

3D Druck - ein anschauliches Präsentationsmittel für geophysikalische Inhalte

Peter Menzel^{1*}, H.-J. Götze¹, S. Schmidt¹, A. Steinberg¹

¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften

*jetzt am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie

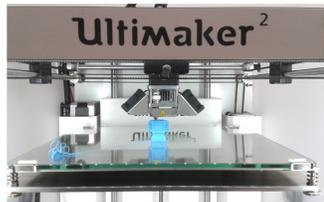
Einleitung

Seit in den 1980er Jahren erste Ansätze für *Rapid Prototyping* vorgestellt wurden, hat sich die Technologie von 3D Druckern stetig weiterentwickelt. Diese werden inzwischen regelmäßig in verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen verwendet, um

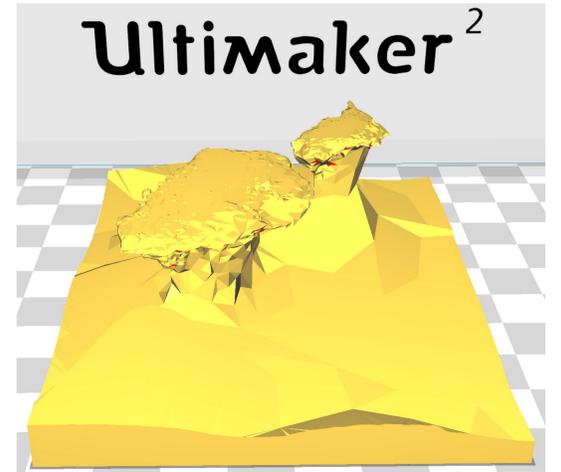
Vorserien-Prototypen, Bau- und Ersatzteile sowie Anschauungsmodelle günstig und schnell produzieren zu können. Seit 2013 steht an der CAU der 3D Drucker **Ultimaker²** zur Verfügung, um die Anwendung dieses Präsentationsmittels für

geophysikalische Daten und Ergebnisse zu testen. Im Folgenden werden verschiedene Ergebnisse aus den Bereichen Gravimetrie und Seismologie / Geodäsie vorgestellt. Es wird zudem gezeigt, wie die jeweiligen Daten für den Druck aufbereitet wurden.

3D Drucker Ultimaker²



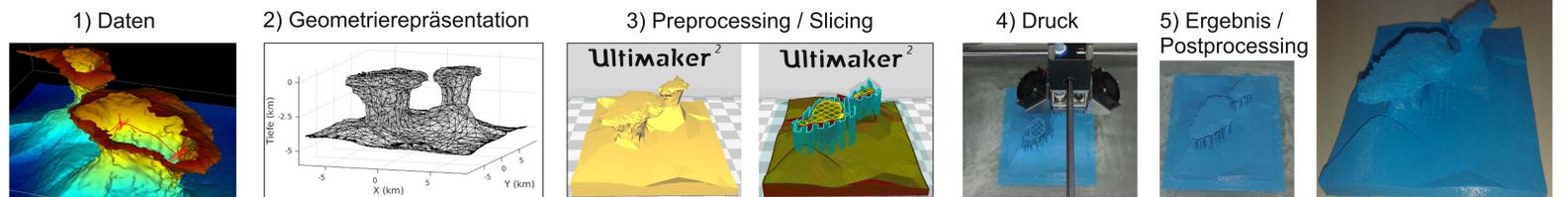
- Verfahren *FFF* (fast filament fabrication)
- Open source Software **CURA** für Preprocessing
- Technische Daten:**
 - Bauraum: 230 x 225 x 205 mm
 - Positionsgenauigkeit: 0,0125 mm (X,Y); 0,005 mm (Z)
 - Ebenendicke 0,02 - 0,2 mm
 - Düsendurchmesser: 0,4 mm
 - Druckmaterial: PLA oder ABS



Für den 3D Druck aufbereitete Geometrie eines Salzstocks in Norddeutschland (Quelle: EMPG). Das Geometriemodell basiert auf Bohrlochuntersuchungen und hochauflösender 2D Seismik.

Arbeitsablauf

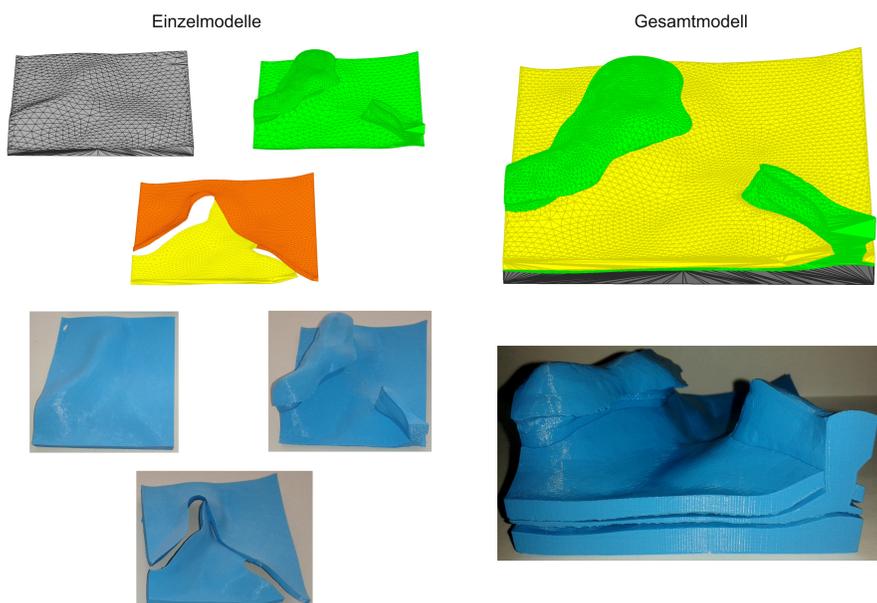
Aufbereitungsschritte für den Druck, hier am Beispiel des Untergrundmodells eines Salzstocks in Norddeutschland (Quelle: EMPG; Degro et al., 2016).



Beispiel: Komplexes Dichtemodell des Salzstocks Geesthacht

Für ein Dichtemodell eines Salzstocks und der umlagernden Strukturen im Raum Geesthacht (Hese, 2012) wurde ein 3D Druck des Salzstocks und der beiden angrenzenden geologischen Schichten durchgeführt. Die triangulierten Hüllen der drei geologischen

Körper wurden jeweils als Einzelmodelle repräsentiert. Um nach dem Druck das Modell wieder passgenau zusammenzufügen, musste die überlagernde Schicht in zwei Teile aufgespalten werden. Die nun vier Teilmodelle wurden separat gedruckt und nachbearbeitet.

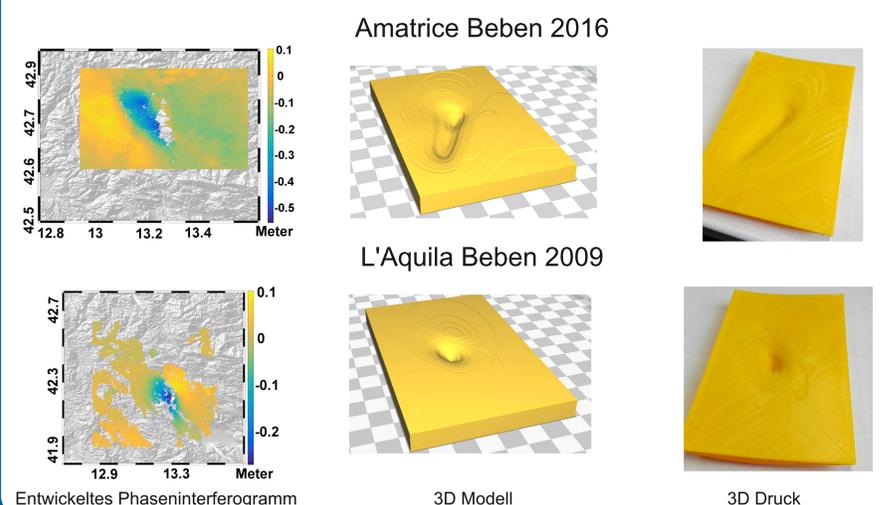


Beispiel: Seismologische Verschiebungskarten (InSAR)

DFG

Starke Erdbeben können weltweit aus dem All mit der Satelliten-gestützten *Radarinterferometrie* (InSAR) beobachtet werden. Dieses Verfahren vergleicht Radaraufnahmen zu verschiedenen Zeiten und kann so Veränderungen am Boden feststellen. Das spezielle Muster der flächenhaften Verformung ist charakteristisch für bestimmte Brucheigenschaften und kann helfen, die räumliche Komplexität des Bruchs bei einem

Erdbeben abzuleiten. Auf den üblichen 2D Verformungskarten können jedoch die räumlichen Beziehungen verloren gehen. Durch den 3D Druck der Bruchfläche kann diese auch haptisch exploriert und so besser veranschaulicht werden. Die vorliegenden Daten des Amatrice Bebens (25.08.2016, Mw 6.2) in Zentralitalien sowie dem Beben in L'Aquila (06.04.2009, Mw 6.2) wurden von dem Satelliten Sentinel-1 der ESA aufgenommen.



Fazit

Jeder geophysikalische Datensatz kann über 3D Druck repräsentiert werden, wenn er in eine dreidimensionale Geometrie überführt werden kann. Mit steigender Komplexität der zu druckenden Daten steigt jedoch sowohl der

Aufwand für die Vorverarbeitung als auch die Druckzeit. Die hier gezeigten Modelle haben sich bereits als eindrucksvolles Mittel erwiesen, geophysikalische Ergebnisse vor allem einem **fachfremden** Publikum zu präsentieren.

Gegenüber anderen ebenfalls sehr anschaulichen Präsentationsmethoden, wie z.B. stereoskopischer 3D Grafik, haben die gedruckten und damit analogen Modelle entscheidende Vorteile:

Zum Einen bestehen für die Präsentation keinerlei Voraussetzungen an eine vorhandene Infrastruktur. Zum Anderen unterstützt der haptische Eindruck das Verständnis der Modelle durch den Betrachter.

Danksagung

Die hier gezeigten Arbeiten wurden im Rahmen des DGMK Projekts 771 **TiPOT3D** und des DFG Projekts **BridGeS** durchgeführt. Wir bedanken uns bei der Deutschen Wissenschaftlichen Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V. (DGMK) und unseren

Industriepartnern DEA Deutsche Erdoel AG, ENGIE E&P Deutschland GmbH, ExxonMobil Production Deutschland GmbH (EMPG) und Wintershall Holding GmbH für ihre finanzielle und wissenschaftliche Unterstützung.

Referenzen

Degro, T., Röttgen, K., Diedrich, M.: Erstellung eines digitalen 3D Salzstockmodells im Gifhorner Trog auf der Basis analoger Datensätze unterschiedlicher Quellen und Jahrgänge. DGMK/ÖGEW Frühjahrstagung 2016, DGMK-Tagsungsbericht 2016-1, S. 89-90 (2016)

Ferretti, A., Monti-Guarnieri, A., Prati, C., Rocca, F., Massonnet, D.: InSAR Principles: Guidelines for SAR Interferometry Processing and Interpretation.

ESA Publications, TM-19. ISBN 92-9092-233-8 (2007).

Hese, F.: 3D Modellierungen und Visualisierung von Untergrundstrukturen für die Nutzung des unterirdischen Raumes in Schleswig-Holstein. Dissertation, CAU Kiel (2012)

Menzel, P.: Neue numerische Methoden zur Bearbeitung und 3D-Interpretation von Geodaten und -modellen in interdisziplinärer Forschung. Dissertation, CAU Kiel (2016)