

## Welches Potential steckt in der Hybridfertigung?

Kann sie sich in der Medizintechnik als bewährte Praxis etablieren?



**Bild 1: Mikron Tool und Partner, Technologieführer der Fertigungstechnik in der Hochleistungsbearbeitung, entwickeln ein neues Verfahren zur Herstellung medizintechnischer Implantate.**

Um diese Frage gewissenhaft zu beantworten, entwickelte und testete Mikron Tool mit dem Support namhafter Technologiepartner drei verschiedene Fertigungsverfahren für eine Glenoid-Basisplatte, Komponente einer inversen, zementfreien Schulterprothese aus dem Werkstoff Ti6Al4V ELI (3.7165). Dieser ist aufgrund seiner hohen Korrosionsbeständigkeit und ausgezeichneten Biokompatibilität eine von der Medizintechnik bevorzugte Titanlegierung und gilt als Referenz für zahlreiche Implantat-Materialien.

### Die konkurrierenden Fertigungsverfahren

Zur Evaluierung der optimalen Herangehensweise für dieses komplexe Teil wurden folgende Produktionsverfahren auf ihre Machbarkeit, Produktivität und Rentabilität im Serienfertigungskontext umfassend geprüft und miteinander verglichen:

**1. Zerspanende Herstellung:** Wird das medizintechnische Teil zerspanend gefertigt, erfordert es zusätzlich eine in einem sehr aufwendigen Verfahren aufgebrachte Beschichtung aus Titan oder knochenähnlichen Materialien wie z. B. Hydroxylapatit (HA), um die Osseointegration des Implantats zu unterstützen.

**2. 3D-Druck-Technologie:** Beim 3D-Druck entfällt dies, da die Außenfläche bereits eine optimale Struktur für die Knochenfusion aufweist. Dennoch benötigt auch hier das Werkstück eine Nachbearbeitung zum Entfernen der Stützstrukturen durch horizontale Drahterodierung und ein abschließendes Finishing auf einer Werkzeugmaschine.

**3. Hybridfertigung:** Die dritte Möglichkeit besteht in der Hybridfertigung, einer Kombination aus CNC-Bearbeitung und dem additiven Auftragen von Material.

### Innovativer Ansatz

Für die Durchführung des Hybridfertigungsverfahrens wurde dem Technologie- und Applikationszentrum der Mikron Tool von dem Maschinenbauer DMG MORI eine LASERTEC 30 DUAL SLM für die additive Fertigung zur Verfügung gestellt. Zusammen mit einem Dreh- und Fräszentrum NTX1000 sowie einer vertikalen Werkzeugmaschine DMP70 ermöglichte diese die Simulation einer umfassenden Produktionskette für die hybride Serienfertigung. Dieses neuartige Ver-

fahren stellte Mikron Tool bei ihren jüngsten Medical Days dem Fachpublikum vor.

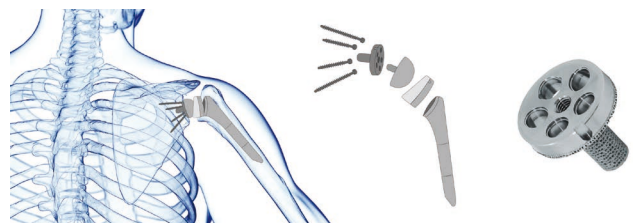
Forschungs- und Entwicklungsleiter Dr. Alberto Gotti und sein Team konnten die individuellen Vorteile der konventionellen Fertigungsverfahren - Zerspanung und 3D-Druck - sinnvoll nutzen, um im Hybridverfahren die Implantatkomponente effizient herzustellen. Das Hybridverfahren hat in der Tat das Potential, sich durchzusetzen. Im Vergleich zu den anderen geprüften Fertigungsverfahren zeichnen sich Vorteile ab.



**Bild 2a: Produktionsverlauf: 1. Zerspanende Basisplatte | 2. Additiv aufgebaute Hohlzapfen und Implantatoberfläche zur Osseointegration | 3. Profilschichten und Gewindefräsen auf der WZM DMP70**



**Bild 2b: Hybride Produktionskette zur Fertigung einer Glenoid-Basisplatte aus Titan Grad 5 Ti6Al4V ELI. Die Titanlegierung stellt sowohl in der Zerspanung als auch in der additiven Fertigung eine große Herausforderung dar.**



**Bild 2c: Schätzungen aus den USA gehen davon aus, dass sich der Gesamtbedarf an Schulterprothesen bis 2030 in der Gruppe der unter 55-Jährigen verdreifachen und in der Gruppe der über 55-Jährigen sogar verachtfachen wird.**

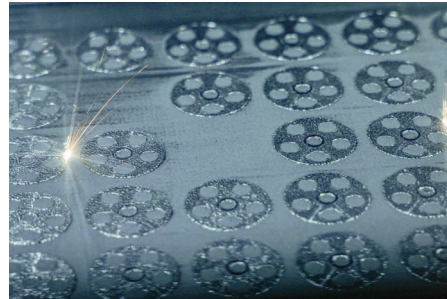
Autoren:  
Dr. Alberto Gotti  
Forschungs- und  
Entwicklungsleiter,  
Susanne Böhm  
PR & Communication Specialist  
Mikron Tool

[www.mikrontool.com](http://www.mikrontool.com)

[www.dmgmori.com](http://www.dmgmori.com)  
[www.motorex.com](http://www.motorex.com)



**Bild 3a:** Eine passgenaue Trägerplatte garantiert höchste Positionsgenauigkeit beim Laserschmelzverfahren.



**Bild 3b:** Die Handhabung des hochreaktiven Titanpulvers erfordert strenge Sicherheitsmaßnahmen während des gesamten Produktionsprozesses und gut geschultes Personal.



**Bild 3c:** In 10 h 16 min erfolgt der Aufbau des Hohlzapfens und der Implantatoberfläche im Laserschmelzverfahren.

## Komplexe Geometrie und Oberflächenstruktur

Die Geometrie der Glenoid-Basisplatte ist komplex, das Material Titan Grad 5 ELI ist zerspanungstechnisch anspruchsvoll. Die dem Schulterblatt zugewandte Oberfläche des Implantats muss poröse Strukturen aufweisen, um dem Knochenmaterial eine gute Matrix zum Einwachsen zu bieten.

In der Mitte der glenoiden Basisplatte befindet sich ein Hohlzapfen, der mittels Presspassung an der Glenosphäre befestigt wird. Er dient als stabile Primärverankerung der Prothese im Knochen und benötigt eine spezifische Oberfläche zur Osseointegration. Je nach Prothesendesign kann die Verankerung durch eine Zentralschraube, die durch den Hohlzapfen geführt wird, verstärkt werden.

## Schnittstellen perfekt aufeinander abgestimmt

Die Zusammenführung von CNC-Zerspanung und generativer Fertigung stellte die Spezialisten von Mikron Tool und DMG MORI vor einige Herausforderungen. Um die gewünschte Endqualität bei gleichzeitig hoher Wirtschaftlichkeit sicherzustellen, war es entscheidend, einen optimalen Workflow für die verschiedenen Fertigungsschritte zu entwickeln und die Produktivität der einzelnen Maschinen perfekt aufeinander abzustimmen.

Der Teileprogrammierung mit den Schnittstellen zwischen additiver und spanender Fertigung kommt dabei eine Schlüsselrolle zu. Die Kombination der CNC-Software „Esprit“ und der 3D-Drucksoftware „Celos“ ermöglicht eine nahtlose Integration von additiver und spanender Fertigung.

## Rohdaten für den 3D-Druck direkt ins CNC-Programm

Mit diesen Softwarelösungen kann der Anwender die Rohdaten für den 3D-Druck direkt in das CNC-Programm übernehmen. Dabei kann er Elemente wie Flächen verändern und Stützkonstruktionen gestalten resp. ergänzen.

Für Bereiche, die nachbearbeitet werden müssen, legt er die Maße fest, um sie später optimal bearbeiten zu können. Die Datei wird dann in das Konstruktions-CAD-System importiert und ausgegeben. Das schafft durchgängige Prozesse, minimiert die Durchlaufzeiten und erhöht die Zuverlässigkeit. Ein sicherer Produktionsprozess ist gewährleistet.

## Prozessverlauf:

1. Zerspanung
2. 3D-Druck SLM
3. Finishing durch Zerspanung

Basierend auf den Ergebnissen der vorangegangenen Testreihen (Zerspanung und 3D-Druck) wurde entschieden, im ersten Schritt den flachen Grundkörper des Glenoids inklusive der Schraubenlöcher und einer zentralen Bohrung mit Gewinde mit Hartmetallwerkzeugen („CrazyTools“) aus dem Vollen auf dem Dreh-Fräszentrum NTX1000 in Serie zu fertigen.

Im zweiten Schritt erfolgte der Aufbau des Hohlzapfens und der erforderlichen Implantatoberfläche mittels Laserschmelzverfahren (Bild 3a-c) direkt auf der abgeflachten Oberfläche des vorgefertigten Grundkörpers. Dieser Ansatz wurde gewählt, um den Materialeinsatz und die Fertigungszeit zu reduzieren. Ein weiterer Vorteil: Die abschließende Nachbearbei-

tung auf dem BAZ DMP70 konnte im Vergleich zur rein additiven Fertigung stark reduziert werden. Lediglich die Profile mussten geschliffen und der Hohlzapfen mit einem Gewinde versehen werden.

## Anspruchsvolle Vorbereitungsphase

Um den Produktionsfluss zu optimieren, war es notwendig, die volle Kapazität der „LASERTEC 30 DUAL SLM“ zu nutzen, die den gleichzeitigen Aufbau von 56 Halbzeugen ermöglichte. Als Trägerstruktur diente ein speziell entwickelter Bauteilträger, der mit der entsprechenden Anzahl maßgenauer Taschen zur Aufnahme der Glenoid-Grundkörper versehen war.

## Exakte Positionierung des Grundkörpers

Um eine höchstmögliche Präzision beim Materialauftrag zu gewährleisten, mussten die Einleger sehr sorgfältig mit der Trägerplatte verschraubt werden. Dazu wurde ein zusätzliches Gewinde in den Grundkörper eingebracht, das mit Hilfe des

NTX-1000 hergestellt wurde. Für eine einheitliche und genaue Ausrichtung der Grundkörper auf der Trägerplatte wurde bei der Bearbeitung eine zusätzliche Orientierungsnut eingebracht. In die Vertiefungen der Platte wurde die entsprechende Gegenform eingefräst. So konnte die Winkelposition der Grundkörper exakt definiert werden.

## 50 µm Positioniergenauigkeit

Nachdem die Trägerplatte in der Druckkammer der LASERTEC 30 DUAL SLM fixiert wurde, war es von größter Wichtigkeit, die exakte Position der Grundkörper, auf denen der Materialauftrag erfolgen soll, zu bestimmen. Für einen punktgenauen Materialauftrag müssen die Laser präzise eingestellt werden. Dies erfordert einen Kalibrierungsprozess, der folgende Schritte umfasst:

- Zunächst wird der Nullpunkt des Bearbeitungsbereichs exakt bestimmt. Dieser Punkt dient als Referenzpunkt für alle weiteren Positionierungen und Bearbeitungen.



**Bild 4:** Die hybridgefertigten medizintechnischen Komponenten benötigen nur eine minimale Anzahl von Nachbearbeitungsschritten. Die Bearbeitung der Teile in einer Aufspannung ist kraftschlüssig und äußerst rationell.