

Visualisierung der Post-Processing-Ergebnisse an 3D-gedruckten Modellen

Michał Mika
Dipl.-Ing. Katharina Dees
Prof. Dr.-Ing. Udo Nackenhorst

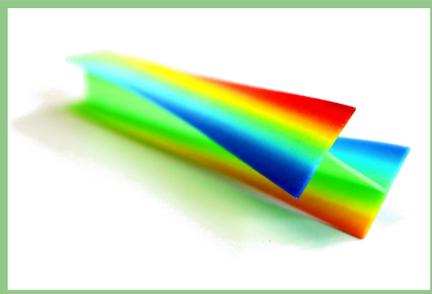
11
102
1004

Leibniz
Universität
Hannover



Institut für Baumechanik
und Numerische Mechanik
Leibniz Universität Hannover
Appelstraße 9a
30167 Hannover
T. +49 511.762-3219
mika@stud.uni-hannover.de
www.ibnm.uni-hannover.de

Aufbereitung eines FE-Netzes für den 3D-Druck



» Querschnittsverwölbung eines I-Trägers infolge reiner Torsion «

Eine präzise und verständliche Visualisierung eines Sachverhaltes ist insbesondere in der Lehre wichtig. Für die räumliche Vorstellung komplexer Geometrien ist eine bildliche Darstellung in Papierform selten ausreichend. Hierfür werden **3D-gedruckte Modelle** als Alternative vorgeschlagen.

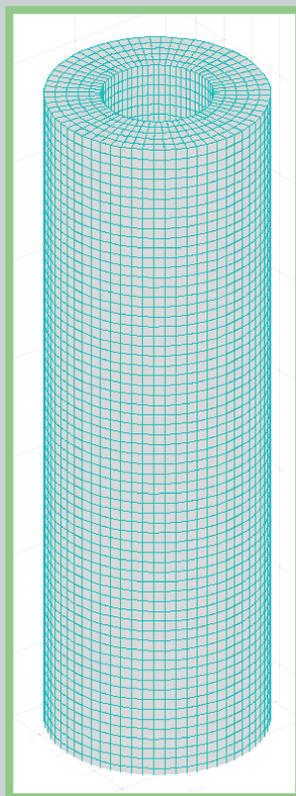
Im Rahmen dieses studentischen Projektes wird ein Verfahren zur Übersetzung von Finiten Element Netzen in **Oberflächenmodelle** entwickelt und implementiert. Die erzeugten Oberflächenmodelle sind für den Einsatz beim **3D-Druck** optimiert und ermöglichen bei geeigneter Projektion der Post-Processing-Ergebnisse eine Visualisierung der dreidimensionalen Spannungs- und Verformungszustände mithilfe von physischen Objekten.

Für den Probedruck eines Beispielmotells wird eine **VRML-Schnittstelle** zwischen dem institutseigenen Finiten Element Code und einem InkJet-3D-Drucker erstellt. Als Beispielmotell wird hier ein dickwandiges, fein diskretisiertes, einseitig eingespanntes Rohr unter einer Biege- und Torsionsbeanspruchung gewählt.

Die Erstellung des für den 3D-Druck notwendigen Oberflächenmodells aus dem FE-Netz des Rohrs ist mit konzeptionellen **Herausforderungen** verbunden:

» *Das FE-Kontinuumsmodell unterscheidet sich wesentlich von dem zur Erstellung des Netzes verwendeten CAD-Modell.* «

Zur **Extraktion der äußeren Faces** des FE-Netzes wird eine geeignete Methode entwickelt und implementiert.



» Beispiel FE-Netz «

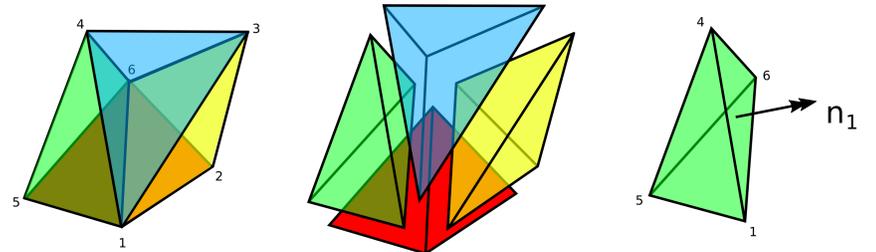
Das Projekt im Überblick

» In diesem Projekt wird eine performante Methode zur Erstellung eines Oberflächenmodells auf Basis eines Finiten Element Netzes entwickelt und implementiert.

» Die erzeugten Modelle sind für den Einsatz beim 3D-Druck optimiert. Die Qualität der gedruckten Objekte ist zum Zwecke der Visualisierung der Post-Processing-Ergebnisse geeignet.

» Die Implementierung erfolgt am Beispiel des institutseigenen Finiten Element Codes.

Bestimmung der freien Manteloberfläche



» Diskretisierung einer Beispielgeometrie mit Tetraeder-Elementen «

Der Grundgedanke der implementierten Methode kann der oben aufgeführten Abbildung entnommen werden. Dargestellt ist beispielhaft die Diskretisierung einer Geometrie mit **4-Knoten-Tetraeder-Elementen**. Betrachtet man zunächst die inneren *Faces* der Tetraederelemente (z.B. $\{1, 4, 6\}$, $\{1, 2, 6\}$, $\{1, 3, 6\}$, usw.), so kann festgestellt werden, dass diese mehr als einem Tetraeder zugeordnet werden können. Die *Faces* $\{1, 4, 5\}$ und $\{4, 5, 6\}$ gehören dagegen ausschließlich dem grünen Tetraeder und stellen die freie Mantelfläche der Geometrie dar. Mit dieser einfachen Bedingung kann die Mantelfläche des Modells bestimmt werden.

Die Tupel-Schreibweise (k_1, k_2, k_3) eignet sich zur Beschreibung der *Faces* wesentlich besser als die Mengen-Schreibweise $\{k_1, k_2, k_3\}$, denn für die *Faces* des Oberflächenmodells ist eine eindeutige Festlegung der **Flächennormalen** \mathbf{n}_i notwendig. Diese werden entsprechend der Knotenzählrichtung definiert. Eine vorab festgelegte Konvention stellt eine konsistente Orientierung der *Faces* sicher.

Ausblick

Das vorgestellte neue Konzept zur Visualisierung der Post-Processing-Ergebnisse beinhaltet viel Potential für künftige Arbeiten und Darstellungsmöglichkeiten. Denkbare Erweiterungen und Verbesserungen sind unter anderem:

- » Visualisierung von inneren Beanspruchungszuständen durch ebene Schnitte im Modell
- » Erweiterung auf andere Oberflächenmodellformate mit erweiterten Funktionalitäten
- » Beschreibung der Modellgeometrie mit *NURBS* (Non-Uniform Rational B-Splines) zur Steigerung der Druckqualität



» 3D-Druck der Torsionsbeanspruchung «

Literatur

- [1] Z-Corporation, *How 3D Printing Works: The Vision, Innovation and Technologies Behind Inkjet 3D Printing (3DP-WP-2009)*; 2009.
- [2] Grabowski, R., *The Web Publisher's Illustrated Quick Reference: Covers HTML 3.2 and VRML 2.0*; Springer New York, 1997.