



Steinbeis

*Kostenfreie Publikation
www.steinbeis-edition.de*



Steinbeis **Engineering** Studie

Teil 1: Studienergebnisse

Additive Manufacturing

Enabler für agile Wertschöpfungsprozesse

Steinbeis-Stiftung (Hrsg.)



Michelle Moisa studierte Wirtschaftsinformatik an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg in Mosbach und schloss ihr Bachelorstudium im September 2011 ab. Im direkten Anschluss begann sie ihr Masterstudium derselben Fachrichtung an der Universität Hohenheim und absolvierte dieses im Oktober 2013. Seit November 2013 promoviert sie an der Graduate School of

Excellence advanced Manufacturing Engineering (GSaME) zum Thema Geschäftsmodelle und Capabilities im Kontext von Additive Manufacturing.



Dominik Morar studierte Wirtschaftsinformatik (B.Sc. und M.Sc.) an den Universitäten Stuttgart und Hohenheim bis 2013. Seit Oktober 2011 ist er akademischer Mitarbeiter am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik 1 an der Universität Stuttgart und promoviert zum Informationsaustausch im Kontext des Additive-Manufacturing-Prozesses.

Steinbeis Engineering Studie

Additive Manufacturing

Enabler für agile Wertschöpfungsprozesse

Steinbeis-Stiftung (Hrsg.)
Michelle Moisa, Dominik Morar | Universität Stuttgart

Impressum

© 2015 Steinbeis-Edition

Alle Rechte der Verbreitung, auch durch Film, Funk und Fernsehen, fotomechanische Wiedergabe, Tonträger jeder Art, auszugsweisen Nachdruck oder Einspeicherung und Rückgewinnung in Datenverarbeitungsanlagen aller Art, sind vorbehalten.

Steinbeis-Stiftung (Hrsg.) |
Michelle Moisa, Dominik Morar | Universität Stuttgart

Additive Manufacturing
Enabler für agile Wertschöpfungsprozesse

1. Auflage, 2015 | Steinbeis-Edition, Stuttgart
ISBN 978-3-95663-036-1

Satz: Steinbeis-Edition
Titelbild: ©Shutterstock/Rakic
Druck: Frick Kreativbüro & Onlinedruckerei e.K.

Steinbeis ist weltweit im unternehmerischen Wissens- und Technologietransfer aktiv. Zum Steinbeis-Verbund gehören derzeit rund 1.000 Unternehmen. Das Dienstleistungsportfolio der fachlich spezialisierten Steinbeis-Unternehmen im Verbund umfasst Forschung und Entwicklung, Beratung und Expertisen sowie Aus- und Weiterbildung für alle Technologie- und Managementfelder. Ihren Sitz haben die Steinbeis-Unternehmen überwiegend an Forschungseinrichtungen, insbesondere Hochschulen, die originäre Wissensquellen für Steinbeis darstellen. Rund 6.000 Experten tragen zum praxisnahen Transfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft bei. Dach des Steinbeis-Verbundes ist die 1971 ins Leben gerufene Steinbeis-Stiftung, die ihren Sitz in Stuttgart hat. Die Steinbeis-Edition verlegt ausgewählte Titel aus dem Steinbeis-Verbund.

175919-2015-04 | www.steinbeis-edition.de

Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

die Euphorie um den 3D-Drucker im Wohnzimmer ist der Ernüchterung gewichen – spätestens nachdem sich außer bunten Ostereiern keine sinnvollen Geschenke für die Kinder haben drucken lassen. Und damit befinden wir uns in guter Gesellschaft mit vielen anderen technikbegeisterten Zeitgenossen, was sich daran zeigt, dass Consumer-Geräte, die vor einem viertel Jahr unter dem Weihnachtsbaum lagen, heute vielfach bei eBay angeboten werden.

Hat sich Steinbeis bei der Planung des Engineering Tags 2015 mit dem Fokus auf Additive Manufacturing – dem 3D-Druck im industriellen Kontext – „Ostereier“ ins Nest legen lassen? Ist der automatisierte schichtweise Aufbau von komplexen physischen Produkten direkt aus Digitalen Produktmodellen nicht näher an Science-Fiction als am industriellen Alltag? Mit Sicherheit nicht, denn Additive Manufacturing wird – so zeigt es die vorliegende Studie – in industriellen Produktionsprozessen bereits zielführend eingesetzt und eröffnet dort große Potentiale, die weit über die Fertigung hinausgehen. Und um bei der Metapher der Ostereier zu bleiben: die Erkenntnisse der Studie deuten ebenfalls darauf hin, dass Unternehmen, die sich der neuen Technologie verschließen, Gefahr laufen, in Zukunft ihr Geschäft suchen zu müssen.

Daraus ergibt sich auch, dass Additive Manufacturing nicht ausschließlich der Fertigungsebene zuzuordnen und weit mehr als ein zusätzliches Fertigungsverfahren ist. Additive Manufacturing bringt zum einen Freiheitsgrade in der Produktherstellung, die zu gänzlich neuen Lösungsansätzen bspw. im Leichtbau führen. Andererseits schreitet mit Additive Manufacturing die Digitalisierung des Produktentstehungsprozesses weiter voran, so dass analog zur Digitalfotografie disruptive Geschäftsmodelle zu erwarten sind, die zu innovativen agilen Wertschöpfungsketten führen

Damit adressiert die vorliegende Studie, die unter der wissenschaftlichen Leitung der Universität Stuttgart, Lehrstuhl für ABWL und Wirtschaftsinformatik 1 (Prof.

Hans-Georg Kemper) in Zusammenarbeit mit der Hochschule Aachen (Prof. Thomas Ritz) und dem Steinbeis Transferzentrum Management-Innovation-Technologie (Prof. Günther Würtz) durchgeführt wurde, einen aktuellen Themenbereich, der eine sehr hohe Relevanz für industrielle Unternehmen am Wirtschaftsstandort Baden-Württemberg hat.

Zu den Erkenntnissen der Studie zählt jedoch auch, dass insbesondere im industriellen Mittelstand eine große Unsicherheit aufgrund vieler offener Fragen in Bezug auf die zielführende Einführung von Additive Manufacturing herrscht. Daher findet die vorliegende Studie eine Fortsetzung zur erfolgreichen Implementierung, deren Ergebnisse noch im laufenden Jahr in einem zweiten Band „Best Practices“ erwartet werden.

Wir wünschen Ihnen spannende Einblicke und Erkenntnisse bei der Lektüre dieser Studie

PD Dr. Heiner Lasi
Ferdinand-Steinbeis-Institut

Prof. Dr.-Ing. Günther Würtz
Steinbeis-Transferzentrum
Management - Innovation - Technologie

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VIII
1 Motivation und Leitfragen	1
2 Additive Manufacturing als Fertigungstechnologie	2
3 Methodisches Vorgehen und Unternehmensprofil.....	5
4 Additive Manufacturing im industriellen Einsatz.....	9
4.1 Grundlagen zu Unternehmen und deren Erfahrung mit Additive Manufacturing.....	9
4.2 Bedeutung von Additive Manufacturing für Unternehmen.....	12
4.3 Auswirkungen von Additive Manufacturing auf den Produktlebenszyklus	16
4.4 Additive Manufacturing als Enabler für Kundenbeteiligung.....	20
5 Fazit und Ausblick.....	22
Literaturverzeichnis	25

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Verfahren Selective Laser Sintering und Selective Laser Melting.....	9
Abbildung 2: Branchenstruktur Mehrfachnennung n = 187	15
Abbildung 3: Unternehmensstruktur n = 166.....	21
Abbildung 4: Unternehmensstruktur n = 155.....	23
Abbildung 5: Einsatz von Additive Manufacturing	24
Abbildung 6: Einsatz von Additive Manufacturing zur Produktion n = 61.....	25
Abbildung 7: Herausforderungen n = 126 (fehlende Prozente entsprechen der Antwort „keine Angabe“)	27
Abbildung 8: Motivation n = 99.....	28
Abbildung 9: Prozessschritte allgemein n = 99 (fehlende Prozente entsprechen der Antwort „keine Angabe“).....	30
Abbildung 10: Prozessschritte allgemein Unternehmen, die entweder mit FDM, SLS oder SLM Teil- oder Endprodukte fertigen n = 23 (fehlende Prozente entsprechen der Antwort „keine Angabe“)	32
Abbildung 11: Produktionsnetzwerke n (gesamt) = 99 (fehlende Prozente entsprechen der Antwort „keine Angabe“)	33
Abbildung 12: Kundenindividualisierung nach Prozessschritten in Abhängigkeit vom Einsatz von AM (n = 48) und dem geplanten Einsatz von AM (n = 51) (fehlende Prozente entsprechen der Antwort „keine Angabe“).....	34

1 Motivation und Leitfragen

Deutschland gilt weltweit als Industrie- und Technologiestandort und ist bekannt für zukunftssträchtige Innovationen. Technologieführend zu sein bedeutet nicht nur kreativ zu sein, sondern stetig in neue, durchaus risikobehaftete Trends zu investieren, um langfristig konkurrenzfähig zu bleiben. Ein aktuelles Thema, dem sich in diesem Zusammenhang Forschung und Praxis derzeit intensiv widmen, ist Industrie 4.0. Hierbei heißt es zunächst, ein greifbares Verständnis aufzubauen und den marketinggeprägten Begriff mit konkreten Technologien und Konzepten zu untermauern.

Ein Treiber im Kontext von Industrie 4.0 ist Additive Manufacturing („3D-Druck“). Hierbei gilt Additive Manufacturing u. a. als befähigende Technologie für Mass Customization. In dieser Studie steht **Additive Manufacturing als Fertigungstechnologie** im Vordergrund und wird hinsichtlich anknüpfender Themen wie der Kundenindividualisierung untersucht. Da technologische Gesichtspunkte bereits Bestandteil anderer Untersuchungen sind, werden diese in dieser Studie nur rudimentär betrachtet. Stattdessen liegt der Fokus auf den bisher unzureichend beleuchteten **betriebswirtschaftlichen und informationstechnischen Fragestellungen**.

Zentrale Leitfragen der vorliegenden Studie sind die folgenden:

Wie ist der aktuelle Stand zum Einsatz von Additive Manufacturing?

Wie beeinflusst Additive Manufacturing den Produktlebenszyklus?

Wo bietet Additive Manufacturing Ansatzpunkte, Kunden in den Produktlebenszyklus zu involvieren?

2 Additive Manufacturing als Fertigungstechnologie

Additive Manufacturing (AM) gilt als Überbegriff verschiedener Verfahren, bei denen ein Bauteil dadurch entsteht, dass Material schichtweise aufgetragen wird. Im Gegensatz zu subtraktiven Verfahren (z. B. Fräsen, Drehen, Bohren), bei denen die Formgebung durch das Abtragen von Material erfolgt, wird hier Material (additiv) hinzugefügt. Die Wurzeln der AM-Verfahren liegen im Prototypenbau und sind dort seit einigen Dekaden etabliert. Seit kurzem finden sie zunehmend Einzug in industrielle Fertigungsprozesse. Gründe hierfür sind zum einen der Ablauf grundlegender Patente sowie die technologische Weiterentwicklung.

Die Verfahren unterscheiden sich im Wesentlichen in der verwendeten Energiequelle (z. B. Laser, Wärme, UV-Strahlung) sowie in den nutzbaren Materialien (z. B. Metalle, Kunststoffe, Keramiken) und deren Zustand (z. B. Pulver, drahtförmig, flüssig). Abhängig vom Fabrikator variieren auch die Bauraumgröße und die Baugeschwindigkeit.

Im Rahmen der Studie wurde auf folgende Verfahren Bezug genommen:

- **Fused Deposition Modeling (FDM)** ist ein Extrusionsverfahren, bei dem i. d. R. Kunststoff-Filament aufgeschmolzen wird, welches anschließend abkühlt und aushärtet.
- **Selective Laser Sintering (SLS)** ist ein Pulverbett-Verfahren, bei dem einzelne Pulverschichten (i. d. R. Kunststoff) durch einen Laser miteinander verschmolzen werden.
- **Selective Laser Melting (SLM)** ist ein Pulverbett-Verfahren, bei dem einzelne Pulverschichten (i. d. R. Metalle) durch einen Laser miteinander verschmolzen werden.
- **3D-Printing (3DP)** wird umgangssprachlich oft als Oberbegriff für sämtliche AM-Verfahren verwendet. Im eigentliche Sinne ist 3DP die Bezeichnung für ein Verfahren, bei dem pulverförmiges Material schichtweise durch das Aufbringen eines Bindemittels verklebt wird.

- Bei der **Stereolithographie** handelt es sich um ein Verfahren, bei dem eine Flüssigkeit Schicht für Schicht durch UV-Strahlung ausgehärtet wird.
- Beim **Polyjet**-Verfahren wird Material schichtweise über eine Art Druckkopf aufgetragen und durch UV-Strahlung gehärtet.

Abbildung 1 skizziert zur besseren Verständlichkeit das Prinzip des Selective Laser Sinterings bzw. des Selective Laser Meltings:

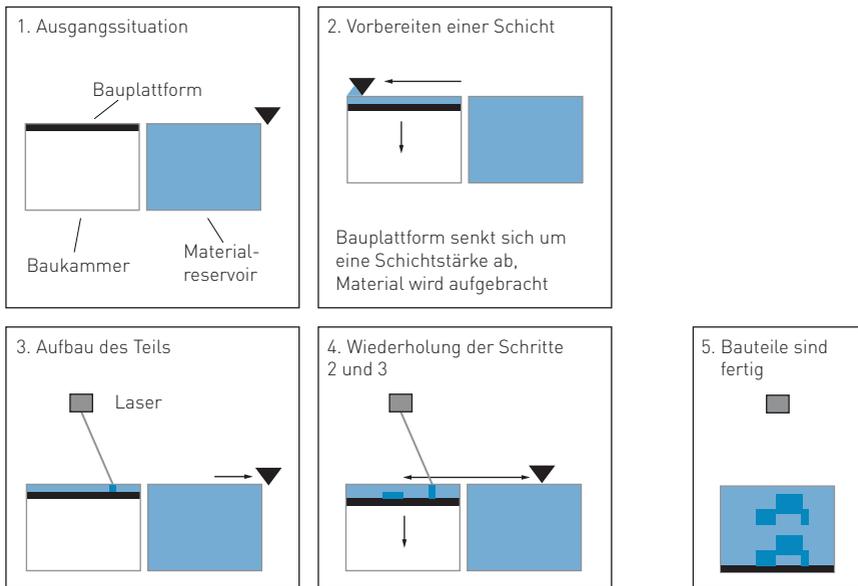


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Verfahren Selective Laser Sintering und Selective Laser Melting [Eigene Darstellung]

AM erfährt seit einigen Jahren ein großes Interesse, das maßgeblich auf dessen Charakteristika zurückzuführen ist. Die Technologie ist durch folgende Aspekte gekennzeichnet (vgl. Gebhardt 2013, Gibson et al. 2010 und Hopkinson et al. 2006):

Designfreiheit	Additive Manufacturing ermöglicht eine werkzeuglose Fertigung, wodurch eine hohe Konstruktionsfreiheit entsteht. Die Fertigung stellt hierbei keine beschränkende Größe mehr dar. Es können Bauteile hergestellt werden, die mit herkömmlichen Verfahren gar nicht oder nicht an einem Stück produzierbar sind.
Funktionsintegration	Gekoppelt an die Designfreiheit bietet diese Technologie auch die Möglichkeit, Funktionen direkt in den Bauprozess zu integrieren.
Individualisierung	Aufgrund der zuvor genannten Punkte, insbesondere der werkzeuglosen Fertigung, eröffnet Additive Manufacturing das Potenzial, kunden-individualisierte Produkte betriebswirtschaftlich sinnvoll herzustellen.
Orts- und Zeitunabhängigkeit	AM-Fabrikatoren sind flexibel einsetzbar, womit eine dezentrale und damit auch eine kundennahe Produktion möglich wird. Kundennähe bedeutet eine kürzere Time-to-Market und gilt als wichtiger Wettbewerbsfaktor.

Tabelle 1: Charakteristika von Additive Manufacturing

Die hier aufgezeigten grundlegenden Informationen dienen zum besseren und einheitlichen Verständnis der AM-Technologie. Vor diesem Hintergrund werden nachfolgend die methodische Herangehensweise aufgezeigt und die Studienergebnisse vorgestellt.

3 Methodisches Vorgehen und Unternehmensprofil

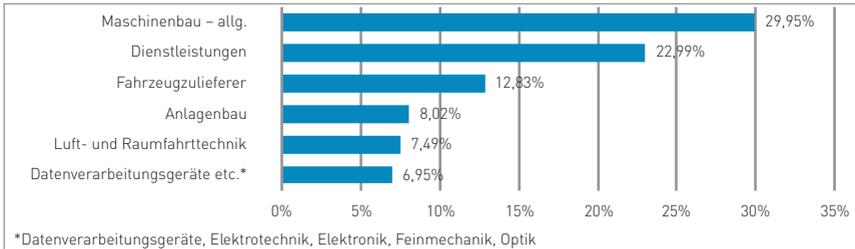
Die Erkenntnisgewinnung dieser Studie basiert auf einer klassischen Vorgehensweise der empirischen Sozialforschung. Anhand einer Online-Befragung mit vornehmlich geschlossenen Fragen wurden Erfahrungen und Erwartungen zum Thema AM erhoben. Die in den nächsten Kapiteln analysierten Daten wurden im Zeitraum Oktober 2014 bis Januar 2015 erhoben.

Für die Befragung wurden insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen¹ (KMU) herangezogen. Die Datenakquise erfolgte im Wesentlichen über folgende Wege:

- E-Mail-Verteiler,
- Fachgruppen und Interessenschwerpunkte im größten deutschsprachigen Online-Business-Netzwerk (XING),
- Ankündigung auf fachspezifischen Webseiten,
- Hinweise auf fachspezifischen Veranstaltungen und Messen.

¹ KMU-Definition gemäß der Empfehlung der EU-Kommission:
Mittleres Unternehmen: < 250 Mitarbeiter, Umsatz < 50 Mio. € oder Jahresbilanz < 43 Mio. €
Kleines Unternehmen: < 50 Mitarbeiter, Umsatz oder Jahresbilanz < 10 Mio. €
Kleinstunternehmen: < 10 Mitarbeiter, Umsatz oder Jahresbilanz < 2 Mio. €.

? In welcher Branche ist Ihr Unternehmen tätig?



! Die Erkenntnisse der Studie eignen sich besonders für Schlussfolgerungen in den Branchen des Maschinen- und Anlagenbaus, sowie für Fahrzeugzulieferer.

Abbildung 2: Branchenstruktur | Mehrfachnennung | n = 187

Die Antworten der Studie stammen überwiegend von Unternehmen aus dem Maschinenbau, von Fahrzeugzulieferern, aus dem Anlagenbau sowie der Luft- und Raumfahrttechnik. Die Dienstleistungsbranche wurde in allen Fällen als Mehrfachantwortoption verwendet, deswegen wird im Folgenden hauptsächlich auf die industriell geprägten Branchen Bezug genommen. Sofern Rückschlüsse auf Dienstleistungsgesichtspunkte der jeweiligen Branchen möglich sind, wird dies gesondert erwähnt. Weitere Branchen, denen unter 5% der befragten Unternehmen angehören, sind u. a.: Elektrotechnik, Elektronik, Feinmechanik, Optik; Metallerzeugung und -bearbeitung, Recycling; Fahrzeughersteller; Mineralöl, Kunststoffe, Chemie, Glas; allgemeiner Fahrzeugbau; Holz, Papier, Druck, Möbel.

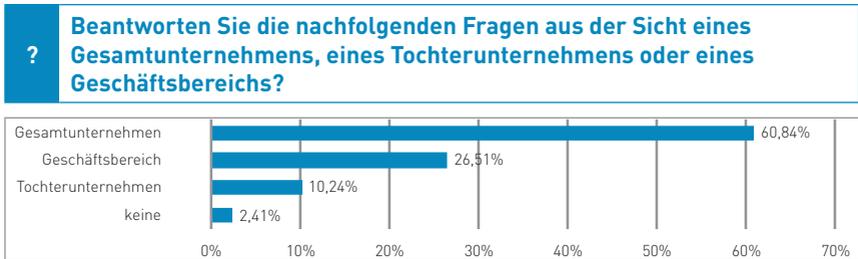
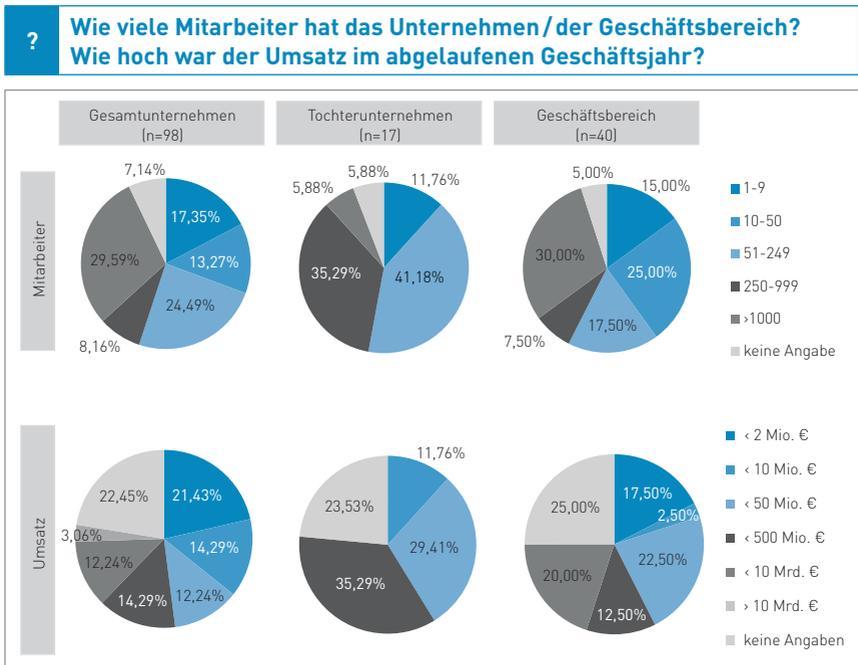


Abbildung 3: Unternehmensstruktur | n = 166



! Über die Hälfte der Antworten stammen von kleinen und mittelständischen Unternehmen.

Abbildung 4: Unternehmensstruktur | n = 155

Abzüglich derer, die „keine Angaben“ gewählt haben, gehören über die Hälfte der Befragten zu KMU. Dies entspricht sowohl bezüglich der Mitarbeiter als auch bezüglich des Umsatzes den blauen Bereichen (summiert). Folglich ist das Thema AM von großem Interesse für KMU. Die Erkenntnisse dieser Studie können sowohl für KMU als auch für größere Unternehmen hilfreich sein.

In Tabelle 1 sind die wichtigsten Informationen zum Aufbau der Studie in kompakter Form zusammengefasst:

Zentrales Thema:	Additive Manufacturing im industriellen Einsatz
Zielsetzung:	Erkennen von Herausforderungen, Potenzialen sowie möglichen Zukunftsentwicklungen von Additive Manufacturing
Theoretischer Ansatz:	Deskriptive, empirische Sozialforschung
Erhebungszeitraum:	06. Oktober 2014 bis 16. Januar 2015
Rekrutierung:	E-Mail-Verteiler, Fachgruppen und Interessenschwerpunkte im größten deutschsprachigen Online-Business-Netzwerk (XING), Ankündigung auf fachspezifischen Webseiten, Hinweise auf fachspezifischen Veranstaltungen und Messen
Erhebungsinstrument:	Online-Fragebogen mit offenen und geschlossenen Fragen

Tabelle 2: Methodensteckbrief

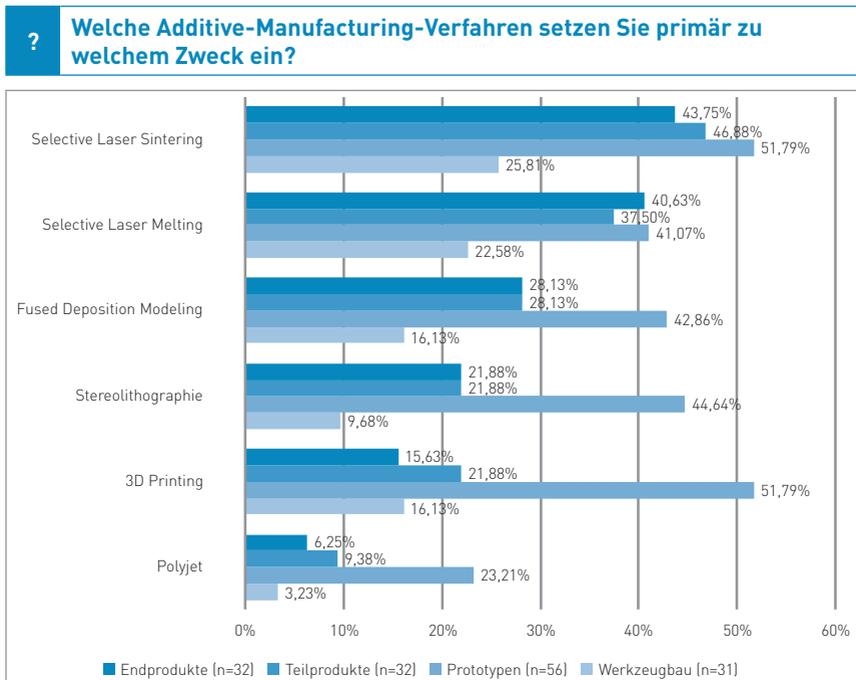
Es handelt sich bei dieser Studie um eine Exploration, bei der die Erkenntnisgewinnung im Vordergrund steht. Die Studie dient nicht zum Testen von Hypothesen und erhebt auch keinen Anspruch auf Repräsentativität.

Der explorative Ansatz wurde insbesondere aufgrund der Themenkomplexität und des innovativen Charakters gewählt. Studienabsicht ist daher das Erkennen von Herausforderungen, Potenzialen sowie möglicher Zukunftsentwicklungen.

4 Additive Manufacturing im industriellen Einsatz

4.1 Grundlagen zu Unternehmen und deren Erfahrung mit Additive Manufacturing

Als Grundlage für weitere Erhebungen wurde zunächst erfragt, über wie viel Erfahrung die befragten Unternehmen mit dieser Technologie bereits verfügen. Für diese Einschätzung sollten die Befragten Angaben dazu machen, ob sie AM bereits im Einsatz haben bzw. ob sie planen, es kurz- bis langfristig einzusetzen. Zur besseren Differenzierung wurde nach konkreten AM-Verfahren und nach unterschiedlichen Einsatzzwecken gefragt.

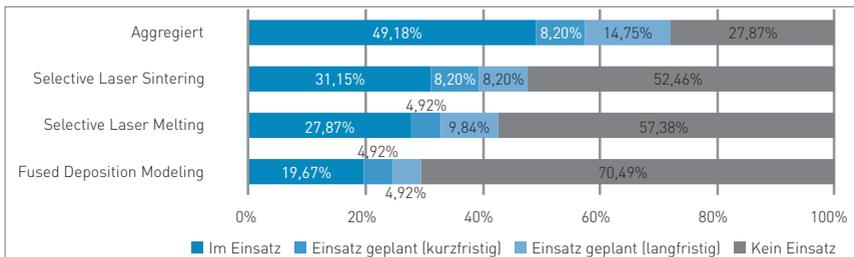


! Die drei am häufigsten eingesetzten Verfahren zur Herstellung von End- oder Teilprodukten sind Selective Laser Sintering, Selective Laser Melting und Fused Deposition Modeling.

Abbildung 5: Einsatz von Additive Manufacturing

Für die Herstellung von Teil- und Endprodukten² kommen am häufigsten die laserbasierten Verfahren Selective Laser Sintering (SLS) und Selective Laser Melting (SLM) sowie das Extrusionsverfahren Fused Deposition Modeling (FDM) zum Einsatz. Vermutlich liegt der Grund insbesondere in der technologischen Reife einerseits und in der erzeugbaren Produktqualität andererseits – vor allem im Vergleich zu den anderen genannten Verfahren. Stereolithographie und Polyjet beispielsweise basieren auf dem gezielten Einsatz von UV-Licht. Die damit hergestellten Produkte reagieren mit der Zeit allerdings auch ungewünscht auf die in der Atmosphäre gewöhnlich vorkommende UV-Strahlung.

? Stand des industriellen Einsatzes von SLS, SLM und FDM zur Produktion von Endprodukten und Teilprodukten.



! Fast die Hälfte des befragten Samples an Unternehmen verfügt über Erfahrungen mit dem Einsatz von Additive Manufacturing zur Fertigung von End- oder Teilprodukten.

Abbildung 6: Einsatz von Additive Manufacturing zur Produktion | n = 61

Es ist festzustellen, dass AM als bereits zur Produktion von End- oder Teilprodukten genutzt wird. Nahezu die Hälfte der befragten Unternehmen fertigen End- oder

² **Endprodukte** sind dadurch gekennzeichnet, dass sie keine Montage erfordern; **Teilprodukte** sind dadurch gekennzeichnet, dass sie nach der Fertigung in Montageprozesse involviert sind.

Teilprodukte mit mindestens einer der AM-Technologien SLS, SLM oder FDM. Darüber hinaus planen 23% der Befragten zukünftig AM-Technologien für die Herstellung von End- oder Teilprodukten einzusetzen. Das Thema AM entwickelt sich demzufolge zunehmend von einer reinen Prototyping-Technologie zur Fertigungstechnologie. Im Vergleich der Verfahren verzeichnet SLS die weiteste Verbreitung und die höchsten Zuwachsraten.

Das Thema Additive Manufacturing erfährt demnach zurecht sehr starkes Interesse. KMU scheinen in der Lage zu sein, diese Technologie auch zur Herstellung von Endprodukten erfolgreich einzusetzen. Gerade sie können den Vorteil flexibler Prozesse und Strukturen erfolgreich mit den AM-Eigenschaften individuelle Losgrößen sowie Designfreiheit kombinieren und auf diese Weise Wettbewerbsvorteile erlangen.

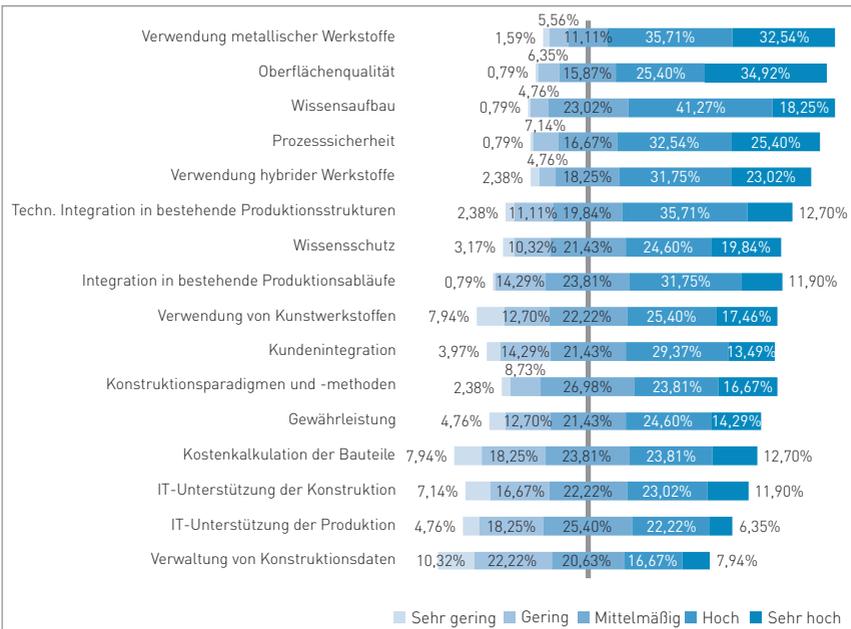
Für die Fragestellungen der Studie bedeutet das, dass im Sample neben Unternehmen mit AM-Erfahrung im Bereich des Prototypings oder Werkzeugbaus insbesondere Erfahrungen in der Fertigung von Produkten mit AM vertreten sind.

4.2 Bedeutung von Additive Manufacturing für Unternehmen

Investitionen in innovative Technologien sind oftmals mit einem hohen Risiko behaftet, sodass solche Entscheidungen strategisch angegangen werden sollten. Ausgangspunkt, sich mit diesem Thema zu beschäftigen, sind Überlegungen darüber, welche Herausforderungen derzeit bestehen, was die Motivation hinter dem Einsatz ist und welche Potenziale sich letztlich daraus ergeben. Während diese Fragen im eigentlichen Sinne unternehmensspezifisch zu beantworten sind, gibt es dennoch Aspekte, die auf eine Reihe von Unternehmen übergreifend zutreffen. Diese werden nachfolgend vorgestellt.

?

In welchen Bereichen sehen Sie Herausforderungen beim Einsatz von Additive Manufacturing?



!

Nach den technologischen Herausforderungen, die vermutlich hauptsächlich der Neuartigkeit der Technologie für die Produktion geschuldet sind, werden ebenfalls Themen der Prozess- und IT-Integration sowie rechtliche Fragestellungen als Herausforderungen angesehen.

Abbildung 7: Herausforderungen | n = 126 (fehlende Prozente entsprechen der Antwort „keine Angabe“)

Bei der Befragung nach den Herausforderungen zur Nutzung von AM kristallisieren sich vor allem technologische Aspekte heraus. Beispielsweise werden hohe (34 %) bis sehr hohe (32 %) Herausforderungen bei der Verwendung metallischer Werkstoffe gesehen, direkt gefolgt von der Oberflächenqualität mit 25 % (hoch) und 34 % (sehr hoch). Hinsichtlich dieser und der weiteren technologischen Gesichtspunkte gibt es zahlreiche Forschungsansätze und Aktivitäten aus der Praxis, die sich diesen Herausforderungen annehmen.

Daraus kann abgeleitet werden, dass mit der Weiterentwicklung der Technologie auch die nicht direkt technologiebezogenen Punkte an Bedeutung gewinnen. Für die Verbreitung von AM sind demnach auch betriebswirtschaftliche, rechtliche und informationstechnische Rahmenbedingungen zu entwickeln, kontinuierlich zu verbessern und langfristig sicherzustellen.

Aus der Studie geht hervor, dass die Integration der Technologie in bestehende Prozessabläufe sowie die Berücksichtigung der Technologie vonseiten der Informationstechnologie (IT) wesentlich sind. Auch die Gewährleistung und die damit einhergehenden rechtlichen Rahmenbedingungen sind aktuelle Diskussionspunkte bei der Nutzung von AM.

? Additive Manufacturing – Motivation in Ihrem Unternehmen



! Für über die Hälfte der Befragten sind vergleichbar leicht nutzbare Potenziale von Additive Manufacturing Motivation für den Einsatz der Technologie (z. B. Kunden-individualisierung, Designfreiheit und kürzere Time-to-Market).

Abbildung 8: Motivation | n = 99

AM ist vor allem durch die gute Möglichkeit zur Kundenindividualisierung³ sowie die hohe Designfreiheit und die kürzere Time-to-Market gekennzeichnet. Im Grunde handelt es sich hierbei, zumindest bei der Kundenindividualisierung und die kürzere Time-to-Market, um wesentliche industrielle Erfolgsfaktoren – je nach Branche ist auch die Designfreiheit als Erfolgsfaktor zu betrachten, bspw. Leichtbaustrukturen in der Luft- und Raumfahrt. Diese Auswirkung von AM stellt für Unternehmen die zentrale Motivation dar, diese Technologie einzusetzen.

Ebenfalls über die Hälfte der Befragten gaben an, dass sie AM zur Technologieerprobung nutzen. Daraus ist erkennbar, dass das Thema bzw. die Technologie aktuell in den Unternehmen diskutiert wird – gerade vor dem Hintergrund ihrer zukünftigen Entwicklungen und Entscheidungen.

Etwas widersprüchlich scheinen jedoch die hohe Bedeutung der Kundenindividualisierung (64 %) und die verhältnismäßig geringe Einbindung des Kunden in den

3 Als **Kunde** werden im Folgenden vornehmlich Unternehmenskunden (B2B) verstanden.

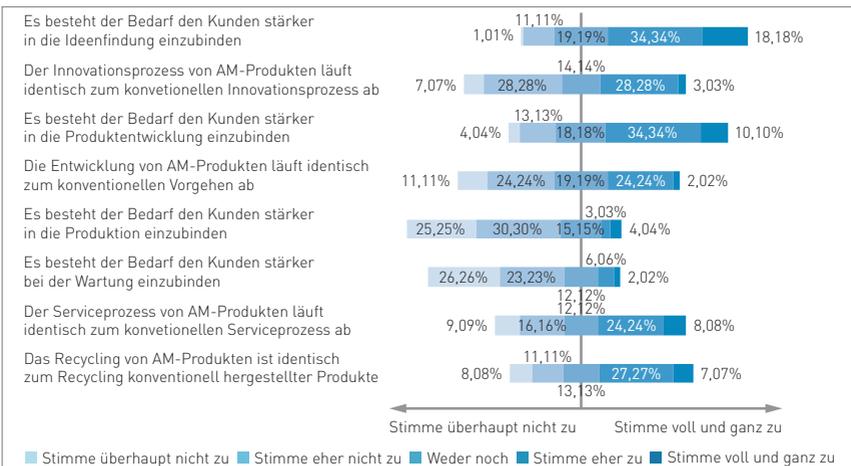
Produktentstehungsprozess (38%). Am wahrscheinlichsten ist, dass Unternehmen die Produktion als wichtige Kernkompetenz bezüglich der Wertschöpfung betrachten, die nicht zu veräußern ist (Details hierzu siehe Abschnitt 4.3). Möglicherweise stellt auch der Mangel an konkreten Ansätzen zur Integration des Kunden in den Produktentstehungsprozess (z. B. Online-Plattformen) ein Hemmnis dar. Weiterhin sind Rahmenbedingungen zu generieren, die eine vertrauensvolle Zusammenarbeit mit dem Kunden ermöglichen.

4.3 Auswirkungen von Additive Manufacturing auf den Produktlebenszyklus

Die Verbreitung von AM als Fertigungstechnologie hat nicht nur Auswirkungen auf die Produktion selbst, sondern hat Einfluss auf den gesamten Produktlebenszyklus. Hierbei wird von einem generischen Produktlebenszyklus ausgegangen, der sich in die folgenden Phasen gliedert und sich in ähnlicher Weise in den Fragestellungen wiederfindet: Vorphase, Produkt-/Produktionsprozessentwicklung, Produktion, Absatz/Vertrieb, Produktnutzung/Service, Recycling.

?

Die nachfolgenden Aussagen beziehen sich auf Prozessschritte. Bitte geben Sie an, inwieweit Sie den folgenden Aussagen zustimmen.



!

Unabhängig von Additive Manufacturing ist grundsätzlich Bedarf vorhanden, den Kunden stärker bei der Ideenfindung und Produktentwicklung zu beteiligen. Im Bereich des Services und der Produktion möchten die meisten befragten Unternehmen keine Kundenbeteiligung.

Abbildung 9: Prozessschritte allgemein | n = 99 [fehlende Prozente entsprechen der Antwort „keine Angabe“]

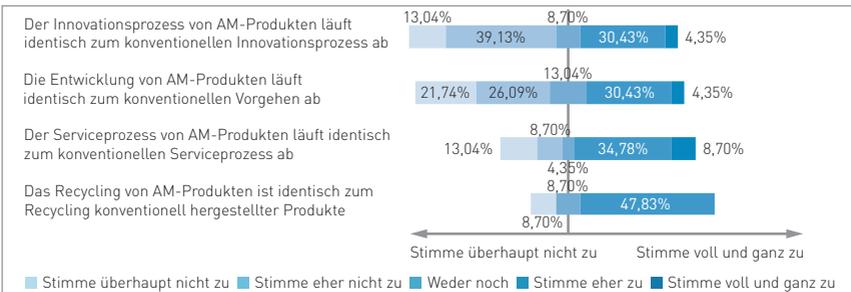
Grundsätzlich wird ein hoher Bedarf bei der Integration des Kunden in den frühen Phasen des Produktlebenszyklus kommuniziert – unabhängig vom AM-Ein-

satz (Ausführliches zu dieser Thematik in Bezug auf AM siehe Abschnitt 4.4). Bei der Produktion und der Wartung sehen die Befragten kaum Bedarf zur Kundenbeteiligung, wobei AM genau diese ermöglicht: 56% der Unternehmen lehnen eine stärkere Kundenbeteiligung an der Produktion (eher) ab, 49% lehnen die Einbindung des Kunden in die Wartung (eher) ab. Ein Kunde, der sich sein Ersatzteil selbst herstellt, scheint für viele Unternehmen nicht wünschenswert zu sein, obwohl dieser Einsatzbereich gerne als Anwendungsbeispiel neuer Geschäftsmodelle in Fachkreisen diskutiert wird. Dem liegt vermutlich das Verständnis zugrunde, dass Kundenanforderungen in der Ideenfindung und der Produktentwicklung möglichst vollumfänglich zu berücksichtigen sind, während die Produktion und die Wartung als Kernphasen der eigentlichen Wertschöpfung und Expertise der befragten Unternehmen verstanden werden. Hier wird die strategische Komponente von AM deutlich. AM stellt eben nicht „nur“ eine weitere Fertigungstechnologie des Shop-Floors dar, sondern schafft völlig neue Möglichkeiten der Kooperation mit Kunden und Mitbewerbern. Um Chancen und Risiken des Einsatzes von AM hinsichtlich der Integration Externer abzuwägen, ist eine strategische Betrachtung von AM unerlässlich.

Eine Notwendigkeit zur Umgestaltung oder Anpassung von Geschäftsprozessen des Produktlebenszyklus lässt sich aus Abbildung 9 jedoch nur schwer ableiten. Hierfür ist eine nähere Betrachtung von Unternehmen aufschlussreich, die AM bereits zur Produktion von End- oder Teilprodukten einsetzen.

?

Die nachfolgenden Aussagen beziehen sich auf Prozessschritte. Bitte geben Sie an, inwieweit Sie den folgenden Aussagen zustimmen.



!

Unternehmen mit Erfahrung im Einsatz von Additive Manufacturing sehen eher Unterschiede im Innovations- und Entwicklungsprozess von AM-Produkten im Vergleich zu konventionellen Abläufen.

Abbildung 10: Prozessschritte allgemein | Unternehmen, die entweder mit FDM, SLS oder SLM Teil- oder Endprodukte fertigen | n = 23 (fehlende Prozente entsprechen der Antwort „keine Angabe“)

Aus dem Kreise der Unternehmen, die AM bereits einsetzen, sind 52 % der Meinung („stimme eher nicht zu“ und „stimme überhaupt nicht zu“), dass der Innovationsprozess durch die Technologie beeinflusst wird und sich vom entsprechenden konventionellen Prozess unterscheidet. Ähnliches lässt sich mit 48 % Zustimmung („stimme eher nicht zu“ und „stimme überhaupt nicht zu“) bei der Entwicklung von Produkten feststellen. Die der Produktion nachgelagerten Produktlebenszyklusprozesse Service und Recycling werden hingegen den entsprechenden konventionellen Abläufen als eher ähnlich empfunden (vgl. Abbildung 10).

Es lässt sich grundsätzlich festhalten, dass AM über die Produktion hinaus Auswirkungen auf Geschäftsprozesse und somit auch auf Geschäftsmodelle hat. Des Weiteren werden derzeit in der Praxis eher Auswirkungen auf die der Produktion vorgelagerten Prozesse Innovation und Produktentwicklung durch AM registriert. Im Übrigen korrespondiert diese Einschätzung mit dem oben dargestellten Bedarf der Kundenintegration. Auch dort sind höhere Bedarfe in der Produktion vorgelagerten Phasen wahrzunehmen, was auch entsprechende Anpassungsbedarfe an die Prozess-

gestaltung nach sich ziehen dürfte. Daneben ist die Freiheit bei der Konstruktion eine weitere naheliegende Erklärung.

Abschließend bleibt noch hinzuzufügen, dass sich Art und Umfang der Veränderungen auf die jeweiligen Abschnitte des Produktlebenszyklus durch AM mit dieser Art der Untersuchung leider nicht zufriedenstellend beantworten lassen. Hierfür sind weitere, vertiefende Forschungen notwendig.

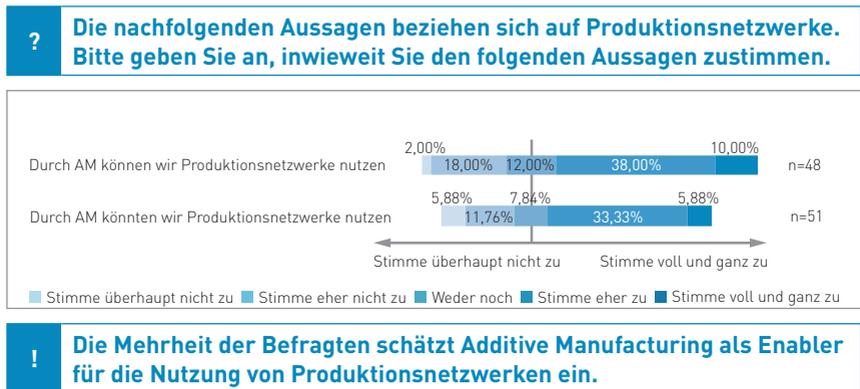


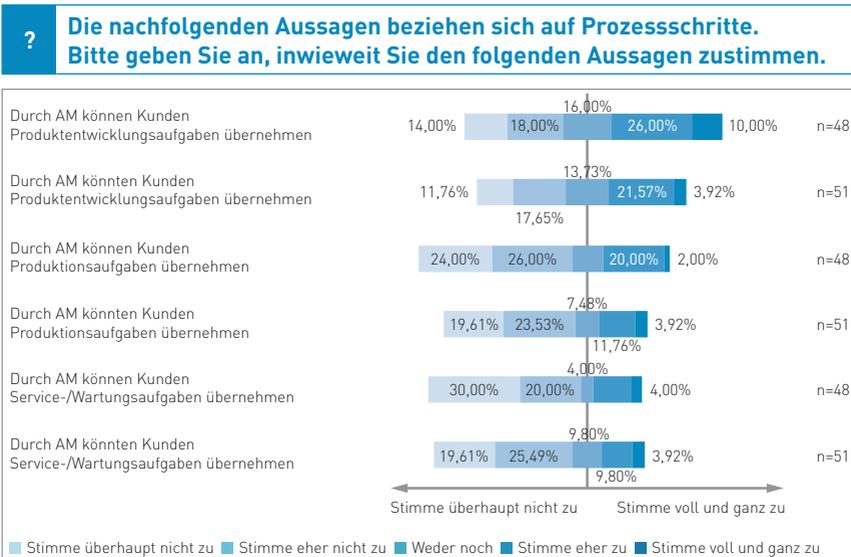
Abbildung 11: Produktionsnetzwerke | n (gesamt) = 99 (fehlende Prozente entsprechen der Antwort „keine Angabe“)

48 % der Unternehmen, die bereits AM nutzen, und 39 % der Unternehmen, die bisher kein AM-Verfahren im Einsatz haben, schätzen AM als Enabler für die Nutzung von Produktionsnetzwerken ein. Der Hauptgrund hierfür wird die werkzeuglose Fertigung sein (vgl. Abschnitt 2). Diese ermöglicht die Fertigung unterschiedlicher Bauteile auf verschiedenen Fabrikatoren – unabhängig davon, ob sich die Maschine im Unternehmen oder beim Netzwerkpartner befindet. Die Skalierbarkeit der Produktion spielt bei der Motivation zum Einsatz von AM noch eine untergeordnete Rolle (30 %, vgl. Abbildung 8).

Die Nutzung von Produktionsnetzwerken spielt insbesondere im Rahmen der Erfolgsfaktoren Time-to-Market und kundennahe Produktion eine entscheidende Rolle.

4.4 Additive Manufacturing als Enabler für Kundenbeteiligung

Die Individualisierung von Produkten hat gerade in den letzten Jahren stark zugenommen. Individualisierte Produkte generieren Kunden einen bedeutsamen Mehrwert, der sich auch in ihrer Zahlungsbereitschaft widerspiegelt.



! Additive Manufacturing wird als befähigende Technologie gesehen, um den Kunden vor allem in die Produktentwicklung zu integrieren.

Abbildung 12: Kundenindividualisierung nach Prozessschritten in Abhängigkeit vom Einsatz von AM (n = 48) und dem geplanten Einsatz von AM (n = 51) [(fehlende Prozente entsprechen der Antwort „keine Angabe“)]

Es wurde bereits festgestellt, dass unabhängig von AM der Bedarf besteht, den Kunden stärker in die Produktlebenszyklusphasen zu integrieren, insbesondere in die frühen Phasen (vgl. Abschnitt 4.3). Bei der nun vorliegenden Frage wurde ermittelt, welche Rolle AM hierbei einnimmt. 36% der Befragten mit AM-Erfahrung stimmen eher bzw. voll und ganz zu, dass durch AM der Kunde Produktentwicklungsaufgaben übernehmen kann. Dem stehen 32% ablehnender Stimmen entgegen.

Bei Befragten ohne AM-Erfahrung ist die Zustimmungsrate deutlich geringer (25 % stimmen eher/voll und ganz zu; 29 % stimmen überhaupt/eher nicht zu). In späteren Produktlebensphasen hingegen sehen die Befragten AM nicht als Treiber für die Kundenintegration.

Diese Einschätzung ist insofern widersprüchlich, da AM im eigentlichen Sinne eine Produktionstechnologie ist, d. h. am ehesten wäre zu erwarten gewesen, dass AM Kunden in die Lage versetzt Produktionsaufgaben zu übernehmen. Ein naheliegender Grund hierfür ist vermutlich, dass für die Produktion mittels AM Fachwissen und eine kostspielige Infrastruktur notwendig ist. Beides ist derzeit nur in Unternehmen mit AM-Erfahrung vorhanden und kann nicht beim Kunden vorausgesetzt werden. Im Gegensatz dazu kann beim Unternehmenskunden Konstruktionswissen vorausgesetzt werden – zumindest in der produzierenden Industrie, was sich auch im Antwortverhalten widerspiegelt. Mit zunehmender Verbreitung der Technologie ist zu erwarten, dass auch Kunden eher in der Lage sind AM-Teile zu produzieren, sodass sich hier zukünftig ein anderes Bild ergeben kann.

Zusätzlich könnte hier auch ein weiterer, bereits genannter Aspekt eine Rolle spielen: Unternehmen sind unter Umständen nicht daran interessiert Kunden in die Produktion oder Wartung zu integrieren und nehmen AM nicht als Enabler dieser Fähigkeiten wahr (vgl. Abschnitt 4.3).

5 Fazit und Ausblick

Additive Manufacturing als industrielles Fertigungsverfahren ist ein Thema, das insbesondere auch für Kleine und Mittlere Unternehmen (KMU) eine hohe Relevanz besitzt. Vor allem Unternehmen aus den Branchen Maschinen- und Anlagenbau, der Luft- und Raumfahrt und der Automobilindustrie sehen sich mit dieser Thematik konfrontiert und zeigen eine hohe Beteiligung bei dieser Online-Studie. Viele der befragten Unternehmen sind der Meinung, dass insbesondere die nachfolgenden drei Aspekte ausschlaggebend für einen erfolgreichen Einsatz dieser Technologie sind:

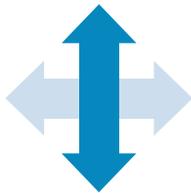
- Kundenindividualisierung,
- hohe Designfreiheit und
- kürzere Time-to-Market.

Diese stellen gleichermaßen Alleinstellungsmerkmale dar und fördern somit die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen.

Insbesondere in frühen Phasen des Produktlebenszyklus – der Innovation und Produktentwicklung – besteht bei den befragten Unternehmen der Bedarf nach der Einbindung des Kunden in Prozessabläufe. Additive Manufacturing wird hierbei als treibende Technologie wahrgenommen, die diese Integration ermöglichen kann. In späteren Phasen, wie der Produktion und der Wartung, besteht für die befragten Unternehmen weder der Bedarf den Kunden einzubinden, noch wird Additive Manufacturing hierbei eine treibende Kraft zugesprochen. Diese Wahrnehmung mag unter derzeitigen Wertschöpfungsmodellen, wie der Exzellenz in der Produktion, nachvollziehbar sein, ein Wandel von Geschäftsmodellen durch Additive Manufacturing ist jedoch zu erwarten. Den Kunden ein Ersatzteil selbst mittels AM produzieren zu lassen kann auch künftig ein erfolgreiches Geschäftsmodell darstellen, insbesondere wenn es sich um geringwertige Teile mit hohem Logistikaufwand handelt. Hierauf müssen sich auch KMU vorbereiten und diese Technologie strategisch wahrnehmen.

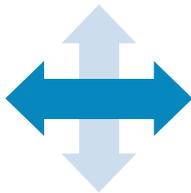
Es lässt sich ableiten, dass in Zukunft der Integration verschiedener interner und externer Prozessbeteiligter eine höhere Bedeutung zukommt. Nicht nur die engere Zusammenarbeit innerhalb eines Unternehmens gewinnt an Bedeutung (z. B. Produktion und Konstruktion), sondern auch die Kooperation unabhängiger Netzwerkpartner (z. B. Entwicklungspartner, Kunden, Lieferanten und auch Wettbewerber). Obwohl die Technologie zwar noch mit Herausforderungen behaftet ist, ist dennoch Potenzial zu erkennen, dass Additive Manufacturing ein Hebel zur Umsetzung von Industrie 4.0 darstellt. Vor allem die Integrationsaspekte weisen darauf hin.

Vertikale Integration – Wettbewerbssicherung durch Verankerung im Geschäftsmodell



Der Einfluss von Additive Manufacturing auf den Produktlebenszyklus und die primär und sekundär wertschöpfenden Geschäftsprozesse bietet die Chance, neue Geschäftsmodelle zu realisieren. Die Verankerung dieser Technologie im Geschäftsmodell kann ein Ansatz zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit sein. Vor dem Hintergrund, dass Additive Manufacturing bspw. als Enabler zur Kundenindividualisierung gesehen wird, sind Modularität und Baukastensysteme im Rahmen des Mass Customization heute wichtiger denn je.

Horizontale Integration – Von der Kette zum Netzwerk



Additive Manufacturing eröffnet Unternehmen die Möglichkeiten ihre klassischen Liefer-/Produktionsketten und damit auch die Wertschöpfungsketten zu erweitern. Bedingt durch die werkzeuglose Fertigung, die flexiblen Fabrikatoren und deren gute Skalierbarkeit können neue Produktionsnetzwerke zur interorganisationalen Wertschöpfung entstehen. Bspw. könnten verfügbare Kapazitäten im Netzwerk zur Verfügung gestellt werden.

Die vorliegende Studie führt zu folgenden Erkenntnissen:

Additive Manufacturing erlangt zunehmende Relevanz als Fertigungstechnologie.

Additive Manufacturing bietet aus Sicht der Unternehmen vor allem für die frühen Phasen des Produktlebenszyklus hohes Potenzial den Kunden zu integrieren.

Wesentliche Motivation für den Einsatz von Additive Manufacturing ist die Möglichkeit zur Kundenindividualisierung, die hohe Designfreiheit und die kürzere Time-to-Market.

Additive Manufacturing schafft neue Potentiale zur Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit im Rahmen neuer Geschäftsmodelle und Kooperationsmöglichkeiten in Produktionsnetzwerken.

Die vorliegende Studie führt zu folgenden Handlungsfelder:

Eine strategische Betrachtung hinsichtlich zukünftiger Wertschöpfungspotentiale von AM in Unternehmen ist unerlässlich. Insbesondere die Auswirkungen der Integration Externer entlang des Produktlebenszyklus ist eine zentrale Fragestellung die unternehmensspezifisch zu beantworten ist.

Es sind betriebswirtschaftliche, informationstechnische und rechtliche Rahmenbedingungen für den Einsatz von Additive Manufacturing zu gestalten.

Unternehmen sollten sich auch mit der Frage beschäftigen, ob und wie Kunden in den Produktlebensphasen Produktion und Wartung zu integrieren sind. Additive Manufacturing schafft hier Möglichkeiten, die in Unternehmen derzeit wenig Beachtung finden.

Literaturverzeichnis

Gebhardt, A. (2013): Generative Fertigungsverfahren, 4. Aufl., München 2013

Gibson, I., Rosen, D.W., Stucker, B. (2010): Additive Manufacturing Technologies, New York, Heidelberg, Dordrecht, u. a. 2010

Hopkinson, N., Hague, R.J.M., Dickens, P.M. (2006): Rapid Manufacturing, Chichester 2006

BEST PRACTICE



Teil 2 der Steinbeis Engineering Studie 2014/15 erscheint im Herbst 2015!

Günther Würtz (Hrsg.) | ISBN 978-3-95663-045-3 | www.steinbeis-edition.de

Additive Manufacturing („3D-Druck“ in der industriellen Fertigung) ist maßgeblich durch eine hohe Konstruktionsfreiheit, die Möglichkeit der Funktionsintegration, große Individualisierungspotentiale sowie einer Orts- und Zeitunabhängigkeit in der Fertigung gekennzeichnet. Diese Merkmale führen dazu, dass Additive Manufacturing erhebliche Auswirkungen auf den gesamten Produktlebenszyklus und schließlich auf die damit verbundenen Wertschöpfungsprozesse hat.

Daraus ergeben sich folgende Leitfragen, die im Mittelpunkt dieser Studie stehen:

- Wie ist der aktuelle Stand zum Einsatz von Additive Manufacturing?
- Wie beeinflusst Additive Manufacturing den Produktlebenszyklus?
- Wo bietet Additive Manufacturing Ansatzpunkte, Kunden in den Produktlebenszyklus einzubinden?

Die Studie zeigt ein erstes Stimmungsbild zum Einsatz von Additive Manufacturing in der Industrie. Die Ergebnisse der Studie stammen überwiegend von kleinen und mittleren Unternehmen aus dem Maschinen- und Anlagenbau, der Automobilindustrie sowie der Luft- und Raumfahrtbranche. Unter den Teilnehmern der Studie sind auch zahlreiche Unternehmen, die Additive Manufacturing bereits zur Herstellung von Teil- und Endprodukten einsetzen. Hierdurch können Erkenntnisse aus der Erfahrung im industriellen Einsatz abgeleitet werden.

kostenfreie Publikation

ISBN 978-3-956630-36-1



www.steinbeis-edition.de



Steinbeis-Edition