

IT-basierte Entscheidungsunterstützung für die Ersatzteilversorgung mit Additive Manufacturing*

Kathrin Pfähler¹

¹ Universität Stuttgart, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik 1, Stuttgart, Germany
kathrin.pfaehler@bwi.uni-stuttgart.de

Abstract. Additive Manufacturing (AM) ist eine Fertigungstechnologie, die zunehmend Bedeutung und Anwendung in unterschiedlichen Industriebranchen findet. Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte liegen derzeit vermehrt im Bereich der Technologie selbst. Während AM zur Prototypenherstellung bereits in Unternehmen eingesetzt wird, gibt es Anwendungsbereiche, deren Potenzial erst in den letzten Jahren erkannt wurde, z. B. die orts- und zeitunabhängige Herstellung von Ersatzteilen. Das Ersatzteilwesen zählt zu den Haupteinnahmequellen in vielen Industrieunternehmen, v. a. bei Maschinen- und Anlagenbauern. Nicht zuletzt wird dies durch immer länger werdende Produktlebenszyklen und neue Geschäftsmodelle, wie Pay-per-Use, verstärkt. Die Unternehmen stehen vor der Herausforderung, AM in die bestehenden Strukturen des Ersatzteilmanagements zu integrieren. Entscheidungen über den AM-Einsatz werden während des gesamten Produktlebenszyklus und über alle Funktionen des Unternehmens hinweg getroffen. Das hier skizzierte Forschungsprojekt verfolgt einen gestaltungsorientierten Ansatz zur Entwicklung einer IT-basierten Entscheidungsunterstützung. Der Beitrag zeigt die Ergebnisse einer explorativen Untersuchung und präsentiert die daraus abgeleiteten Anforderungen an eine IT-basierte Entscheidungsunterstützung zur Integration von AM in die Ersatzteilversorgung des Maschinen- und Anlagenbaus.

Keywords: Additive Manufacturing, Ersatzteilmanagement, Entscheidungsunterstützung, Entscheidungsprozesse

1 Hintergrund und Ziel des Beitrags

Additive Manufacturing (AM) ist eine Fertigungstechnologie, bei der Bauteile schichtweise hergestellt werden. Die AM-Technologie ermöglicht anders als konventionelle Fertigungstechnologien die Herstellung flexibler Geometrien mit hoher Genauigkeit und ohne nennenswerten Materialverlust. [1, 2] Der Einsatz von AM bedingt nicht nur Veränderungen im Produktionsprozess – von der Konstruktion bis zur Nachbearbeitung [3] –, sondern auch in der übergeordneten Wertschöpfungskette. Der Aufbau dezentraler Produktionsstandorte lässt bestimmte Wertschöpfungsstufen entfallen

* Copyright © 2019 for this paper by its authors. Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

und verändert den Informations- und Materialfluss. [4] Neben technischen Herausforderungen in der additiven Herstellung von Bauteilen sind durch den AM-Einsatz zusätzlich komplexe betriebswirtschaftliche Abläufe von Veränderungen betroffen. Speziell der Einsatz von AM in bestehenden Ersatzteilversorgungsstrukturen zeigt, dass neben Fragen über den wirtschaftlichen Einsatz der Fertigungstechnologie zur Herstellung von Ersatzteilen auch Fragen zur Gestaltung neuer Ersatzteilversorgungsprozesse aufkommen, z. B. bei der dezentralen Produktion der Ersatzteile in Kundennähe oder direkt beim Kunden. Aufgrund der unternehmensübergreifenden Strukturen und komplexen Abläufe wird die Ersatzteilversorgung tendenziell als zukünftiges AM-Anwendungsszenario gesehen und ist bislang geringfügig bis gar nicht in den Unternehmen etabliert. [5] Zur Gewährleistung der Ersatzteil- und Serviceexzellenz stehen die Unternehmen vor der Aufgabe, die Potenziale der Fertigungstechnologie wirtschaftlich einzusetzen und gleichzeitig die hierfür benötigten Prozesse neu zu gestalten.

IT-basierte Entscheidungsunterstützungssysteme werden derzeit vornehmlich für technologie- und produktionsbezogene Entscheidungen eingesetzt, etwa zur AM-gerechten Konstruktion, bei der Analyse zur additiven Fertigbarkeit eines Bauteils, oder bei der Kalkulation der anfallenden Produktionskosten. [6-8] Es ist jedoch zu beachten, dass AM-bezogene Entscheidungen im Ersatzteilbereich, bspw. zur Optimierung der Ersatzteillogistik, strategischer Natur sind, was komplexere Entscheidungsprozesse mit mehreren Entscheidungsträgern und heterogenen Informationsbedarfen zur Folge hat. [5, 9] Wollen Unternehmen das Potenzial von AM in der Ersatzteilversorgung nutzen und in etablierte Strukturen integrieren, müssen neue unbekannte Aufgaben durchgeführt und Entscheidungen getroffen werden, die vermehrt auch durch unstrukturierte Entscheidungsprozesse charakterisiert sind. Eine hierfür konzipierte IT-basierte Entscheidungsunterstützung soll idealerweise eine Verknüpfung bestehender Lösungen bereitstellen und ungewisse unstrukturierte Entscheidungen sowie konkrete strukturierte Entscheidungen, im Zusammenhang des Einsatzes von AM, in der Ersatzteilversorgung unterstützen. Ziel des Beitrags ist die Ableitung von Anforderungen an das zu entwickelnde IT-basierte entscheidungsunterstützende System.

2 Forschungsfrage und Empirische Methodik

Mit Hinblick auf das eben Genannte lautet die Forschungsfrage für den vorliegenden Beitrag wie folgt: „*Wie kann ein Konzept für eine IT-basierte Entscheidungsunterstützung für Entscheidungen über die Integration von AM in bestehende Ersatzteilversorgungsstrukturen aussehen?*“ Der Beitrag orientiert sich an der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik, die sich der Design Science zuordnen lässt. [10, 11] Die Anspruchsgruppe sind Unternehmen aus dem Maschinen- und Anlagenbau, die sich mit der Integration von AM in ihre bestehende Ersatzteilversorgung beschäftigen. Der Forschungsprozess deckt die Phasen Analyse, Design und Evaluation ab. Forschungsaktivitäten der Analysephase umfassen eine strukturierte Literaturanalyse in Anlehnung an [12, 13] und eine quantitativ empirische Studie in Form einer Online-Befragung [14] mit 184 Teilnehmern aus der Industrie. Die Designphase baut auf den Erkenntnissen der Analysephase auf und umfasst u. a. eine qualitativ empirische Einzelfallstudie im

Maschinen- und Anlagenbau [15, 16]. Das betrachtete Unternehmen im Use Case hat bereits erste Erfahrungen mit dem Einsatz von AM und plant den Aufbau einer AM-basierten Ersatzteilversorgung. Neben einer ausführlichen Dokumentenanalyse wurden hier 35 leitfadengestützte Interviews geführt. Die Interviewpartner stammen aus unterschiedlichen Bereichen im Unternehmen, mit Fokus auf die Ersatzteilversorgung und der Technologieberatung. Zusätzlich betrachtete Bereiche umfassen die Entwicklung, den Einkauf, den Vertrieb, die IT sowie das Supply Chain Management. Die Erkenntnisse des Use Case dienen der Ableitung von Anforderungen an die zu entwickelnde IT-basierte Entscheidungsunterstützung und sind Bestandteil dieses Beitrags. Zukünftige Forschungsaktivitäten sind, neben weiteren Aktivitäten in der Designphase, Bestandteil der Evaluationsphase und demnach nicht Teil dieser Arbeit.

3 IT-basierte Entscheidungsunterstützung

Die Erkenntnisse legen nahe, dass bei der Integration von AM in die bestehende Ersatzteilversorgung Entscheidungen auf strategischer und operativer Ebene [17, 18] getroffen werden müssen. Entscheidungen auf operativer Ebene können sich z. B. auf die Frage beziehen, ob, basierend auf den monatlichen Ersatzteilbedarfen von Bauteil „XY“, eine Umstellung auf additive Fertigung sinnvoll ist. Entscheidungen auf strategischer Ebene beziehen sich bspw. auf den Aufbau eines AM-Lieferanten-Pools oder den Aufbau eigener Produktionshallen mit AM-Maschinen. Hier wird klar, dass aufgrund der Neuartigkeit der Thematik und der vermehrt unstrukturierten Entscheidungen reine Wissensdatenbanken oder Online Analytical Processing (OLAP) zur Entscheidungsunterstützung nicht ausreichend sind. Weitere Beispiele für Entscheidungen mit einem Unterstützungsbedarf sind insbesondere folgende: Die Potenzialidentifizierung zur Funktionsintegration eines Bauteils, die Entscheidung über Neukonstruktion oder Re-Design eines Bauteils, die Bewertung des Einsatzpotenzials von AM als Interimslösung im Falle einer Ausnahmesituation (z. B. Insolvenz des Lieferanten oder Lieferverzögerung), oder die Bewertung AM-basierter Investitionen im Zusammenhang der Entscheidung über Eigen- oder Fremdfertigung. Tabelle 1 stellt weitere Erkenntnisse aus der Einzelfallstudie dar sowie die daraus abgeleiteten funktionalen Anforderungen an die IT-basierte Entscheidungsunterstützung.

Tabelle 1. Ausschnitt der funktionalen Anforderungen an das Konzept der IT-basierten Entscheidungsunterstützung, abgeleitet von den Erkenntnissen aus dem Use Case.

Erkenntnisse aus dem Use Case	Funktionale Anforderungen
Zur Einführung einer AM-basierten Ersatzteilversorgung und der Entwicklung eines AM-basierten Geschäftsmodells müssen vermehrt strategische, komplexe Entscheidungen mit unstrukturierten Entscheidungsprozessen getroffen werden.	Anforderung 1: Die IT-basierte Entscheidungsunterstützung muss unstrukturierte Entscheidungsprozesse unterstützen.

Die Planung von struktur- und prozessverändernden Maßnahmen im Unternehmen erfordert komplexe Entscheidungswege.	Anforderung 2: Die IT-basierte Entscheidungsunterstützung muss eine Navigation der Entscheidungswege ermöglichen.
Die AM-basierte Ersatzteilversorgung betrifft Entscheidungsträger entlang des gesamten Produktlebenszyklus – von der Produktidee bis zum Auslauf.	Anforderung 3: Die IT-basierte Entscheidungsunterstützung muss für Adressaten entlang des gesamten Produktlebenszyklus verfügbar sein.
Die relevanten Informationen für die Entscheidungen stammen aus operativen (z. B. ERP-, PDM- und CAD-Systeme) sowie dispositiven Systemen des Unternehmens.	Anforderung 4: Die IT-basierte Entscheidungsunterstützung muss integriert und ganzheitlich sein.
Die AM-basierte Ersatzteilversorgung erfordert auch Entscheidungen, für die Ad-hoc-Abfragen benötigt werden (z. B. Abfrage der monatlichen Ersatzteil-Bedarfe).	Anforderung 5: Die IT-basierte Entscheidungsunterstützung muss die Möglichkeit zur Durchführung von Ad-hoc-Abfragen bieten.
AM ist eine Schlüsseltechnologie, die mitsamt ihrer Entwicklung und Möglichkeiten für die AM-basierte Ersatzteilversorgung am Markt beobachtet werden muss.	Anforderung 6: Die IT-basierte Entscheidungsunterstützung soll den Zugang zu externen Quellen bereitstellen können.
Im Use Case hat sich bereits ein Wissensmanagement-System für AM bewährt (hier: ein Wiki im Intranet).	Anforderung 7: Es soll die Möglichkeit bestehen, interne themenbezogene Wissensmanagementsysteme (z. B. Wikis) einzubinden.
Es existieren bereits Tools zur Analyse der Produktionskosten und der Ähnlichkeit von Bauteilen bei der additiven Fertigung sowie der Identifikation von Ersatzteilen, die ohne Re-Design additiv fertigbar sind.	Anforderung 8: Die IT-basierte Entscheidungsunterstützung muss fähig sein, bestehende AM-bezogene Analysesysteme einzubinden.
Es wird geplant, weitere Entscheidungsunterstützungen für den AM-Bereich zu implementieren (in der Konstruktion).	Anforderung 9: Die IT-basierte Entscheidungsunterstützung muss fähig sein, weitere AM-basierte Analysesysteme und Entscheidungsunterstützungen anbinden zu können.
Der Service verfügt über eine interne Wissensdatenbank für die Servicetechniker, die bei Kunden vor Ort tätig sind.	Anforderung 10: Die IT-basierte Entscheidungsunterstützung muss fähig sein, bestehende Wissensdatenbanken einzubinden.
Die Service-Wissensdatenbank verfügt über Machine-Learning-Konzepte.	Anforderung 11: Die IT-basierte Entscheidungsunterstützung soll die Möglichkeit bieten, Machine-Learning-Konzepte für die AM-basierte Ersatzteilversorgung zu nutzen.
Im Unternehmen gibt es keine Transparenz über bereits durchgeführte AM-Projekte oder AM-basierte Aktivitäten.	Anforderung 12: Die IT-basierte Entscheidungsunterstützung soll Daten aus bereits durchgeführten AM-Projekten miteinbeziehen.

Die Erkenntnisse und die daraus abgeleiteten Anforderungen zeigen, dass bei Entscheidungen zur Integration von AM in die Ersatzteilversorgung nicht nur auf vorhandene

Business-Intelligence-Analytics (BIA)-Ansätze oder eine reine Wissensdatenbank zurückgegriffen werden kann. Vielmehr sollte der Fokus der zu entwickelnden IT-basierten Entscheidungsunterstützung auf der Navigation der komplexen und unstrukturierten Entscheidungsprozesse liegen. Abbildung 1 zeigt schematisch einen Lösungsvorschlag einer Architektur zur IT-basierten Entscheidungsunterstützung für den Einsatz von AM in der Ersatzteilversorgung. Neben operativen Quellsystemen soll auch auf bestehende dispositive Systeme zugegriffen werden. Ebenso spielen betriebswirtschaftliche Kennzahlen sowie unstrukturierte Daten eine Rolle. Mittels eines Graphen lassen sich semantische Zusammenhänge innerhalb komplexer Entscheidungsprozesse abbilden. Zugleich lassen sich in einer Wissensdatenbank auch bereits durchgeführte AM-Projekte dokumentieren, um bei anstehenden Entscheidungen auf Erfahrungswissen [19, 20] zugreifen zu können. Es ist zu beachten, dass die weiß unterlegten Architekturkomponenten den Fokus der Betrachtung darstellen.

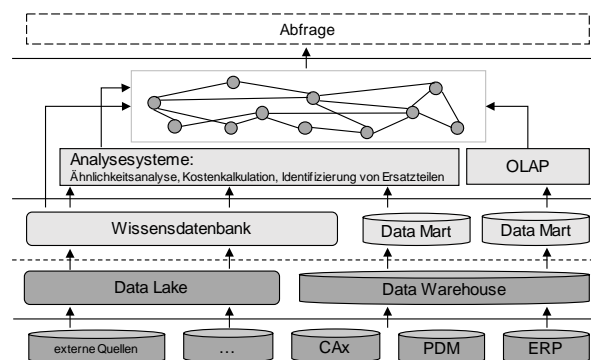


Abb. 1. Vorschlag einer Architektur zur IT-basierten Entscheidungsunterstützung für die AM-basierte Ersatzteilversorgung.

4 Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass im Rahmen der Integration von AM in die bestehende Ersatzteilversorgung, neben vereinzelt Ad-hoc-Anfragen, vermehrt neuartige heterogene und in ihrem Ablauf unstrukturierte Entscheidungsprozesse anfallen. Fehlende Transparenz über bereits durchgeführte AM-bezogene Aktivitäten sowie die Entwicklung vereinzelter isolierter Entscheidungsunterstützungen hindern Unternehmen daran, auf eigentlich vorhandene Informationen zur ganzheitlichen Entscheidungsfindung zuzugreifen. Die nächsten Forschungsaktivitäten beziehen sich darauf, die identifizierten Anwendungsfälle für die IT-basierte Entscheidungsunterstützung zur Integration von AM in die bestehende Ersatzteilversorgung zu ergänzen, zu detaillieren sowie die hierfür benötigten Entscheidungswege zu ermitteln. Dabei soll die Möglichkeit der Anwendung von Machine Learning, zum Erlernen neuartiger Entscheidungswege, nicht ausgeschlossen werden. Zusätzlich wird im Rahmen zukünftiger Forschungsaktivitäten das entwickelte Konzept prototypisch implementiert und im Rahmen eines Workshops mit anderen Unternehmen aus dem Maschinen- und Anlagenbau validiert.

References

1. Gebhardt, A., Kessler, J., Thurn, L.: 3D-Drucken - Grundlagen und Anwendungen des Additive Manufacturing (AM). 2nd edn. Carl Hanser Verlag, München (2016).
2. Weingarten, C., Buchbinder, D., Pirch, N., Meiners, W., Wissenbach, K., Poprawe, R.: Formation and reduction of hydrogen porosity during selective laser melting AlSi10Mg. *Journal of Materials Processing Technology* 221, 112–120 (2015).
3. Hiller, S., Moisa, M., Morar, D., Kemper, H.G., Lasi H.: Implementation Approaches for Additive Manufacturing Enabled Value Chains – An Exploration. *International Conference on Additive Technologies 2016 Proceedings*, pp. 396–404, Nürnberg (2016).
4. Chekurov, S., Metsä-Kortelainen, S., Salmi, M., Roda, I., Jussila, A.: The perceived value of additively manufactured digital spare parts in industry: AN empirical investigation. *International Journal of Production Economics* 205, 87–97 (2018).
5. Pfähler, K., Morar, D., Kemper, H.-G.: Exploring Application Fields of Additive Manufacturing Along the Product Life Cycle. *Procedia CIRP* 81, 151–156 (2019).
6. Watson, J.K., Taminger, K.M.B.: A decision-support model for selecting additive manufacturing versus subtractive manufacturing based on energy consumption. *Journal of Cleaner Production* 176, 1316–1322 (2018).
7. Dinar, M., Rosen, D.W.: A Design for Additive Manufacturing Ontology. *Journal of Computing and Information Science in Engineering* 17(2), 1–9 (2017).
8. Lan, H., Ding, Y., Hong, J.: Decision support system for rapid prototyping process selection through integration of fuzzy synthetic evaluation and an expert system. *International Journal of Production Research* 43(1), 169–194 (2005).
9. Möhrle, M.: *Gestaltung von Fabrikstrukturen für die Additive Fertigung*. Springer Vieweg, Berlin (2018).
10. Dengel, A. (eds.): *Semantische Technologien, Grundlagen - Konzepte - Anwendungen*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg (2012).
11. Hevner, A.R., March, S.T., Park, J., Ram, S.: Design Science in Information System Research. *MIS Quarterly* 28(1), 75–105 (2004).
12. Picot, A.: Richtungsdiskussionen in der Wirtschaftsinformatik. *Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung* 62, 662–679 (2010).
13. vom Brocke, J., Simons, A., Niehaves, B., Reimer, K., Plattfaut, R., Cleven, A. *European Conference on Information Systems (ECIS) 2009 Proceedings*, pp. 2206–2217, Verona (2009).
14. Levy, Y., Ellis, T.J.: A Systems Approach to Conduct an Effective Literature Review in Support of Information Systems Research. *Informing Science* 9, 181–212 (2006).
15. Couper, M.P., Traugorr, M.W., Lamias, M.J.: Web Survey Design and Administration. *Public Opinion Quarterly* 65, 230–253 (2001).
16. Benbasat, I., Goldenstein, D.K., Mead, M.: The Case Research Strategy in Studies of Information Systems. *MIS Quarterly* 11(3), 269–386 (1987).
17. Miebach, B.: *Prozesstheorie - Analyse, Organisation und System*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden (2009).
18. Witte, E., Hauschildt, J., Grün, O. (eds.): *Innovative Entscheidungsprozesse, Die Ergebnisse des Projekts „Columbus“*. J.C.B. Mohr, Tübingen (1988).
19. IT-management Today Homepage, <https://www.it-management.today/lessons-learned-datenbank-bei-der-nasa/>, last accessed 2019/07/05.
20. Robinson, I., Webber, J., Eifrem, E.: *Graph databasees*. O'Reilly, Sebastopol (2013).