

3D printing – Commercial effects of digitalisation in industrial manufacturing

3D-Druck – Wirtschaftliche Implikationen der Digitalisierung in der industriellen Produktion

Dr. Gero Gunkel

Institut für Marketing, Carl-Friedrich-Gauß-Fakultät, Department Wirtschaftswissenschaften,
Technische Universität Braunschweig, Deutschland

Abstract — Regarding the respective business implications, the variants of Additive Manufacturing differ significantly from commonly known types of industrial manufacturing. Thus the definition of forthcoming management challenges, resulting from increased technological diffusion and availability, is within the scope of the study. In this context, focus will be given to the attributes of customer relations and potential changes in consumer self-perception with direction given to project partnership, as well as the role of experience management in the sense of customer satisfaction. Therefore a systematisation framework for business problems will be established and fundamental coherences will be investigated in the derived categories. The contribution concludes with a critical acclaim on the perspectives in the presented spheres of influence.

Zusammenfassung — Die Fertigungsvarianten des Additive Manufacturing unterscheiden sich unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten erheblich von klassisch etablierten Formen der industriellen Produktion. Gegenstand der Untersuchung ist daher die Bestimmung der künftig zu erwartenden Managementaufgaben, die sich aus der zunehmenden Verbreitung und Verfügbarkeit der Technologie ergeben können. Dabei liegen die Schwerpunkte auf den Eigenschaften der Kundenbeziehung, dem Wandel des nachfragerseitigen Selbstverständnisses hin zum Projektpartner sowie der Rolle des Erfahrungsmanagements im Zufriedenheitskontext. Hierzu werden ein Systematisierungskonzept B2B-relevanter Fragestellungen konzipiert und die zentralen Zusammenhänge in den daraus abgeleiteten Kategorien vorgestellt. Der Beitrag schließt mit einer kritischen Würdigung zur jeweiligen Perspektive in den aufgezeigten Wirkungsfeldern.

I. EINLEITUNG

A. Motivation und Problemstellung

Als zukunftsfähige Fertigungsformen erfahren die Varianten des 3D-Drucks gegenwärtig ein gesteigertes öffentliches Interesse. Die Diskussion wird dabei sowohl durch die industriell aufgezeigten technischen Möglichkeiten als auch den gesellschaftlich motivierten Bedarf an immer stärker individualisierten Anwendungen und Leistungen beflügelt. Als neuartig im Sinn einer breiten Wahrnehmung stellt sich gegenüber den historischen Grundprinzipien der Technologie eine über die reine Prototypenfertigung hinausgehende Herstellung finaler Bauteile und Komponenten dar. So darf in andauernden Pionieraktivitäten ein kontinuierlicher Beitrag zur Förderung des Verständnisses an der Schnittstelle zwischen dem technischen Fortschritt einerseits und der Realisierung innovativer Produktideen andererseits gesehen werden (vgl. hierzu [1], S. 361 f.).

Darüber hinaus ist auch aus industrieller Sicht eine stark intensivierte Auseinandersetzung mit der Thematik des 3D-Drucks zu konstatieren, deren Ursprung im Wegfall von durch den gewerblichen Rechtsschutz begründeten Restriktionen gesehen werden kann. Die Auswirkungen der hierdurch eröffneten Möglichkeiten werden unter Fachvertretern teilweise als beträchtlich eingestuft, bis hin zur Prognose einer nächsten industriellen Revolution (vgl. hierzu z.B. [2], S. 139). Erklärungsansätze zielen dabei auf einerseits die örtliche und zeitliche Verteilung der Verfügbarkeit und andererseits die Möglichkeiten zur effizienteren Auslastung von Produktionskapazitäten auf Fertigungsanlagen ab, und können somit in Richtung der allgemein als „Industrie 4.0“ bezeichneten grundlegenden Vernetzung des Fabrikbetriebs verstanden werden.

B. Forschungsleitfragen

Die zugrundegelegten Forschungsleitfragen, die im vorliegenden Kontext beantwortet werden sollen, lauten:

- Wie lassen sich die Varianten des 3D-Drucks zueinander und gegenüber klassischer Produktion abgrenzen?
- Welche Wirkung haben Marktumfeld und betriebliche Abläufe auf die Geschäftspolitik im 3D-Druck?
- Welche Herausforderungen prägen das anbieterseitige Gesamtbild der zu erwartenden Managementaufgaben?
- Wie kann ein kundenseitiges Selbstverständnis für den industriellen 3D-Druck formuliert werden?
- Welche Rolle spielt die Kundenwahrnehmung bei der Medienwahl in der industriellen Kommunikation?

II. GRUNDLAGEN

Mit Blick auf ein einheitliches Verständnis werden im Folgenden die zur thematischen Einordnung erforderlichen Definitionen und Begriffe erläutert. Zudem werden die Fragestellung und der untersuchte Bereich von anderen Forschungsfeldern thematisch abgegrenzt.

A. Begriffsklärung

Der Begriff des „Drucks“ lässt sich auf die Ähnlichkeit der Eigenschaften gegenüber dem Schriftdruck zurückführen. Unter Verwendung von Papier als Träger ergeben sich innerhalb des Druckbereiches frei realisierbare Inhalte. Analog hierzu können für den „3D-Druck“ sowohl Begrenzungen auf die innerhalb der Bauraumabmessungen erstellbaren Objektgrößen als auch Flexibilität auf die hierin weitgehend frei gestaltbaren geometrischen Formen erweitert werden (vgl. [3], S. 8 f.).

Grundlegend für die Produktion mittels additiver Fertigung ist die Erstellung eines dreidimensionalen Entwurfs, der ein Volumenmodell darstellt, das die gesamte Oberfläche des zu konstruierenden Objektes abbildet. Aufgrund der schichtweisen Bearbeitung durch die Produktionsanlage ist es erforderlich, im Rahmen der Modellierung eine Aufteilung in „Slices“ vorzunehmen, die der kleinsten physikalischen Materialdicke entsprechen, die während des Herstellungsvorgangs aufgetragen werden kann. Grundsätzlich darf angenommen werden, dass sich die Ausdifferenzierung der dem 3D-Druck zuzurechnenden Verfahrensvarianten unverändert in einem frühen Stadium befindet. Als maßgeblich hierfür muss der der technologischen Standardisierung vorgelagerte andauernde Diskurs zu künftig möglichen Einsatzgebieten betrachtet werden (vgl. hierzu z.B. [4], S. 127 ff.).

Der Versuch einer literaturanalytischen Würdigung offenbart unterschiedliche Forschungsströmungen in Form einer hohen Streuung der Angaben zur Anzahl der zu betrachtenden Verfahrensvarianten. Eine Erklärung dieser Heterogenität kann sowohl durch die relative Neuartigkeit jüngerer Verfahrenstypen als auch die schnelle Entwicklung und hohe inhaltliche Dynamik im Bereich des 3D-Drucks sowie eine im technologischen Fortschritt nicht konsistente Begriffsverwendung gegeben werden (vgl. [5], S. 15 ff. und S. 42 ff.). Aus betriebswirtschaftlicher Perspektive kann bei der Klassifikation von Verfahrenstypen zudem ein Zielkonflikt zwischen dem Anspruch, den hiermit jeweils verbundenen kaufmännischen Besonderheiten Rechnung zu tragen, und der Adäquanz der zugleich angestrebten Vereinfachungen bestehen.

Darüber hinaus birgt eine stärker abstrahierte Klassifizierung die Gefahr, zur Ableitung von Ähnlichkeitsbeziehungen primär technisch orientierte Eigenschaften heranzuziehen, wodurch Varianten, zwischen denen aus betriebswirtschaftlicher Sicht zu unterscheiden wäre, zusammengefasst betrachtet würden. Eine sinnvolle Einteilung sollte daher einerseits auf der Umgebung der Produktentstehung sowie andererseits auf der verwendeten Materialform – so etwa Filamente, Granulate oder liquide Werkstoffe – basieren (vgl. [6], S. 25). Hieraus lässt sich eine adäquate Klassifikation ableiten, die zwischen „Freiraumverfahren“, bei denen die Produktentstehung unter Nutzung weitgehend uneingeschränkter Materialformen erfolgen kann, sowie „Pulver-“ und „Flüssigverfahren“, die durch eine vollständige Umgebung des zu erstellenden Objektes mit dem betreffenden Material während des gesamten Fertigungsprozesses gekennzeichnet sind, differenziert.

B. Inhaltliche Abgrenzung

Von den dem 3D-Druck zuzurechnenden Fertigungsverfahren ist abgrenzend die nicht-generative Produktion zu unterscheiden, die nicht durch das schichtweise Auftragen und Verfestigen von verbrauchtem Material gekennzeichnet ist. Obgleich auch diese Technologien regelmäßigen Weiterentwicklungen und somit kontinuierlichen Änderungen unterliegen können, so können sie aufgrund ihrer in der Regel längeren Historie als konventionelle Formen der Herstellung bezeichnet werden (vgl. [7], S. 112).

Im Hinblick auf die Eigenschaft, einen physischen Zusammenhalt durch Materialverbringung zu schaffen, weisen die Fertigungsverfahren des 3D-Drucks grundlegende Parallelen zur bereits konventionell maßgeblichen Hauptgruppe urformender Verfahren auf (vgl. [8], S. 113 ff. und S. 122). Diese bezeichnen die Erstellung von Festkörpern durch solche Handlungen, die eine anhaltende stoffliche Verbindung sicherstellen. Hierbei ist zwischen guss- und sinterbasierten Prozessen zu differenzieren, wobei das Erzeugen der Beständigkeit der gefertigten Bauteile im Fall der Nutzung von Gießverfahren im Wesentlichen durch eine Formgebundenheit der Produktion ge-

kennzeichnet ist. Hinsichtlich der Verwertbarkeit der genutzten Form kann in diesem Zusammenhang eine weitergehende Gliederung nach verlorenen Formen und Dauerformen erfolgen.

Vor dem Hintergrund einer möglichen Einbettung der generativen Fertigung in einen konsekutiven Herstellungsprozess ist mit Blick auf mögliche Schritte der Nachbearbeitung auf die als Trennen bezeichneten Varianten konventioneller Produktionsverfahren einzugehen. Durch äußeres Einwirken wird hierbei auf eine Verminderung bestehender materieller Bindungen und somit des Ganzen abgezielt, wobei Änderungen der Form eines Feststoffrohlings oder -körpers eintreten. Zusammenfassend ist die Gruppe der Trennverfahren damit durch das mechanische Einwirken auf Werkstücke unter dem Einsatz von Werkzeugen gekennzeichnet (vgl. [9], S. 289 ff.).

Die Eigenschaft des 3D-Drucks, konventionell zu verbindende Bauteile integriert fertigen zu können, begründet eine grundlegende Vorstellung der Fügetechnik als Voraussetzung einer vergleichenden Beurteilung. Hierbei wird unter Herbeiführung einer Formänderung auf eine Mehrung des stofflichen Zusammenhalts zwischen bestehenden Werkstückkomponenten oder -fragmenten abgestellt, wobei verfahrensabhängig eine Einbringung formloser Zusatzstoffe erfolgen kann. Neben Löt- und Klebverfahren kann innerhalb der Gruppe der Fügetechnologien als konventionell renommiertes Verfahren das Schweißen hervorgehoben werden, wobei eine Vereinigung von Bauteilen unter isolierter oder kombinierter Einwirkung von Hitze und Druckkraft eintritt (vgl. [10], S. 97 f.). Typischerweise erfolgt bei Fügeverfahren das Herstellen einer stoffschlüssigen unlösbaren Verbindung somit in Form einer örtlichen Behandlung der zu verbindenden Werkstoffe oder Werkstücke.

III. STUDIENKONZEPTION

Hinsichtlich der Evaluation potenzieller Untersuchungstypen, der Vorgehensweise zur Datengewinnung und der Planung der Informationsbeschaffung kommt im Rahmen der vorliegenden Studie zusammenfassend ein qualitatives Studiendesign zur Anwendung, mittels dessen unter Erhebung primärer Daten auf explorativem Wege grundlegende Erkenntnisse generiert werden sollen. Insofern bietet es sich an, mit Blick auf das Erfassen der Komplexität des Forschungsfeldes wesentliche Gesprächsphasen in empfehlender Form vorzustrukturieren, deren konkrete sachliche Ausgestaltung jedoch flexibel und somit durch den Befragten individuell vorgeben zu lassen. Der weitergehende Planungsprozess für die Durchführung einer leitfadensbasierten Studie soll sich aus operativer Sicht demnach an einer offenen und zugleich problemzentrierten Herangehensweise orientieren (vgl. hierzu z.B. [11], S. 120).

In Bezug auf die zu befragenden Personen steht dabei nicht die Analyse biographisch-sozialer Merkmale, sondern vielmehr die Hervorbringung bereichsspezifischer und objekttheoretischer Erkenntnisse im Fokus. Die Interviews sollen somit Betriebs- und Erfahrungswissen bereitstellen, aus dem schließlich sowohl Funktions- als auch Entscheidungsregeln von den hiermit betrauten Einrichtungen abgeleitet werden können. Dem Erkenntnisanspruch nach sind daher gezielt solche Partner zu akquirieren, die diese Merkmale der verfügbaren Informationslage nach erfüllen. Mittels eines im Zuge des Besuchs von Fachausstellungen durchgeführten Pretests konnte das zu erwartende Kompetenz- und Kenntnisniveau eingeschätzt und Ansatzpunkte aufgedeckt werden, die inhaltliche Steuerungsgenauigkeit der Erhebung zu erhöhen.

IV. DATENAUSWERTUNG

Kern dieses Kapitels ist die Auseinandersetzung und Ableitung von Kategorien aus dem erhobenen Datensatz sowie die Entwicklung geeigneter Hypothesen.

A. Thematische Konzeptualisierung

Im Rahmen der Datenerhebung konnten letztlich insgesamt acht Interviews mit Fachvertretern aus der Praxis durchgeführt werden. Anknüpfend an den Schritt der Erstellung von Transkripten unter Verwendung der jeweils gesprächsbeleitenden Dokumentation sind die überführten Textdaten im Folgenden einer adäquaten, sowohl der inhaltlichen Ausrichtung als auch den Erhebungsumständen gerechten Form der Datenauswertung zu unterwerfen. Für den Ablauf der qualitativen Inhaltsanalyse ergeben sich dabei je nach fachlichem Einsatzgebiet unterschiedliche Optionen für die anzuwendende Methodik. Unter Berücksichtigung sowohl der für den industriellen 3D-Druck spezifischen Besonderheiten als auch der Gesprächscharakteristika während der Durchführung der Interviews fällt die Wahl vorliegend auf eine Grounded-Theory-orientierte Methodik (vgl. [12], S. 86).

Hierbei wird das transkribierte Material einer sukzessiven Verdichtung unterzogen. Die Systematisierung erfolgt dabei computergestützt unter Verwendung der Software MaxQDA. Der Definition nach wird hierin unterschieden zwischen Codings und übergeordneten Codes. Das Heranziehen einer Softwareunterstützung bei der Auswertung bietet sich im vorliegenden Fall insbesondere deshalb an, weil bei einer Auseinandersetzung mit dem Datenmaterial, aufsteigend von speziellen hin zu allgemeineren Aspekten, Textgruppen sukzessiv re-arrangiert werden können (vgl. [13], S. 56 f.).

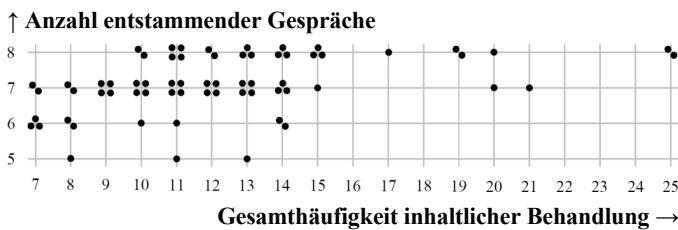


Abb. 1. Erstverdichtung des transkribierten Materials zu Subüberschriften

Insgesamt bezieht sich die Auswertung der geführten Gespräche auf transkribiertes Material, aus dem unter Einsatz des beschriebenen Vorgehens mehrere hundert Textstellen codiert wurden. Diese wiederum wurden durch thematisches Vergleichen zu den in Abbildung 1 als Punkte dargestellten 65 Subüberschriften, und in der Folge weiterführend zu Hauptüberschriften verdichtet, auf deren Grundlage letztlich insgesamt fünf inhaltliche Kategorien abgeleitet wurden.

B. Theoriebildung

Die im Rahmen der Ableitung theoretischer Zusammenhänge innerhalb verschiedener Kategorien erstellten Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge sind in Abbildung 2 wiedergegeben. Hierbei führt zunächst der Bedarf zur Revision der absatzpolitischen Kerninstrumente zu einer isolierten Behandlung der Belange der operativen wirtschaftlich-technischen Integration. Darunter fallen solche Sachverhalte, bei denen die parallele und wechselseitige Berücksichtigung von markt- und technologie-orientierten Umständen, wie hier einer räumlich wie zeitlich bedarfskonformen Produktion, besonders im Fokus steht (vgl. [14], S. 222).

Darüber hinaus führt eine zunehmend umfeldbezogene Projektbewertung zu einer kategorisch abgegrenzten Einordnung der Erarbeitung von Geschäftsperspektiven. Für den 3D-Druck rücken dabei die Vorteile einer nachhaltigen Ressourcennutzung in der industriellen Produktion in den Vordergrund (vgl. [15], S. 138 ff.). Ebenso lässt sich eine steigende Bedeutung der durch den Nachfrager in die Projektabwicklung eingebrachten inhärenten Fähigkeiten den Wechselwirkungen innerhalb der Kundenbeziehung subsumieren, innerhalb derer zen-

tral auf die Rolle des Erfahrungsmanagements abgestellt wird (vgl. [16], S. 91).

Zudem offenbart die Konzeptualisierung des industriellen 3D-Drucks spezifische Abhängigkeiten von exogenen Entwicklungen, die sich etwa im Kontext von Wissen, Motivation und Qualifikation der beteiligten Akteure zeigen. So führen Unsicherheiten aufgrund fehlender Standards für der Produktion vor- und nachgelagerte Prozesse zum Bedarf einer differenzierten Betrachtung von Problemen der Mitarbeiterqualifikation (vgl. [17], S. 114 f.).

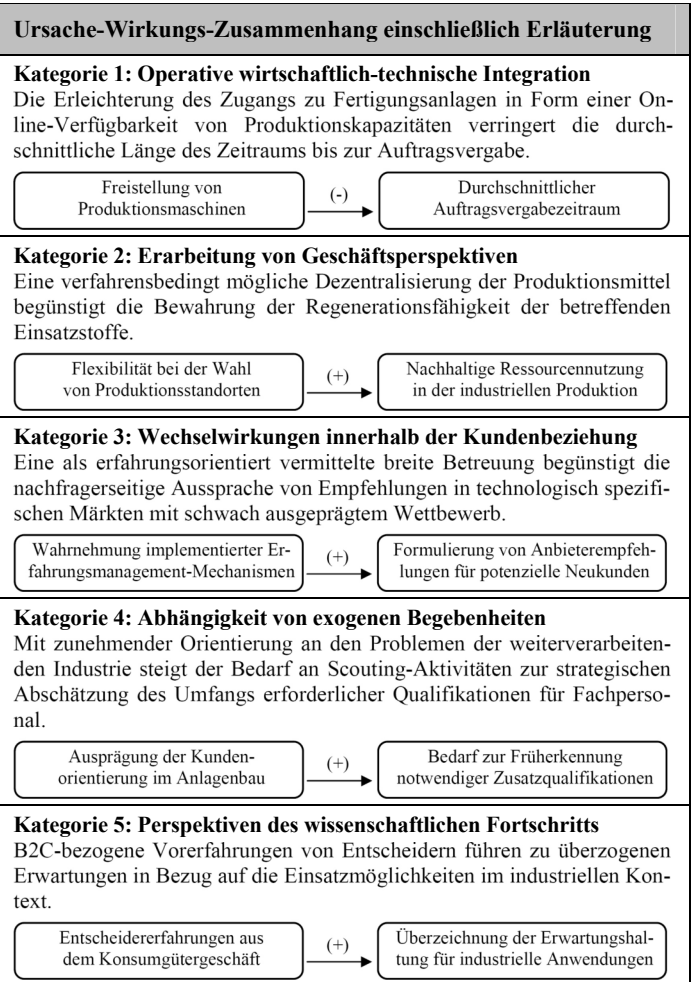


Abb. 2. Hypothesenentwicklung innerhalb des Kategoriensystems

Abschließend ist festzustellen, dass das Forschungsfeld auch mit Blick auf die zahlreichen originär technischen Sachverhalte durch eine hervorzuhebende Nähe zur wissenschaftlichen Auseinandersetzung gekennzeichnet ist. Die Betrachtung konzentriert sich hierbei auf den Einfluss auf Kundenerwartungen und deren Erfüllung, wobei der Schwerpunkt im Bereich einer möglichen Beschleunigung, Verschlinkung oder Verlagerung sowie engen Einbeziehung der Nachfrager in Produktionsprozesse liegt (vgl. [18], S. 85). Zusammenfassend lässt sich somit der Ausgangspunkt einer theoretischen Generalisierung modellieren, innerhalb derer sich die betreffenden Kausalbeziehungen vorschlagen lassen.

V. KRITISCHE WÜRDIGUNG

Für die Untersuchung wurde zunächst die vereinfachende Annahme getroffen, dass die schnelle Veränderlichkeit der sich weiterentwickelnden Verfahrensvarianten lediglich eine Momentaufnahme mit Orientierungscharakter zulässt. Zudem ist die zugunsten einer technologiespezifischen Beurteilung ausgefallene Lösung des Zielkonfliktes zwischen Komplexität und

Aussagekraft kritisch zu sehen. Auch die in der Designphase getroffene Entscheidung für einen Verzicht auf eine nach Branchen differenzierte Betrachtung stellt einen eingegangenen Kompromiss dar. Hier ist ausschlaggebend, dass die Ausformung spezifischer wirtschaftlicher Gegebenheiten, etwa im Fall von Anwendungen im Leichtbau oder medizinischen Kontext, bislang nicht abgeschlossen erscheint (vgl. [19], S. 44).

Als weitere Beschränkung ergibt sich, dass im Rahmen der Kategorienbildung nicht abschließend zwischen den Herstellern von 3D-Druckern, deren Kunden, die als Ersteller generativ gefertigter Investitionsgüter auftreten, sowie Anbietern von Komplementärleistungen aus dem Bereich CAD-basierter Konstruktion und Konzeption aufgelöst werden kann. Gleiches gilt unter Verweis auf die andauernde Heterogenität wirtschaftlicher Problemstellungen im Hinblick auf die Diskussion des Forschungsstandes.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

A. Handlungsempfehlungen

Der Einsatz generativer Technologien im Industriegütersektor erfordert eine hierauf abgestimmte Ausrichtung der betreffenden betriebswirtschaftlichen Funktionen. Handlungsempfehlungen bei der individuellen Beurteilung und Gestaltung des Instrumentariums unterscheiden sich deshalb nach der Art der angebotenen Leistung. Für Unternehmen, deren Fokus im Bereich der ganzheitlichen Betreuung von additiven Fertigungsprojekten liegt, bietet sich eine Verstärkung des Engagements hinsichtlich der Integration von Co-Creation-Ansätzen an. Neben den selbst eingebrachten Kenntnissen gilt es hierbei derart Synergien zu schaffen, dass sowohl für die Modellierung als auch die Fertigung relevantes kundenseitiges Know-how in die Entwicklung eines gemeinsamen Problemverständnisses eingebracht werden kann. Unabhängig von denkbaren fachlichen Spezialisierungen ist die grundlegende Option einer generativen Serienfertigung kontinuierlich zu bewerten. Im Vordergrund sollte dabei die Fertigung geringer Stückzahlen stehen, etwa in Form des Angebotes individualisierbarer Standardkomponenten. Darauf aufbauend ist zudem zu bewerten, ob sich mit bestehenden Anlagen über den Entwurf hinausgehende Einsatzgebiete ergeben, wie etwa die Nutzung flüssigkeitsbasierter Verfahren nicht nur auf die Entwicklung von Prototypen zu beschränken. Auf Basis einer sachlich-technisch motivierten Entscheidungsfindung im Zuge der Projektanbahnung darf dabei angenommen werden, dass die Stellung der eigenen Leistung gegenüber Wettbewerberangeboten wahrnehmbar bleibt.

B. Ausblick

In diesem Beitrag wurden verschiedene Anhaltspunkte zur Abschätzung künftiger Geschäftsperspektiven für den industriellen 3D-Druck vorgestellt. Dabei verbleiben aus wirtschaftswissenschaftlicher Perspektive anknüpfend zu bearbeitende Forschungsfelder, deren Anhaltspunkte im Zuge der Forschung sich zunächst nach sachlichen Zielgrößen gliedern. Wesentlich ist dabei die Fortsetzung der bedarfsanalytischen Bewertung individueller Fragestellungen von Businesskunden im Hinblick auf die Entwicklung eigener unternehmerischer Problemlösungsfähigkeiten zu sehen. Darüber hinaus legt die zunehmende Verdichtung geeigneter Anwendungsfelder die genauere Abschätzung von Rentabilitäten als Gegenstand eigenständiger Forschung nahe. Unter Kostengesichtspunkten wird schließlich auch die Klärung der Nebenbedingungen für ein mögliches Outsourcing reiner Herstellprozesse durch die Einrichtung verteilter Druckzentren und eine damit verbundene zumindest partielle Ersetzbarkeit konventioneller Produktionsverfahren in den Fokus fachlich-inhaltlicher Betrachtungen rücken. Hervorzuheben ist somit abschließend, dass künftige wirtschaftliche

Problemstellungen disziplinübergreifend zu hinterfragen sind, da die nachhaltige Koordination zwischen möglichen Optionen für neue Anwendungsgebiete am Markt einerseits und technisch innovativen Formen der Materialverarbeitung andererseits langfristig dominierend sein werden.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Buxmann, P.; Hinz, O.: „Makers“, in: *Business & Information Systems Engineering*, Vol. 55, No. 5, S. 361-364, Verlag Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2013.
- [2] Thiesse, F.; Wirth, M.; Kemper, H.-G.; Moisa, M.; Morar, D.; Lasi, H.; Piller, F.; Buxmann, P.; Mortara, L.; Ford, S.; Minshall, T.: „Economic Implications of Additive Manufacturing and the Contribution of MIS“, in: *Business & Information Systems Engineering*, Vol. 57, No. 2, S. 139-148, Verlag Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2015.
- [3] Wessargues, Y.; Gieseke, M.; Hagemann, R.; Kaieler, S.; Overmeyer, L.: „Entwicklungstrends zum Einsatz des selektiven Laserstrahlschmelzens in Industrie und Biomedizintechnik“, in: Lachmayer, R.; Lippert, R. B. (Hrsg.): *Additive Manufacturing Quantifiziert – Visionäre Anwendungen und Stand der Technik*, S. 7-21, Verlag Springer Vieweg, Berlin, 2017.
- [4] Klocke, F.: *Fertigungsverfahren 5 – Gießen, Pulvermetallurgie, Additive Manufacturing*, 4. Auflage, Verlag Springer Vieweg, Berlin, 2015.
- [5] Hagl, R.: *Das 3D-Druck-Kompendium – Leitfaden für Unternehmer, Berater und Innovationstreiber*, 2. Auflage, Verlag Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2015.
- [6] Fastermann, P.: *3D-Drucken – Wie die generative Fertigungstechnik funktioniert*, Verlag Springer Vieweg, Berlin, 2014.
- [7] Gibson, I.; Rosen, D.; Stucker, B.: *Additive Manufacturing Technologies – 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing*, 2. Auflage, Verlag Springer, New York, 2015.
- [8] Wieneke-Toutaoui, B.: „Additive Fertigungsverfahren (Rapid Prototyping)“, in: Fritz, A. H.; Schulze, G. (Hrsg.): *Fertigungstechnik*, 11. Auflage, S. 113-123, Verlag Springer Vieweg, Berlin, 2015.
- [9] Kühn, K.-D.: „Grundlagen zum Spanen und Grundbegriffe der Zerspantechnik“, in: Fritz, A. H.; Schulze, G. (Hrsg.): *Fertigungstechnik*, 11. Auflage, S. 282-310, Verlag Springer Vieweg, Berlin, 2015.
- [10] Bargel, H.-J.: „Einwirkung von Herstellung und Weiterverarbeitung auf die Eigenschaften von Metallen“, in: Bargel, H.-J.; Schulze, G. (Hrsg.): *Werkstoffkunde*, 12. Auflage, S. 81-116, Verlag Springer Vieweg, Berlin, 2018.
- [11] Surma, S.: *Selbstwertmanagement – Psychische Belastung im Umgang mit schwierigen Kunden*, Verlag Gabler, Wiesbaden, 2012.
- [12] Mayring, P.: *Qualitative Inhaltsanalyse – Grundlagen und Techniken*, 12. Auflage, Verlag Beltz, Weinheim, 2015.
- [13] Meuser, M.; Nagel, U.: „Experteninterview und der Wandel der Wissensproduktion“, in: Bogner, A.; Littig, B.; Menz, W. (Hrsg.): *Experteninterviews – Theorien, Methoden, Anwendungsfelder*, 3. Auflage, S. 35-60, VS Verlag, Wiesbaden, 2009.
- [14] Blome, C.: *Öffentliches Beschaffungsmarketing – Ein Kennzahlensystem für das Vergabemanagement*, Verlag Gabler Edition Wissenschaft, Wiesbaden, 2007.
- [15] Charlebois, S.; Juhasz, M.: „Food futures and 3D printing – Strategic market foresight and the case of Structur3D“, in: *International Journal on Food System Dynamics*, Vol. 9, No. 2, S. 138-148, Schriftenreihe des FoodNetCenter der Universität Bonn, Verlag Centmapress, Bonn, 2018.
- [16] Holland, H.; Ramanathan, N.: „Customer Experience Management“, in: Pranke, R. (Hrsg.): *Dialogmarketing – Perspektiven 2015/2016*, Tagungsband 10. wissenschaftlicher interdisziplinärer Kongress für Dialogmarketing, S. 83-101, Verlag Springer Gabler, Wiesbaden, 2016.
- [17] Thomas-Seale, L. E. J.; Kirkman-Brown, J. C.; Attallah, M. M.; Espino, D. M.; Shepherd, D. E. T.: „The barriers to the progression of additive manufacture – Perspectives from UK industry“, in: *International Journal of Production Economics*, Vol. 198, S. 104-118, Elsevier Publishing, Amsterdam, 2018.
- [18] Hofmann, E.; Oettmeier, K.: „3-D-Druck – Wie additive Fertigungsverfahren die Wirtschaft und deren Supply Chains revolutionieren“, in: *Zeitschrift Führung + Organisation*, Vol. 85, No. 2, S. 84-90, Verlag Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2016.
- [19] Weller, C.; Kleer, R.; Piller, F. T.: „Economic implications of 3D printing – Market structure models in light of additive manufacturing revisited“, in: *International Journal of Production Economics*, Vol. 164, No. C, S. 43-56, Elsevier Publishing, Amsterdam, 2015.