

Kartografische 3D-Modelle

Dreidimensionale kartografische Modelle sind nicht unbedingt neu. Ihre Realisierung war aber bis vor einigen Jahren so kostspielig, dass sie nur für Anwendungen angefertigt wurden, die eine Amortisierung der Herstellungskosten versprachen. Durch das Verfahren des **Rapid Prototyping** ist heute eine schnelle und kostengünstige Herstellung von 3D-Modellen möglich.

Ein Beispiel für 3D-Kartografie sind Modelle von Ausschnitten der Erdoberfläche, deren sorgfältig ausgeleuchtete Fotos in topografischen Karten einkopiert wurden, um die Formen der Erdoberfläche besser erfassbar zu machen. Ein anderes Beispiel sind die dreidimensionalen Karten der Regionen und Departements in Frankreich, die in Buchhandlungen und im Internet angeboten werden (weitere Informationen: www.georelief.fr). In beiden Fällen sorgt die hohe Auflage für die Rentabilität. Einzeln angefertigte 3D-Modelle, insbesondere mit Farbe, waren bis vor einigen Jahren so teuer, dass sie allenfalls für repräsentative Zwecke produziert wurden. Erst mit den neuen Verfahren der schnellen Prototypen-Fertigung sind die Kosten der Herstellung so weit gesunken, dass man kartografische 3D-Modelle kostengünstig anfertigen kann.

Rapid Prototyping

Unter Rapid Prototyping versteht man die schnelle und kostengünstige Fertigung von Werkstücken, die als numerisches Modell in einem Computersystem existieren. Die Prototypen von Werkstücken dienen in der Regel zur Beurteilung der Form, manchmal auch der mechanischen Funktion. Die verschiedenen technischen Verfahren lassen sich in drei große Gruppen einordnen:

- **Abbau (Methode Michelangelo):** Von einem Block wird durch Bearbeitung mit einem Werkzeug Material entfernt, bis die endgültige Form erreicht ist. Die technische Realisierung ist eine numerisch gesteuerte Fräsmaschine.

- **Verformung (Methode Chillida):** Das Material wird durch Kraft und Hitze verformt. Nach diesem Prinzip werden die 3D-Karten von Frankreich hergestellt.

- **Aufbau (Methode Rodin):** Das Modell wird aus dem Material aufgebaut, bis die Form dem Konzept entspricht.

Für die Herstellung von kartografischen 3D-Modellen ist der Aufbau aus Schichten die am besten geeignete Methode. Im 3D-Drucker wird auf die Grundfläche oder die vorige Schicht eine dünne Lage Pulver (Stärke, Keramikpulver) aufgebracht. Die Bereiche der Schicht, die zum Werkstück gehören, werden miteinander und mit der darunter liegenden Schicht durch selektives Aufsprühen eines Klebers verbunden. Die Farben in den Komponenten Cyan, Magenta und Gelb werden durch drei weitere Sprühhöpfe aufgebracht. Ist eine Schicht fixiert, lässt sich die nächste Schicht auftragen. Der Prozess wird so lange fortgesetzt, bis die letzte Schicht des Modells erreicht ist (Bild 1). Das nicht fixierte Pulver wird anschließend durch Schütteln und durch Ausblasen mit einem Luftstrahl entfernt. Die fertigen Modelle

werden zusätzlich mit einem Festiger getränkt, um die mechanische Stabilität zu erhöhen und die Empfindlichkeit gegen Umwelteinflüsse zu vermindern.

Herstellung der 3D-Modelle

Zur Evaluierung der technischen Möglichkeiten des 3D-Druckers wurden einige Modelle mit Daten aus der laufenden Raumbewertung des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR) angefertigt (Info: www.raumbewertung.de). So wurde ein Modell der stetigen Oberfläche angefertigt, die mit der Methode der pyknophylaktischen (volumenerhaltenden) Interpolation aus flächenbasierten Variablen berechnet wurden, in diesem Fall aus dem Bruttoinlandsprodukt pro Erwerbstätigen (siehe Bild 2). Bei einem anderen Modell ist die Höhe der Oberfläche proportional zur Reisezeit zum nächstgelegenen Oberzentrum im schienengebundenen Verkehr (siehe Bild 3). Hierbei wurden die Entfernungsdaten mit dem Erreichbarkeitsmodell des BBR berechnet.

Bei geringen Stückzahlen ist es wirtschaftlich sinnvoll, das Werkstück durch eine spezialisierte Firma fertigen zu lassen. Der Auftragnehmer für den Aufbau der Modelle im 3D-Drucker war die Firma



Bild 1: Produktionsschritte für den Aufbau des Modells im 3D-Drucker.

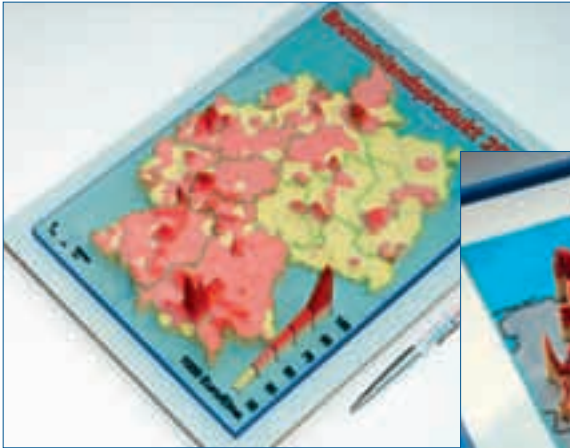


Bild 2: Die Oberfläche des Bruttoinlandsprodukts pro Erwerbstätigen. Sie wurde mit der Methode der volumenerhaltenden Interpolation erzeugt.

4Dconcepts (Info: www.4dconcepts.de) und erhält die Datei mit der numerischen Repräsentation des Modells als Anhang an eine E-Mail. Nach einer Fehlerprüfung wird das Modell im 3D-Drucker Z510 aufgebaut. Mit diesem Drucker können Teile bis zu den Dimensionen 25 x 35 x 25 Zentimeter gefertigt werden; die Dicke der einzelnen Schichten beträgt 0,1 Millimeter. Nach der Fertigstellung wird das Modell mit dem gewünschten Festiger infiltriert und an den Kunden versandt.

Das kartografische 3D-Modell besteht aus einer 2.5D-Oberfläche, den Seitenwänden und einem Sockel, dazu kommen die Höhenlegende, Maßstabsleiste, Grenzen und andere Linien sowie die Textketten einschließlich der Zahlen in den Legenden. Die äußere Haut des Modells wird durch eine Menge von 3D-Dreiecken definiert, die für die stetige Oberfläche ausreichend klein sein müssen. Jedes Dreieck kann eine individuelle Farbe tragen. Die Interpretation der Werte wird durch farbige Höhenschichten und eine Legende unterstützt.

Die Geometrie-Dateien und die Indikatoren für die Modelle wurden mit der GIS-Software ArcGIS aufbereitet. Für die Konstruktion des 3D-Modells und die Ausgabe im geeigneten Format ist im Prinzip jede CAD-Software geeignet, zum Beispiel AutoCAD, eventuell mit GIS-Erweiterungen. Standard-CAD-Programme enthalten aber keine Interpolationsverfahren und haben meistens Durchsatzprobleme aufgrund der hohen Anzahl von Dreiecken, die für die Repräsentation der glatten Oberfläche notwendig sind. Deshalb wur-

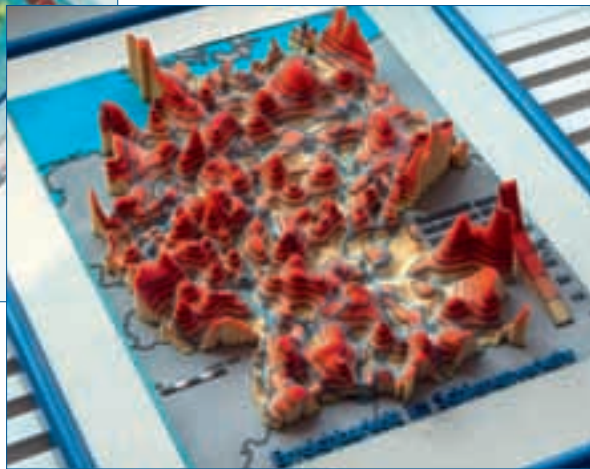


Bild 3: Die Höhe der Oberfläche entspricht proportional der Reisezeit zum nächsten Oberzentrum im schienengebundenen Verkehr.

den die Interpolation der stetigen Oberflächen, die Erzeugung der Körper und Dreiecke und deren Speicherung mit einer eigenen Software vorgenommen. Als Dateiformat für den Datentransfer zum 3D-Drucker eignet sich VRML (Virtual Reality Markup Language).

Bei der sonst in der Computergrafik üblichen Technik der Liniendarstellung als Textur auf der Oberfläche verschmieren auf steilen Hängen die Pixel des Rasterbildes zu einem unansehnlichen Muster. Deshalb werden die Linien auf den Oberflächen durch dünne Röhren repräsentiert, die wiederum aus sehr vielen kleinen Dreiecken aufgebaut sind. Die feine Struktur der Röhren resultiert in einer hohen Anzahl von Dreiecken, meistens mehr als die Dreiecke der eigentlichen Oberfläche. Die 3D-Textketten werden durch Extrusion der Zeichenpolygone (glyphs) erzeugt, die aus True-Type-Dateien extrahiert werden. Die Auflösung der Polygone ist dabei variabel, für die Form der Seitenwände und Kanten stehen verschiedene Optionen zur Verfügung. Die Außenhaut des 3D-Zeichens wird ebenfalls als Menge von Dreiecken in der VRML-Datei gespeichert.

Fazit

Ein reales 3D-Modell hat alle Vorteile einer perspektivischen Darstellung und vermeidet ihre Nachteile. Durch geringfügige Veränderungen des Augenpunktes, durch Drehen oder Heben des Kopfes oder

Bewegen des Körpers werden die Teile des Modells sichtbar, die bei einer fest eingestellten Perspektive verdeckt sind. Ins-

besondere bei Diskussionen und Entscheidungsfindungen in einer Gruppe haben 3D-Modelle einige Vorteile. Bei einer Präsentation mit einem Projektor beziehungsweise Beamer oder bei Nutzung von komplexen interaktiven Systemen (Virtual Reality) sind kaum Blickkontakte und andere verbale und nonverbale Interaktionen zwischen den Gruppenmitgliedern möglich, wohl aber bei der gemeinsamen Betrachtung eines 3D-Modells.

Ein weiterer Effekt ergab sich ganz unerwartet. Als die Modelle zum ersten Mal in der Öffentlichkeit gezeigt wurden, griffen die meisten Leute spontan auf die Oberfläche. Die Erfassung des Materials und der Oberflächenformen mit dem Tastsinn ist offensichtlich ein sensorisches Grundbedürfnis wie Sehen, Hören oder Riechen. Das haptische Erlebnis ist ein sinnlicher Reiz, der für die Übermittlung der kartografischen Botschaft genutzt werden kann.

Außerdem hat es sich gezeigt, dass 3D-Modelle sehr wirkungsvolle Konversationsobjekte sind. Das Modell ist ein Blickfang oder Aufhänger für weitergehende Gespräche, insbesondere mit Entscheidungsträgern ohne direkten Bezug zur großräumigen Planung, Raumbeobachtung oder Kartografie. Die Erklärung der Technik wird genutzt, um den dargestellten Sachverhalt und seine Auswirkungen auf die räumliche Entwicklung zu vermitteln („subversive Kartografie“). Nicht zu unterschätzen ist die repräsentative Funktion, die reale Modelle von GIS-Objekten bei Präsentationen und Ausstellungen erfüllen. Im Übrigen sei noch darauf hingewiesen, dass 3D-Drucker auch sehr gut geeignet sind, um kostengünstig ertastbare Karten für Blinde und Sehbehinderte herzustellen.

Dr. Wolf-Dieter Rase/sg

Der Autor, Dr. Wolf-Dieter Rase, ist Referatsleiter beim Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) in Bonn.