

# Dreidimensionale kartographische Modelle aus 3D-Druckern (Workshop)

Wolf-Dieter RASE

Verkleinerte Modelle von Ausschnitten der Erdoberfläche, Gebäuden, Ensembles von Bauwerken oder ganzen Städten werden seit Jahrhunderten angefertigt. Der Aufbau des dreidimensionalen Modells, die Einfärbung und Texturierung der Oberflächen erfordert handwerkliche Fähigkeiten, inhaltliche Vertrautheit mit dem dargestellten Thema und viel Zeit. Wegen der hohen Kosten blieb die Modellfertigung auf wenige Anwendungsfälle beschränkt, etwa wenn das Modell eine repräsentative Aufgabe hatte oder die Kosten nur einen geringen Teil der Gesamtkosten des Projektes ausmachten.

Seit einigen Jahren stehen computergesteuerte Geräte zur Verfügung, die vorwiegend für die schnelle Realisierung von Werkstück-Prototypen (*rapid prototyping*, RP) genutzt werden (CHUA et al. 2010). Die Prototypen dienen zum Beispiel zur Beurteilung der Form und der Handhabbarkeit, etwa wie ein Türgriff aussieht und sich anfühlt. Der Prototyp muss nicht die gleiche mechanische Festigkeit besitzen wie das endgültige Produkt. Neben Werkstücken für die Beurteilung des Designs werden auch kinematische Modelle mit beweglichen Teilen gefertigt, etwa Motoren oder Getriebe. Modelle von Gebäuden und Industrieanlagen sind eine häufige Anwendung, auch Modelle für die Medizin, etwa die Nachbildung von Organsystemen für die Vorbereitung von Operationen. Kleinere Metallteile wie Zahnersatz, Kunstwerke oder Schmuckstücke werden indirekt durch Modellfertigung für den Metallguss oder direkt (Fräsen, Laser-Sintern) hergestellt.

Im ersten Teil des Workshops werden die technischen Grundlagen der schnellen Prototypen-Fertigung präsentiert. Die Verfahren lassen sich drei großen Gruppen zuordnen. Die *subtraktiven* Verfahren entfernen Material von einem Block, bis die endgültige Form erreicht ist (Methode *Michelangelo*). Das geschieht heute mit computergesteuerten Werkzeugmaschinen. Die *transformativen* Verfahren verformen das Material durch Druck und Hitze, etwa durch Pressung oder Vakuumverformung einer thermoplastischen Folie über einer Matrize (Methode *Chillida*).

Bei den *additiven* Verfahren wird solange Material akkumuliert, bis das Modell komplett ist (Methode *Rodin*). In den meisten RP-Geräten wird das Werkstück aus dünnen Schichten gefertigt, die nacheinander von unten nach oben aufgetragen werden. Bei Verwendung von thermoplastischem Kunststoff verflüssigt eine geheizte Düse das Material, das in der Form des Modells auf die jeweils darunterliegende Schicht aufgetragen wird. Nach dem Auftrag wird Material wieder fest und verbindet sich mit der darunterliegenden Schicht. Mit dieser Technik sind heute – neben den professionellen Maschinen – auch *personal fabricators* für den Hausgebrauch realisierbar, die als Bausätze für unter 1000 Euro erhältlich sind (GRENDA 2011).

Bei den Pulververfahren wird eine Schicht Pulver – Metall, Kunststoff, Keramik – auf die Grundfläche oder die vorherige Schicht aufgetragen. Die zum Modell gehörenden Teile der Schicht werden durch lokale Hitzeeinwirkung oder das Aufsprühen eines Klebers verbunden. Nach der Fertigstellung des Modells wird meistens eine Nachbehandlung durchgeführt, etwa die Glättung der Oberfläche oder die Infiltration mit einem Festiger.

Für kartographische Anwendungen ist die visuelle Variable *Farbe* unverzichtbar. Die Geräte von ZCorp (<http://www.zcorp.com>) verfügen über einen integrierten Farbauftrag mit Druckköpfen von Standard-Tintenstrahldruckern. Die Geräte werden deshalb auch 3D-Drucker genannt (GREYDA 2009). Zusätzlich zum farblosen Kleber werden bei jeder Schicht Kleber in den Grundfarben Cyan, Magenta, Cyan und Schwarz in relativ hoher geometrischer Auflösung aufgebracht. Farb-3D-Drucker ermöglichen die Herstellung von kartographischen Modellen zu akzeptablen Kosten, etwa Höhenmodelle von Ausschnitten der Erdoberfläche (Reliefmodelle), wahlweise mit Bodenbedeckung, topographischen Karten und anderen Texturen, 3D-Choroplethenkarten oder aus statistischen Daten interpolierte Oberflächen (RASE 1998).

Im zweiten Teil des Workshops haben die Teilnehmer die Möglichkeit, Anbieter im WWW kennen zu lernen, die sich auf den Bau von 3D-Modellen spezialisiert haben. Zum einen sind das Anbieter, die numerische Modelle mit unterschiedlichem RP-Geräten, Materialien und Nachbearbeitungsschritten in die Wirklichkeit umsetzen. Der Anwender entwirft das Modell oder Werkstück mit einem geeigneten Programm auf seinem Arbeitsplatzrechner. Die numerische Repräsentation des Modells wird als Datei in einem gängigen Format an den Fertigungsbetrieb geschickt. Dort wird die Modelldatei auf syntaktische Richtigkeit geprüft. Kleinere Fehler können auf Wunsch ausgebessert werden, zum Beispiel, um das Modell „wasserdicht“ zu machen. Nach dem Aufbau des Modells und der Nachbehandlung erhält der Anwender das fertige Modell als Paketsendung zurück.

Die Firma Shapeways (<http://www.shapeways.com>) hat das breiteste Angebot an Fertigungstechniken und Materialien, von verschiedenen Kunststoffen über Bronze, Edelstahl bis Silber und vergoldetem Metall. Die Firma baut auch farbige Modelle mit dem Pulververfahren. Der Anwender kann sich auf dieser Website einen online-Shop einrichten und seine Modelle dort verkaufen, wahlweise mit Aufschlag auf die reinen Fertigungskosten. Die von den Entwerfern für den Verkauf freigegebenen Modelle können im Shop bestellt werden.

Die interaktive Anfertigung von dreidimensionalen Reliefmodellen wird von mehreren Firmen im WWW angeboten, die alle die gleiche Software benutzen. Die Teilnehmer des Workshops können interaktiv 3D-Modelle von beliebigen Ausschnitten der Erdoberfläche mit Bodenbedeckung, Karten und Darstellung von GPS-Pfaden entwerfen. Eigene Dateien mit GPS-Tracks können mitgebracht werden, vorzugsweise im gpx-Format. Wer will, kann die Fertigung des Modells mit einem 3D-Farbdrucker in unterschiedlichen Größen gleich bestellen (leider sind die Kosten nicht in der Teilnehmergebühr der AGIT enthalten).

## Literatur

- CHUA, C. K., LEONG, K. F., LIM, C. S. (2010), Rapid prototyping. Principles and applications, 3<sup>rd</sup> ed. World Scientific, Singapur
- GREYDA, E. (2009), Printing the future. The 3D printing and rapid prototyping source book, 3<sup>rd</sup> ed. [http://www.additive3d.com/pr\\_bk01.htm](http://www.additive3d.com/pr_bk01.htm)
- GREYDA, E. (2010), Everything you should know about open-source 3D printers – but didn't know you should ask. [http://www.additive3d.com/pr\\_os01.htm#ord](http://www.additive3d.com/pr_os01.htm#ord)
- RASE, W.-D. (1998), Modellierung und Darstellung von immateriellen Oberflächen. Forschungen Band 89, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn