



# SONDERREIHE MASS CUSTOMIZATION

Entwicklung von  
Mass Customization Strategien für KMU

Die Potenziale von 3D-Druck und Kundenintegration

Baris Özkan, Johanna Schoblik  
Hochschule Pforzheim

NOVEMBER 2020 – TEIL 1

WISSENSPORTIONEN  
PERSONALISIERUNG



DIGITAL HUB  
NORDSCHWARZWALD

## Inhalt

<b>1 Einleitung</b>	3
<b>2 Mass Customization und KMU</b>	3
2.1 Begriffsdefinition und Charakteristiken	3
2.2 Konzeptionen	4
2.2.1 Hard Customization	4
2.2.2 Soft Customization	5
2.3 Erfolgspotenziale der Mass Customization	6
<b>3 3D-Druck und potenzielle Geschäftsmodelle</b>	8
3.1 Begriffsdefinition und Charakteristiken	8
3.2 3D-Druck Technologien	8
3.3 Geschäftsmodelle mit 3D-Druck für KMU	9
<b>4 Zusammenfassung und Ausblick</b>	11
Die Autoren	12
Kontakt	12
Literaturverzeichnis	13

## 1 Einleitung

Die Veröffentlichungen der Sonderreihe Mass Customization beschäftigen sich mit der Frage, wie KMU eine individuelle „Mass Customization“-Strategie entwickeln und diese erfolgreich umsetzen können. Dabei geben sie Einblicke in kritische Aufgabenbereiche und Umsetzungsfaktoren und setzen sich insbesondere mit dem Aspekt Kundenintegration auseinander. Überdies werden die Potenziale von 3D-Druck näher beleuchtet und ein Überblick verschiedener Geschäftsmodelle aufgezeigt. Eine Reihe von praktischen Beispielen aus verschiedenen Branchen ergänzen die theoretischen Ausführungen.

In der ersten Veröffentlichung wird auf die Wettbewerbsstrategie „Mass Customization“ und die Technologie des 3D-Drucks eingegangen sowie potenzielle Geschäftsmodelle für KMU in diesem Bereich aufgezeigt. Das Konzept ermöglicht Unternehmen, dem steigenden Anspruch der Kunden nach individuellen Produkten nachzugehen (vgl. Timm et al. 2001, 401f.) und bietet eine Lösung, um individualisierte Produkte kostengünstig anzubieten (vgl. Pine 1993a). Der Begriff „3D-Druck“ ist ein Überbegriff für verschiedene Technologien, bei denen dreidimensionale Objekte aus einem oder mehreren Materialien schichtweise aufgebaut werden (vgl. Gebhardt und Hötter 2016; Chua und Leong 2015). Er wird für die Entwicklung moderner Produkte immer bedeutsamer (vgl. Winterhalter et al. 2014; Müller und Karevska 2016) und spielt eine herausragende Rolle für die Produkthanpassung und Produktion kleiner Losgrößen (vgl. Schmid 2014). Insbesondere für das Modell der kundenindividuellen Massenproduktion (vgl. Feldmann et al. 2019, S. 3; Chua und Leong 2015) hat 3D-Druck ein hohes Anwendungspotenzial.

## 2 Mass Customization und KMU

Mass Customization (MC) ist eine simultane hybride Wettbewerbsstrategie (vgl. Piller 2006, S. 190). Bei den hierbei bestehenden wechselseitigen Beziehungen zwischen Kosten- und Differenzierungsbedingungen laufen Prozesse nicht getrennt voneinander ab, sondern werden gleichzeitig erreicht (vgl. Piller 2006). Das Konzept ermöglicht Unternehmen, dem steigenden Anspruch der Kunden nach individuellen Produkten gerecht zu werden (vgl. Timm et al. 2001, S. 401f.) und bietet eine Lösung, um individualisierte Produkte kostengünstig anzubieten (vgl. Pine 1993a). Dabei kann der Kunde frei entscheiden und muss keine Auswahl zwischen vorgefertigten Produkten mit unterschiedlichen Merkmalsausprägungen treffen (vgl. Piller 2006, S. 176f.; Slamaniq 2011, S. 160).

### 2.1 Begriffsdefinition und Charakteristiken

Der Begriff „Mass Customization“ (deutsch: kundenindividuelle Massenproduktion) setzt sich aus den englischen Worten „Mass Production“ und „Customization“ zusammen und beschreibt die individualisierte Fertigung von Produkten nach Kundenwunsch (vgl. Piller 1998, S. 63; Glaß et al. 2017, S. 138; Wellbrock und Traumann 2012, S. 37ff.). Mass Customization wurde ursprünglich von Großunternehmen und Massenproduzenten durchgeführt (vgl. Taps et al. 2017, S. 195). Jedoch bietet sie vor allem für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) große Wachstumschancen und neue Geschäftsmodelle (vgl. Bellemare und Carrier 2017, S. 463). Immer mehr KMU und Startups erkennen dieses Potenzial und implementieren das Konzept der Mass Customization (vgl. Nielsen et al. 2017, S. 127).

Mass Customization vereint die Vorteile von Massenproduktion und Einzelfertigung (vgl. Piller 2006, S. 177) und vermeidet gleichzeitig die Nachteile beider Fertigungstypen (vgl. Piller 2006, S. 193ff., 1998, S. 77). Mithilfe des Konzepts werden die unterschiedlichen Bedürfnisse jedes einzelnen Nachfragers getroffen. Gleichzeitig werden die Produkte zu Preisen angeboten, die vergleichbar mit Preisen massenhafter Standardprodukte sind. Das Produkt muss dabei nicht unbedingt individuell für einen Kunden hergestellt werden (vgl. Piller 2006, S. 160ff.). Die massenhafte Fertigung eines homogenen Produkts, das nachträglich vom Kunden selbst

an seine Bedürfnisse angepasst wird, ist ebenso eine Form von Mass Customization (vgl. Piller 2006, S. 174). Im Mittelpunkt des Konzepts steht das effiziente Management von häufigen Änderungen und wechselnden Anforderungen. Bezüglich der Leistungsgestaltung erfordert dies eine schnelle und umfassende Reaktion auf spezifische Kundenwünsche (vgl. Piller 2006, S. 178f.). Das Ziel ist es, für wenige Komponenten, die aus Kundensicht aber den wesentlichen individuellen Produktnutzen ausmachen, verschiedene Gestaltungs- bzw. Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung zu stellen (vgl. Piller 2006, S. 176). Im Vergleich zu herkömmlichen Konsumangeboten kann die kundenindividuelle Massenproduktion sowohl die Entscheidungszufriedenheit als auch die Zahlungsbereitschaft von Konsumenten signifikant erhöhen (vgl. Valenzuela et al. 2009).

Die preiswerten und individuell gestalteten Produkte bzw. Dienstleistungen werden für einen großen Absatzmarkt produziert (vgl. Piller 1998, S. 65ff.; Kirn et al. 2005, S. 1). Die Marktgröße ist dabei relativ zu sehen, da sie branchenabhängig ist. In der Bekleidungsindustrie kann die Marktgröße viele Millionen Kunden umfassen, bei Fertighausherstellern hingegen sind schon einige hundert Kunden ein großer Absatzmarkt (vgl. Piller 2006, S. 176). Es ist zu erwarten, dass Mass Customization langfristig eine erhebliche Rolle in vielen verschiedenen Unternehmen haben wird. Es soll aber nicht das Konzept der Massenproduktion verdrängen, sondern sich in

dieses integrieren, um den Herausforderungen des Wettbewerbs standzuhalten (vgl. Glaß et al. 2017).

Als zentrale Treiber der Mass Customization sind die stetig abnehmenden Produktlebenszyklen, die zunehmende Produktvielfalt (vgl. Pine 1993b) und der intensive Wettbewerbsdruck anzusehen (vgl. Piller 2006, S. 48ff.).

## 2.2 Konzeptionen

Die kundenindividuelle Massenproduktion wird in zwei Konzeptionen aufgeteilt: Hard Customization und Soft Customization (siehe Abbildung 1) (vgl. Wellbrock und Traumann 2012, S. 37ff.). Die Konzeptionsformen schließen sich gegenseitig nicht aus, sondern ergänzen sich vielmehr und werden daher in der Praxis oft in Kombination angewendet (vgl. Piller 2006, S. 220; Slamanig 2011, S. 319).

### 2.2.1 Hard Customization

Hard Customization (geschlossene Individualisierung) beschreibt die Fertigung eines individuellen Produkts nach zuvor erhobenen Kundenwünschen (vgl. Piller 2006, S. 216). Die Individualisierung erfolgt produktionsseitig und hat ihren Ursprung im Fertigungsbereich. Dies setzt spätestens vor Beginn der Endmontage die Interaktion zwischen Anbieter und Abnehmer voraus (vgl. Piller 2006, S. 219). Die Individua-

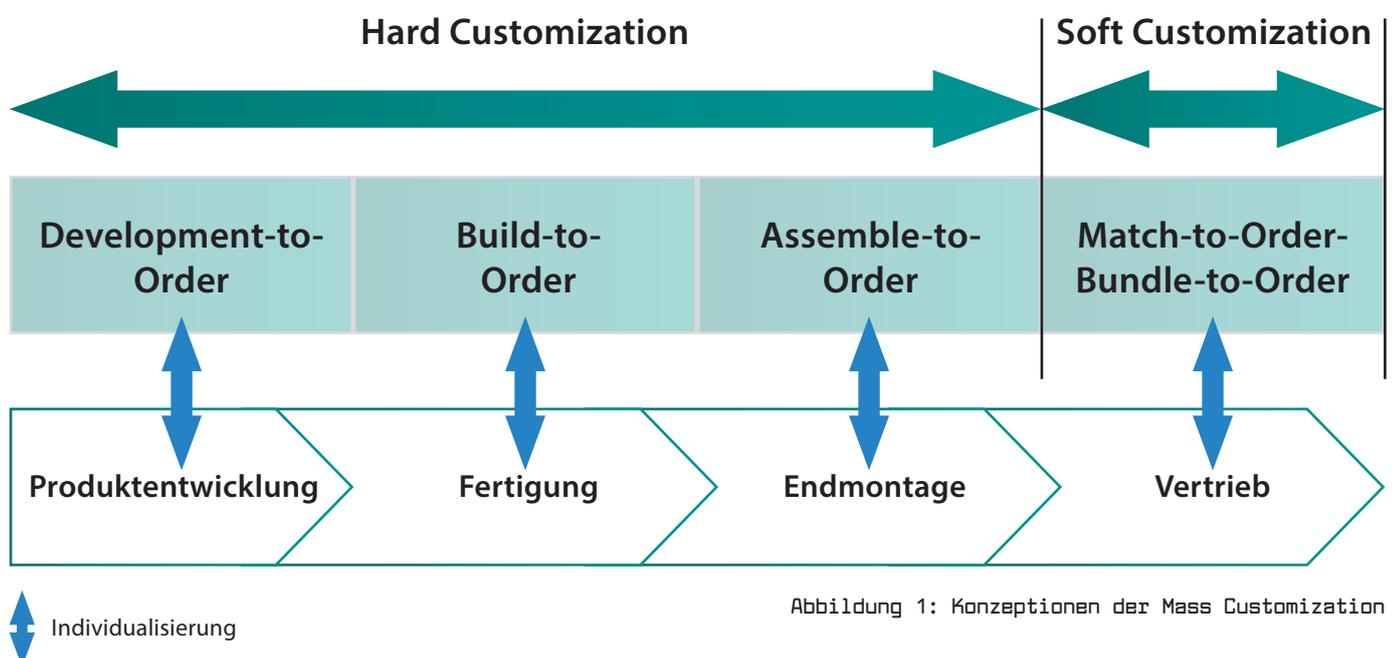


Abbildung 1: Konzeptionen der Mass Customization

lisierung kann in der Produktentwicklung (Development-to-Order), Fertigung (Build-to-Order) oder Endmontage (Assemble-to-Order) ansetzen (vgl. Piller 2006, S. 218; Reichwald und Piller 2002). Ein Beispiel für Hard Customization ist die modulare Fertigung konfigurierbarer Computer. Der Kunde stellt sich über einen Konfigurator seinen ideal passenden Computer zusammen, übermittelt diese Konfigurationsdaten an den Hersteller und dieser setzt die Wünsche des Kunden um. Dadurch kann der Kunde seine Bedürfnisse ideal befriedigen und der Hersteller beseitigt das Risiko, auf unbeliebten Modellvarianten sitzen zu bleiben (vgl. Nünthel 2018). Hard Customization lässt sich in folgende Konzepte unterteilen:

### 1. Kundenindividuelle Endproduktion

Bei diesem Konzept werden die letzten Produktionsschritte kundenindividuell durchgeführt und alle anderen standardisiert (vgl. Piller 2006, S. 220). Der Produzent fertigt bereits im Voraus wenige Grundformen des Produkts in Masse und erhält anschließend die Produkthanforderungen von Kunden. Das Unternehmen hundred bietet z. B. personalisierte Nährstoff-Pakete mit Vitaminen und Nahrungsergänzungsmitteln (<https://www.joinhundred.de/>) (vgl. Werner 2017, S. 167).

### 2. Kundenindividuelle Vorproduktion

Bei der kundenindividuellen Vorproduktion hingegen werden die ersten Produktionsschritte kundenindividuell durchgeführt (vgl. Piller 2006, S. 220). Die Individualisierungsinformationen müssen zuvor bekannt sein, da alle weiteren Fertigungsschritte eine hohe Standardisierung aufweisen. Insbesondere die Bekleidungsindustrie wählt diese Art von Hard Customization. Der Einsatz von Bodyscannern wird dabei zunehmend bedeutsamer. In Alton Lane oder Levis-Stores werden Kunden beispielsweise mithilfe eines Bodyscanners vermessen (<https://www.altonlane.com/technology>) (vgl. Werner 2017, S. 167f.).

### 3. Modularisierung nach dem Baukastenprinzip

Das modulare Baukastenprinzip wird in der Mass Customization häufig verwendet und ermöglicht eine Individualisierung der Preise (vgl. Kölmel und Würtz 2018, S. 13). Die standardisierten und kompatiblen Bauteile werden zu einem kundenspezifischen Modul zusammengesetzt. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist die PC-Fertigung von Dell. Ein weiteres Beispiel ist das modulare Baukastensystem von Bug

Labs (<https://buglabs.net/>). Hier können Kunden von einem Grundmodul ausgehend, aus verschiedenen Bausteinen individuelle Gadgets zusammenstellen wie z. B. eine GPS-unterstützte Kamera mit WLAN (vgl. Piller 2006, S. 220; Werner 2017, S. 168).

### 4. Massenhafte Fertigung von Unikaten

Bei diesem Konzept richtet sich die Herstellung über die gesamte Wertschöpfungskette streng nach dem Kundenwunsch aus. Im Gegensatz zur konventionellen Einzelfertigung werden hierbei standardisierte Prozesse abgewickelt, die moderne Produktionsabläufe nutzen. Ein Beispiel dafür sind die maßgeschneiderten Anzüge von Suitopia (<https://www.suitopia.de/de/>) (vgl. Piller 2006, S. 220; Werner 2017, S. 168).

## 2.2.2 Soft Customization

Soft Customization (offene Individualisierung) hingegen ermöglicht die Personalisierung eines Standardprodukts durch zusätzliche Dienstleistungen. Es erfolgt kein Eingriff in die Produktion, sondern die Individualisierung wird außerhalb der Produktion vollzogen. Es werden weiterhin wenige Varianten in großer Stückzahl hergestellt. Gleichzeitig besteht die Möglichkeit, das Produkt im Nachhinein entweder durch den Kunden selbst oder im Handel zu individualisieren. Die Personalisierung kann im Vertrieb erfolgen z. B. durch die Zusammenstellung bestehender Standardprodukte passend zum Anforderungsprofil des Kunden (Match-to-Order) oder durch die Bündelung bestehender Produkte zu einem Produkt entsprechend eines Kundenprofils (Bundle-to-Order) (vgl. Piller 2006, S. 218ff.; Reichwald und Piller 2002). Ein bekanntes Beispiel für Soft Customization ist das Smartphone. Die Geräte an sich sind standardisiert und werden in Massen produziert. Der Hersteller muss während der Produktion nicht auf die Kundenwünsche eingehen. Der Kunde bzw. Nutzer kann später durch die stark individualisierbare Software die Gestaltung der Oberfläche und Funktionalität an seine Bedürfnisse anpassen (vgl. Nünthel 2018). Soft Customization lässt sich in folgende Konzepte unterteilen:

#### 1. Selbstindividualisierung

Dieses Konzept wird auch als Endfertigung durch den Kunden bezeichnet und umfasst die Entwicklung und Produktion standardisierter Produkte mit eingebauten Personali-

sierungsmöglichkeiten. Diese werden vom Kunden selbst angepasst. Sie wird oft bei der individuellen Gestaltung (Layout, persönliche Einstellungen) von Standardprogrammen für Büroanwendungen verwendet. Ein weiteres Beispiel ist der individualisierbare Kühlschrank von Neff (<https://www.neff-home.com/de/produkte/kuehlschrank-gefrierschrank/kuehlschraenke>) (vgl. Piller 2006, S. 220; Werner 2017, S. 167).

### 2. Serviceindividualisierung

Bei der Serviceindividualisierung wird das Standardprodukt um individuelle Sekundärdienstleistungen ergänzt. Hierbei ist vor der Endmontage kein direkter Dialog zwischen dem Produzenten und dem Kunden notwendig. Planters Company stellen z. B. unterschiedliche Verpackungseinheiten von Nüssen für aktuelle und potenzielle Konsumenten her. Bei M&M's kann je nach Händlerwunsch eine andere Packungsgröße abgefüllt werden (vgl. Piller 2006, S. 220; Werner 2017, S. 167).

### 3. Individuelle Anpassung am Point-of-Sale (POS) bzw. im Handel/Vertrieb

Bei dieser Form liegt ein standardisiertes Grundprodukt vor, das erst am Point-of-Sale auf die Kundenwünsche zugeschnitten und vollendet wird. Das Unternehmen Brillux bietet z. B. die Herstellung von Farben und Lacken nach Kundenwunsch an (<https://www.brillux.de/>) (vgl. Piller 2006, S. 220; Werner 2017, S. 167).

## 2.3 Erfolgspotenziale der Mass Customization

Das Konzept der Mass Customization bietet mehrere Erfolgspotenziale. Diese werden in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben. Abbildung 2 gibt einen Überblick dazu.

### Differenzierungs- und Kostenstrategie

Zu den Zielen von Mass Customization gehört die Erlangung einer Differenzierungsposition im Markt (vgl. Piller 2006, S. 175f.; Albers und Herrmann 2007, S. 945). Die Differenzierungsstrategie führt zu einer höheren Attraktivität der Produkte und wird mit der Anpassung bestimmter Produkteigenschaften an die einzelnen Kundenpräferenzen realisiert (vgl. Albers und Herrmann 2007, S. 945). Sie kann mithilfe der Erstellung eines besonderen Produktimages, hohen Lieferservicegrads oder einer kundenbezogenen Dienstleistung unterstützt werden (vgl. Piller 2006, S. 175f.). Der Differenzierungsposition steht die Kostenposition gegenüber. Höhere Kosten durch die Erhöhung der Absatzpreise auszugleichen würde der Grundidee von Mass Customization entgegenlaufen (vgl. Piller 2006, S. 204). Daher ist ein weiteres Ziel, die Kosten zu senken. Neue Produktionstechnologien und bessere Planungsbedingungen ermöglichen eine effiziente und kostenorientierte Gestaltung aller Wertaktivitäten. Zudem begünstigen sie die Herstellung zu Kosten, die ungefähr den eines vergleichbaren Standardprodukts entsprechen (vgl. Piller 2006, S. 175f.).



Abbildung 2: Erfolgspotenziale der Mass Customization

### Kostensenkungspotenziale

Grundsätzlich gibt es folgende zwei Möglichkeiten, um Kosten zu senken: Economies of Scale (deutsch: Skalenvorteile) und Economies of Scope (deutsch: Verbundvorteile). In beiden Fällen geht es darum, die Kapitalkosten durch erhöhte Produktionsmengen abzudecken. Economies of Scale beruhen produktbezogen auf einer Ausweitung der Ausbringungsmenge (vgl. Piller 2006, S. 204). Economies of Scope ergeben sich aus der Produktion von mehr als einer Produktart und der Nutzung identischer Produktionsfaktoren zur Herstellung verschiedener Produkte (vgl. Piller 2006, S. 207). Im Mass Customization Konzept gelingt die simultane Verknüpfung beider Kostensenkungspotenziale (vgl. Piller 2006, S. 204). Diese Verknüpfung wird als Economies of Integration bezeichnet und ist ein wesentliches Charakteristikum von Mass Customization (vgl. Piller 2006, S. 2010). Die Ausschöpfung der Potenziale beider Möglichkeiten basiert auf die Flexibilität moderner Produktionsanlagen, mit denen unterschiedliche Produktvarianten in einem kontinuierlichen Fertigungsprozess hergestellt werden können (vgl. Müller-Seegers 2003, S. 5).

Zudem bietet Mass Customization zwei weitere Möglichkeiten, um Kosten zu senken: Economies of Interaction (deutsch: Kundenbindungseffekte) und Economies of Learning (deutsch: Lerneffekte) (vgl. Piller 2006, S. 204). Economies of Interaction basieren auf der direkten Interaktion zwischen dem Anbieter und dem Kunden. Die Interaktion mit dem Kunden führt über die Bildung von Learning Relationships zu einer höheren Kundenbindung (vgl. Piller 2006, S. 212f.) und stellt dem Anbieter genauere Planungsdaten zur Verfügung (vgl. Hildebrand 1997, S. 62). Als Learning Relationships wird das Ergebnis einer intensiven und langfristig ausgerichteten Kunden-Anbieter-Interaktion definiert (vgl. Piller 2006, S. 214). Economies of Learning basieren auf der spezifischen Leistungserstellung für den Kunden. Mit zunehmender Häufigkeit der Leistungserstellung werden Lerneffekte erzielt, die im wiederholten Konfigurationsprozess Kostensenkungen ermöglichen (vgl. Piller 2006, S. 213). Je neuer ein Prozess zur Leistungserstellung ist, umso wahrscheinlicher werden Lerneffekte auftreten und je häufiger die neuen Prozesse durchlaufen werden, umso schneller werden Lerneffekte erzielt. Die Höhe der Lerneffekte steigt mit der steigenden Komplexität der Prozesse (vgl. Piller 2006, S. 205).

### Wettbewerbsvorteile

Durch den Einsatz von Mass Customization erlangen sowohl die Unternehmen, als auch die Kunden Vorteile. Zum einen werden mit der Anfertigung eines individualisierten Produkts nach Kundenwunsch die Kundenbedürfnisse nahezu vollständig befriedigt (vgl. Slamanig 2011). Zum anderen können die Unternehmen entlang der gesamten Lieferkette Lagerbestände, Verschwendung und Herstellungskosten reduzieren und genaueste Informationen über den Kundenbedarf bzw. die Nachfrage erhalten (vgl. Stojanova et al. 2012a). Im Folgenden werden weitere Wettbewerbsvorteile von Mass Customization (vgl. Slamanig 2011; Wellbrock und Traumann 2012, S. 37ff.) aufgelistet:

- Hohe Kundenzufriedenheit aufgrund der Befriedigung kundenindividueller Wünsche
- Hohe Wahrscheinlichkeit an Folgekäufen durch Kunden
- Gewinnung von Neukunden durch verbessertes Image
- Bindung der Bestandskunden an das Unternehmen
- Zielgerichteter Einsatz von notwendigen Ressourcen
- Einsparung von Lagerkosten
- Minimierung von Fehlproduktion und Risiko aufgrund von Produktion nach Kundenauftrag (On-Demand-Manufacturing, d. h. Fertigung in Echtzeit, sofort nach Eingang der Bestellung).

### Interaktive Wertschöpfung

Die klassische Wertekette beginnt mit der Beschaffung von Material und Bauteilen. Bei Mass Customization dagegen steht die Erhebung der individuellen Kundenwünsche an erster Stelle (vgl. Piller 2006, S. 174). Das neue Wertschöpfungsdesign ist kundenbezogen und kooperativ und findet auf der Informationsebene statt. Es beinhaltet neue Formen der Arbeitsteilung zwischen Unternehmen und Kunden. Die Besonderheit liegt darin, dass der Kunde mithilfe der heutigen Informationstechnologien in die Leistungserstellung und somit in die Wertschöpfungskette integriert wird (vgl. Piller 2006). Durch die Integration des Kunden in den Wertschöpfungsprozess können mittels Kaufverhalten, gewählter Produktausstattung, Meinung und Feedback bedeutende Informationen über den Kunden gewonnen werden (vgl. Piller 2006, S. 214). Der Kunde kann dabei über eine interaktive Webseite Spezifikationen des Produkts bzw. der Dienstleistung, wie z. B. Verpackungs- und Lieferoptionen, konfigurieren (vgl. Stojanova et al. 2012b, S. 253).

### 3 3D-Druck und potenzielle Geschäftsmodelle

Der 3D-Druck wird für die Entwicklung moderner Produkte immer bedeutsamer (vgl. Winterhalter et al. 2014; Müller und Karevska 2016) und spielt im Rahmen der Industrie 4.0 eine herausragende Rolle für die Produkthanpassung und Produktion kleiner Losgrößen (vgl. Schmid 2014). Insbesondere für das Modell der kundenindividuellen Massenproduktion und für Branchen, die in der deutschen Wirtschaft stark vertreten sind (vgl. Feldmann et al. 2019, S. 3f.), hat 3D-Druck ein hohes Anwendungspotenzial. Bereits 37 % aller deutschen Unternehmen haben Erfahrungen mit 3D-Druck gesammelt (vgl. Müller und Karevska 2016). Das Erlangen von Wettbewerbsvorteilen und der Nutzen aus Kundensicht stehen dabei im Fokus (vgl. Feldmann et al. 2019).

#### 3.1 Begriffsdefinition und Charakteristiken

Der Begriff „3D-Druck“ ist ein Überbegriff für verschiedene Technologien, bei denen dreidimensionale Objekte aus einem oder mehreren Materialien schichtweise aufgebaut werden (vgl. Gebhardt und Hötter 2016; Gibson et al. 2015). Als Synonyme werden die Begriffe additive Fertigung, Additive Manufacturing, Rapid-Technologien und generative Fertigungsverfahren verwendet (vgl. Gibson et al. 2015; Berger et al. 2013). Das additive bzw. schichtweise Aufbauen des physischen Objekts erfolgt durch Hinzufügen, Auftragen und Ablagern von Material. Es werden hierfür keine produktspezifischen Werkzeuge erforderlich, wie es z. B. bei formativen Verfahren der Fall ist (vgl. Gebhardt und Hötter 2016). Auf Basis digitaler 3D-CAD-Daten wird das virtuelle Modell rela-

tiv nahtlos in ein physisches Bauteil umgesetzt, nach dem Prinzip „What You See Is What You Build“ (vgl. Gebhardt und Hötter 2016; Gibson et al. 2015).

Mit dem 3D-Druck können Entwicklungszeiten verkürzt und der Anpassungsgrad erhöht werden (vgl. Winterhalter et al. 2014; Müller und Karevska 2016). Zudem hat der Kunde die Möglichkeit, individuelle Merkmale für das Endprodukt festzulegen. Hierfür definiert der Anbieter die relevanten Schnittstellen und richtet den Designraum für den Kunden ein. Dies ermöglicht die Reduzierung der sich wiederholenden Handlungsschritte zur Produkthanpassung (vgl. Lachmayer et al. 2017, S. 71). Die steigende Baugeschwindigkeit, Zuverlässigkeit und Genauigkeit und die sinkenden Anschaffungskosten fördern diese Entwicklung und führen zu einer zunehmenden Verbreitung des 3D-Drucks (vgl. Feldmann et al. 2019, S. 8).

#### 3.2 3D-Druck Technologien

Additive Fertigungstechnologien können in die folgenden vier Gruppen eingeteilt werden: Rapid Prototyping, Rapid Tooling, Rapid Manufacturing und Rapid Repair (vgl. Gebhardt und Hötter 2016; Lachmayer et al. 2016). Rapid Prototyping wird vor allem in den frühen Phasen des Produktentwicklungsprozesses angewendet (vgl. Gebhardt und Hötter 2016; Gibson et al. 2015), Rapid Tooling zur Vorbereitung der Serienproduktion, Rapid Manufacturing für die Endteilproduktion selbst (vgl. VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik 2014) und Rapid Repair zur Instandhaltung oder Reparatur (siehe Abbildung 2).

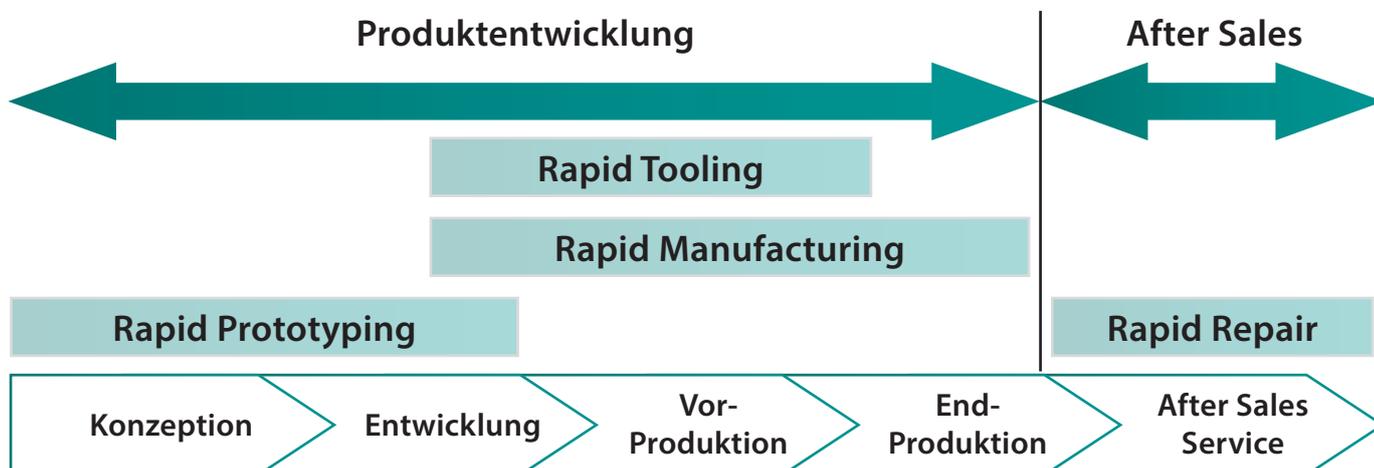


Abbildung 3: Integration des 3D-Drucks in den Lebenszyklus eines Produkts bzw. Bauteils. In Anlehnung an (Feldmann et al. 2019, S. 13; VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik 2014)

Insbesondere bei der Anwendung von Rapid Prototyping kann der Kunde früh in die Konstruktionsphase integriert werden und das Endprodukt nach seinen Wünschen individuell gestalten. Der Hersteller kann dabei das Produkt entweder selber produzieren oder den Produktionsschritt bzw. den Druckprozess an den Kunden auslagern. Somit kann die Produktverantwortung auf den Anwender übertragen werden. 3D-Druck Technologien ermöglichen es, den aufeinanderfolgenden Ablauf im Produktentwicklungsprozess zu unterbrechen und anschließend die Prozessschritte zu parallelisieren (vgl. Lachmayer et al. 2017).

### 3.3 Geschäftsmodelle mit 3D-Druck für KMU

Um langfristig im Wettbewerb zu bestehen ist die Fähigkeit eines Unternehmens, innovative Geschäftsmodelle zu entwickeln, eine bedeutsame Voraussetzung. Vor allem KMU haben ein großes Potenzial, neue Geschäftsmodelle zu entwickeln, da sie im Hinblick auf die Ressourcen, Prozesse und Fähigkeiten eine hohe Flexibilität aufweisen (vgl. Feldmann et al. 2019, S. 86). Mit der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle bzw. der Veränderung bestehender Geschäftsmodelle können KMU ihre Geschäftsprozesse optimieren, Wettbewerbsvorteile generieren, neue Märkte erreichen und ihre Position in der Wertschöpfungskette stärken (vgl. Müller und Karevska 2016). 3D-Druck Technologien ermöglichen sowohl die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle, als auch die Weiterentwicklung bestehender. Zudem lässt sich mit dem 3D-Druck das Geschäftsmodellmuster der Mass Customization wirtschaftlich realisieren (vgl. Feldmann et al. 2019, S. 78f.). Die Fertigung kundenindividueller Produkte gehört zu den Kernkompetenzen von KMU und viele produzierende KMU beschäftigen sich bereits mit dem Einsatz von 3D-Druck. Aber auch Handelsunternehmen oder Logistikdienstleister zeigen ihr Interesse (vgl. Feldmann et al. 2019, S. 4). Vor allem 3D-Druck-Dienstleister können innerhalb der 3D-Wertschöpfungskette einen Großteil der Aktivitäten übernehmen (vgl. Feldmann et al. 2019, S. 86). Doch damit KMU durch 3D-Druck einen Nutzen für den Kunden generieren und Gewinne erwirtschaften können, müssen sie für sie geeignete Geschäftsmodelle finden (vgl. Rayna und Striukova 2016).

Folgende Fragen sind bei der Auswahl des Geschäftsmodells zu beantworten (vgl. Feldmann et al. 2019, S. 4):

- Welche Erfolgsfaktoren gilt es bei der Implementierung von Geschäftsmodellen zu beachten?
- Welche Ansatzpunkte hat das Unternehmen, um ein innovatives Geschäftsmodell zu entwickeln?
- Welche Wettbewerbsvorteile bieten sich durch eine Weiterentwicklung des Geschäftsmodells?
- Wie beeinflusst der 3D-Druck das bestehende Geschäftsmodell des Unternehmens?

Im folgenden Abschnitt werden für KMU, bei denen der 3D-Druck bisher nicht zum Kern des Geschäftsmodells gehört, verschiedene Geschäftsmodelle vorgestellt.

#### Self Service

In diesem Geschäftsmodell werden Wertschöpfungsaktivitäten von Kunden übernommen. Ein Teil der Wertschöpfung wird an den Endkunden weitergegeben und im Gegenzug erhält der Kunde Vorteile wie z. B. einen Preisnachlass oder eine schnellere Verfügbarkeit des Produkts (vgl. Feldmann et al. 2019, S. 50).

Das Unternehmen Schunk, ein deutscher Hersteller für Greifsysteme, hat gemeinsam mit dem 3D-Druck Dienstleister Materialise die Kundenschnittstelle eGrip entwickelt, um den Auftragsabwicklungsprozess effizient zu beschleunigen. Die Kunden können im Self Service über das vollautomatische und webbasierte 3D-Design tool ihre gewünschten Produkte online konstruieren und bestellen. Um eine langfristige und nachhaltige Kundenbindung zu erreichen, sollte eine möglichst einfache Schnittstelle zwischen dem Kunden und dem Anbieter geschaffen werden. Online Konfiguratoren sind dabei eine effiziente Lösung. Sie verbessern die auftragsindividuelle Spezifikation von Produkten und vereinfachen die Auftragsabwicklung (vgl. SCHUNK GmbH & Co. KG 2020).

Ein weiteres Beispiel ist das Unternehmen Kuhn-Stoff, Entwickler und Hersteller von Sondermaschinenbauteilen. Mit dem Softwareunternehmen trinckle haben sie eine Applikation erarbeitet, die den Designprozess eines Robotik-Greifers automatisiert. Mithilfe des webbasierten Konfigurators wurde die Designzeit kundenindividueller Roboterbauteile von 10 Stunden auf 8 min reduziert (vgl. Feldmann et al. 2019, S. 56; Bröker 2017).

### Layer Player

Im Geschäftsmodell Layer Player spezialisieren sich die Anbieter auf eine Wertschöpfungsstufe oder eine Aktivität in einer Wertschöpfungsstufe. Zu diesen Spezialisten gehören beispielsweise Designagenturen, die sich lediglich auf das Designen digitaler 3D-Modelle fokussieren oder Logistikdienstleister, die sich auf die individuelle Distribution zum Endkunden spezialisiert haben. Das Produkt bzw. die Dienstleistung wird in der Regel auf verschiedenen Märkten für unterschiedliche Branchen angeboten (vgl. Feldmann et al. 2019, S. 55).

Das KI Startup-Unternehmen 3YourMind, mit Hauptsitz in Berlin, erstellt Mass Customization Software-Plattformen und unterstützt Unternehmen beim Auf- und Ausbau des industriellen 3D-Drucks und der Implementierung intelligenter Additive Manufacturing-Plattformen (vgl. 3yourmind 2020).

### Ultimate Luxury

In Ultimate Luxury werden Produkte oder Dienstleistungen mit einer Spitzenqualität angeboten, die den Kunden ein Luxus-Image vermitteln und die Marke vom Wettbewerb abgrenzen (vgl. Feldmann et al. 2019, S. 51). Durch die Einführung des 3D-Drucks können KMU Produkte mit komplexen Geometrien und ausgezeichneter Qualität herstellen und sich Wettbewerbsvorteile sichern. Dies bietet besonders in den Bereichen, in denen viel Wert auf hohe Qualität und Abgrenzung der Marke gelegt wird, erhebliche Potenziale für die Entwicklung eines Geschäftsmodells (vgl. Stratasys 2020).

Das Unternehmen MYKITA aus Berlin stellt kundenindividuelle Brillen mittels 3D-Druck her. Die Brillen sind leicht, langlebig, haben eine besondere Pulverbeschichtung und sind überdies individuell anpassbar. Mit additiven Fertigungsverfahren werden dabei komplexe Geometrien zu akzeptablen Preisen realisiert, die sonst nicht oder nur zu hohen Kosten hergestellt werden könnten (vgl. Feldmann et al. 2019, S. 79).

### Long Tail

Mit dem 3D-Druck entfallen Lager- und Rüstkosten. Aufgrund dieser Kostenreduzierung wird der Vertrieb von Nischenprodukten attraktiver. Die kundenindividuellen Produkte können auftragsbasiert (on-demand) zu wirtschaftlichen Kosten in der Losgröße Eins gedruckt und angeboten werden (vgl. Feldmann et al. 2019, S. 47).

Das mittelständische Unternehmen Rolf Lenk Werkzeug- u. Maschinenbau GmbH bedient mit 3D-gedruckten Teilen den Ersatzteilmarkt für Oldtimer. Ein Beispiel hierfür ist der Nachbau des Deckels eines regulär nicht mehr lieferbaren Oldtimer Steuergehäuses (vgl. Feldmann et al. 2019, S. 79f.).

### Guaranteed Availability

Im Modell der garantierten Verfügbarkeit steht ein Produkt bzw. eine Dienstleistung mit einem garantierten Service-Level zur Verfügung. Dies ist besonders dann entscheidend, wenn beispielsweise Ausfallzeiten von Maschinen zu hohen wirtschaftlichen Verlusten führen (vgl. Feldmann et al. 2019, S. 46). Mit dem 3D-Druck werden Produkte und Ersatzteile dezentral am Gebrauchs- oder Verbrauchsort gedruckt und somit die zeitnahe Verfügbarkeit, unabhängig von Zeit und Ort, sichergestellt. Vor allem Logistikanbieter haben die Möglichkeit, den 3D-Druck der nachgefragten Objekte und ihre Distribution miteinander zu verbinden. Da Ausfallzeiten vielfach hohe Kosten verursachen, ist die schnelle und bedarfsorientierte Lieferung von Produkten von großer Bedeutung (vgl. Port of Rotterdam 2016).

Der Hafen Rotterdam als Beispiel beliefert Schiffe mit 3D-gedruckten Ersatzteilen (vgl. Port of Rotterdam 2016) und der Transportdienstleister UPS setzt an seinem Luftfahrt-Drehkreuz in Louisville (USA) in Kooperation mit dem 3D-Druck Dienstleister CloudDDM bereits 100 3D-Drucker ein (vgl. 3Druck.com 2015). Aktuell werden spezielle Transportdienstleistungen wie Dokumenten-, Pharma-, oder Kühltransporte sowie Overnight- oder Same-Day-Delivery überwiegend von kleinen und mittleren Dienstleistern angeboten. Dies liegt vor allem daran, dass KMU flexibler auf Nachfrageschwankungen reagieren können und oft eine höhere Anpassungsfähigkeit aufweisen als Großunternehmen (vgl. Feldmann et al. 2019, S. 80f.).

### **Neue Wertschöpfungskonstellationen – Kombination aus Guaranteed Availability und Self Service**

Der Kunde kann den Produktionsschritt im Rahmen eines Self Services selber übernehmen, um die Verfügbarkeit der Produkte sicherzustellen. Er benötigt hierzu eigene 3D-Druck-Maschinen und -Kompetenzen (vgl. Viola 2014).

Das dänische Transportunternehmen Maersk Line hat auf seinen Containerschiffen 3D-Drucker installiert und druckt bei Bedarf die Ersatzteile an Bord während der Fahrt. Dadurch werden unerwünschte Liegezeiten im Hafen reduziert (vgl. Viola 2014). Der Prozess ist dabei digital und schnell. Die Maschine meldet einen Fehler über Sensoren an den Hersteller. Dieser wiederum kontaktiert die Verantwortlichen an Bord des Schiffes und übermittelt digital die Datei für den Druck des Ersatzteils. Anschließend wird das Ersatzteil von einem Verantwortlichen direkt an Bord gedruckt, ohne die Fahrt unterbrechen zu müssen. Das gedruckte Ersatzteil wird mithilfe eines Teleservices des Herstellers von Ingenieuren eingebaut. Der neue Prozess stellt den Wandel von physischer zur digitalen Wertschöpfung dar. Der Maschinenbauer wird somit vom Hersteller zum Dienstleister (vgl. Feldmann et al. 2019, S. 81).

## **4 Zusammenfassung und Ausblick**

Im Rahmen dieser Veröffentlichung wurde das Konzept der kundenindividuellen Massenproduktion genauer beleuchtet und die Potenziale des 3D-Drucks erörtert. Der Beitrag zeigt auf, dass Mass Customization vor allem für KMU große Wachstumschancen und neue Geschäftsmodelle bietet und der 3D-Druck für das Modell der kundenindividuellen Massenproduktion ein hohes Anwendungspotenzial hat. Überdies gibt er einen Überblick über verschiedene Geschäftsmodelle mit 3D-Druck für KMU.

Im zweiten, nachfolgenden Beitrag „Erfolgsfaktor Kundenintegration für Mass Customization“ wird beschrieben, wie wichtig die Integration des Kunden für das Konzept der Mass Customization ist, um dieses erfolgreich umzusetzen. Dabei wird auf die einzelnen Teilbereiche des kritischen Erfolgsfaktors Kundenintegration genauer eingegangen: Kunden-Anbieter-Interaktion, Datenerfassung, Co-Design und Konfiguration.

## Die Autoren

**Baris Özkan** ist Masterstudent in Wirtschaftsinformatik am Karlsruher Institut für Technologie und Werkstudent in einem Energieunternehmen im Bereich Controlling. Er studierte Wirtschaftsingenieurwesen/Global Process Management an der Hochschule Pforzheim mit dem Schwerpunkt Informationstechnologie und beschäftigte sich in der Vergangenheit insbesondere mit den Themenbereichen Produktionscontrolling und Prozessoptimierung. Neben dem Studium sammelte er praktische Erfahrungen im Bereich Produktion und Logistik, überwiegend in der Automobilindustrie. Bei seiner derzeitigen Tätigkeit unterstützt er das Handelscontrolling beim Aufbau von automatisierten Analysen sowie ihrer Konzeption und operativen Umsetzung.



**Johanna Schoblik** ist langjährige wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Hochschule Pforzheim und beschäftigte sich in der Vergangenheit insbesondere mit den Themenbereichen Geschäftsprozessmanagement und Geschäftsmodelle. Sie studierte International Management an der Hochschule Karlsruhe und berufsbegleitend Wirtschaftswissenschaften an der FernUniversität in Hagen mit den Schwerpunkten Geschäftsprozessmanagement, Informationsmanagement, Produktions- und Supply Chain Management. Praktische Erfahrungen sammelte sie zuvor im Bereich Einkauf, Controlling und Geschäftsprozessmanagement. Bei ihrer derzeitigen Tätigkeit in Forschungsprojekten unterstützt sie die Projektleitung bei der wissenschaftlichen Betrachtung von Personalisierungsansätzen und der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle.



## Kontakt

### Digital Hub Nordschwarzwald

[www.digitalhub-nordschwarzwald.de](http://www.digitalhub-nordschwarzwald.de)

### Lukas Waidelich

Digital Hub Manager

E-Mail: [digitalhub@nordschwarzwald.de](mailto:digitalhub@nordschwarzwald.de)

Der Digital Hub Nordschwarzwald ging im Oktober 2018 als einer von zehn regionalen Digital Hubs an den Start. Mit dem Ziel, Baden-Württemberg auch im digitalen Zeitalter als führenden Innovations- und Wirtschaftsstandort zu erhalten, unterstützt das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau dieses Förderprojekt. Der Digital Hub Nordschwarzwald wird getragen von 11 Konsortialpartnern und steht in der Projektträgerschaft der Wirtschaftsförderung Nordschwarzwald. Mit seinen drei Standorten Pforzheim, Nagold und Horb bietet der Digital Hub passgenaue Informations- und Unterstützungsangebote für kleine und mittelständische Unternehmen sowie für Selbstständige und Start-ups und agiert als Plattform für Erfahrungsaustausch, Wissenstransfer, Beratung und Kollaboration.

## Literaturverzeichnis

- 3Druck.com (2015):** CloudDDM & UPS. Versand von 3D-gedruckten Teilen am Tag der Bestellung. Online verfügbar unter <https://3druck.com/lieferanten-haendler/cloudddm-ups-versand-von-3d-gedruckten-teilen-am-tag-der-bestellung-1435769/>, abgerufen am 05.08.2020.
- 3yourmind (2020):** Additive Manufacturing Workflow Software. Online verfügbar unter <https://www.3yourmind.com/>, abgerufen am 06.08.2020.
- Albers, S.; Herrmann, A. (2007):** Handbuch Produktmanagement. Strategieentwicklung – Produktplanung – Organisation – Kontrolle. 3. Aufl. Wiesbaden: Gabler.
- Bellemare, J.; Carrier, S. (2017):** Seven Steps Manufacturers Must Take to Begin Offering Mass Customization to Their Customers. In: Jocelyn Bellemare, Serge Carrier, Kjeld Nielsen und Frank T. Piller (Hg.): Managing Complexity. Proceedings of the 8th World Conference on Mass Customization, Personalization, and Co-Creation 2015. Cham: Springer International, S. 463 – 470.
- Berger, U.; Hartmann, A.; Schmid, D. (2013):** Additive Fertigungsverfahren. Rapid prototyping, rapid tooling, rapid manufacturing. Haan-Gruten: Europa Lehrmittel.
- Bröker, O. (2017):** Die Zukunft der Robotik ist 3D gedruckt. Online verfügbar unter <https://3druck.com/pressemeldungen/die-zukunft-der-robotik-ist-3d-gedruckt-5754705/>, abgerufen am 06.08.2020.
- Chua, C.K.; Leong, K.F. (2015):** 3D printing and additive manufacturing. Principles and applications. 4. ed. New Jersey: World Scientific.
- Feldmann, C.; Schulz, C.; Fernströning, S. (2019):** Digitale Geschäftsmodell-Innovationen mit 3D-Druck. Erfolgreich entwickeln und umsetzen. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Gebhardt, A.; Hötter, J.-S. (2016):** Additive manufacturing. 3D printing for prototyping and manufacturing. München: Hanser. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/book/9781569905821>, abgerufen am 03.07.2020.
- Gibson, I.; Rosen, D.; Stucker, B. (2015):** Additive manufacturing technologies. 3D printing, rapid prototyping and direct digital manufacturing. 2. Aufl. New York, Heidelberg, Dordrecht, London: Springer.
- Glaß, J.; Jagenow, O.; Kuckein, K.; Klemm, A.; Ruttman, T.; Seitz, J. (2017):** Analyse von Ansätzen zur Kundenintegration bei „Mass Customization“-Konzepten. In: Volker P. Andelfinger und Till Hänisch (Hg.): Industrie 4.0. Wie cyber-physische Systeme die Arbeitswelt verändern. Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 137 – 148.
- Hildebrand, V.G. (1997):** Individualisierung als strategische Option der Marktbearbeitung. Determinanten und Erfolgswirkungen kundenindividueller Marketingkonzepte. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag (Forum Marketing).
- Kirn, S.; Piller, F.; Reichwald, R.; Schenk, M.; Seelmann-Eggebert, R. (Hg.) (2005):** Kundenzentrierte Wertschöpfung mit Mass Customization. Kundeninteraktion, Logistik, Simulationssystem und Fallstudien. Stuttgart: Fraunhofer IRB.
- Kölmel, B.; Würtz, G. (2018):** Personalisierte Produkte. Erfolg durch Kundeninteraktion mittels kundenzentriertem Engineering. In: Dialogmarketing Perspektiven 2017/2018. Tagungsband 12. wissenschaftlicher interdisziplinärer Kongress für Dialogmarketing. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 11 – 19.

- Lachmayer, R.; Gembarski, P.C.; Gottwald, P.; Lippert, R.B. (2017):** The Potential of Product Customization Using Technologies of Additive Manufacturing. In: Jocelyn Bellemare, Serge Carrier, Kjeld Nielsen und Frank T. Piller (Hg.): Managing Complexity. Proceedings of the 8th World Conference on Mass Customization, Personalization, and Co-Creation 2015. Cham: Springer International, S. 71 – 81.
- Lachmayer, Roland; Lippert, Rene Bastian; Fahlbusch, Thomas (Hg.) (2016):** 3D-Druck beleuchtet. Additive Manufacturing auf dem Weg in die Anwendung. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- Müller, A.; Karevska, S. (2016):** How will 3D printing make your company the strongest link in the value chain. Hg. v. Ernst & Young GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft (EY's Global 3D printing Report).
- Müller-Seegers, M. (2003):** Kundenspezifische Massenproduktion. Liegt im Widerspruch die Chance? In: Phi – Produktionstechnik Hannover informiert 4 (3), S. 4 – 5.
- Nielsen, K.; Brunoe, T.D.; Skjelstad, L.; Thomassen, M. (2017):** Challenges in Choice Navigation for SMEs. In: Jocelyn Bellemare, Serge Carrier, Kjeld Nielsen und Frank T. Piller (Hg.): Managing Complexity. Proceedings of the 8th World Conference on Mass Customization, Personalization, and Co-Creation 2015. Cham: Springer International, S. 127 – 137.
- Nünthel, F. (2018):** Mass Customization. Individualisierung von der Stange. Online verfügbar unter <https://www.webspotting.de/personalisierung/mass-customization-individualisierung-von-der-stange/>, abgerufen am 06.08.2020.
- Piller, F.T. (1998):** Kundenindividuelle Massenproduktion. Die Wettbewerbsstrategie der Zukunft. München: Hanser.
- Piller, F.T. (2006):** Mass Customization. Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter. 4. Aufl. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. (Gabler Edition Wissenschaft Markt- und Unternehmensentwicklung).
- Pine, B.J. (1993a):** Making mass customization happen. Strategies for the new competitive realities. In: Planning Review 21 (5), S. 23 – 24.
- Pine, B.J. (1993b):** Mass Customization. The New Frontier in Business Competition: Harvard Business Press.
- Port of Rotterdam (2016):** 3D printing in the port of Rotterdam. Online verfügbar unter <https://www.portofrotterdam.com/en/business-opportunities/innovation-smartest-port/cases/3d-printing-in-the-port-of-rotterdam>, abgerufen am 05.08.2020.
- Rayna, T.; Striukova, L. (2016):** From rapid prototyping to home fabrication. How 3D printing is changing business model innovation. In: Technological Forecasting and Social Change 102, S. 214 – 224.
- Reichwald, R.; Piller, F.T. (2002):** Der Kunde als Wertschöpfungspartner. Formen und Prinzipien. In: Horst Albach und Gerhard Schröder (Hg.): Wertschöpfungsmanagement als Kernkompetenz. Festschrift für Horst Wildemann. Unter Mitarbeit von Horst Wildemann. Wiesbaden: Gabler, S. 27 – 51.
- Schmid, M. (2014):** Zukunftstechnologie Additive Manufacturing. AM auf dem Weg in die Produktion. In: Kunststoffextra 4 (9), S. 6 – 9.
- SCHUNK GmbH & Co. KG (2020):** Gedruckte Greiferfinger aus Kunststoff, Stahl und Aluminium. Online verfügbar unter [https://schunk.com/de\\_de/services/egrip/](https://schunk.com/de_de/services/egrip/), abgerufen am 05.08.2020.
- Slamanig, M. (2011):** Produktwechsel als Problem im Konzept der Mass Customization. Theoretische Überlegungen und empirische Befunde. Wiesbaden: Gabler / Springer Fachmedien (Gabler Research).

**Stojanova, T.; Gecevska, V.; Anisic, Z. (2012a):** Mass Customization. Tools for Growing Product Variety. In: Proceedings of the 4th International Conference. Management of Technology Step to Sustainable Production (MOTSP). Zadar, Kroatien, 14.-16. Juni 2012, S. 99 – 106.

**Stojanova, T.; Suzic, N.; Orcik, A. (2012b):** Implementation of Mass Customization Tools in Small and Medium Enterprises. In: International Journal of Industrial Engineering and Management 3 (4), S. 253 – 260.

**Stratasys (2020):** 3D-Druck für die Luft- und Raumfahrt. Online verfügbar unter <https://www.stratasys.com/de/luft-und-raumfahrt>, abgerufen am 05.08.2020.

**Taps, S.B.; Ditlev, T.; Nielsen, K. (2017):** Mass Customization in SMEs. Literature Review and Research Directions. In: Jocelyn Bellemare, Serge Carrier, Kjeld Nielsen und Frank T. Piller (Hg.): Managing Complexity. Proceedings of the 8th World Conference on Mass Customization, Personalization, and Co-Creation 2015. Cham: Springer International, S. 195 – 203.

**Timm, I.J.; Knirsch, P.; Herzog, O.; Tönshoff, H.K.; Woelk, P.-O. (2001):** Mass Customization als Chance für KMU. Kooperative Agenten für die Informationslogistik. In: Hans-Jürgen Sebastian und Tore Grünert (Hg.): Logistik Management. Supply Chain Management und e-Business. Wiesbaden: Vieweg+Teubner, S. 401 – 409.

**Valenzuela, A.; Dhar, R.; Zettelmeyer, F. (2009):** Contingent Response to Self-Customization Procedures. Implications for Decision Satisfaction and Choice. In: Journal of Marketing Research 46 (6), S. 754 – 763.

**VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (2014):** VDI 3405 - Additive Fertigungsverfahren - Grundlagen, Begriffe, Verfahrensbeschreibungen.

**Viola, J. (2014):** Maersk Line setzt auf 3D-Druck für Ersatzteile, 16.07.2014. Online verfügbar unter <https://3d-magazin.eu/branchen/logistik/maersk-line-setzt-auf-3d-druck-fuer-ersatzteile>, abgerufen am 05.08.2020.

**Wellbrock, W.; Traumann, C. (2012):** Zukünftige Herausforderungen im Bereich des Handels. Chancen und Risiken ausgewählter Supply-Chain-Management-Konzepte (Discussion Papers on Logistics and Supply Chain Management, 3).

**Werner, H. (2017):** Supply Chain Management. Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling. 6. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler.

**Winterhalter, S.; Wecht, C.H.; Gassmann, O. (2014):** Die Zukunft wird gedruckt - Aber wie wird sie verkauft? Geschäftsmodelle für die nächste industrielle Revolution. In: Fachzeitschrift für Innovation, Organisation und Management 29 (1), S. 50 – 57.



Dieses Werk der Hochschule Pforzheim ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz.