

---

# Strukturanalyse von 3D-gedruckten Strukturen und Mustern mit dem Finite Elemente / Sub-Model-Ansatz

Javad Zarbakhsh <sup>a</sup>, Armin Iravani <sup>a</sup>, Zeinab Amin-Akhlaghi <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Engineering & IT, Fachhochschule Kärnten, Villach, AUSTRIA

<sup>b</sup> ZAMSTEC – Scientific Technology Engineering and Consulting, Rigersdorf, AUSTRIA

E-Mail: zarbakhsh@cuas.at

---

## ABSTRACT:

Zum ersten Mal wurden verschachtelte Sub-Modelle und Finite Elemente Analyse verwendet, um die Strukturmechanik von 3D gedruckten Teilen zu analysieren, wobei die Details der 3D-Druck-Muster im Sub-Modell enthalten sind. Die Ergebnisse stellen eine allgemeine Methode vor, die die Qualität der 3D-Druckteile, die fachübergreifende Anwendung in verschiedenen Bereichen haben, im Vorfeld verbessern können. Die Ergebnisse wurden vom Standpunkt der theoretischen Simulation und der experimentellen Validierung diskutiert.

3D-Druck ist als einer der wichtigsten Treiber der neuen industriellen Revolution bekannt; die so genannte Industrie 4.0 oder Produktion der Zukunft. In letzter Zeit hat sich gezeigt, dass es Anwendungsmöglichkeiten in interdisziplinären Bereichen vom Engineering und Prototypentwicklung bis hin zur Medizin und Mode hat. 3D-Druck bietet die Möglichkeit, kleine Produktionsvolumen und kostengünstige Produktion als auch kundenspezifische Teile mit außergewöhnlichen Eigenschaften, wie geringes Gewicht, hohle Designs und Herstellung komplexer 3D Porenstrukturen fabrizieren, die nicht mit traditionellen Fertigungstechniken wie CNC-Fräsen möglich gewesen. Computersimulation von 3D-Druckverfahren ist ein notwendiger Schritt, um sicherzustellen, dass die 3D-Druck-Prozess funktioniert, wie die funktionieren soll. Es gibt bereits Software auf dem Markt, die das 3D-Druckverfahren und Details demonstrieren können, jedoch nach unserem besten Wissen gibt es kein Verfahren, das das zu analysieren und die strukturellen mechanischen Eigenschaften der 3D-Druckteile vorherzusagen. Hier ist die größte Herausforderung die Darstellung der detaillierten CAD Modelle nach 3D-Druckverfahren.

Finite-Elemente-Modellierung (FEM) ist ein vielseitiges Computer-Simulationstool für Struktur- und Multi-Physikalische Analyse. Eine der Herausforderungen in FEM-Simulation ist die Bestimmung der Modellkomplexität und der Abstraktionsniveau. Sehr oft sind die Interessenbereiche viel kleiner als das gesamte Modell. Zum Beispiel die thermomechanischen Versagensarten, wie Delamination, Risspitzen sowie die 3D Druck Oberflächen und Zwischenschichtverbindungen geschehen auf mikroskopischer Ebene, während das gesamte Teile oder Systeme sind wenige Zentimeter bis einige Meter. Bei der Modellierung von solchen Fällen ist es immer notwendig, das gesamte Modell in die Analyse einzubeziehen, da die äußeren Randbedingungen und Belastungen auf das Makromodell aufgetragen sollen. Wegen der Beschränkungen in der Rechenleistung, in der Regel viele detaillierte Merkmale können in solchen Analysen nicht berücksichtigt werden.

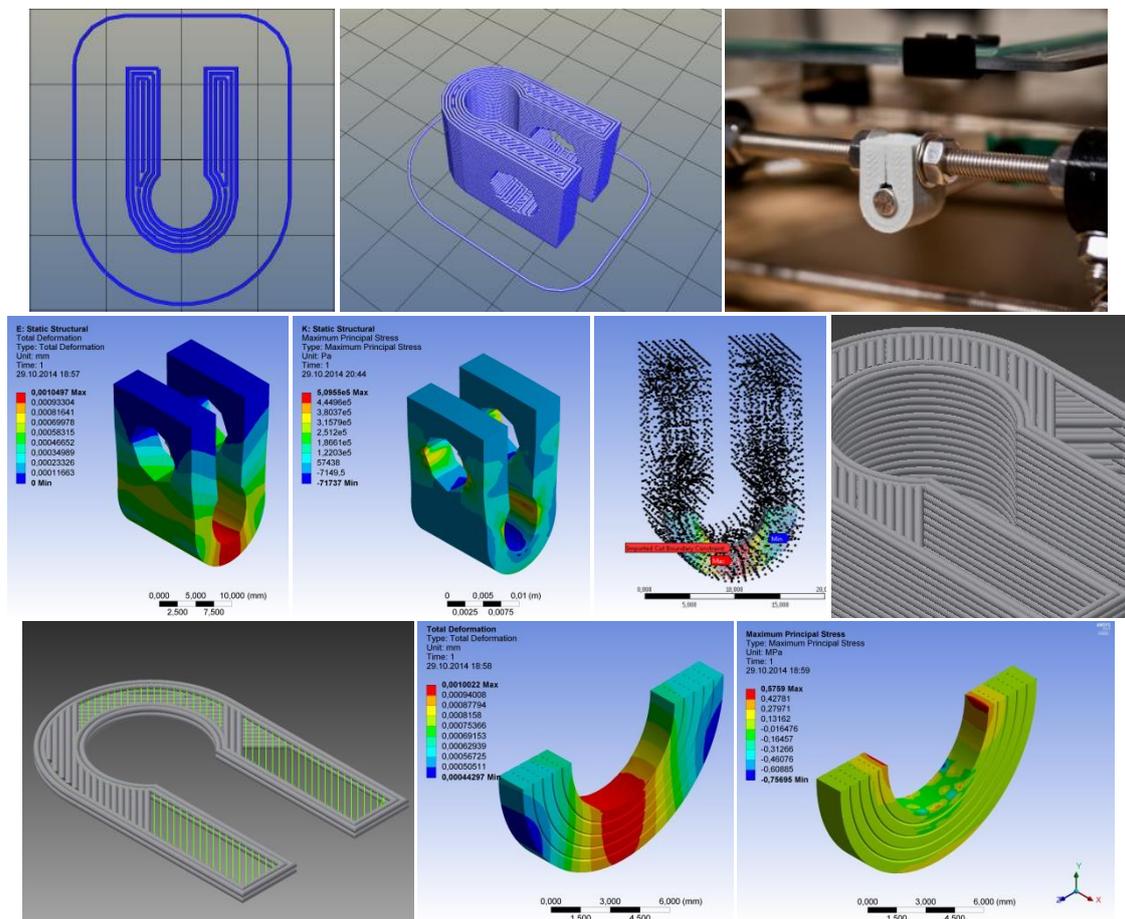
Um solche Probleme zu lösen, hat man zwei Möglichkeiten: 1) Verwendung von unterschiedliche Vernetzungsgröße 2) Erstellung und Analysieren eines unabhängigen Modell in der Nähe der interessierenden Bereiche. Je nach Größe und Komplexität der Struktur, könnten erste Option

hohe Modellvorbereitungszeit und Rechenzeit erfordern. Die zweite Option ist die so genannte Sub-Modellierung FEM, die wir in diesem Beitrag diskutieren.

Ein wichtiger Schritt unseres Verfahrens ist die Erstellung der detaillierten Geometrie gemäß der 3D-Drucken Pfad und G-Code-Befehle. Die Geometrierstellung umfasst die folgenden Schritte:

- Erstellen einer sauberen STL-Datei des gewünschten Geometrie
- Schneiden und Erstellen der G-Code-Befehle mit Hilfe eines 3D-Druck-Software (z.B. Repetier-Host oder Slicer)
- Extrahieren der Informationen über Druckpfad mit allen Koordinaten
- Konvertierung von 3D-Druck Weg zur 3D-Modell
- FEM-Analyse des Modells

Als eine Fallstudie haben wir einen Teil von der berühmten Reprap System, Prusa Mendel i2 gewählt und entsprechenden Ergebnisse sind in der Abbildung 1 gezeigt.



**Abbildung 1.** Fallstudie, Statische Strukturanalyse von Zwingen in Reprap 3D-Drucker, Prusa Mendel i2 unter 3D-Drucklast. Sub-Modell beinhaltet die Details nach 3D-Druckpfad