

Wege zu einer resilienteren Wertschöpfung

Potenzialanalyse zum Thema Co-Produktion

G. Schuh, B. Haase, J. M. Schäfer, M. Oly, M. Borutta

ZUSAMMENFASSUNG Das volatile Marktumfeld produzierender Unternehmen erfordert ein resilientes Produktions- und Lieferkettensystem, um im Spannungsfeld der bestehenden Einflussfaktoren wirtschaftlich agieren zu können. Die Co-Produktion bietet produzierenden Unternehmen großes Potenzial, um durch Integration der Kunden in die wertschöpfenden Prozesse die Resilienz ihrer Produktion zu steigern. Dazu wird eine Vorgehensweise für eine Potenzialanalyse hergeleitet, die das Potenzial der Co-Produktion durch additive Fertigung in diesem Spannungsfeld bewertet. Die Ergebnisse sollen interessierten Unternehmen die Potenziale der Co-Produktion aufzeigen.

Analyzing the potential for co-production – Paths to a more resilient value creation

ABSTRACT The volatile market environment in which manufacturing companies currently operate requires a resilient production and supply chain system to enable an economic operation. Co-production offers manufacturing companies great potential for increasing production resilience by integrating customers into the value-adding processes. This article outlines a procedure for analyzing and evaluating the potential for co-production through additive manufacturing. It points out the potential for co-production to interested companies.

STICHWÖRTER

Produktionstechnik, Additive Fertigung

1 Motivation und Stand der Forschung

Das Marktumfeld, in dem Unternehmen heute agieren, ist durch eine hohe Komplexität und Unsicherheit geprägt. Ein wesentlicher Faktor hierfür ist die fortschreitende Globalisierung, die ein dynamisches Spannungsfeld zwischen verschiedenen Einflussfaktoren und Megatrends, wie einer starken Nachfrage nach individualisierten oder teilindividualisierten Produkten, schafft [1]. Hinzu kommen politische Spannungen und regulatorische Anforderungen, die den Markt beeinflussen. Diese Entwicklungen stellen eine Herausforderung für wirtschaftliches Handeln dar, da sie ständige Anpassungen erfordern. Vor allem strategische und operative Entscheidungen müssen in immer kürzeren Zeiträumen getroffen werden, um auf diese volatilen Veränderungen adäquat zu reagieren.

Konventionelle Methoden der Wertschöpfung mit einer vom Endnutzer getrennten Produktion durch den Anbieter werden insbesondere vor dem Hintergrund steigender Faktorkosten am Produktionsstandort Deutschland und sich verändernder Kundenanforderungen nicht ausreichen, um als Unternehmen weiter wettbewerbsfähig zu bleiben. Als Faktorkosten bezeichnet man in diesem Kontext die Kosten, die im Laufe des Produktionsprozesses für die Produktionsfaktoren, wie etwa Arbeit, Kapital oder Boden anfallen. Insbesondere die Anpassung an soziale und technologische Trends wird zunehmend wichtiger [2].

Auch haben einzelne Ereignisse wie 2021 die Havarie der „Ever Given“ im Suez-Kanal große Auswirkungen auf die globa-

len Lieferketten und sind in dieser Hinsicht eine Bedrohung für etablierte Wertschöpfungsk Kooperationen. Weiterhin sind Faktoren wie politische und militärische Auseinandersetzungen sowie das Risiko einer Gas- und Energieknappheit, Pandemien und in verschiedenen Staaten dieser Welt auftretende Finanzkrisen in der Bewertung der Sicherheit lokaler und vor allem globaler Lieferketten zu beachten [3]. Globale Lieferketten sind in einer solchen von Spannungen und Protektionismus geprägten Welt eine Schwachstelle für produzierende Unternehmen.

1.1 Co-Produktion als Dimension geteilter Wertschöpfungsverantwortung

Vor diesem Hintergrund gelangt das Konzept der interaktiven Wertschöpfung zunehmend in den Fokus produzierender Unternehmen. Akteure, welche nicht dem unmittelbaren Unternehmenskontext zuzuordnen sind, in die Wertschöpfungsprozesse der Unternehmen zu integrieren, bedeutet eine Transformation der bisher üblichen Art und Weise der Produktion. Kunden sind nicht länger darauf beschränkt, Produkte oder Dienstleistungen ausschließlich abzunehmen – sie können im Rahmen der interaktiven Wertschöpfung direkt an deren Erstellung beteiligt werden. [4]

Ein Beispiel für eine solche Kooperation ist der Möbelkonzern IKEA, der seine Möbel in Einzelteilen verkauft und dem Kunden den Aufbau überlässt. Dadurch verlagert IKEA einen Teil der Wertschöpfung – die Montage – auf den Kunden und verringert

die für die Lagerung und Lieferung anfallenden Kosten signifikant. Dies resultiert in einer höheren Resilienz seines Wertschöpfungssystems gegenüber äußeren Faktoren. Als Resilienz ist hierbei die Widerstandsfähigkeit eines Systems gegenüber negativen äußeren Einflüssen zu verstehen.

In der Literatur sind für eine solche Form der geteilten Wertschöpfung verschiedene Begrifflichkeiten gebräuchlich. Es ist vor allem eine Abgrenzung zwischen Co-Creation und Co-Produktion zu treffen. Während Co-Creation als übergeordneter Begriff sowohl die kreativen Erschaffensaspekte von Co-Design als auch Umsetzungsaspekte von Co-Produktion umfasst, bezeichnet Co-Produktion auf einer Ebene darunter vor allem die Teilaspekte der faktischen Produktion und aktiver wertschöpfender Prozesse [5]. So bieten sich insbesondere die Instrumente von Co-Produktion für eine resilientere Gestaltung der Wertschöpfung an.

Aber nicht nur im Bereich der resilienteren Gestaltung der Produktion physischer Güter findet das Konzept der Co-Produktion Anwendung. Schon 2003 haben Reichwald und Piller angesichts der zunehmenden Forderung nach Individualisierung Co-Produktion als Lösung im Bereich der Wirtschaftsinformatik untersucht. Zentraler Ansatzpunkt war auch hier, dass der Kunde nicht bloß als Senke betrachtet, sondern vor allem als eine planbare Ressource für die Produktion angesehen wird [6]. Insgesamt besteht der grundsätzliche Bedarf nach einer resilienter gestalteten Produktion in verschiedenen Branchen.

Auch im Rahmen der Forschung in der Produktionstechnik werden zunehmend Möglichkeiten der Flexibilisierung und wandlungsfähigen Gestaltung von Produktionssystemen untersucht. Die Wandlungsfähigkeit eines Produktionssystems beschreibt, wie sehr sich ein Produktionssystem an spezifische Faktoren oder sein Umfeld anpassen kann. Die Wandlungsfähigkeit kann daher eine resilienzsteigernde Wirkung haben. Matrixproduktion, als eine Ausprägung von verteilter Fertigung, ist beispielsweise ein solcher Ansatz [7].

Das Aachen Center for Additive Manufacturing hat in diesem Kontext gemeinsam mit der Boston Consulting Group untersucht, inwiefern sich verschiedene Ausprägungen verteilter Fertigung auf die Resilienz produzierender Unternehmen auswirken. Dabei kann die Verteilung der Wertschöpfung sowohl räumlich, zeitlich als auch auf die Wertschöpfungspartner bezogen werden. Zudem zeigen die Autoren, dass durch additive Fertigung (AM, englisch: Additive Manufacturing) eine weitergehende Verteilung der Wertschöpfung möglich ist. Außerdem wird die Co-Produktion mithilfe AM als eine Möglichkeit der Flexibilisierung der Fertigung angeführt, bei welcher der Kunde durch die Verfügbarkeit des Produktionssystems 3D-Drucker in die Lage versetzt wird, selbst wertschöpfend tätig zu werden. [8]

Zusammenfassend stellt die Co-Produktion einen möglichen Ansatz dar, den Kunden in die Wertschöpfung einzubinden. Im Folgenden wird erörtert, inwiefern durch Co-Produktion bereits Potenziale für die Wertschöpfung gehoben wurden und in der Zukunft noch gehoben werden können. Das wohl bekannteste wirtschaftlich erfolgreiche Beispiel von Co-Produktion ist das eingangs angeführte Angebot von IKEA, bei dem Kunden stark standardisierte Möbel in Märkten, verteilt über die ganze Welt und online kaufen können, aber selbstständig aufbauen müssen. Dadurch wird der Kunde zum Co-Produzenten, erbringt eine Leistung für sich selbst und das Unternehmen.

Auf psychologischer Ebene führt dies zu einer gesteigerten Identifikation mit dem Produkt, was auf drei Effekten beruht. Die

Begriffe „Endowment Effekt“, „Handmade Effekt“ und „IKEA-Effekt“ beschreiben psychologische Phänomene, die das Verhalten und die Wahrnehmung von Konsumenten im Zusammenhang mit Besitz, Handarbeit und Eigenleistung erklären. Der Endowment Effekt beschreibt die Tendenz von Menschen, einem Gut, das sie besitzen, einen höheren Wert zuzuschreiben, als einem identischen Gut, das sie nicht besitzen. Diese Verzerrung tritt auf, weil Menschen einen stärkeren emotionalen Bezug zu Objekten entwickeln, die sie ihr Eigen nennen, und daher höhere Verluste (durch den Verkauf) vermeiden wollen [9, 10]. Der Handmade Effekt beschreibt, wie die wahrgenommene Liebe, Fürsorge und Mühe, die in handgefertigte Produkte gesteckt wird, den wahrgenommenen Wert und die emotionale Bindung der Konsumenten an diese Produkte erhöht. Menschen empfinden handgefertigte Waren oft als wertvoller und authentischer im Vergleich zu maschinell hergestellten Produkten [11]. Ähnlich dem Handmade-Effekt, führt auch der IKEA-Effekt zu einer gesteigerten Bindung des Kunden zum Produkt. Er beschreibt das Phänomen, dass Menschen den Wert von Objekten, welche sie selbst (teilweise) zusammengebaut haben, überschätzen. Die Tatsache, dass sie in den Herstellungsprozess involviert waren, führt dazu, dass sie den Gegenständen eine stärkere persönliche Bedeutung und einen höheren Wert beimessen [12].

Aber nicht nur IKEA setzt Co-Produktion erfolgreich ein. Die additive Fertigung bietet im Kontext der Co-Produktion den Kunden eine weitere Möglichkeit, direkt an der Produktion einer Vielzahl von Produkten teilzuhaben. So kooperiert der AM Serviceanbieter Enable3D bereits mit dem Handwerkzeughersteller Wiesemann um 3D-Designs passend zu den Werkzeugen anzubieten. Dadurch können Kunden auf ihre Werkzeuge angepasste individuelle Halter selber fertigen oder über den Online-shop von Wiesemann und Enable3D beziehen. Auch können Kunden auf der Plattform ihre eigenen Designs hochladen und damit anderen Kunden mit ähnlich gelagerten Problemen helfen [5, 13].

Unternehmen binden also bereits heute mit Co-Produktion den Kunden in die Wertschöpfung ein und passen ihre Leistungen an die Bedürfnisse vieler an. Durch die Beteiligung des Kunden an der Wertschöpfung kann das Unternehmen gleichzeitig die Fertigung flexibilisieren und, wie am Beispiel IKEA gezeigt, die Bindung der Kunden zu den eigenen Produkten erhöhen. Aufgrund des mit der additiven Fertigung einhergehenden einzigartigen Potenzials, Produkte auf eine bisher nicht mögliche Art und Weise und in einer bisher nicht möglichen Flexibilität herzustellen, sollte untersucht werden, inwiefern diese Technologie unter Resilienzaspekten als besonders zukunftsweisend einzuschätzen ist.

1.2 Verteilte Fertigung als Hilfsmittel zur resilienten Gestaltung der Produktion

Nach Abele können fünf Typen globaler Produktionsnetzwerke unterschieden werden. Die Konzepte „World Factory“ und „Hub and Spoke“ basieren auf dem Ansatz, dass eine zentrale Produktionsstätte für die Belieferung des gesamten Marktes oder großer Teilbereiche davon verantwortlich ist. Im „Hub and Spoke“-Konzept wird diese zentrale Produktionseinrichtung zusätzlich um Zweigstellen in verschiedenen Regionen erweitert, die als lokale Produktionsstelle und Distributionszentrum fungiert. Das Konzept „Value Chain“ beschreibt Unternehmen, welche die einzelnen Schritte der Wertschöpfungskette auf globaler Sicht optimieren

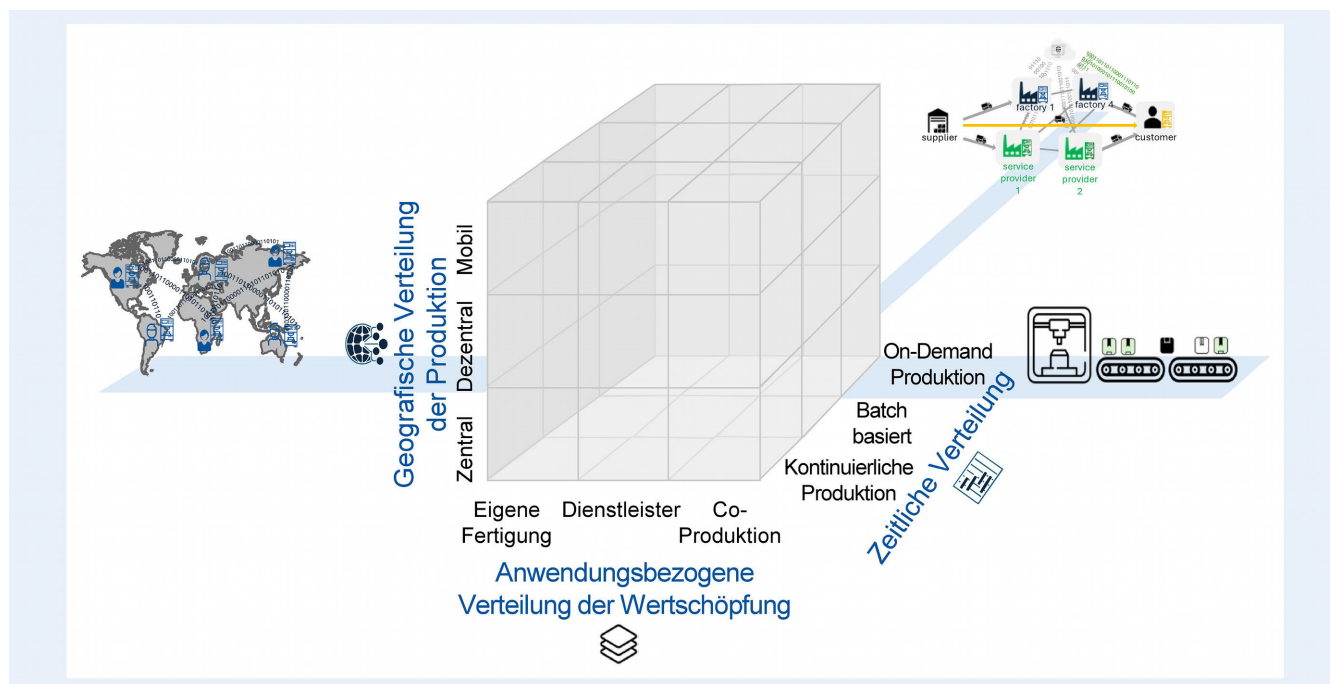


Bild 1. Darstellung der verschiedenen Arten von verteilter Fertigung. Grafik: nach Schleifenbaum et al. [8]

und ihre Produkte immer dort lokal fertigen, wo die Standortvorteile am größten sind. Das „Flexible Network“ ist ein globales Produktionsnetzwerk, das auf Flexibilität und Anpassungsfähigkeit ausgelegt ist. In diesem Modell arbeiten verschiedene Produktionsstätten und Zulieferer dynamisch zusammen, sodass Unternehmen schnell auf Veränderungen im Markt, in der Nachfrage oder in der Lieferkette reagieren können. Noch dezentraler wird die Produktion durch ein Produktionskonzept mit einem „Local for Local“-Ansatz. Dabei handelt es um eine dezentrale Produktionsstrategie, bei der Unternehmen ihre Produkte lokal vor Ort für den jeweiligen Markt herstellen. [14]

Auf der Basis dieser Produktionsnetzwerkstrategien schlagen Schleifenbaum et al. einen Ordnungsrahmen zur Einordnung verteilter Fertigung mithilfe additiver Fertigung vor. In den Dimensionen geografische Verteilung der Fertigung, zeitliche Verteilung der Fertigung und Verteilung der Wertschöpfung unterscheiden sie verschiedene Ausprägungen der Verteilung der Fertigung. Im Bereich Verteilung der Wertschöpfung unterscheiden Sie die Fertigung durch den Design Owner, die Fertigung mithilfe von Dienstleistern und mit Co-Produktion die Fertigung durch den Kunden. Dabei weisen sie darauf hin, dass der Kunde für bestimmte Produkte beispielsweise auch nur die finalen Produktionsschritte übernehmen kann oder es sich um Produkte mit geringer Komplexität handeln muss. **Bild 1** verdeutlicht diese Einordnung anschaulich. [8]

1.3 Einfluss der additiven Fertigung im Heimgebrauch auf die Produkte produzierender Unternehmen

In der Forschung am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen wurden die Auswirkungen von Co-Produktion mittels additiver Fertigung für den Heimgebrauch analysiert. Dabei wurde die teilweise Eliminierung einer notwendigen Lieferkette und die damit einhergehende schnellere Verfügbarkeit der Produkte als potenzieller Vorteil identifiziert. Weiterhin wurde

eine Steigerung der Anpassungsfähigkeit von Unternehmen an neue Produktvarianten, basierend auf einer durch die additive Fertigung ermöglichten Produktion beim Kunden, untersucht. Gleichzeitig zeigte sich, dass Co-Produktion das Potenzial hat, neue Marktsegmente zu erschließen, da produktionsaffine Gruppen, beispielsweise so genannte „Maker“, als neue Kundengruppen erschlossen werden können. Abschließend reduziert Co-Produktion die Produktionsaufwände von Unternehmen, da dieser Schritt der Wertschöpfung, wenn nicht komplett, so zumindest teilweise von den Kunden übernommen werden kann. [15]

Darüber hinaus ermöglicht die Kombination von additiver Produktfertigung des Kunden mit einem digitalen Produktdesign die wirtschaftliche Fertigung von Produkten, die sonst in dieser Form nicht möglich wäre. Dies liegt auch an der Tatsache, dass Unternehmen und Kunde sich die Aufwände für das Produkt aufteilen. Für Unternehmen resultiert dies in einer Senkung der Produktionskosten und einer gewissen Flexibilität bei der Bedienung von Kundennachfragen. Potenziell geeignete Produkte sind einfache AM-Produkte und Zubehör, aber vor allem Add-Ons für Produkte, bei denen sich die Wertschöpfung geteilt wird. So fertigt das Unternehmen weiterhin einen Teil des finalen Produktes selbst, während der Kunde die Fertigung des anderen Teils übernimmt. [16]

Generell stellt die Verbreitung additiver Fertigungsanlagen in einer zunehmend volatilen Welt einen weiteren Einflussfaktor auf die Produktion dar. Zur Bewertung der Möglichkeit einer resilienteren Gestaltung der Fertigung und der Chancen, die AM beim Kunden für die Wertschöpfung produzierender Unternehmen mit sich bringen, kann eine Potenzialanalyse durchgeführt werden. Diese wird vor dem Hintergrund der vorgestellten Motivation mit dem Ziel durchgeführt, die grundsätzlichen Potenziale von Co-Produktion mithilfe additiver Fertigung für eine resilientere Wertschöpfung und die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle aufzuzeigen. Dazu ist die Erarbeitung der Vorgehensweise nötig,

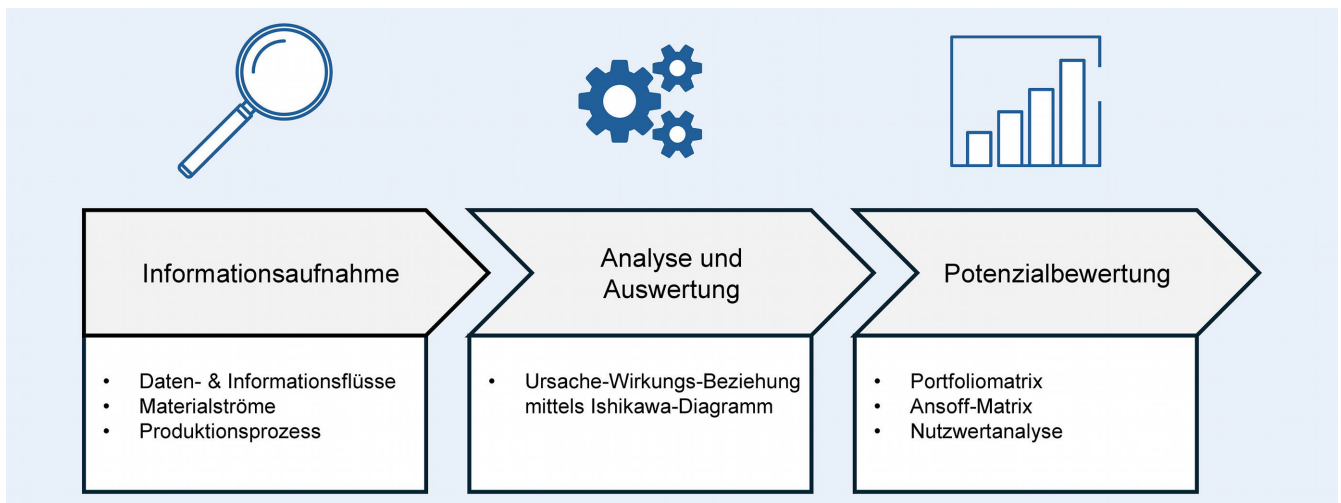


Bild 2. Vorgehensweise zur Potenzialanalyse. Grafik: WZL der RWTH in Anlehnung an Dombrowski et al. [17]

da eine solche zur Potenzialanalyse im Bereich Co-Produktion durch AM bisher nicht existiert.

2 Methodik

Zur Durchführung einer Potenzialanalyse eignen sich grundsätzlich verschiedene Ansätze. Beispielhaft soll hier das Vorgehen von *Dombrowski et al.* zur Durchführung einer Potenzialanalyse von Industrie-4.0-Anwendungen herangezogen werden. Dieses Vorgehen eignet sich besonders, da Industrie-4.0-Anwendungen durch die Verknüpfung von Daten mit der Produktion zu charakterisieren sind. Diese Verknüpfung ist in der additiven Fertigung durch die Herstellung der Produkte direkt aus den digitalen Daten gegeben, wodurch eine Adaption des Vorgehens naheliegend ist. Aus diesem Grund eignet sich das Vorgehen, um das Potenzial von Co-Produktion mittels additiver Fertigung zu beurteilen.

Dombrowski et al. starten zunächst mit dem Ansatz eines ganzheitlichen Produktionssystems (GPS). *Dombrowski* argumentiert, dass die Grundlage eines Produktionssystems dessen Prozess- und Wertstromorientierung darstellt. Aus diesem Grund wird vor der Potenzialanalyse zunächst eine Prozessanalyse durchgeführt, um mögliche Verbesserungspotenziale im Istzustand zu identifizieren. Mit einer Wertstromanalyse werden die Wertströme des Wertschöpfungsprozesses anschließend analysiert. Auf Basis der Prozess- und Wertstromanalyse werden dann die wertschöpfenden Produktionsprozesse der Produktherstellung aufgenommen und analysiert. Danach findet eine Aufnahme der Materialflüsse zwischen den Produktionsprozessen statt. Nach der Aufnahme der Produktionsprozesse und Materialflüsse folgt die Aufnahme und Analyse der Informationsflüsse, die sowohl die Fertigungs-, Bestell- und Kundenauftragsdaten enthalten. Abschließend werden noch weitere relevanten Daten aufgenommen. Dies können etwa Bearbeitungszeiten oder Rüstzeiten sein. [17]

Motivation der ausführlichen Datenaufnahme ist, dass mit der Erhebung und Analyse eine Verbesserung der Wertschöpfungsprozesse angestrebt wird, indem zielorientiert bestimmte Methoden angewendet werden. Eine solche Methode ist beispielsweise die Erstellung eines Ishikawa-Diagramms zur Analyse der Einflussfaktoren auf im Prozess zugrunde liegende Problemursachen. Mithilfe des Ishikawa-Diagramms wird in den fünf Dimensionen Methode, Mensch, Milieu, Maschine und Material hinterfragt,

welche Einflussfaktoren ursächlich für im Prozess auftretende Probleme sind. Wird auf diese Weise eine Lösung gefunden oder ein Prozess verbessert, stellt eine solche Lösung bereits den ersten Nutzen dar. [17]

Im Kontext wirtschaftlich produzierender Unternehmen finden zur Bewertung von Potenzialen auch häufig die Kriterien Zeit, Kosten und Qualität Anwendung. Auch *Dombrowski* nutzt diese Kriterien zur Bewertung der durch die Ishikawa-Analysen gefundenen Lösungen und Potenziale. In einer Nutzwertanalyse können anschließend die verschiedenen Potenziale gewichtet und so miteinander verglichen werden. Zudem findet eine Bewertung des Implementierungsaufwands statt, die zusätzlich noch um Workshops mit Experten zur Bewertung des Nutzens ergänzt werden kann. Abschließend wird der Gesamtnutzen berechnet, der aus der Summierung der einzelnen Nutzwerte, multipliziert mit der jeweils vorher festgelegten Gewichtung gebildet wird. Die Bildung einer Portfoliomatrix, in welcher der Nutzwertkoeffizient über der Beurteilung der Machbarkeit aufgetragen wird, entscheidet am Ende über die Auswahl und Durchführung der einzelnen Maßnahmen. [17]

Zusammenfassend findet bei *Dombrowski* also eine Vielzahl von Methoden in der Potenzialanalyse Anwendung: Auf der Basis einer Prozessanalyse wird mithilfe von Ishikawa-Diagrammen nach Ursache-Wirkungsbeziehungen für Problemstellungen gesucht. Darüber hinaus werden Nutzwertanalysen zur Bewertung des Nutzens und eine Portfoliomatrix zur Bewertung der Machbarkeit herangezogen. Die Vorgehensweise wird exemplarisch in **Bild 2** dargestellt.

Am WZL der RWTH Aachen wurde zudem eine Vorgehensweise zur Durchführung einer Potenzialanalyse für Plattformen von AM-Dienstleistungen entwickelt: Zunächst werden auf Basis des Four-Actions-Modells Schlüsselfragen gestellt, um bestehende Marktgrenzen zu überwinden. Dabei wird zunächst herausgearbeitet, welche Faktoren eliminiert, reduziert, gesteigert und neu geschaffen werden müssen. So werden neue Chancen im Markt identifiziert, um sich selbst und sein Angebot von Wettbewerbern zu differenzieren, indem man ungenutzte Märkte erschließt. [18]. Auf diese Weise wird erarbeitet, inwiefern mit Co-Produktion durch additive Fertigung solche ungenutzten Märkte und Marktsegmente adressiert werden können.

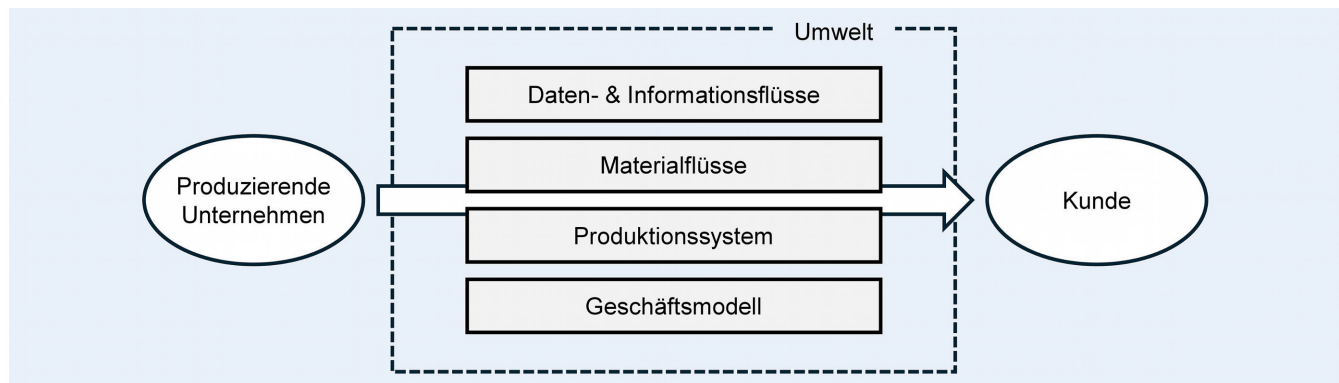


Bild 3. Umfeld der Analyse von Co-Produktion. Grafik: WZL der RWTH in Anlehnung an Dombrowski und Flöte

Anschließend wird für eine ganzheitliche Darstellung aller Dimensionen eines Geschäftsmodells der Business Model Canvas (BMC) herangezogen. Dieses Tool hilft, das Geschäftsmodell ganzheitlich darzustellen, indem es die wichtigsten Dimensionen wie Kundensegmente, Wertangebote, Kanäle, Kundenbeziehungen, Einnahmequellen, Schlüsselressourcen, -aktivitäten, -partner und Kostenstruktur visualisiert. Diese umfassende Darstellung vertieft das Verständnis des Geschäftsmodells und ermöglicht eine strukturierte Herangehensweise an eine ganzheitliche Betrachtung. Im nächsten Schritt werden die Geschäftsmodellmuster aus dem Business Model Navigator herangezogen, um das Geschäftsmodell weiter zu detaillieren. Die Nutzung des Business Model Navigators ermöglicht es, innovative Muster wie „Freemium“, „Plattform“ oder „Pay-per-Use“ zu identifizieren und diese systematisch zu untersuchen. Diese Muster helfen, Ansätze zu finden, welche sich als erfolgversprechend für das eigene Geschäftsmodell erweisen könnten.

In der vom WZL der RWTH Aachen durchgeführten Forschung wurden zudem konkrete Erfolgsfaktoren durch die Analyse von Fallstudien erfolgreicher Unternehmen erarbeitet. Im Falle der IKEA Group sind diese Erfolgsfaktoren die Modularisierung und die Standardisierung. Dabei kann die Modularisierung als ein Prozess beschrieben werden, bei dem ein Gesamtsystem in mehrere kleinere, voneinander unabhängige Module unterteilt wird. Dies resultiert in einer höheren Flexibilität und Effizienz in den Entwicklungs- und Produktionsprozessen, da die betrachteten Module einzeln ausgesucht, entwickelt oder ausgetauscht werden können. Als Standardisierung kann ein Prozess definiert werden, der sich dadurch auszeichnet, dass einheitliche und allgemeine Richtlinien für Produkte, Prozesse oder Dienstleistungen festgelegt werden. Dies resultiert in einer höheren Einheitlichkeit der Produkte sowie in einer höheren Kompatibilität und Effizienz. Anschließend wurden auf der Basis einer vereinfachten Nutzwertanalyse diese Erfolgsfaktoren bewertet.

Auf dieser Basis wurden zum Schluss Handlungspotenziale für Unternehmen, die sich für eine Implementierung von Co-Produktion mithilfe additiver Fertigung interessieren, erarbeitet. Geeignete Archetypen von Unternehmen wurden in der Folge anhand ihrer Wettbewerbsstrategie durch eine Porters-Five-Forces-Analyse identifiziert. Dies half festzustellen, ob das Unternehmen auf Kostenführerschaft, Differenzierung oder Nischenstrategie setzt. Die Klassifizierung unterstützt die strategische Ausrichtung und hilft zu entscheiden, welche Wettbewerbsstrategie für die Zukunft am sinnvollsten ist. Dazu passend muss anschließend eine strategische Produktplanung erfolgen. Dies kann etwa mit einer An-

soff-Matrix erfolgen. Sie bietet einen systematischen Ansatz zur Identifizierung von Wachstumsstrategien. Unternehmen wählen dabei aus vier Optionen: Marktdurchdringung (mehr bestehende Produkte in bestehende Märkte), Marktentwicklung (bestehende Produkte in neue Märkte), Produktentwicklung (neue Produkte für bestehende Märkte) und Diversifikation (neue Produkte in neue Märkte). Dies dient als Basis für die strategische Planung und Ausrichtung der Produktentwicklung. [18].

Beiden Vorgehensweisen gemein ist die Verwendung verschiedener Methoden und Tools, deren Ergebnisse anschließend in die Potenzialbewertung mit einfließen. Weitere in der Literatur verbreitete Methoden können die Vorgehensweise flexibel ergänzen. Denkbar ist etwa die Durchführung einer SWOT-Analyse zur Erarbeitung der Stärken und Schwächen, Potenziale und Herausforderungen einer Vorgehensweise. Außerdem können durch Szenariotechnik Zukunftsszenarien für Markt- und Technologieentwicklungen herangezogen werden, die im Nachgang in die strategische Ausrichtung der Wertschöpfung Eingang finden.

3 Potenzialanalyse für Co-Produktion

Eine Potenzialanalyse für eine resilientere Gestaltung der Wertschöpfung durch eine Co-Produktion mithilfe additiver Fertigung muss also verschiedene Aspekte betrachten. Zunächst sollte sie sämtliche Aspekte des Wertschöpfungsprozesses beleuchten. Darin einbezogen sind ebenfalls die von Dombrowski genannten Aspekte der Daten- und Informationsflüsse sowie der Materialströme. Zudem muss die Potenzialanalyse auch den Geschäftsmodellaspekt produzierender Unternehmen beachten, damit sichergestellt wird, dass auch die wirtschaftlichen Implikationen der Umstellung der Wertschöpfung betrachtet werden. Entsprechend entwickelt diese Veröffentlichung eine Synthese der Vorgehensweisen von Dombrowski und Flöte zu einem gemeinsamen Ordnungsrahmen. Dies ist sinnvoll, da zum einen durch die Nutzung des BMC und zum anderen durch die Aufnahme der Daten-, Informations- und Materialflüsse in Anlehnung an Dombrowski et al. eine übersichtliche und gesamtheitliche Betrachtung von Co-Produktion auf Prozess- und Geschäftsmodellebene möglich wird. Diese Zusammenführung stellt einen neuen Ansatz dar, der vor allem für die Betrachtung der Co-Produktion geeignet ist. Im Folgenden werden die Potenziale von Co-Produktion mittels AM in diesem Ordnungsrahmen, wie in **Bild 3** gezeigt, beleuchtet.

Das Produktionssystem stellt die Kernanforderungen an das System Co-Produktion, da durch seine Leistungsfähigkeit die Möglichkeiten der Fertigung definiert werden. Durch technologi-

schen Fortschritt und die zunehmende Verbreitung additiver Fertigungsanlagen wird eine Co-Produktion des Kunden überhaupt erst möglich. Bereits 2018 verfügten 14 % der deutschen Bevölkerung über einen 3D-Drucker und 51 % der Deutschen könnten sich vorstellen, sich einen 3D-Drucker zuzulegen. [19]. Dies zeigt das Potenzial, welches in der zukünftigen Verbreitung von additiven Fertigungsanlagen liegt. Research and Markets prognostiziert außerdem ein jährliches Wachstum des Consumer-AM-Anlagenmarktes von mehr als 16 % pro Jahr bis 2027. [20]. Auch wenn aufgrund der regulatorischen Rahmenbedingungen eine Marktdurchdringung im Bereich Consumer-Geräte für Anlagen zur Verarbeitung keramischer und metallischer Werkstoffe unwahrscheinlich ist, liegt im Polymer-Anlagen-Bereich also offensichtlich ein signifikantes Wachstumspotenzial begründet. Produzierende Unternehmen können insbesondere für die Fertigung kunststofftechnischer Bauteile auf Co-Produktion setzen.

Zur Analyse des Potenzials des Geschäftsmodells Co-Produktion kann der BMC herangezogen werden. Zentrales Element des BMC ist das Wertversprechen, das mithilfe von Co-Produktion erfüllt wird. Hinsichtlich der Resilienz der Wertschöpfung liegt dieses Wertversprechen beispielsweise in der Unabhängigkeit von Lieferketten fertiger Produkte begründet. Gelingt es Unternehmen, einen Teil ihrer Produkte erst beim Kunden und durch den Kunden fertigen zu lassen, entfällt jener Teil der Supply Chain, der vorher zum Transport der Güter nötig war. Beispielhafte Potenzialbereiche liegen für diesen Fall in der Versorgung mit Ersatzteilen und Verbrauchsmaterial. So könnten Unternehmen ihr Ersatzteilmanagement komplett umstellen und für verkaufte Produkte bestimmte Ersatzteile als On-Demand-Fertigung oder digitale Datei anbieten. Im letzten Fall wäre beispielsweise eine Lagerreduktion im Unternehmen und eine Unabhängigkeit des Kunden von der Zulieferung des Ersatzteils möglich.

Weitere mögliche Wertversprechen von Co-Produktion mittels additiver Fertigung liegen in der additiven Fertigung begründet. So kann der Kunde schnell und flexibel Anpassungen im Sinne einer Personalisierung der Güter vornehmen. Auf Unternehmensseite ist durch eine Fertigung beim Kunden eine Kostenreduktion und damit teilweise auch eine dem Kunden zuzurechnende Preisreduktion zu erzielen. Nicht zuletzt ist die Identifikation des Kunden mit einem von ihm gefertigten Produkt ein Wertversprechen, welches sich bereits heute verschiedene Marken zu Nutze machen. Die je nach Quelle als „Handmade-Effekt“, „Endowment Effekt“ oder „IKEA-Effekt“ betitelte Auswirkung ist zwar leicht unterschiedlich, liegt aber grundsätzlich in der Natur begründet, dass Kunden zu selbst hergestellten Gütern eine engere Beziehung aufbauen.

Mögliche Kundensegmente sind vor allem Individualkunden und Haushalte, welche bereits über einen 3D-Drucker verfügen. Darüber hinaus ist ebenfalls eine Fertigung in dezentral verteilten Fertigungshubs denkbar, die im Sinne einer Co-Produktion aber durch den Kunden ausgelöst werden muss. Hier unterscheidet sich Co-Produktion von der Fertigung bei spezialisierten AM-Fertigungsdienstleistern. Auch die Ansprache der Kunden und die Kommunikationskanäle sind in diesem Fall auf Co-Produktion abzustimmen. Eine Kommunikation über eine Plattform, auf der beispielsweise Konstruktionsdaten zur Verfügung gestellt werden, ist sinnvoll. Nicht zuletzt trägt die Kommunikation, genauso wie die Identifikation des Kunden mit dem Produkt, zur Beziehung zwischen Unternehmen und Kunden bei. Auch Beratung und Af-

ter Sales Support sind in einem Co-Produktion-Geschäftsmodell relevante Aspekte des Kundenmanagements.

Co-Produktion erlaubt bei den Einnahmequellen die Hebung neuer Potenziale. Insbesondere beim Verkauf digitaler Produkte, wie etwa flexibel nachentwickelbare Add-Ons zu Produkten, können neue Zahlungsströme aufgetan werden. Durch Abo-Modelle können regelmäßige, also beispielsweise monatliche Einzahlungen generiert werden. Zusätzlich ist im Rahmen von Co-Produktion eine umfangreiche Beratungs- und Servicedienstleistung am kundeneigenen Gerät denkbar. Diese zusätzlichen Zahlungsströme gestalten das Wettbewerbsumfeld produzierender Unternehmen unabhängiger von den bisher etablierten Zahlungsströmen.

Dem gegenüber stehen auf Kostenstrukturseite allerdings auch Hemmnisse. Beispielsweise sind die notwendigen Investitionen beziehungsweise das Vorhandensein von Infrastruktur sowohl auf Unternehmens- als auf Kundenseite zu nennen. Die Investition in ein Produktionssystem, wie 3D-Drucker, erfordert kundenseitig zunächst initialen Aufwand, der möglicherweise ein Hemmnis darstellt. Auch unternehmensseitig erfordert der Aufbau entsprechender Infrastruktur, etwa einer digitalen Plattform zur Dateiverwaltung, die Etablierung datentechnischer Standards oder der Aufbau einer entsprechenden Rohmaterial- und Halbzeug-Supply-Chain, entsprechende Ressourcen. Hinzu kommen gegebenenfalls notwendige Personalkosten, Softwarelizenzen und Kosten für Forschung und Entwicklung sowie Marketing und Vertrieb im neuen Betätigungsfeld.

Abmildernde Faktoren sind insbesondere strategische Partnerschaften, die beispielsweise mit Technologiepartnern oder Materiallieferanten denkbar sind. Auch Forschungseinrichtungen und Hochschulen können etwa über die Einrichtung von Reallaboren eine treibende Kraft in der Entwicklung von Co-Produktion sein. Bei den Aktivitäten muss der Fokus auf den Produktionsprozessen beim Kunden, den Logistikprozessen von Rohmaterial, Halbzeugen und Zuliefererteilen und letztlich auf der Betriebsbereithaltung der Anlagen beim Kunden liegen.

Somit gibt der Business Model Canvas einen Überblick über alle relevanten Aspekte des Geschäftsmodells hinsichtlich des Einsatzes von Co-Produktion. Eine Steigerung der Resilienz der Wertschöpfung kann insbesondere durch die Verteilung der Wertschöpfung, durch die Reduzierung der Abhängigkeit von Lieferketten und durch die Entwicklung zusätzlicher Zahlungsströme erfolgen. **Bild 4** zeigt exemplarisch den Aufbau des Business Model Canvas in diesem Fall.

Der Einfluss von Co-Produktion auf Materialflüsse im Wertschöpfungsprozess ist vor allem durch die Veränderung im Ort der Wertschöpfungsaktivität charakterisiert. Durch die Etablierung einer Vielzahl von Produktionsstätten wird das Lieferkettennetzwerk insofern komplexer, da bei komplexen vielschichtigen Produkten die Lieferkette signifikant verkompliziert wird. Daraus folgt, dass ein Potenzial für Co-Produktion entweder in wenig komplexen Produkten begründet liegt, die aufgrund ihrer Struktur nur eine wenig komplexe Lieferkette erfordern, oder es sich um Produkte handelt, die vollständig zu Hause beim Konsumenten gefertigt werden können. Beispielhafte Bauteile reichen von Hilfsmitteln für den täglichen Gebrauch, über Ersatzteile für Haushaltsprodukte bis hin zu Dekorationsartikeln und individualisierten Anbauteilen und Add-Ons für bestehende Produkte. Das Potenzial für Co-Produktion ist in diesem Teilbereich also als stark abhängig vom Use-Case zu bezeichnen.

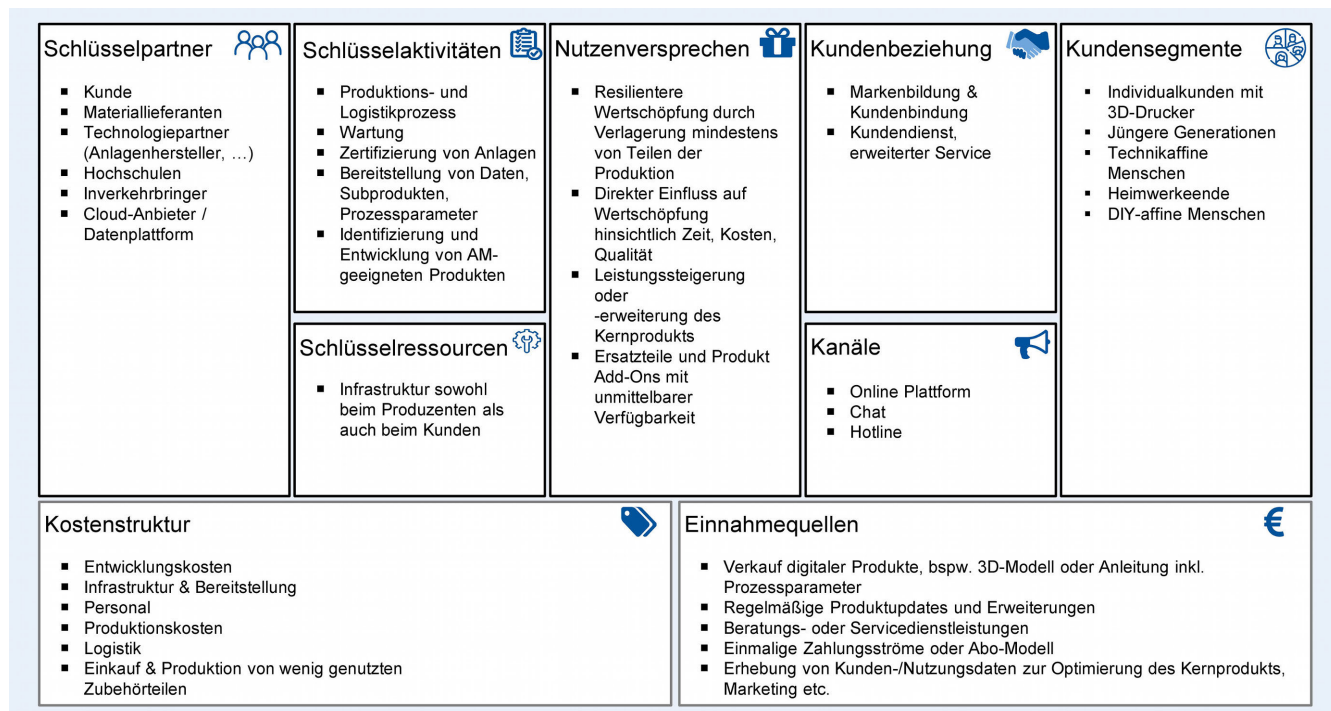


Bild 4. Business Model Canvas für Co-Produktion mittels additiver Fertigung. Grafik: WZL der RWTH

Daten- und Informationsflüsse bilden einen integralen Bestandteil von Co-Produktion. Jedes Unternehmen muss sicherstellen, dass die zur Verfügung gestellten Daten sicher sind und nicht manipuliert werden können. Gleichzeitig müssen die Daten aber dem Kunden zur Verfügung gestellt werden. Dies kann, wie bereits im BMC erklärt, über eine Plattformlösung geschehen. Dort kann sowohl der Datenaustausch als auch die Vernetzung von Kunde und Anlage mit dem Unternehmen erfolgen. Immer mehr 3D-Drucker Hersteller entdecken das Plattform-Konzept für sich. Ob Bambu Lab mit Makerworld [21], Prusa mit Printables [22] oder Ultimaker mit Thingiverse [23] – allen großen Herstellern von Fused-Filament-Fabrication-3D-Druckern ist gemeinsam, dass eine Plattform zum Download von 3D-Modellen, teils direkt mit den notwendigen Druckdaten und auf den 3D-Drucker, Teil ihres Angebotsportfolio ist. Dies verdeutlicht die Relevanz einer solchen Plattformlösung. Gleichzeitig zeigt auch dies das Potenzial für produzierende Unternehmen, ihre Wertschöpfung anzupassen. Bereits heute veröffentlichen einige wenige Unternehmen 3D-Druck Daten, beispielsweise für Add-Ons ihrer Produkte, auf dieser Plattform. Teilweise werden diese Produkte auch über den Onlineshop vertrieben und somit sind diese Plattformen eine zusätzliche Bezugsquelle der Produkterweiterungen. Miele 3D4U ist ein Beispiel, in dem sowohl die kostenfreie Datenbereitstellung auf einer solchen Internetplattform, als auch der Kauf der Produkte über den Onlineshop möglich sind [24].

Die Potenzialanalyse von Co-Produktion mithilfe additiver Fertigung zeigt, dass ein Potenzial zu einer resilienteren Gestaltung der Wertschöpfung besteht. Einerseits ist das Potenzial im Bereich wirtschaftlicher Implikationen des BMC direkt sichtbar. Die Auswirkungen auf die Supply Chain beispielsweise müssen aber vom Use Case abhängig gemacht werden. Bei den Daten- und Informationsflüssen gibt es verschiedene Randbedingungen, die sich nicht resilienzsteigernd auswirken, aber dennoch Beachtung finden müssen. Durch die zukünftigen Entwicklungen hin-

sichtlich des Produktionssystems 3D-Drucker ist eine weitere Verbesserung des Potenzials zu erwarten.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Der Bedarf an flexiblen Fertigungstechnologien und einer resilienteren Gestaltung der Wertschöpfung wurde zunächst anhand des Status Quo in der Wirtschaft erörtert. Aufgrund des volatilen Marktumfelds mit einer zunehmenden Anzahl an Einflussfaktoren ist eine resilient gestaltete Produktion für Unternehmen essenziell. Nach der Einführung zu den Vorzügen verteilter Fertigung und den Chancen und Herausforderungen der additiven Fertigung in diesem Umfeld wurde das Konzept der Co-Produktion vorgestellt. Am Beispiel von IKEA wurde das Konzept von Co-Produktion und insbesondere dessen psychologische Auswirkung auf die Beziehung zwischen Unternehmen und Kunden aufgezeigt. Zusätzlich wurde gezeigt, dass die Firma Miele mit dem Programm 3D4U online digitale Produktdaten zur Verfügung stellt, mit denen der Kunde Erweiterungen seiner Miele-Produkte produzieren kann. Weiterhin wurde am Beispiel von Wiesemann und Enable3D, die gemeinsam Co-Produktion mit additiver Fertigung umsetzen, aufgezeigt, dass Unternehmen bereits heute Co-Produktion wirtschaftlich einsetzen können. Im Anschluss wurden verschiedene Vorgehensweisen zur Potenzialanalyse vorgestellt, auf deren Basis ein Vorgehen zur Durchführung einer Potenzialanalyse für eine resilientere Gestaltung der Wertschöpfung durch Co-Produktion mithilfe additiver Fertigung durchgeführt und so dessen Potenziale aufgezeigt wurden.

Abschließend ist der weitere Forschungsbedarf in diesem Themengebiet hervorzuheben. Bisher wurde das Themengebiet in der Forschung wenig behandelt. Abgesehen von einigen wenigen Leuchtturmprojekten, befinden sich in Unternehmen praktische Ansätze noch in der Entstehungsphase und vor allem die Ausgestaltung der Co-Produktion ist noch nicht hinreichend systemati-

siert. Dieses Forschungsdefizit ist unter Berücksichtigung der steigenden Verbreitung der additiven Fertigung in Unternehmen und in Privathaushalten sowie des sich wandelnden Marktfeldes zu berücksichtigen. Aus diesem Grund musste zunächst im Rahmen der Veröffentlichung ein Vorgehen zur Analyse des Potenzials von Co-Produktion entwickelt werden. Anschließend wurde im Rahmen dieses Vorgehens das Potenzial für Co-Produktion analysiert und die verschiedenen Schnittstellen im Rahmen des Business Modell Canvas definiert.

Weitere Forschung ist besonders bei der Systematisierung von Co-Produktion und deren eigentlicher Implementierung angezeigt. Dabei muss im Speziellen die praktische Ausgestaltung der Kundeninteraktionen, die Definition der Zusammenarbeit mit den Schlüsselpartnern, das Geschäftsmodell und nicht zuletzt das spezifische Nutzenversprechen für den jeweiligen Anwendungsfall detailliert werden.

Literatur

- [1] Kölmel, B.; Pfefferle, T.; Bulander, R.: Mega-Trend Individualisierung. Personalisierte Produkte und Dienstleistungen am Beispiel der Verpackungsbranche. In: Deutscher Dialogmarketing Verband e.V. (Hrsg.): 13. wissenschaftlicher interdisziplinärer Kongress für Dialogmarketing. Wiesbaden: Springer Gabler 2019, S. 243–260
- [2] Niestroj, B.: Problemstellung Zukunft. In: Tewes, S.; Niestroj, B.; Tewes, C. (Hrsg.): Geschäftsmodelle in die Zukunft denken. Erfolgsfaktoren für Branchen, Unternehmen und Veränderer. Wiesbaden: Springer Gabler 2020, S. 3–8
- [3] Fratzscher, Marcel: Die fünf Risiken für die Wirtschaftsentwicklung 2023. DIW Wochenbericht 90 (2023) 3/4, S. 44
- [4] Bruhn, M.: Interaktive Wertschöpfung Durch Dienstleistungen. Strategische Ausrichtung Von Kundeninteraktionen, Geschäftsmodellen und Sozialen Netzwerken. Forum Dienstleistungsmanagement. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2015
- [5] Schleifenbaum, J. H.; Lukas, G.; Krömer, V. et al.: Co-Produktion – Direct-To-Customer mit additiver Fertigung. Aachen: ACAM Aachen Center for Additive Manufacturing 2022
- [6] Reichwald, R.; Piller, F. T.: Von Massenproduktion zu Co-Produktion Kunden als Wertschöpfungspartner. Wirtschaftsinformatik 45 (2003) 6, S. 515–519
- [7] Borgmann, F.; Kalbe, N.; Günter, A.: Resiliente und wandlungsfähige Produktion von morgen. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 117 (2022) 3, S. 104–108
- [8] Schleifenbaum, J. H.; Lukas, G.; Frey, C. et al.: Distributed Additive Manufacturing. A resilient and sustainable way for future manufacturing. Aachen: ACAM Aachen Center for Additive Manufacturing 2023
- [9] Thaler, R.: Toward a positive theory of consumer choice. Journal of Economic Behavior & Organization 1 (1980) 1, pp. 39–60
- [10] Kahneman, D.; Knetsch, J. L.; Thaler, R. H.: Experimental Tests of the Endowment Effect and the Coase Theorem. Journal of Political Economy 98 (1990) 6, pp. 1325–1348
- [11] Fuchs, C.; Schreier, M.; van Osselaer, S. M.: The Handmade Effect: What's Love Got to Do with It? Journal of Marketing 79 (2015) 2, pp. 98–110
- [12] Norton, M. I.; Mochon, D.; Ariely, D.: The IKEA effect: When labor leads to love. Journal of Consumer Psychology 22 (2012) 3, pp. 453–460
- [13] Wiesemann 1893: Enable 3D Halter für Werkzeuge. Stand: 2024. Internet: [wiesemann1893.com/pages/enable-3d](https://www.wiesemann1893.com/pages/enable-3d). Zugriff am 14.01.2025
- [14] Abele, E. (Hrsg.): Handbuch globale Produktion. München: Hanser Verlag 2006
- [15] Diers, P.: Democratization of Production through Additive Manufacturing – Value Creation of Companies Towards Consumer Fabrication. Masterarbeit, RWTH Aachen University, Lehrstuhl für Produktionssystematik – Abteilung Fahrzeugproduktion, 2020
- [16] Schuh, G.; Lukas, G.: Consumer Value Creation: New Product Strategies Enabled by Consumer 3D Printing. 2023 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Singapore, 2023, pp. 896–902
- [17] Dombrowski, U.; Krenkel, P.; Falkner, A. et al.: Prozessorientierte Potenzialanalyse von Industrie 4.0-Technologien. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 113 (2018) 3, S. 107–111
- [18] Flöte, C.: Potenzialanalyse von Plattformen für 3D-Druck-Dienstleistungen für B2C-Unternehmen. Bachelorarbeit, RWTH Aachen University, Lehrstuhl für Produktionssystematik – Abteilung Unternehmensentwicklung, 2023
- [19] fionawarnings: Umfrage: 3D-Drucker auf dem Vormarsch in deutsche Privathaushalte. reichelt Magazin. Stand: 17.10.2018. Internet: www.reichelt.de/magazin/studien/umfrage-3d-drucker/. Zugriff am 15.01.2025
- [20] Research and Markets Ltd: Personal 3D Printers Market – Forecasts from 2022 to 2027. Stand: 2024. Internet: www.researchandmarkets.com/reports/5576490/personal-3d-printers-market-forecasts-from?utm_source=BW&utm_medium=PressRelease&utm_code=9wlm24&utm_campaign=1724664+-+Global+Personal+3D+Printers+Market+to+2027+-+Ease+in+Development+of+Customized+Products+is+Driving+Growth&utm_exec=jamu273prd. Zugriff am 14.01.2025
- [21] MakerWorld.com: Homepage. Internet: makerworld.com/de. Zugriff am 14.01.2025
- [22] Printables.com: Homepage. Internet: www.printables.com/. Zugriff am 14.01.2025
- [23] Thingiverse.com: Homepage. Internet: <https://www.thingiverse.com/>. Zugriff am 14.01.2025
- [24] Miele: Zubehör 3D4U. Internet: www.miele.de/e/zubehor-3d4u-1430028-c. Zugriff am 14.01.2025



Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Günther Schuh

Foto: WZL RWTH Aachen University

Bernd Haase, M.Sc.

Jan Marvin Schäfer, M.Sc.

Matthias Oly, M.Sc.

Michael Borutta, M.Sc.

Werkzeugmaschinenlabor WZL
der RWTH Aachen University
Lehrstuhl für Produktionssystematik
Campus-Boulevard 30, 52074 Aachen
www.wzl.rwth-aachen.de

LIZENZ



Dieser Fachaufsatz steht unter der Lizenz Creative Commons
Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)