

Rapid Manufacturing schafft Mehrwert

# Es muss nicht immer gefräst werden

Wie hoch ist Ihre Stückzahl? Wie viele Maschinen, Geräte verkaufen Sie jährlich? 10, 50, 100 oder 1000? Dies sind durchaus gängige Stückzahlen in den Branchen Maschinen- und Apparatebau. Welches Fertigungsverfahren gewählt wird, hängt von verschiedenen Aspekten ab.

**Ralf Schindel**, Institutsleiter, inspire AG, irpd institute for rapid product development CH-9014 St. Gallen  
 irpd@inspire.ethz.ch  
 www.inspire.ethz.ch/irpd

Geht es um Stückzahlen, muss immer dieselbe Frage beantwortet werden: Wie kann diese Produktionsmenge wirtschaftlich hergestellt werden? Welche Fertigungsverfahren werden gewählt? Lohnt sich die Produktion über ein Werkzeug (bei oben erwähnten Stückzahlen eher weniger) oder kann über konventionelle Bearbeitung, wie zum Beispiel Fräsen, Drehen, Biegen, Schweißen, usw. die Kleinserie produziert werden? Oder gibt es eine Alternative?

## Rapid Manufacturing

Die Generativen Verfahren, früher bekannt als Rapid Prototyping-Verfahren, und die dazugehörigen Materialien haben heute einen technischen Stand erreicht, welcher es erlaubt, diese neuartige Technologie zu den Fertigungsverfahren zu zählen; allen voran das Selective Laser Sintering (SLS) und das Laser Cusing-Verfahren. Generative Verfahren werden nach DIN 8580 zu den Urformverfahren gezählt. Sie lassen sich jedoch nicht einer bestimmten Zustands-

gruppe zuordnen (flüssiger, gasförmiger, pulverförmiger Zustand), da unterschiedliche Ausgangswerkstoffe verwendet werden.

Bei der Verwendung der Generativen Verfahren spricht man heute nicht mehr nur von Rapid Prototyping-Anwendungen, sondern auch von Rapid Manufacturing: der direkten, ab CAD-Daten schichtweisen, aufbauenden Produktion von Endteilen.

Viele Praxisanwendungen des Selective Laser Sintering- oder des Laser Cusing-Verfahrens haben die Serientauglichkeit belegt. Ihr wirtschaftliches Einsatzgebiet ist vor allem bei Kleinserien von Teilen mit komplexen Geometrien. Der Grund dafür liegt in der Eigenart der schichtweisen Verarbeitung und den prozessspezifischen Einflussgrößen. Beim SLS- sowie beim Laser Cusing-Verfahren werden mittels eines Lasers partiell das Kunststoff- oder Metallpulver schichtweise nach digitaler Vorgabe einer Schichtinformation verschmolzen.

## Die Prozessdauer ist geometrieunabhängig

Produktivitätsbestimmend wirken vor allem die folgenden Einflussgrößen:

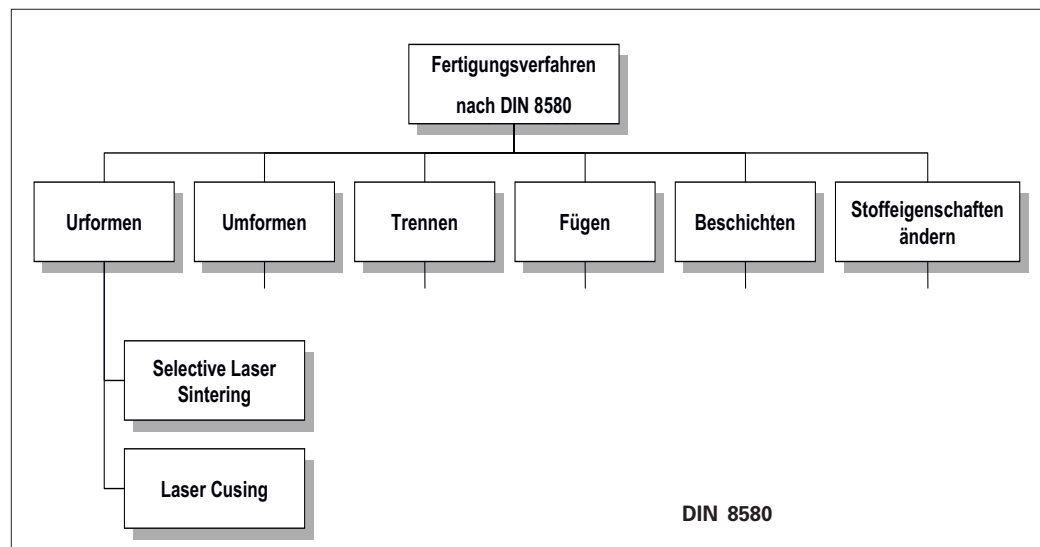
- Die Schichtstärke pro gescannter Information bestimmt die Anzahl Schichten, welche bearbeitet werden müssen (Schichtstärken SLS: 50 bis 150 µm, Laser Cusing: 30 bis 50 µm).
- Die Scangeschwindigkeit ist jene Geschwindigkeit, mit welcher der Laser Spot die Schichtinformation auf dem Pulverbett abtastet und durch den Energieeintrag eine Schmelze hinterlässt.
- Je grösser das zu sinternde Volumen der Bauteile ist, desto länger braucht der Laser für das Scannen der einzelnen Flächen.
- Mit einer effizienten Volumenausnutzung des zur Verfügung stehenden Bauraums kann der Prozess an Produktivität gewinnen. Teile können ineinander unter Berücksichtigung eines Minimalabstandes gestapelt und verarbeitet werden.

Keinen oder nur einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Prozessdauer hat die Komplexität der Teilegeometrie. Die Form der Bahnen, welche der Laser in der Ebene abfährt, wird von der Schichtinformation des geschnittenen 3D-Files vorgegeben. Ob die Bahnen nun stark gekrümmt oder gerade sind, spielt dabei zeitlich keine Rolle. Die vom Laser Spot pro Fläche zurückzulegende Gesamtstrecke bestimmt die Zeit pro Schicht und somit direkt die Produktivität, nicht aber die Form der Laserbahnen oder die Komplexität der Bauteile.

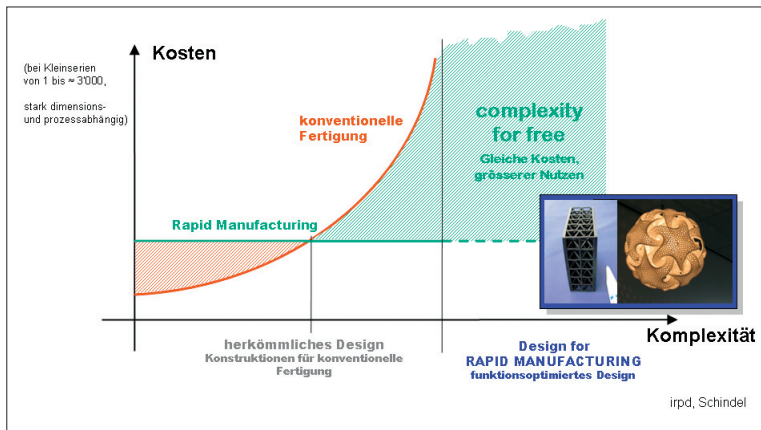
Dies ist der Hauptgrund, weshalb bei den Generativen Verfahren die

**→ Hinweis**

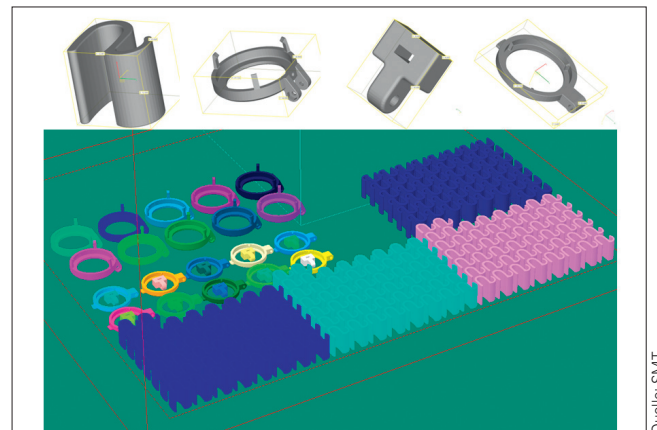
Swisstech: inspire AG, Halle 2, Stand A73. An der Sonderschau «Complexity for Free», Halle 2, Stand A80, ist eine Laser Cusing-Maschine M2 in Betrieb zu sehen.



Quelle: TUHH



Quelle: inspire AG



Quelle: SMT

Teilegeometrie keine Rolle spielt und weshalb soviel wie möglich Funktionen im selben Bauteil vereint werden können.

Dieses damit verbundene Wegfallen von Designrestriktionen und den neuen Konstruktionsmöglichkeiten umschreibt das «Design for Rapid Manufacturing» – konstruieren beinahe ohne produktionstechnische Einschränkungen.

Macht man für ein Bauteil, welches für die konventionelle Fertigung konstruiert wurde (herkömmliches Design) einen Verfahrensvergleich und entscheidet sich aus wirtschaftlichen Gründen für die generative Produktion, sollte man konsequenterweise auch gleich den zweiten Schritt unternehmen. Im Sinne von Complexity for Free (siehe Grafik) kann nun die Teilegeometrie dahingehend optimiert werden, dass

- mehrere Funktionen ins Bauteil konstruiert werden und somit die Stückliste kleiner wird
- eine kundenspezifischere Ausführung entsteht, zum Beispiel Logos, usw.
- eine individuelle Teilenummerierung aufgebracht wird
- über Topologieoptimierung neue (externe) Leichtbaustrukturen entstehen und generativ produziert werden können

Die Anwendung dieser und noch weiterer Vorteile wird unter dem Begriff «Complexity for Free» verstanden, das heisst, mit annähernd demselben finanziellen Aufwand den Mehrwert der Bauteile steigern.

### Technische Werte und Qualitäten

Ob die Generativen Verfahren für eine Rapid Manufacturing-Anwen-

dung in Frage kommen, bestimmt das Pflichtenheft des Bauteiles oder der Baugruppe. Erfüllen zum Beispiel die Festigkeiten von gesinteren Bauteilen meine mechanischen Anforderungen?

Meistens noch vor der Frage nach den mechanischen Eigenschaften interessieren natürlich die Toleranzen. Schert man Kunststoff und Metall, SLS und SLM, über einen Kamm, so liegen die Toleranzen durchaus unter dem Bereich der allgemeinen Feingiesstoleranzen. Während beim Laser Cusing ein Toleranzfeld von 50 bis 100 µm die Regel ist, so liegt das Toleranzfeld beim SLS je nach Dimensionen des Bauteils zwischen 100 bis mehreren 100 µm.

Soll es genauer sein, wie zum Beispiel bei einer Passung, so muss nachträglich endbearbeitet werden. Die Spanbarkeit der generativ aufgebauten Teile ist gut und zum Beispiel beim Laser Cusing ähnlich jener von geschweissten Metallen.

Anhand der RM-Anwendung bei der Firma smt wird dem Kunden ein weiterer Vorteil aufgezeigt: das parallele Verarbeiten unterschiedlicher Geometrien.

Die Kompetenz von Swiss Medical Technology GmbH (smt) ist Design, Entwicklung und internationaler Vertrieb von Produktinnovationen für die Medizintechnik. Oft wird in einer Stückzahl produziert, welche ein komplexes Werkzeug wirtschaftlich nicht rechtfertigt. Mit dem Entschluss, Bauteile über das Selective Laser Sintering (SLS) zu produzieren, wurde die Stückliste überarbeitet und weitere Bauteile für das SLS selektioniert. All diese Bauteile wurden auf Abruf parallel und gleichzeitig im selben Bauraum just-in-time

**Wirtschaftliche Anwendung von Rapid Manufacturing «Complexity for Free» (links). Die einzelnen Geometrien von vier Bauteilen und die Platzierung des gesamten Auftrages (rechts).**

produziert; es entstehen keine Lagerhaltungskosten (production on demand) und Geometrieänderungen sind zu jeder Zeit möglich. Wartezeiten auf ein komplexes Werkzeug entfallen ebenso wie das Anfangsrisiko bei hohen Anfangsinvestitionen.

Zusammenfassend soll hier noch einmal unterstrichen werden, dass das Selective Laser Sintering- und das Laser Cusing-Verfahren heute zu den Fertigungstechnologien gehören und Endteile in Kleinserien produzieren – in Kunststoff oder Metall und in Seriengrößen von momentan bis zu 3000 Teilen.

Kontakt:  
**inspire AG, irpd institute for rapid product development**  
 9014 St. Gallen  
[www.inspire.ethz.ch/irpd](http://www.inspire.ethz.ch/irpd)  
[irpd@inspire.ethz.ch](mailto:irpd@inspire.ethz.ch)

### ➔ Mehrwert dank Rapid Manufacturing

- Grosse Individualisierung, Varianten parallel produzierbar
- Funktions- (und nicht Verfahrens-) optimierte Konstruktionen möglich (z. B. Leichtbau)
- Die Geometrie kann frei und ohne Zusatzkosten während der Produktion angepasst werden
- Hinterschnitte und Hohlräume produzierbar
- Um die Werkzeugherstellzeit kürzere «Time to Market»
- Die Einstiegskosten (und somit das Risiko) sind um ein Vielfaches tiefer
- Schnell erste Batches zur Verfügung
- Keine Lagerhaltung: «Production on Demand»
- Die einzelnen Teile einer Serie können unterschiedliche Geometrien aufweisen (Teile-Nr. usw.)
- Ineinander konstruierte Teile (Baugruppen) direkt und montagefrei produzierbar