

## Statische und dynamische Prüfung eines 3D-gedruckten Bandscheibenimplantats für die lumbale Wirbelsäule

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit an der ZHAW School of Engineering wurde ein 3D-gedrucktes Bandscheibenimplantat für die lumbale Wirbelsäule, ein sogenannter Cage, auf dessen statische und dynamische Festigkeit untersucht.

Durch den schichtweisen Aufbau aus feinem, verschmolzenem Metallpulver unterscheidet sich der Metalldruck grundsätzlich von herkömmlichen Herstellungsverfahren. Die damit verbundenen Materialeigenschaften (Eigenspannungen, Poren, Konturfehler, raue Oberflächen, etc.) können für ein Implantat positive oder negative Effekte haben.

Das Ziel war es, zu eruieren, wie ein solches Implantat hergestellt und nachbehandelt werden kann, ohne dass diese herstellungsbedingten Eigenschaften dessen Funktion in einem unzulässigen Ausmass beeinträchtigen. Hierzu sollten geometrische Anpassungen an einem bestehenden Design gemacht werden, mit verschiedenen Prozessparametern hergestellt und anschliessend einer geeigneten Wärme- sowie Oberflächenbehandlung unterzogen werden. Geprüft (an ASTM F2077 Prüfnorm angelehnt) wurde das Implantat schliesslich mittels statischer und dynamischer Prüfmaschine. Parallel dazu wurden Schwachstellen des Implantat-Designs in einer FEM-Analyse eruiert.

Mithilfe der Prozessparameterstudie konnte ein annäherungsweise dichtes Bauteil mit wenigen Fehlstellen erreicht werden. Durch Beizen konnten Partikelreste von den Implantaten entfernt werden, während die raue Oberfläche erhalten blieb. Es konnte gezeigt werden, dass die statische Belastbarkeit der Implantate bis 29.5kN gewährleistet werden kann. Die dynamischen Tests zeigten, dass im behandelten Cage ab 6kN im Gitter bei  $5 \cdot 10^6$  Zyklen Risse entstanden sind, welche schlussendlich zum Bruch führten. Bei unbehandelten Cages trat der Bruch bereits bei ca.  $10^6$  Zyklen auf, was vermutlich auf die Eigenspannung zurückzuführen ist.

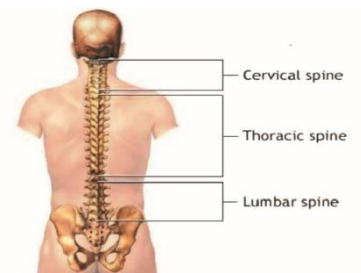
Es wird vermutet, dass Poren, welche oberflächennah liegen, den grössten Einfluss auf die Ermüdungsfestigkeit haben und schon bei kleinen Lasten zum Anriss führen und daher durch eine hohe Bauteildichte minimiert werden müssen. Überdies müssen die Eigenspannungen im Bauteil gelöst werden, um eine Spannungsverstärkung zu verhindern.

Es ist bereits mit der limitierten Anzahl an Tests anzunehmen, dass die Cages für die Anwendung ausreichend dimensioniert sind und dem dynamischen sowie dem statischen Belastungsfall im Körper



Diplomierende  
Lorenz Poiger  
David Schraven

Dozent  
Daniel Baumgartner



Das Implantat wird bei einem Defekt der Bandscheibe zwischen zwei Wirbeln eingesetzt. In diesem Fall wird ein Cage für die lumbale Wirbelsäule untersucht.



Beispiel eines 3D-gedruckten Titan-Cages der Firma K2M. Hergestellt mit dem SLM-Verfahren. Quelle: K2M Complex Spine Innovations