



Handlungsfelder

Additive Fertigungsverfahren
„Management Summary“

April 2016

Einleitung und Zusammenfassung

Durch die ehrenamtliche Zusammenarbeit von rund 30 Autoren entstand im April 2016 ein umfassendes Werk, das der VDI als „Handlungsfelder Additive Fertigungsverfahren 2016“ zum freien Download unter www.vdi.de/HandlungsfelderAM veröffentlicht. In diesem Papier stellen wir die technologische Bandbreite der additiven Fertigungsverfahren vor und geben zahlreiche Anwendungsbeispiele aus den unterschiedlichsten Branchen. Mit diesem Wissen im Hintergrund versuchen wir eine Hilfestellung bei der zentralen Frage vieler potenzieller Anwender zu geben:

Wofür kann ich die additiven Fertigungsverfahren in meinem Betrieb nutzen?

Um diese Frage zu beantworten, sollten Sie sich einen Überblick darüber verschaffen, wozu diese Verfahren bereits erfolgreich eingesetzt werden.

Wer nutzt additive Fertigungsverfahren?

- Wir stellen typische Anwenderbranchen vor.
- Wir stellen typische Anwendungen vor.

Welche Anwendungsschwerpunkte gibt es?

Branchenübergreifend kristallisieren sich Anwendungsschwerpunkte für die additiven Fertigungsverfahren heraus:

- Fertigung von Einzelstücken und Kleinserien
- Fertigung von komplexen Geometrien
- Fertigung von Produkten mit zusätzlichem Nutzen oder erweiterter Funktionalität

Was steht heute einer intensiveren Nutzung entgegen?

Aus dem Stand der Technik sowie dem wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Umfeld, in dem die additiven Fertigungsverfahren genutzt werden, lassen sich Handlungsfelder ableiten. Diese betreffen folgende Themenfelder:

- technologische Weiterentwicklungen,
- Arbeitssicherheit,
- Fortbildung und Schulung,
- Applikationsforschung und
- rechtlichen Rahmenbedingungen.

Die Publikation „Handlungsfelder Additive Fertigungsverfahren 2016“ wird ihrem Namen gerecht und behandelt viele dieser Themen im Detail. Für die vorliegende Zusammenfassung haben wir Fragen rund um den Nutzen der additiven Fertigungsverfahren in den Vordergrund gestellt und stellen auf wenigen Seiten die wichtigsten Aspekte, die dabei zu beachten sind vor.

Wenn die Lektüre der vorliegenden „Management Summary“ Ihren Wissensdurst angeregt, aber noch nicht gestillt hat, verweisen wir auf die ungekürzte Fassung der „Handlungsfelder Additive Fertigungsverfahren 2016“.



Prof. Dr.-Ing. Gerd Witt
Vorsitzender des VDI-Fachausschusses
FA 105 „Additive Manufacturing“

Inhalt

Einleitung und Zusammenfassung	1
1 Wer nutzt Additive Fertigungsverfahren?	3
1.1 Luft- und Raumfahrtindustrie	3
1.2 Werkzeug- und Formenbau	3
1.3 Elektro- und Elektronikindustrie	4
1.4 Automobilindustrie	4
1.5 Gießereitechnik	4
1.6 Automatisierungstechnik, Maschinen- und Anlagenbau	4
1.7 Montagetechnik	5
1.8 Medizinische Anwendungen	5
1.9 Prothetik	5
1.10 Dentaltechnik	5
1.11 Ausbildung und Operationsvorbereitung	5
2 Wofür kann ich die additiven Fertigungsverfahren in meinem Betrieb nutzen?	6
2.1 Typische Einsatzgebiete	6
2.2 Bauteilkosten	6
2.3 Wie verbessere ich meine Produkte mit additiven Fertigungsverfahren?	7
2.4 Neue Geschäftsmodelle	7
3 Handlungsfelder	8
3.1 Technologische Weiterentwicklungen	8
3.2 Arbeitssicherheit	9
3.3 Fortbildung und Schulung	9
3.4 Applikationsforschung	9
3.5 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen	9
3.6 Rechtliche Rahmenbedingungen	9
3.7 Verbandsaktivitäten	9
4 Aktivitäten des VDI	10
4.1 Überblick VDI-Richtlinien	11
4.2 VDI-Richtlinien in der internationalen Standardisierung	11
Autoren	12

1 Wer nutzt Additive Fertigungsverfahren?

Additive Fertigungsverfahren sind im industriellen Umfeld mit Kunststoffen und Metallen als Werkstoff Stand der Technik. Gussformen oder Formen für andere Abformverfahren werden ebenfalls additiv hergestellt.

Mit additiven Fertigungsverfahren können Geometrien realisiert werden, die anders nicht herstellbar sind.

Neben der Entwicklung von Maschinen, die immer größere Bauteile immer schneller herstellen können, geht ein weiterer Entwicklungstrend hin zur Fertigung immer kleinerer Details. So werden direkt additiv hergestellte optische Elemente mit kundenspezifischen Geometrien bereits angeboten.

Immer häufiger können additive Fertigungsverfahren mit konventionellen Fertigungsverfahren kombiniert werden. Metall- und Kunststoffstrukturen können auf ebene Flächen additiv aufgebracht werden. Auch gibt es unterschiedliche Konzepte, den additiven Aufbau mit Fräsmaschinen zu kombinieren. So können Funktionsmaße ohne Umspannen auch an Bauteilpositionen realisiert werden, die beim fertigen Produkt für die spanende Bearbeitung nicht mehr zugänglich sind.

Einen Überblick über die verschiedenen additiven Fertigungsverfahren, deren Funktionsweise und die typischen Einsatzgebiete gibt die Richtlinie VDI 3405.

In der vorliegenden „Management Summary“ werden nur die Anwendungsfelder aufgeführt, die einen starken Bezug zur klassischen Produktionstechnik haben.

1.1 Luft- und Raumfahrtindustrie

Bei Fluggeräten bewirken Gewichtseinsparungen über den verringerten Treibstoffverbrauch erhebliche Einsparungen bei den Betriebskosten. Da die Kunden typischerweise die Gesamtbetriebskosten (Total Cost of Ownership) betrachten, sind sie bereit, höhere Anschaffungskosten zu akzeptieren, wenn diese nachweislich die Betriebskosten senken. Konstruktiv auf Leichtbau optimierte und additiv hergestellte Bauteile (Bild 1) sind hinsichtlich der Konstruktions- und Herstellkosten sicherlich nicht günstiger als ihre

konventionell konstruierten und gefertigten Vorgängertlösungen. Jedoch werden damit Treibstoffeinsparungen ermöglicht. Diese realisieren nicht nur Kostenvorteile, sondern senken so auch den Ressourcenverbrauch.



Bild 1. Bionisch optimierter Halter für das Crew Rest Compartment im Airbus A350 XWB. (Quelle: VDI e.V.)

1.2 Werkzeug- und Formenbau

Im Werkzeug- und Formenbau werden typischerweise Einzelstücke oder Kleinserien gefertigt. Dadurch, dass additiv gefertigte Bauteile schneller zur Verfügung stehen als konventionell gefertigte, stehen auch die damit hergestellten Produkte eher zur Verfügung und können mit einem Zeitvorsprung auf den Markt gebracht werden (Bild 2).



Bild 2. Mittels FDM hergestelltes Kunststoffwerkzeug zur Herstellung eines einzelnen Ersatzteils für die Luftfahrtindustrie (Quelle: Stra tasy/Boeing)

Indem die Möglichkeit genutzt wird, Geometrien zu fertigen, die bisher praktisch nicht herstellbar waren, kann außerdem die Performance der Werkzeuge, beispielsweise durch integrierte Kühlkanäle, verbessert werden (Bild 3).



Bild 3. Gebogener Schieber (links) aus Stahl mit innen liegender Kühlung (rechts, skizziert)
(Quelle: Gregor Jell Werkzeugelemente)

1.3 Elektro- und Elektronikindustrie

Auch in der Elektro- und Elektronikindustrie ist eine unzureichende Kühlung oft der entscheidende Grund, warum kompaktere Bauformen oder leistungsfähigere Geräte nicht realisiert werden können. Mithilfe der additiven Fertigungsverfahren können maßgeschneiderte Kühlsysteme realisiert werden, die die Wärme aufnehmen, wo sie entsteht. Mit dem Ansatz, nur die die Elemente additiv herzustellen, bei denen diese Fertigungsverfahren ihre Vorteile voll ausspielen können, können die Produktivität gesteigert und die Kosten gesenkt werden.

1.4 Automobilindustrie

Die additive Fertigung findet im Automobilbau im Bereich des Prototyping seit vielen Jahren eine weite Verbreitung und gewinnt darüber hinaus zusehends auch im Bereich der Kleinserienfertigung, insbesondere bei Konzeptfahrzeugen und im Motorsport, immer größere Bedeutung. Verfahrenstechnische Vorteile, die hierbei genutzt werden, sind die hohe geometrischen Freiheit, die eine nahezu restriktionslose Optimierung des Bauteils hinsichtlich beispielsweise Gewicht und Strömungsführung zulässt.

1.5 Gießereitechnik

Ein Bereich, in dem sich additive Fertigungsverfahren bereits einen festen Platz erarbeitet haben, sind Sandkerne und -formen für den Sandguss und verlorene Modelle für den Feinguss.

Bei konventioneller Fertigung müssen die Konstruktionen den Anforderungen des Abformprozesses genügen. So müssen Ausformschrägen angebracht werden. Die Kerne müssen sich in einem Kernkasten herstel-

len und vor allem aus ihm entformen lassen. In der Praxis führt das zu unerwünschten Einschränkungen. Enge Toleranzen, dünne Wandstärken und extrem komplexe Geometrien, die eine Vielzahl von Einzelkernen erfordern würden, sind bei Jahresstückzahlen bis etwa 10.000 eine gute Voraussetzung dafür, dass der 3-D-Druck von Gießwerkzeugen eine wirtschaftliche Alternative ist.

1.6 Automatisierungstechnik, Maschinen- und Anlagenbau

Die Beweggründe, additive Fertigungsverfahren in der Automatisierungstechnik sowie dem Maschinen- und Anlagenbau einzusetzen, sind ähnlich wie beim Werkzeug- und Formenbau. Auch hier beschleunigen kurze „Wartezeiten“ zwischen Fertigstellung der Konstruktion und dem Vorliegen des realen Bauteils die Projektlaufzeiten (Bild 4)



Bild 4. Additiv gefertigter adaptiver Greifer
(Quelle: Festo)

1.7 Montagetechnik

Auch Hilfsmittel für die Montage, wie Schablonen, können kurzfristig als Einzelstück gefertigt werden – und das direkt aus den ohnehin vorliegenden CAD-Daten (Bild 5).



Bild 5. Einsatz der additiven Fertigung in der Automobilindustrie zur optimalen Unterstützung der Mitarbeiter in der Fahrzeugmontage (oben) und Detailaufnahme der Daumenunterstützung (unten) (Quelle: BMW Group Presseclub [c26])

1.8 Medizinische Anwendungen

Individuell an den Patienten angepasste Produkte fördern in der Medizin den Behandlungserfolg.

1.9 Prothetik

Das Konzept der einzeln angefertigten Hilfsmittel findet sich bei einer ganz anderen Anwendung wieder:

Mit additiven Fertigungsverfahren lassen sich auf Grundlage von patientenspezifischen 3-D-CT- oder -MRT-Daten individuell angepasste Prothesen realisieren. Das alleine ist schon ein wesentlicher Beitrag zum Behandlungserfolg.

Additive Fertigungsverfahren können hier jedoch einen Zusatznutzen generieren: An der Schnittstelle zwischen Prothese und Knochen kann die Oberfläche der Prothese offenporig gestaltet werden. Das ermöglicht es dem Gewebe, mit der Prothese zu verwachsen. Es entsteht eine dauerhafte und den Patienten möglichst wenig beeinträchtigende Verbindung zwischen dem Knochen und der Prothese.

1.10 Dentaltechnik

In der Dentalprothetik werden additive Fertigungsverfahren schon seit einigen Jahren in nennenswertem Umfang für Brücken, Kronen, Schienen, Schablonen, Abdrucklöffel usw. eingesetzt. Als Materialien kommen vorwiegend Polymere, Keramiken bzw. Hybridmaterialien, teilweise auch Gold meist auf Laser-Strahlschmelz oder DLP (Digital Light Processing)-Maschinen zum Einsatz.

1.11 Ausbildung und Operationsvorbereitung

Die Fertigung von Anschauungsobjekten als typische Form des Rapid Prototyping stellte schon in den Anfängen die erste Form der Nutzung additiver Herstellungsverfahren in der Medizin(-technik) dar. Modelle, zum Beispiel von Organen, können leicht mit Standardgeräten und Standardmaterialien – in der Regel Gips oder Kunststoffe – hergestellt werden. Im Zuge der deutlichen Technologie- und Qualitätsfortschritte in den letzten Jahren hat die Bedeutung von 3-D-Objekten zur Unterstützung der medizinischen Ausbildung etwa durch anatomische Modelle oder der Vorbereitung von Operationen sowie der Unterstützung der Diagnostik anhand von Modellen auf der Basis realer Patientendaten zugenommen.

2 Wofür kann ich die additiven Fertigungsverfahren in meinem Betrieb nutzen?

Wer an dieser Stelle einen Link zu einer Website erwartet, auf der man ein paar Kennzahlen eintippt und anschließend sieht, wie viel Geld und natürliche Ressourcen durch additive Fertigungsverfahren im Unternehmen oder in einem konkreten Projekt eingespart werden können, den müssen wir enttäuschen. Wir kennen keinen, der einen solchen Wirtschaftlichkeitsrechner für additive Fertigungsverfahren anbietet. Und wenn es ein solches Angebot gäbe, würden wir es kritisch betrachten. Denn es gibt viele schwer quantifizierbare Einflussgrößen.

Es ist zu berücksichtigen, was die Erwartungen an die additiven Fertigungsverfahren und additiv gefertigte Bauteile sind. Additive Fertigungsverfahren können beispielsweise helfen, die folgenden Ziele zu erreichen:

- Kosten- und Ressourceneinsparung bei der Herstellung,
- Kosten- und Ressourceneinsparung beim Betrieb der Produkte,
- Verringerung der Lagerhaltung und Verbesserung des Ersatzteilmanagements,
- Verbesserung der Produkte hinsichtlich Haltbarkeit, Wartbarkeit und Funktionalität,
- Beschleunigung der Produktentwicklung oder der Projektabwicklung.

Wie andere Fertigungsverfahren auch, hat jedes einzelne additive Fertigungsverfahren und die damit hergestellten Bauteile und Komponenten spezifische Stärken und Schwächen. Entsprechend ist für jeden Anwendungsfall zu prüfen, welche Ziele mit einem konkreten additiven Fertigungsverfahren erreicht werden können, welche Anforderungen an die Bauteile gestellt werden und welche Nachteile sich dadurch womöglich ergeben.

Grundsätzlich muss zwischen dem Einsatz von additiven Fertigungsverfahren im eigenen Betrieb und der Verwendung von additiv gefertigten Bauteilen unterschieden werden: „Make-or-Buy“.

Bei den Bauteilen ist noch zwischen dem Einsatz zur Fertigung von Komponenten bzw. Bauteilen als Bestandteil eigener Produkte und der Herstellung von Fertigungsmitteln zu differenzieren.

2.1 Typische Einsatzgebiete

Die herausragenden Merkmale der additiven Fertigungsverfahren sind, dass zur Herstellung von individuellen Produkten keine speziellen Werkzeuge benötigt werden, geometrische Restriktionen (Beispiel: Hinterschnitte) konventioneller Fertigungsverfahren entfallen, durch Teilezusammenfassung eine Montagekomplexität reduziert und Funktionen wie Leichtbaustrukturen bereits im additiven Fertigungsprozess in die Produkte integriert werden können. Die in Abschnitt 1 besprochenen Einsatzgebiete zeigen entsprechend, auch wenn sie aus ganz unterschiedlichen Branchen stammen, Gemeinsamkeiten beim Anforderungs- und Nutzungsprofil auf:

- Fertigung von Einzelstücken, Kleinserien, Pilotserien oder Ersatzteilen
- Verkürzung der Entwicklungszeiten
- Realisierung von
 - Leichtbaukonzepten
 - komplexen Geometrien
 - individuell angepassten Produkten
- Fertigung von Werkzeugen und Hilfsmitteln

2.2 Bauteilkosten

Additiv gefertigte Bauteile können günstiger sein, als ihre zerspanend hergestellten Pendanten. Typische Randbedingungen dafür sind, dass

- spanend sehr viel Material entfernt werden muss,
- wertvolle Werkstoffe verarbeitet werden und
- diese, z. B. Titan, nur schwer zerspanend zu bearbeiten sind.

Doch machen wir uns nichts vor: Bauteile, die zerspanend hergestellt werden können, sind derzeit so gefertigt auch normalerweise günstiger. Das gilt umso mehr, wenn das Engineering (Konstruktion und Programmierung der Bearbeitungsmaschine) für die zerspanende Bearbeitung bereits erfolgt ist und die Bauteile schon produziert werden.

Wenn bei Kunststoffanwendungen eine Spritzgussform einmal vorhanden ist, sind die Herstellkosten für ein einzelnes Bauteil mittels Spritzguss niedrig und liegen nur knapp über den Rohstoffkosten. Ein additiv hergestelltes Bauteil kann damit nicht konkurrieren.

Dennoch können die additiven Fertigungsverfahren nützlich sein, auch wenn ein Kunststoffteil sowohl additiv als auch durch Spritzguss herstellbar ist. Die Stückzahl, bei der eine Fertigungsalternative wirtschaftlich ist, ist abhängig von der Bauteilgröße und Komplexität.

Additive Fertigungsverfahren können in der Regel die Herstellkosten etablierter Massenproduktionsverfahren nicht unterbieten.

Additive Fertigungsverfahren sind dann vorteilhaft, wenn mit ihnen ein Zusatznutzen für das Produkt generiert werden kann.

2.3 Wie verbessere ich meine Produkte mit additiven Fertigungsverfahren?

Da geringere Fertigungskosten in der Regel nicht das entscheidende Kriterium für die Wahl der additiven Fertigungsverfahren sind, müssen die so hergestellten Produkte einen Mehrwert liefern, um wettbewerbsfähig zu sein.

2.3.1 Produkte mit einem Mehrwert

Der Mehrwert additiv gefertigter Bauteile weist typischerweise folgende Merkmale auf:

- Senkung der Betriebskosten in der Nutzungsphase durch Leichtbau,
- Steigerung der Produktivität von Anlagen, die additiv gefertigte Komponenten einsetzen,
- Steigerung des Kundennutzens durch Individualisierung oder zusätzliche Funktionalität,
- Senkung des Montageaufwands und der Bauteilanzahl und
- Senkung der Nebenkosten: Dadurch, dass „additiv konzipierte“ Lösungen in der Regel aus weniger Einzelteilen bestehen, als konventionelle, reduziert sich nicht nur der Aufwand für die Montage, sondern auch derjenige zur Erstellung und Verwaltung von Zeichnungen und Bauteilfreigaben. Auch reduzieren sich üblicherweise die Kosten für Logistik und zur Qualitätssicherung.

Doch wie entstehen diese Produkte mit einem Mehrwert? Indem man eine Aufgabe als Ganzes analysiert, indem man in Systemen und nicht in Bauteilen denkt.

2.3.2 Systemisches Arbeiten

Innovative Produktlösungen mit einem Mehrwert entstehen bei einer ganzheitlichen Betrachtung der Aufgabe.

Wenn bestehende Lösungen nur soweit modifiziert werden, dass diese additiv gefertigt werden können, entsteht normalerweise kein Mehrwert.

Konstrukteure müssen „additiv denken“, um die Vorteile der additiven Fertigungsverfahren zu nutzen.

Typische additiv gedachte Lösungen sind:

- in Bauteile integrierte strömungsoptimierte Fluidkanäle, beispielsweise zur Kühlung,
- Vermeidung von zusätzlichen Schraub- oder Schweißverbindungen durch integrierte, komplexe Einzelbauteile oder
- Nutzung des Leichtbaupotenzials durch FEM-Simulation und weitgehender Geometriefreiheit in der Fertigung: Variable Trägerabstände, Trägerdurchmesser und Trägerquerschnitte lassen sich ohne Mehraufwand realisieren.

2.4 Neue Geschäftsmodelle

Additive Fertigungsverfahren können durch die Fertigung nach Bedarf, die Fertigung vor Ort und die Ersatzteilerfertigung für langlebige Investitionsgüter die Wertschöpfungskette in Unternehmen verbessern. Durch die additiven Fertigungsverfahren können sich auch neue Kunden-Lieferanten-Beziehungen ergeben. Durch individualisierte Produkte wird der Kontakt zum Endkundengeschäft zunehmen, auch in Unternehmen, die bisher nur im B2B-Geschäft aktiv waren. Mit additiven Fertigungsverfahren kann die Arbeitsteilung sehr ausgeprägt sein. Es besteht so einerseits die Möglichkeit, die Verfahren zu nutzen, ohne die gesamte Wertschöpfungskette im eigenen Unternehmen abzubilden, und andererseits die Chance, sich auf Teilbereiche der Fertigungskette zu spezialisieren und sein Know-how extern anzubieten.

3 Handlungsfelder

Die „Handlungsfelder Additive Fertigungsverfahren 2016“ haben die folgenden Themenkomplexe identifiziert und diskutieren ausführlich, was jeweils getan werden muss. Die vorliegende „Management Summary“ greift die jeweiligen Handlungsfelder nur kurz auf.

3.1 Technologische Weiterentwicklungen

In den folgenden Abschnitten wird aufgezeigt, wo der Bedarf nach technologischen Verbesserungen offensichtlich ist.

Prozessverständnis

Beispielsweise beim Laser-Strahlschmelzen stehen Anlage, Pulver und Parameter miteinander in Wechselwirkung. Bild 6 veranschaulicht das.

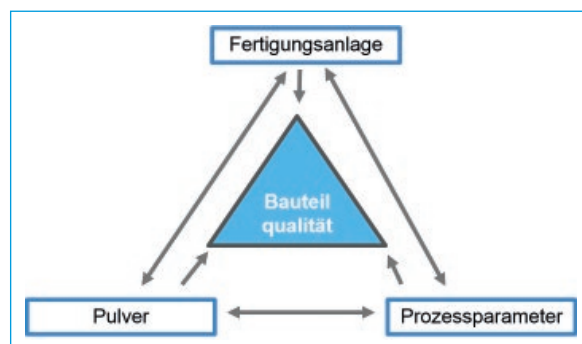


Bild 6. Einflussgrößen auf die Bauteilqualität (Quelle: VDI e.V.)

Dieses Wechselwirkungsdreieck erschwert es, Kriterien für beispielsweise die Eignung von Pulver zu entwickeln.

In vielen Bereichen müssen die grundsätzlichen Eigenschaften der Rohstoffe oder der additiv hergestellten Bauteile noch erforscht werden. Das betrifft beispielsweise:

- das Alterungsverhalten des Pulvers bei der Lagerung,
- die mechanischen Eigenschaften der additiv hergestellten Bauteile,
- die technologischen Grenzen der herstellbaren Geometrien,
- die thermischen Spannungen im Bauteil,

- die Haltbarkeit bei dynamischen Belastungen (Lastwechselfähigkeit) und
- die Verbesserung der Oberflächengüte in Abhängigkeit der Flächenorientierung.

Anlagenperformance

Mit additiven Fertigungsverfahren dauert der Bau eines einzelnen Teils unter Umständen mehrere Stunden. Je nach Bauteil ist die spanende Bearbeitung schneller, und der Fertigungstakt einer Spritzgussmaschine ist unerreichbar.

Software

Die Softwaretools für die Konstruktion berücksichtigen die speziellen Eigenschaften der additiven Fertigungsverfahren noch nicht.

Werkstoffe

Die Auswahl an geeigneten Werkstoffen für additive Fertigungsverfahren muss erweitert werden.

Qualitätssicherung

Gängige Qualitätssicherungsprozesse sind auf die Serienproduktion gleicher Bauteile ausgelegt:

- Zerstörende Bauteilprüfungen sind nur bei Stichproben aus größeren Serien wirtschaftlich zu verantworten und sind nur sinnvoll, wenn die zerstörend untersuchten Muster als repräsentativ für die Serie gelten können.
- Zerstörungsfreie Mess- und Prüfverfahren, wie die industrielle Bildverarbeitung, setzen gleichbleibende oder zumindest vorab spezifizierbare Bauteileigenschaften voraus.

Für die Einzelteil- und Kleinserienfertigung im industriellen Maßstab sind neue Konzepte zur Qualitätssicherung zu entwickeln.

Gängige Verfahren zur Oberflächencharakterisierung liefern keine signifikanten Ergebnisse. Hier müssen neue Verfahren etabliert werden.

3.2 Arbeitssicherheit

Zur Nutzung der Potenziale, die aus pulverbasierten additiven Fertigungsverfahren resultieren, gilt es auch, geeignete Sicherheitskonzepte zu entwerfen und zu implementieren. Viele Anwender des Laser-Strahlschmelzens und Laser-Sinterns haben vorher keine pulverförmigen Werkstoffe verarbeitet. Daher fehlt der Überblick über die relevanten Verordnungen, Vorschriften und Vorgehensweisen. Es wird eine praxistaugliche Hilfestellung benötigt, was bei der Verarbeitung von Pulvern in additiven Fertigungsanlagen zu beachten ist.

3.3 Fortbildung und Schulung

Mit additiven Fertigungsverfahren lassen sich Freiformflächen, Hinterschnitte und innen liegende Hohlräume besonders gut realisieren. Daher ist es wichtig, dass Produktentwickler und Konstrukteure die speziellen Eigenschaften der additiven Fertigungsverfahren kennen, um deren Potenzial voll auszuschöpfen.

3.4 Applikationsforschung

Es fehlen Bindeglieder zwischen Technologieherstellern und den Anwendern: Um Bauteile mit völlig neuen Eigenschaften wie Hohlbauteile mit inneren Strukturen (Vogelknochen), Multimaterialbauteile mit Bereichen unterschiedlicher Eigenschaften, Hybridbauteile in Verbindung mit Fasern und Inserts und Multifunktionskomponenten in die praktische Nutzung zu bringen, fehlen Institutionen, die systematische Applikationsforschung betreiben.

3.5 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Die additiven Fertigungsverfahren, die derzeit noch vornehmlich für Einzelstücke, Pilot- oder Kleinserien eingesetzt werden, liefern insgesamt geringe absolute Stückzahlen und verarbeiten eine geringe Werkstoffmasse. Wenn ein so additiv gefertigtes Bauteil aufgrund seiner besonderen Eigenschaften Vorteile für ein Serienprodukt hat, kann die Nachfrage nach den entsprechenden Fertigungsanlagen und dem Werkstoff für dieses Bauteil sprunghaft steigen und zu Lieferengpässen führen.

3.6 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die additiven Fertigungsverfahren werfen als neue Technologie zur Herstellung marktfähiger Produkte in vielerlei Hinsicht neue Rechtsfragen auf. Es ist zu untersuchen, ob Rechtswissenschaft und Rechtsprechung bereits in der Lage sind, sich abzeichnende Konfliktsituationen interessengerecht aufzulösen.

3.7 Verbandsaktivitäten

Welche Vereinigungen beschäftigen sich mit den additiven Fertigungsverfahren? Welche Arbeitsschwerpunkte haben sie? Vielen, die sich diesbezüglich einen Überblick verschaffen wollen, erscheint die Vielfalt unübersichtlich. In den Handlungsfeldern „Additive Fertigungsverfahren 2016“ werden die Aktivitäten einiger Verbände vorgestellt, um eine Hilfestellung zu geben und um eine Basis für Koordination der jeweiligen Aktivitäten zu schaffen.

4 Aktivitäten des VDI



Bild 7. Gruppenfoto des FA 105 „Additive Manufacturing“ bei einer Sitzung 2015 (Quelle: VDI e.V.)

Die Aktivitäten des VDI werden im Fachausschuss „Additive Manufacturing“ der VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (GPL) gebündelt und koordiniert. Derzeit engagieren sich 130 ehrenamtliche Mitglieder, die teilweise parallel in mehreren Unterausschüssen aktiv sind (Bild 7). Mit Experten der Hersteller additiver Fertigungsanlagen, industriellen Anwendern dieser Technik sowie Vertretern von Dienstleistern, Universitäten und Forschungseinrichtungen werden die additiven Fertigungsverfahren aus allen Blickwinkeln beleuchtet. Der Stand der Technik wird umfassend und unabhängig erfasst. Damit ist der Fachausschuss das zentrale Gremium in Deutschland für die additiven Fertigungsverfahren.

Gesamtausschuss

Der Fachausschuss FA 105 „Additive Manufacturing-Gesamtausschuss“ koordiniert die Arbeiten in den Unterausschüssen und betreut die Richtlinie VDI 3405 „Additive Fertigungsverfahren; Grundlagen, Begriffe, Verfahrensbeschreibungen“. Diese Richtlinie ist der Nachfolger von VDI 3404:2009-12, der ersten technischen Regel weltweit zum Thema additive Fertigungsverfahren. Das Gremium bildet die Schnittstelle zu anderen Organisationen und zur Fachöffentlichkeit. Mitglieder des Fachausschusses engagieren sich bei der VDI-Konferenz „Additive Manufacturing“, die im September 2015 zum dritten Mal stattfand.

Der Gesamtausschuss hat Ende 2015 beschlossen, Fragestellungen zur Sicherheit beim Betrieb additiver Fertigungsanlagen und zu rechtlichen Aspekten in entsprechenden Fachausschüssen zu behandeln.

Kunststoffe

Der Unterausschuss FA 105.1 „Additive Manufacturing – Kunststoffe“ stellt die Leistungsfähigkeit der additiven Fertigungsverfahren mit Kunststoffen als Werkstoff dar. Aktuell werden die Materialqualifikation und die Bauteilqualität als neue Projekte detailliert ausgearbeitet. Auch die Erarbeitung von technischen Regeln zu den Extrusionsverfahren FDM/FLM steht auf der Agenda.

Metalle

Der Unterausschuss FA 105.2 „Additive Manufacturing – Metalle“ beschäftigt sich mit den additiven Fertigungsverfahren und Metallen als Werkstoff. Aktuell wird vom Gremium eine Richtlinie mit Materialkennwerten von Nickelbasislegierung Inconel 718 vorbereitet. Die Koordination von Ringversuchen zur Charakterisierung von Titanlegierungen ist in Arbeit. Neben der Ermittlung von Werkstoffeigenschaften hat sich als zweites Schwerpunktthema die Charakterisierung der Pulverwerkstoffe herausgebildet. Die Arbeiten an einer ersten Richtlinie dazu wurden begonnen.

Konstruktionsempfehlungen

Der Unterausschuss FA 105.3 „Additive Manufacturing – Konstruktionsempfehlungen“ trägt der Tatsache Rechnung, dass mit additiven Fertigungsverfahren Geometrien realisiert werden können, die anders nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand hergestellt werden können. Das Gremium hat folgende Richtlinien Themen für die weitere Arbeit festgelegt:

- Prüfkörper und Prüfverfahren für Geometriemerkmale
- Konstruktionsempfehlungen für die Bauteilfertigung mit Strangablegeverfahren (FDM/FLM)
- Konstruktionsempfehlungen für die Bauteilfertigung mit Elektronen-Strahlschmelzen (EBM)

4.1 Überblick VDI-Richtlinien

Die folgenden Richtlinien der Reihe VDI 3405 „Additive Fertigungsverfahren“ wurden bereits veröffentlicht. Eine aktuelle Übersicht ist immer unter www.vdi.de/3405 verfügbar.

VDI 3405 Additive Fertigungsverfahren; Grundlagen, Begriffe, Verfahrensbeschreibungen

VDI 3405 Blatt 1 Additive Fertigungsverfahren, Rapid Manufacturing; Laser-Sintern von Kunststoffbauteilen; Güteüberwachung

VDI 3405 Blatt 2 Additive Fertigungsverfahren; Strahlschmelzen metallischer Bauteile; Qualifizierung, Qualitätssicherung und Nachbearbeitung

VDI 3405 Blatt 2.1 Additive Fertigungsverfahren; Laser-Strahlschmelzen metallischer Bauteile; Materialkenndatenblatt Aluminiumlegierung AlSi10Mg

VDI 3405 Blatt 3 Additive Fertigungsverfahren; Konstruktionsempfehlungen für die Bauteilfertigung mit Laser-Sintern und Laser-Strahlschmelzen

4.2 VDI-Richtlinien in der internationalen Standardisierung

Der deutsche DIN NA 145-04-01 AA übernimmt die VDI-Richtlinien und bereitet sie für ISO als neue Normenvorschläge auf. Gemeinsam mit dem ASTM F42 erarbeitet ISO/TC 261 weltweit einzigartige Standards für die additiven Fertigungsverfahren; demnächst will sogar das CEN/TC 438 die ersten davon übernehmen. Somit finden VDI-Inhalte ihren Weg in neue, vorher nie dagewesene ISO-ASTM-EN-DIN-Normen! Erstes Beispiel ist VDI 3404: Die Inhalte finden sich zu einem großen Teil in den Normen ISO 17296-2, ISO 17296-3 und ISO 17296-4 wieder.

In dem Maße, wie die additiven Fertigungsverfahren ihr Potenzial für Serienanwendungen zeigen und heute bereits in Flugzeugen, Autos und sogar dem menschlichen Körper Einsatz finden, sind auch Zertifizierungsthemen ganz aktuell. Hier können und müssen Normen unterstützen; dennoch werden in den zertifizierenden Institutionen weitergehende Festlegungen zu erarbeiten sein.

Autoren

Die „Handlungsfelder Additive Fertigungsverfahren 2016“ wurden auf Grundlage des „Statusreports Additive Fertigungsverfahren“, der im September 2014 veröffentlicht wurde [c36], erstellt. Den Autoren des Statusreports Jürgen Ensthaler, Tobias Grimm, Benjamin Günther, Gregor Jell, Jörg Lenz, Erik Marquardt, Maximilian Munsch, Anne-Kathrin Müller, Klaus Müller-Lohmeier, Ralf Paehl, Olaf Rehme, Stefanie Rieker, Jan T. Sehr, Sabine Sändig und Gerd Witt sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

An der Erstellung der „Handlungsfelder“, deren Zusammenfassung der vorliegenden Publikation ist, haben folgende Mitglieder und Gäste des Fachausschusses FA 105 „Additive Manufacturing“ mitgearbeitet:

- Dominik Bauer, Airbus Group Innovations, München
- Dr. Kirsten Borchers, Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB, Stuttgart
- Dipl.-Ing. Torsten Burkert, BMW Group, München
- Dean Ćirić, fabmaker, Braunschweig
- Frank Cooper, Birmingham City University, Birmingham, UK
- Prof. Dr. jur. habil. Dr. rer. pol. Jürgen Ensthaler, Technische Universität Berlin, Berlin
- Heinz Gaub, ARBURG GmbH + Co KG, Loßburg
- Dr.-Ing. Hans-Jürgen Gittel, StaeGi GmbH, Nürtingen
- Dipl.-Ing. Tobias Grimm, Universität Duisburg-Essen, Duisburg
- Dr.-Ing. Martin Hillebrecht, EDAG Engineering GmbH, Fulda
- Prof. Dr. Petra J. Kluger, Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB, Stuttgart
- Dr. Burghardt Klöden, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Dresden
- Prof. Dr. sc. techn. Detlef Kochan, Zentrum für Angewandte Forschung und Technologie e.V., Dresden
- M.Sc. Tobias Kolb, Lehrstuhl für Photonische Technologien, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen
- Jörg Lenz, EOS GmbH, Krailling
- Dr.-Ing. Lukas Löber, SAUER GmbH, Pfronten
- Dr.-Ing. Erik Marquardt, VDI e.V., Düsseldorf
- Dr.-Ing. Maximilian Munsch, implantcast GmbH, Buxtehude
- RAIN Anne-Kathrin Müller, Technische Universität Berlin, Berlin
- Dipl.-Ing. Klaus Müller-Lohmeier, Festo AG & Co. KG, Esslingen
- RA Marco Müller-ter Jung, LL.M., DWF Germany Rechtsanwaltsgesellschaft mbH, Köln
- Frank Schaefflein, Stratasys GmbH, Rheinmünster
- Dipl.-Ing. Christian Seidel, Fraunhofer IWU Projektgruppe RMV und iwb Anwenderzentrum der Technischen Universität München, Augsburg
- Prof. Dr. Hartmut Schwandt, Technische Universität Berlin, Berlin
- Richard van de Vrie, Luxexcel Group BV, Kruiningen, Niederlande
- Prof. Dr.-Ing. habil. Gerd Witt, Universität Duisburg-Essen, Duisburg
- Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh, Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) der Technischen Universität München, Garching bei München

Der VDI

Sprecher, Gestalter, Netzwerker

Ingenieure brauchen eine starke Vereinigung, die sie bei ihrer Arbeit unterstützt, fördert und vertritt. Diese Aufgabe übernimmt der VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V. Seit über 150 Jahren steht er Ingenieurinnen und Ingenieuren zuverlässig zur Seite. Mehr als 12.000 ehrenamtliche Experten bearbeiten jedes Jahr neueste Erkenntnisse zur Förderung unseres Technikstandorts. Das überzeugt: Mit etwa 155.000 Mitgliedern ist der VDI die größte Ingenieurvereinigung Deutschlands. Als drittgrößter technischer Regelssetzer ist er Partner für die deutsche Wirtschaft und Wissenschaft.

Verein Deutscher Ingenieure e.V.
VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik
Dr. Erik Marquardt
Tel. +49 211 6214-373
marquardt@vdi.de
www.vdi.de

Diese Broschüre als PDF-Datei
und weitere Infos unter:
www.vdi.de/HandlungsfelderAM

