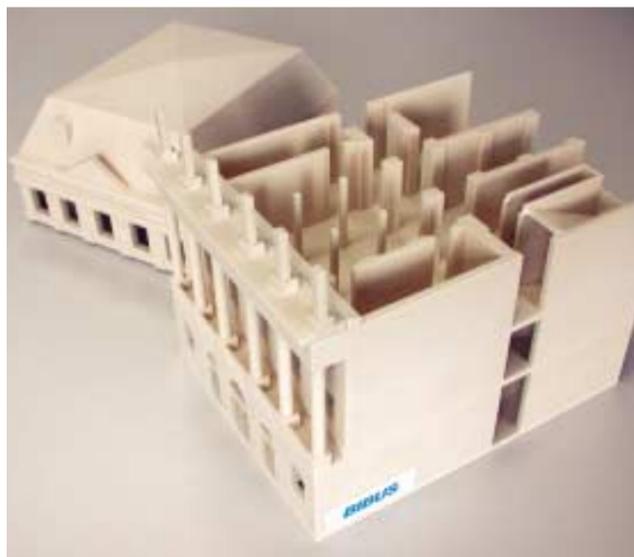


Abb. 11a, 11b: Mittelrisalit des TU-Hauptgebäudes als Tastmodell im Druckmaßstab 1:100 (Modellerstellung und -bearbeitung: Christoph Oberhofer; Ausführung: Fa. Bibus)

Architekturschaffender, der eigenhändig baut, realisiert, weitaus höher. Insbesondere bei Projekten oder Wettbewerbssituationen mit hohem Zeitdruck stellt rasche Erzeugung das um und auf dar. Dies setzt freilich voraus, dass man die Exportklaviatur von 3D-CAD-Daten gut beherrscht.

Ob es um ein standardisiertes Städtebaumodell oder einen auch räumlich anspruchsvollen Eyecatcher geht, der gleichsam auf Knopfdruck vor den Augen seiner Formentwickler entsteht: Immer wieder bedarf es gezielter und strategischer Überlegungen bezüglich der Gestalt, der Oberfläche, der Wahl der Farbe, ja sogar des Druckausschnitts, um zu besonderen Ergebnissen zu gelangen. Der 3D-Drucker übernimmt also bloß den reinen Fertigungsanteil innerhalb des Arbeitsprozesses, dem Menschen verbleibt weiterhin die Schöpferrolle. Er definiert die Regeln, steuert und entscheidet. Mit dem 3D-Drucker steht ihm heute ein weiteres nützliches Instrument zur Veranschaulichung seiner Ideen zur Verfügung.

Kontakt: Ao. Univ.-Prof. Arch. Dipl.-Ing. Dr. Bob Martens
TU Wien, Karlsplatz 13, 1040 Wien
Tel: (01) 588 01-250 50, E-Mail: b.martens@tuwien.ac.at
Internet: www.tuwien.ac.at



Abb. 12: Tastmodell des TU-Hauptgebäudes im Druckmaßstab 1:50 (Modellerstellung und -bearbeitung: Christoph Oberhofer; Ausführung: Fa. Bibus). Fotos: Bob Martens