

# Werkzeugmaschinen als Bestandteil der Prozesskette in der additiven Fertigung

Die additive Fertigung hat sich in den vergangenen Jahren rasant weiterentwickelt. Sie hält in immer mehr Bereichen Einzug: Prototypen, Ersatzteile, (bionisch) optimierte Strukturen, Leichtbau, ... Die Maschinen werden in Serien gebaut und standardisiert in Betrieb genommen und betrieben. Sowohl im Bereich der Kunststoffe als auch Metalle stehen immer mehr Materialien zur Verfügung. Aufgrund des noch relativ jungen Alters der Technologie besteht jedoch bei den gesamten Prozessketten noch Entwicklungs- und Forschungsbedarf. Dies bezieht sich z. B. auf die Reproduzierbarkeit und Prozesssicherheit.

## Prozessketten

Bei konventionellen Fertigungsverfahren metallischer Bauteile sind die Prozessketten mittlerweile in vielen Bereichen beherrschte Prozesse. Nach dem Ur- und Umformen folgt sehr häufig eine spanende Bearbeitung. Dabei werden Funktionsflächen teilweise mit engen Toleranzen und hoher Oberflä-

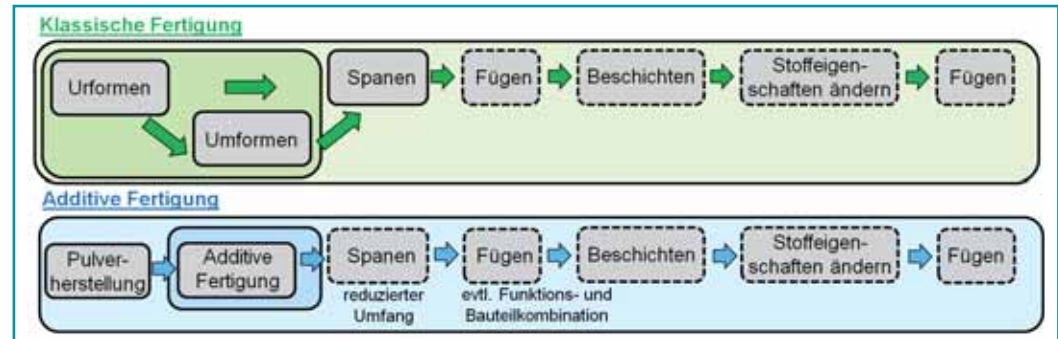


Abbildung 1: Prozessketten bei Additiver und konventioneller Fertigung.

chengüte erzeugt. In Abhängigkeit der Anwendung kommen teilweise auch Verfahren der Hauptgruppen 5 (Beschichten) und 6 (Stoffeigenschaften ändern) aus DIN 8580 zum Einsatz. Auch bei der Additiven Fertigung sind die Bauteile nach dem Bauprozess noch nicht fertig. Geforderte geometrische und physische Anforderungen lassen sich durch den Bauprozess häufig nicht erzielen (Abbildung 1). Auch müssen die mit Stützstrukturen der an der Bauplattform fixierten Komponenten von dieser getrennt und von den Stützstrukturen befreit werden. Da durch den Bauprozess teilweise Spannungen in dem Bauteil induziert werden,

ist auch dort eine thermische Nachbehandlung (Stoffeigenschaften ändern) zur Reduzierung dieser erforderlich. Die Genauigkeit des Bauprozesses erfüllt bei Toleranzen, Form- und Lagetoleranzen an Funktionsflächen noch nicht den Anforderungen vieler Bauteile. Diese Flächen werden dann spanend bearbeitet. Jedoch sind dabei das Aufmaß und die Größe der Flächen gegenüber den konventionellen Fertigungsverfahren reduziert. Die folgende Abbildung zeigt die Prozessketten im Vergleich.

Die Additive Fertigung erlaubt in vielen Fällen, sehr komplexe geometrische Strukturen zu re-

alisieren. Dadurch lassen sich bisher aus mehreren Komponenten bestehende Baugruppen aus einem oder wesentlich weniger Bauteilen aufbauen. Dies führt zu reduziertem Montageaufwand.

Während bei der konventionellen Fertigung zur Erzeugung originaler Bauteile häufig teure Werkzeuge und/oder Formen hergestellt werden müssen, fällt dieser Schritt bei der Additiven Fertigung weg. Bis ein Abguss beim Sandguss, der erste Schuss beim Druckguss oder ein umgeformtes Bauteil mittels eines Gesenkes hergestellt werden kann, sind 6-15 Wochen erforderlich. Eine Gewähr, dass

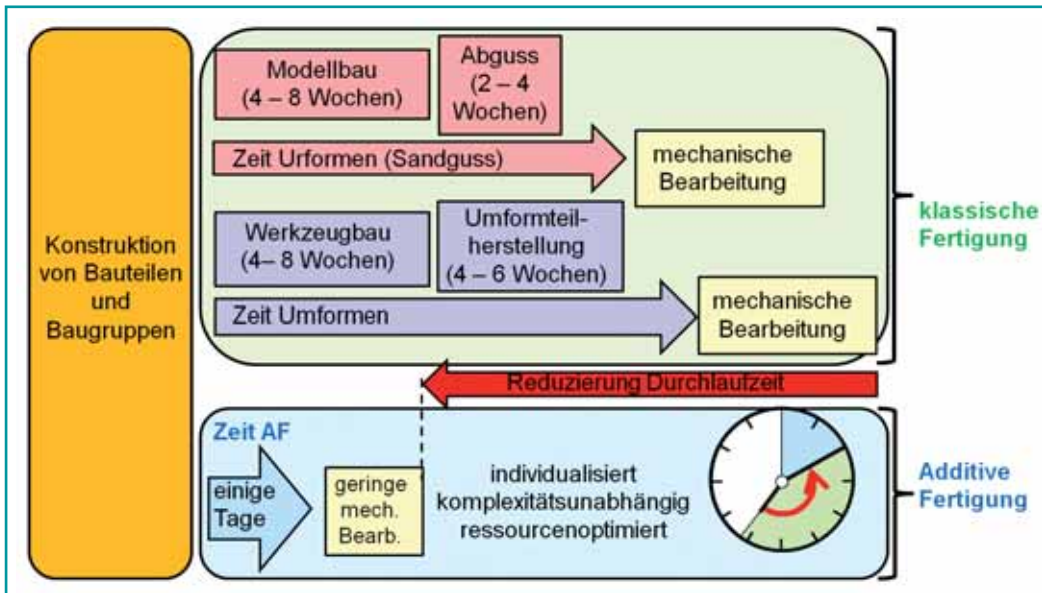


Abbildung 2: Reduzierung der Durchlaufzeit bei Additiver Fertigung.

dabei funktionsfähige Bauteile erzeugt werden, besteht nicht. Die Fertigung von Prototypen aus massivem Material ist ebenfalls aufwendig und führt zu anderen Bauteileigenschaften als beim originalen Bauteil. Die Additive Fertigung lässt eine Umsetzung von Bauteilen innerhalb weniger Tage zu und führt damit zu einer erheblichen Reduzierung der Durchlaufzeiten. Steigende geometrische Komplexität bei Additiver Fer-

tigung führt nicht zu längeren Durchlaufzeiten (Abbildung 2). Die Additive Fertigung integriert den Aufbau von Funktionalität und Bauteilkombinationen mit reduziertem Montageaufwand von heute aus mehreren Bauteilen bestehenden Baugruppen. Mit konventionellen Verfahren lassen sich Bauteile teilweise nicht einteilig herstellen, da dabei fertigungstechnologische Grenzen bestehen. Die Additive Fertigung sprengt die-

se Grenzen, da zum Beispiel innere Hohlräume, Hinterschnitte oder innenliegende Flächen mit hoher Komplexität in einem Bauprozess erzeugt werden können. Dadurch bedingt reduziert sich nicht nur die Zeit bis zum Rohteil, sondern auch der anschließende Aufwand an mechanischer Bearbeitung. Das zu zerspanende Volumen und die die Flächen werden deutlich geringer. Die Individualisierung von Produkten führt bis zur Fertigstellung des Rohteils nicht zu einer Verlängerung des Bauprozesses.

Nach der Konstruktion der Bauteil folgt eine Aufbereitung der Daten für den Bauprozess. Dabei werden die Bauteile im Bauvolumen der Anlage positioniert. Ziel dabei ist eine optimale Ausnutzung des Bauvolumens und einer möglichst geringen Nachbearbeitung der produzierten Komponenten. Die Effizienz des Bauprozesses steigt mit der Erhöhung des Bauteilvolumens bezogen auf das Bauvolumen. Dies hängt damit zusammen, dass sich bei höherer Bauteildichte der Bauprozess nicht proportional verlängert. Die Nebenzeiten sind überwiegend von der Höhe des Bauvolumens und nicht der Bauteildichte abhängig. Durch eine geschickte Orientierung der Bauteile im Bauvolumen

lässt sich der Anteil der Stützstrukturen deutlich reduzieren (Abbildung 3). Stützstrukturen sind zur Aufnahme von Bauteilspannungen und zur Fixierung dieser im Bauvolumen erforderlich. Stützstrukturen sind erforderlich z. B. bei Überhängen, größere Bohrungen und Schrägen unter 45° gegenüber der Horizontalen. Auch der Schichtungseffekt ist bei Oberflächen und deren Orientierung zu berücksichtigen. Auf flachen Oberflächen sind die einzelnen Schichten deutlich zu erkennen.

### Automatisierte Prozesskette

Die Prozesskette der Additiven Fertigung beginnt mit der CAD-Konstruktion. Die folgende Übergabe und Aufbereitung der Daten für den Bauprozess erfolgt innerhalb der Programmpakete oder mittels standardisierter Datenschnittstellen und -formate. Nach dem Bauprozess sind die Bauteile an der Bauplattform im Pulverbett umgeben von loseem Pulver fixiert. An der automatisierten Trennung von Bauteil und Pulver wird derzeit an verschiedenen Stellen gearbeitet. Dabei sind aufgrund des Arbeitsschutzes Vorsichtsmaßnahmen (z. B. geschlossener Arbeitsraum mit Filterung der Abluft, Atemschutzfilter für das Bedienpersonal) erforderlich. Für den nachfolgenden Prozess (z. B. Trennung der Bauteile von der Bauplattform, Nachbearbeitung) sind derzeit noch keine standardisierten Schnittstellen vorhanden, so dass dort improvisierte manuelle oder teilautomatisierte Arbeitsschritte folgen. Für die Aufnahme der Werkstücke in Bearbeitungsmaschinen sind Spannungspunkte schon bei der Konstruktion vorzusehen. Bei der weiteren Industrialisierung der Additiven Fertigung sind sowohl die mechanischen und elektrischen Schnittstellen als auch die Datenkette im Anschluss an den Bauprozess noch zu entwickeln.

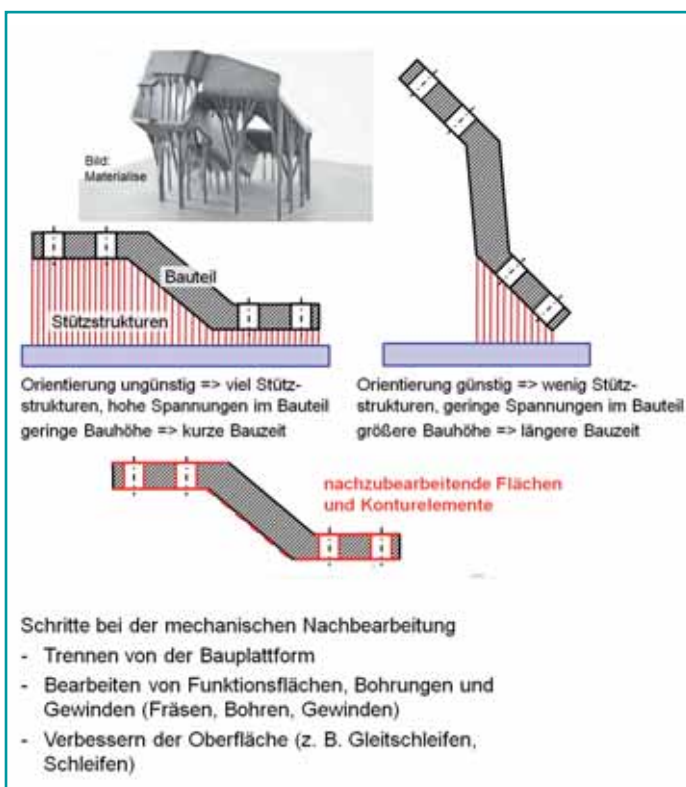


Abbildung 3: Stützstrukturen bei AF-Bauteilen.

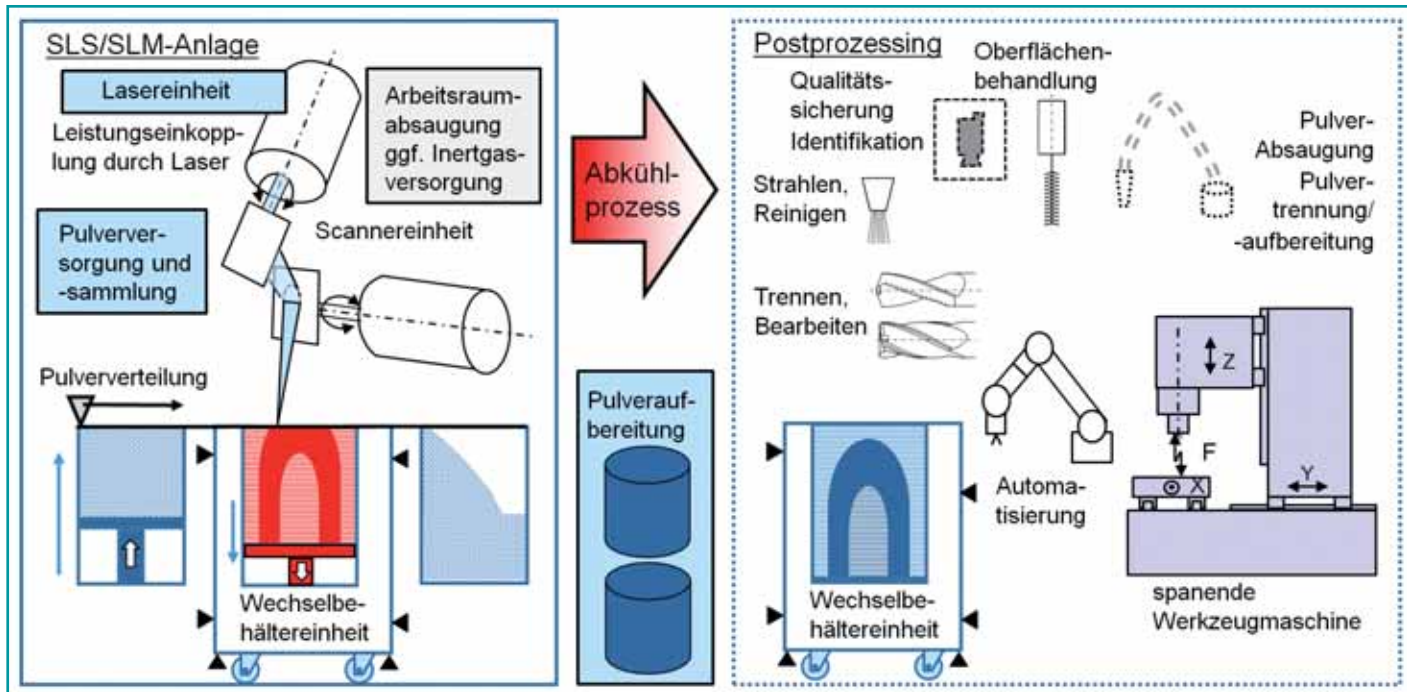


Abbildung 4: Automatisierung der additiven Fertigung.

# Zusammenfassung

Die Additive Fertigung bietet großes Potenzial zur Erschließung neuer, flexibler und innovativer Fertigungsprozesse mit kurzen Durchlaufzeiten. Erhöhte Komplexität und die Integration von Funktionen in Bauteile wird gefördert. Zur Steigerung der Konkurrenzfähigkeit und weiteren Ausweitung des Einsatzgebietes sind automatisierte Fertigungsschritte nach dem Bauprozess erforderlich. Werkzeugmaschinen spielen auch in der Prozesskette der Additiven Fertigung eine zentrale Rolle bei der Erzeugung von genauen Funktionsflächen. Dabei ist evtl. eine andere Auslegung aufgrund reduzierter Zerspanvolumen und geringeren Flächen möglich.

*Prof. Dr.-Ing. Helmut Nebeling  
Professur Werkzeugmaschinen, Steuerungstechnik,  
Produktionsanlagen, additive Fertigung*

*Hochschule Reutlingen*

*[www.tec.reutlingen-university.de](http://www.tec.reutlingen-university.de)*