



Die Potenziale additiver Fertigungstechnologien erscheinen zunächst beeindruckend, doch gibt es auch Einschränkungen zu berücksichtigen.

Potenziale Additiver Fertigung für die Gießerei-Industrie

Additive Fertigungsverfahren, auch als 3-D-Druck bezeichnet, zählen zu den jüngsten Fertigungsverfahren. Ihre Entwicklung in den letzten Jahren ist geprägt von zahlreichen Innovationen. Die rasanten Fortschritte führen zusammen mit den vollmundigen Werbeversprechen der Hersteller dazu, dass die physikalischen und ökonomischen Limitationen der Technologie gerne vergessen werden.

VON MARTIN BEDNARZ, INGOLSTADT

Besonders im Bereich des Leichtbaus erscheinen die Potenziale von additiven Technologien zunächst beeindruckend, doch gibt es wichtige technische, physikalische und ökonomische Einschränkungen zu berücksichtigen. Dieser Beitrag soll aufzeigen, unter welchen Voraussetzungen additive Verfahren in der Gießerei-Industrie zum aktuellen Zeitpunkt wirtschaftlich erfolgreich einsetzbar sein können und wie verschieden additive Verfahren die Gießerei-Industrie beeinflussen.

3-D-Druckverfahren kommen neben der Prototypenfertigung verstärkt auch in der Produktion zum Einsatz, weswegen die anfallenden Kosten und fertigungsgerechtes Design zunehmend an Bedeutung gewinnen. Wird für die Fertigung eines Bauteils oder einer Baugruppe ein additives Fertigungsverfahren in Betracht gezogen, so sind zunächst grundlegende Voraussetzungen zu prüfen.

Grundvoraussetzungen für Additive Fertigung

Bauteilgröße

Additive Fertigung wird mit steigender Bauteilgröße aufgrund der exponentiell steigenden Bauzeit und der hohen Materialkosten zunehmend unwirtschaftlicher. Direkte additive Fertigungsverfahren für Metall- oder Kunststoffbauteile sind über einem Liter Bauvolumen selten wirtschaftlich. Eine Ausnahme stellt der 3-D-Sanddruck dar, weil sowohl der Formstoff, als auch der verdruckte Binder vergleichsweise günstig sind.

Hohe Komplexität

Es macht so gut wie nie Sinn, einfach durch konventionelle Verfahren herzustellende Geometrien durch einen 3-D-Druckprozess zu realisieren. Ein großer Vorteil der additiven Verfahren ist, dass Aufwand und Kosten nahezu unabhängig von der Bauteilkomplexität sind. Nur wenn der Aufwand durch konven-



Bild 1: 3-D-gedruckter Bremshebel mit Kohlefaser-Verstärkung.

tionelle Fertigung enorm hoch oder eine konventionelle Fertigung gar unmöglich ist, wird 3-D-Druck wirtschaftlich.

Hohe Wertschöpfung

Nicht nur die Komplexität, sondern auch die erzielbare Wertschöpfung mit einem bestimmten Bauteil, ist für die Anwendung additiver Verfahren entscheidend. Deswegen finden direkte additive Methoden oft im Bereich der Luftfahrt, wo jedes Gramm Gewichtersparnis eine hohe Wertschöpfung bedeutet, Anwendung.

Kleine Stückzahlen

Additive Fertigungsverfahren zeichnen sich durch geringe Investitionskosten (keine Werkzeuge notwendig) und hohe laufende Kosten (Materialkosten, Energiekosten, Anlagenkosten) aus. Oft liegt die Grenzstückzahl im einstelligen Bereich. Additive Fertigungsverfahren sind daher z.B. bei Anwendungen in der Medizintechnik (Prothesen, Orthesen, Dentalanwendungen) enorm erfolgreich.

Zeitkritische Bauteile

Additive Verfahren bieten bei Produkten, die konventionell mehrere Fertigungsschritte durchlaufen müssen oder auf aufwendige produktspezifische Betriebsmittel (Werkzeuge, Vorrichtungen, Modelle etc.) angewiesen sind, einen enormen Zeitvorteil. Sie sind oft schon nach wenigen Tagen oder sogar Stunden verfügbar, während auf konventionellem Weg mehrere Wochen benötigt werden. Dies macht Additive Fertigungsverfahren besonders interessant für eine beschleunigte Produktentwicklung (Prototypen, Vorserien) oder für zeitkritische Ersatzteile.

Sind alle Voraussetzungen gegeben, kann der Einsatz von additiven Fertigungsverfahren verfolgt werden. Natürlich sind dabei die spezifischen Eigenschaften des jeweiligen Verfahrens zu berücksichtigen. Im Folgenden wird eine grobe Charakterisierung von Metall- und Kunststoffdruck sowie den indirekten additiven Fertigungsverfahren vorgenommen.

3-D-Metall-Druck

Additive Methoden sind in der Luftfahrtbranche aufgrund ihrer Leichtbaupotenziale und in der Medizintechnik aufgrund effizienter Fertigung auch bei Losgröße eins im Aufwind. Sie ermöglichen den Einsatz komplexer Formen und Strukturen, welche mit konventionellen Verfahren nicht umsetzbar sind. Sie erschließen damit auch das volle Potenzial digitaler Methoden der Topologieoptimierung. In der Luftfahrt werden hauptsächlich 3-D-Druck-Bauteile aus Magnesium-, Titan- oder Aluminiumlegierungen verwendet. Die typischen Kosten solcher Metalldruckprozesse liegen deutlich über 1000 Euro pro Kilogramm*, (typischerweise bei 2000 bis 3000 Euro pro Kilogramm), und machen diese Verfahren für eine Serienanwendung in weniger leichtbauorientierten Industriezweigen un-



Bild 2: Gedruckte Sandform und bearbeitetes Endprodukt.

wirtschaftlich. Lediglich im Werkzeug- und Anlagenbau, wo durch technologisch optimierte Einzelteile eine hohe zusätzliche Wertschöpfung erzielt werden kann, sind Metall-3-D-Druck-Verfahren mittelfristig für die Serienfertigung einsetzbar.

3-D-Kunststoffdruck

Hauptsächlich aufgrund der deutlich geringeren Anschaffungskosten von Kunststoffdruckern sind sowohl die Einstiegshürden als auch die Teilekosten deutlich geringer (um ca. eine Größenordnung: 200 bis 300 Euro pro Kilogramm*). Für eine Serienfertigung sind sie damit zwar meist immer noch unwirtschaftlich, mit professionellen Drucksystemen sind aber Materialeigenschaften, Oberflächenqualitäten und Haptik annähernd wie bei konventionellen Prozessen erzielbar, weshalb diese Systeme häufig bis zum Prototypen und Vorserienstadium in der Entwicklung verwendet werden. Für Funktionsteile mit hohen mechanischen Belastungen gibt es mittlerweile Verfahren zum Druck faserverstärkter Kunststoffe, die Festigkeiten vergleichbar mit Metallbauteilen erreichen (Bild 1). Für den Anlagen- und Vorrichtungsbau stellen diese Systeme eine interessante Alternative dar.

Indirekte Verfahren

Die indirekten Verfahren sind insbesondere für die Gießerei-Industrie die bedeutendsten Verfahren. Der 3-D-Sanddruck ermöglicht die Herstellung von Formen und Kernen für Gießereianwendungen (Bild 2). Während die Herstellung der Formen im Drucker zusätzliche Gestaltungsfreiheiten bietet und gegenüber konventionellen Verfahren einen enormen Zeitvorteil bietet, ist der nachgelagerte Gießprozess nahezu identisch. Im Vergleich zu den direkten Verfahren sinken die Kosten pro kg Bauteilgewicht nochmals um eine Größenordnung (20 bis 30 Euro pro Kilogramm*). Grund dafür sind die vergleichsweise preiswerten Verbrauchsmaterialien und die hohe Produktivität der Anlagen. Eine weitere indirekte Alternative ist der Druck von thermoplastischen Modellen für Feingussanwendungen. Die Vorteile sind wie beim Sanddruck eine deutlich schnellere Fertigungszeit und eine höhere Formgebungsfreiheit gegenüber konventionellen Verfahren.

Potenzial für die Gießerei-Industrie

Betrachtet man die Gießerei-Industrie, so werden hauptsächlich die 3-D-Metall-Druckverfahren als aufkommende Konkurrenz

gesehen. Gemessen an der Produktivität und den Kosten aller aktuellen 3-D-Metall-Druckverfahren ist allerdings nicht zu befürchten, dass nennenswerte Marktanteile durch diese Verfahren verloren gehen könnten. Auch zukünftige Entwicklungen und Optimierungen bei Verfahren, Anlagen und Materialien werden den Kostenabstand nicht nennenswert verkürzen können, da dieser aktuell im Bereich von drei Größenordnungen liegt. Höchstens beim Werkzeugbau (z.B. von Druckgusswerkzeugen) könnten gezielt optimierte 3-D-Druckbauteile (z.B. durch integrierte Kühlkanäle) wirtschaftlich eingesetzt werden.

3-D-Kunststoff-Druckverfahren sind ebenfalls für die Gießerei-Industrie keine Konkurrenz, können aber bei der Automatisierung und beim Bau von Vorrichtungen und Modellen innerhalb der Gießerei-Industrie sinnvoll sein.

Die indirekten 3-D-Druck-Verfahren wie der 3-D-Sanddruck, haben das größte Potenzial für die breite Anwendung, da sie die geringsten Mehrkosten verursachen und die technischen Möglichkeiten der konventionellen Verfahren erweitern. Hier liegen auch die größten Technologiepotenziale für die Gießerei-Industrie. Gedruckte Formen und Kerne ermöglichen konventionell nicht fertigmögliche Geometrien. Durch 3-D-Druck sind beispielsweise Monoblock-Bauweisen möglich, wo Formen inklusive aller Innengeometrien ohne Teilungsebene ausgeführt werden können. Diese Bauart ermöglicht geometrische Freiheitsgrade wie beim Vollformguss, ohne die negativen Einflüsse durch das Vergasen des Modells. Zudem kann durch 3-D-gedruckte Formen der Gießprozess gezielt beeinflusst werden, z.B. durch gedruckte Kühl- oder Heizkanäle in den Formen oder Kernen. Auch die Entkernbarkeit kann durch 3-D-Druck (z.B. durch Hohldruck von Kernen) verbessert werden.

Durch den Einsatz von gegossenen Werkzeugen und Aktivelementen aus 3-D-gedruckten Sandpaketen können beispielsweise Kühlkanäle wirkflächennah eingebracht werden. Bei temperatursensitiven Prozessen wie Schmiede-, Druckguss- oder Presshärteprozessen bedeutet dies nicht nur schnellere Taktzeiten und verbesserte Werkzeugstandzeiten, sondern auch optimierte Produkteigenschaften. 3-D-gedruckte Wassermantelkerne für Zylinderköpfe helfen, Verbrennungsmotoren sauberer und effizienter zu machen, was angesichts der aktuellen Entwicklungen von CO₂- und anderen Schadstoffgrenzwerten für die Zukunft des Verbrennungsmotors unerlässlich ist. Wie alle anderen additiven Verfahren macht der Einsatz von 3-D-Sanddruck aber dennoch meist nur dann wirtschaftlich Sinn, wenn durch den Einsatz ein Technologie- oder ein Zeitvorteil erzielt wird.

Fazit

Die direkte Konkurrenzsituation für die etablierten Fertigungsverfahren durch die Additive Fertigung ist generell unkritisch. Vielmehr bieten sich Optimierungspotenziale an Werkzeugen und Anlagen und beschleunigte Entwicklungszeiten bei der Ergänzung konventioneller Fertigungsverfahren durch additive Verfahren. Durch das Drucken von Formen, Kernen und Modellen profitiert die Gießerei-Industrie aktuell mehr von den Möglichkeiten der additiven Fertigung als konkurrierende Metallverarbeitungsverfahren, wie beispielsweise die Massivumformung.

Prof. Dr.-Ing. Martin Bednarz, Professur für innovative Fertigungsverfahren und Digitalisierung in der Produktion, TH Ingolstadt.

* Grobe Richtwerte zum März 2019, individuelle Kosten sind stark abhängig von Druckverfahren, Drucksystem, Druckmaterial und vom Bauteildesign.