



LEITFADEN

IT-basiertes Prozessmanagement für individualisierbare Massenprodukte mittels 3D-Druck

Ein Leitfaden für mittelständische IT-Unternehmer zur
Erschließung neuer Märkte

1 Inhaltsverzeichnis

1 Inhaltsverzeichnis	2
2 Einleitung	4
3 Einführung	5
▶ 3D-Druck als Chance für den IT-Mittelstand	5
▶ Blended Shopping – das Beste aus beiden Welten	6
▶ MAC4U für den Mittelstand	7
4 Die MAC4U-Plattform: Prozessmanagement zur Entwicklung individualisierbarer Massenprodukte	8
4.1 Produktentwicklung	8
▶ Die Auftragsklärung	8
▶ Die Entwicklung des Masters	9
▶ Die Masteranalyse	10
4.2 Angebotsverwaltung	10
4.3 Verkaufsprozess	11
▶ Kunden-Muster-Erstellung	12
▶ Bestellung	12
4.4 Produktionsprozess	12

5 Technischer Teil	13
5.1 Rollenverteilung, Aufgaben und Prozesse	13
5.2 Systemgrobspezifikation	14
▶ 5.2.1 Detaillierte Übersicht	14
5.3 Zustände des Accessory-Datensatz	16
5.4 Konfigurations- und Validierungspunkte	16
5.5 Datenformate	18
▶ 5.5.1 Konfigurationspunkte und Validierungspunkte	18
▶ 5.5.2 Auftragstasche	20
6 Anhang	21
6.1 Glossar	21
6.2 MAC4U Workflow und Datenfluss	25
6.3 Komplette Serialisierung der Konfigurations- und Validierungspunkte	29
6.4 Übersicht über wichtige Begriffe aus dem Bereich des 3D-Drucks	31
7 Quellenverzeichnis	32

2 Einleitung

Die technischen Möglichkeiten für eine Anpassung von serienmäßig hergestellten industriellen Massenprodukten an die persönlichen Bedürfnissen und Wünsche eines Kunden, auch unter dem Schlagwort **Mass Customization** bekannt, haben sich in den letzten Jahren in hohem Maße weiterentwickelt. Per Mausklick können heute schon bestimmte Erzeugnisse eines Serienherstellers, wie z.B. Schuhe und Bekleidung, in strikt festgelegtem Umfang nach den Vorgaben eines Kunden ergänzt und „maßgeschneidert“ angefertigt werden. Mit Hilfe der Technologie des 3D-Drucks, die kostengünstige Produktion von Einzelstücken und Kleinserien ermöglicht, wird die Individualisierung nach Wünschen und Vorstellungen des Kunden in Zukunft auch für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) möglich.

Gerade für KMU eröffnen sich auf diese Weise große Chancen zur Erweiterung ihres Produktangebots, ihres Marktes und damit auch zur Steigerung ihres Umsatzes. Viele Endverbraucher möchten sich nicht mehr nur mit einem „austauschbaren“ Serienprodukt zufrieden geben, sondern legen großen Wert auf ein Fabrikat, in dem sie sich auch persönlich wiedererkennen und mit dem sie sich identifizieren können. Die Massenherstellung individualisierter Produkte für Endkonsumenten ist in der Regel das Geschäftsfeld großer Unternehmen. KMU sind derzeit bei hochwertigen individualisierbaren Produkten vor allem im „Business-to-Business“-Bereich (B2B), also auf der Ebene der geschäftlichen Beziehungen zwischen verschiedenen Unternehmen, wie im Bereich des Prototypenbaus tätig.

Die MAC4U-Plattform soll produzierenden KMU und ihren Geschäftspartnern in diesem Bereich den „Business-to-Consumer“-Markt (B2C) der privaten Endkunden öffnen. Die speziell entwickelte Software der Plattform ermöglicht dem Endkunden, die von ihm gewünschte Individualisierung innerhalb eines vorher festgelegten Rahmens im Verkaufsprozess selbst bestimmen zu können.

Die besondere Leistung der MAC4U-Plattform ist in diesem Zusammenhang, dass standardisierte Prozesse, Software-Anwendungen und Datenformate festgelegt werden. Dabei werden IT-Lösungen und Geschäftsprozesse aus verschiedenen Phasen der Wertschöpfung (Angebot, Entwicklung und Design, Bestellung und Verkauf, Produktion) miteinander vernetzt und allgemeingültige Strukturen etabliert.

Zusätzlichen Mehrwert erhält das MAC4U-Modell durch die Kombination von E-Commerce und Filialverkauf: Der Kunde sucht sich im Geschäft ein Massenprodukt aus, individualisiert es vor Ort mit einer mobilen Applikation und bekommt sein mittels 3D-Druck hergestelltes Produkt schließlich geliefert.

Der vorliegende Leitfaden gibt einen Überblick über die Prozessabläufe bei der IT-basierten Herstellung von individualisierten Serienprodukten. Damit bietet er kleinen und mittleren Unternehmen aus dem IT-Sektor einen Einstieg in das Segment der **Mass Customization** und Produktindividualisierung.

3 Einführung

Die Technologie des 3D-Drucks ermöglicht es kostengünstig Einzelstücke und Kleinserien zu produzieren und stellt damit eine wesentliche Voraussetzung dar um individuelle Kundenwünsche zu erfüllen. „Blended Shopping“ bezeichnet die Kombination von E-Commerce und Filialverkauf durch Computerunterstützung im Verkaufslokal und erlaubt es damit dem Kunden Individualisierungsmöglichkeiten computergestützt anzubieten. Beides sind Grundideen im MAC4U-Konzept und werden im Folgenden kurz eingeführt.

3.1 3D-Druck als Chance für den IT-Mittelstand

Obwohl das Additive Manufacturing, 3D-Druck genannt, bereits in den 1980er-Jahren entstand, rückt es aktuell wieder ins Interesse von Startups und Investoren, gerade auch aus der IT-Branche. Das liegt nicht nur an der zunehmenden Reife und Weiterentwicklung der Technologie und der eingesetzten Materialien sondern auch an den sinkenden Kosten, die u.a. auf freigewordene Patente zurückzuführen sind.

Die Analysten von Gartner prophezeien mittels der Hype-Kurve, dass „Enterprise 3D-Printing“, „3D-Print Creation Software“ und „3D-Scanner“ bereits in zwei bis fünf Jahren das Plateau der Produktivität erreicht haben werden¹. Das bedeutet, dass diese Technologie im B2B- und professionellen Bereich sehr bald in einem ausreichenden Reifestadium angekommen sein wird, um wirtschaftlich auch für den Mittelstand attraktiv zu werden.

Der 3D-Druck verändert die Produktionsbedingungen in vielen Bereichen und wird bereits in einigen erfolgreich eingesetzt: In Architekturbüros und Geschäftszweigen, die mit Prototypen arbeiten, ist diese Technologie im Produktionsalltag angekommen. Auch im Bereich der Medizintechnik ist die Entwicklung schon so weit fortgeschritten, dass 3D-Druck als bedeutsame Zukunftstechnologie nicht in Frage gestellt wird, obwohl sie in diesem Bereich noch relativ am Anfang ihrer Möglichkeiten steht.

Im Industriebereich senkt die Fertigung von Zubehör, Halbfertigprodukten und Ersatzteilen mit 3D-Druck vor Ort die Lagerhaltungs- und Transportkosten.

Des Weiteren spielt der Faktor adaptiver Produkte eine Rolle, da 3D-Druck zur Personalisierung von Produkten eingesetzt werden kann. Diese Potentiale sind weder in B2B- noch in B2C-Märkten voll ausgeschöpft.

Die Individualisierungsmöglichkeiten, die die 3D-Technologie bietet, führen ebenfalls zu neuen Einsatzmöglichkeiten und Märkten insbesondere im B2C-Bereich. Gartner prognostiziert, dass bis 2017 fast jeder fünfte Gebrauchsguthändler Waren im Web mit Hilfe des 3D-Drucks personalisieren wird.² Um diese neuen Geschäftsmodelle zu etablieren, bei denen der 3D-Druck eine große Rolle spielen wird, geht Gartner davon aus, dass bis 2015 über 90 Prozent der Gebrauchsgüterhändler auf Partnersuche sind. Wer hier als erster zum Zuge käme, würde laut Gartner einen Wettbewerbsvorteil erlangen.³

Viele mittelständische Unternehmer beobachten diese Technologie und suchen nach lukrativen Geschäftsmodellen. So sind in den letzten Jahren beispielsweise verschieden Online-Plattformen wie *Shapeways*⁴ oder *Ponoko*⁵ entstanden und auch *Amazon*⁶ hat kürzlich einen Marktplatz für hauptsächlich individualisierbare Produkte für den Endverbraucher eröffnet.

Doch gerade letzteres stellt vor allem die Unternehmen vor noch ungelöste rechtliche Fragestellungen, die im Auftrag von Privatpersonen 3D-Druck durchführen. So ist mit Verstößen gegen Lizenzen, Copyright und Gebrauchsmustern zu rechnen, druckt man beispielsweise restriktionslos alle Kundenaufträge. Dies mag ein Grund sein, warum dem 3D-Druck im Konsumbereich laut Gartner in seiner Entwicklung noch die „Durchquerung des Tals der Enttäuschungen“ bevorsteht und mit einer Marktreife frühestens in fünf bis zehn Jahren zu rechnen ist. Des Weiteren sind die Drucker, die die Endkonsumenten im Heimbereich nutzen, qualitativ nicht mit professionellen Industriedruckern vergleichbar und auch deren Einsatz noch recht limitiert.

Es stellt sich also die Frage, wie man mit dieser Technologie Geld verdienen kann. Es gehört mehr dazu, als nur die beste Hardware zu entwickeln oder einzusetzen. Es sind vor allem innovative

Software-Entwickler gefragt, die ihre Nische finden müssen. Diese können durchaus Startups oder Mittelständler sein. Erfolgversprechend sind neue Geschäftsmodelle, basierend auf geschlossenen Systemen, in denen Hardware und Software erst in der Kombination den technologischen und wirtschaftlichen Vorsprung liefern.

3.2 Blended Shopping – das Beste aus beiden Welten

Unter Blended Shopping versteht man die Integration von traditionellem Ladenverkauf und E-Commerce. Es ist ein verkaufsfördernder Ansatz, der den Anforderungen der Kunden auf flexible Verkaufsunterstützung begegnet.

Neben dem klassischen Ladenverkauf hat sich insbesondere für Konsumgüter der Verkauf von Waren über das Internet (E-Commerce) als Verkaufskanal etabliert. Mittlerweile wurde in Studien⁷ belegt, dass Kunden beide Kanäle für den gleichen Einkauf nutzen, etwa Ausprobieren im Ladenlokal und anschließender Vertragsabschluss per E-Commerce oder umgekehrt Kaufrecherche im Internet und anschließender Kauf im Ladenlokal, wobei ersteres überwiegt. Dabei entgeht in der Regel dem beratenden Einzelhändler Umsatz und ein Online-Händler profitiert.

Die Kombination der beiden Verkaufskanäle durch einen einzigen Händler wird im MAC4U-Projekt umgesetzt. Besonders im Bereich von hochwertigen Produkten, die sich durch besondere Materialien, Oberflächen oder ergonomische Eigenschaften auszeichnen, bietet sich die Kombination von Ladenlokal und Online-Shop an. Der eigentliche Verkauf dieser Produkte an den Endverbraucher findet sogar ausschließlich in der Verkaufsstelle über eine Online-Einheit vor Ort statt.

Das hochwertige und individualisierbare Angebot kombiniert mit der praktischen Kundenerfahrung und der individuellen Beratung im Verkaufsraum gibt dem Verkaufsort eine attraktive Geschäftsmöglichkeit. Es erlaubt die Möglichkeit die Produktpalette zu erweitern und somit die Verkaufszahlen zu steigern. Der Kunde wird durch die Exklusivität des Angebots an die Verkaufsstelle gebunden, da er dieses Produkt nicht über einen Online-Versand erhalten kann. Durch das Blended Shopping werden für Mittelständler die Herstellung und der Vertrieb von individualisierbaren hochwertigen Massenprodukten erst rentabel möglich.



Abbildung 1: Beispiele gedruckter Accessories

3.3 MAC4U für den Mittelstand

Das MAC4U-Konzept verbindet die Idee des Blended Shopping mit der Technologie des 3D-Drucks, um Mass Customization nach Vorgaben der Kunden kostengünstig zu ermöglichen. Zentrale Idee ist dabei, Massenprodukte durch individualisierte Zusätze zu ergänzen oder Teile von Massenprodukten durch individualisierte Komponenten zu ersetzen.

Diese Ergänzungen oder ausgetauschten Komponenten, auch **Accessories** genannt, lassen sich vom Nutzer mithilfe einer Computerunterstützung innerhalb vordefinierter Freiheitsgrade individualisieren und werden anschließend als Einzelteile oder im Rahmen von Kleinserien im Verfahren des 3D-Drucks hergestellt (siehe Abbildung 1). Angebracht an das Massenprodukt ergibt sich letztlich ein an die Wünsche des Kunden angepasstes und individualisiertes Produkt.

Dies lässt sich am Beispiel eines individualisierbaren Schaltknops anschaulich darstellen (siehe Abbildung 2). Der industriell in Massenproduktion gefertigte Schaltknopf lässt sich individualisieren, indem z.B. die Kunststoffdeckplatte als einzelne Komponente durch eine neue individualisierte Deckplatte ersetzt wird.

Diese neue Deckplatte kann im Verfahren des 3D-Drucks hergestellt werden. Diese Herstellungsmethode ermöglicht es kostengünstig auf Kundenwünsche, wie z.B. das Auftragen eines Logos oder eines Schriftzuges einzugehen. Am Ende ergibt sich ein individualisierter Schaltknopf.



Abbildung 2: Modell individualisierbarer Schaltknopf

4 Die MAC4U-Plattform: Prozessmanagement zur Entwicklung individualisierbarer Massenprodukte

Das in diesem Leitfaden beschriebene MAC4U-Konzept für die Herstellung von individualisierbaren Massenprodukten besteht aus zwei Komponenten: Market Place und Kiosk.

Der **Market Place** unterstützt Prozesse und Datenaustausch der beteiligten Dienstleister. Die Hersteller des individualisierten Produkts können auf diese Weise an das System angeschlossene Designer und Ingenieure mit der Entwicklung der Produktmodelle beauftragen und in den **Kiosk** des Ladenlokals einspeisen.

Der andere wesentliche Bestandteil ist das IT-basierte Angebotssystem bzw. die Online-Einheit im Ladenlokal, der sog. Kiosk. Mit diesem Systembaustein können private Endkunden mit Hilfe des Verkaufspersonals vor Ort auf einfache Weise und ohne die Erfordernis spezifischer Vorkenntnisse ihr Produkt innerhalb zuvor von Anbieterunternehmen festgelegter Freiheitsgrade und Rahmenbedingungen anpassen und ergänzen. Der Kiosk stellt damit eine Umsetzung des Konzeptes des Blended Shoppings dar.

Das entwickelte MAC4U-Konzept besteht aus standardisierten Arbeitsabläufen. Es beginnt mit Prozessen in der frühen Phase der Produktentwicklung und endet mit der Produktion durch den Fertigungsdienstleister, auch **Additive Manufacturer genannt**. Wie in Abbildung 3 deutlich wird, setzt sich das Konzept aus vier Hauptprozessen zusammen, die nachfolgend beschrieben werden.

4.1 Produktentwicklung

Ziel der Produktentwicklung ist der sog. geprüfte Master. Beim **Master** handelt es sich um einen Datensatz, der alle notwendigen Informationen zur Accessory-Herstellung mittels 3D-Druck enthält, inklusive eines 3D-Datensatzes. Der Master enthält festdefinierte aber noch nicht wahrgenommene Freiheitsgrade. Diese Freiheitsgrade können im weiteren Verlauf vom **Endkunden** genutzt werden, um den Datensatz und somit das daraus entstehende Accessory zu individualisieren. Erstellung, Austausch, Handhabung und Visualisierung dieses Datensatzes wird durch die MAC4U-Plattform unterstützt.

Die Produktentwicklung wird von der Rolle des **Auftraggebers** angestoßen. Der Auftraggeber initiiert, überwacht und steuert den Wertschöpfungsprozess.

4.1.1 Die Auftragsklärung

Vorgelagerte Schritte der Produktentwicklung, wie die Ideenfindung, die Erstellung von Lasten- und Pflichtenheften, die Erstellung von Marktstudien sowie von Businessplänen, finden außerhalb der aus Market Place und Kiosk bestehenden Plattform statt. MAC4U beschreibt und unterstützt im Rahmen der Produktentwicklung den Prozess der Auftragsvergabe und bildet anhand des angelegten Auftrages den Workflow über den Verkaufsprozess bis hin zum Produktionsprozess ab.



Abbildung 3: Prozesse der MAC4U-Plattform

Im ersten Schritt der hier betrachteten Produktentwicklung findet die **Auftragsklärung** statt. Der Auftraggeber erarbeitet dazu gemeinsam mit dem Additive Manufacturer alle nötigen Informationen und Daten, die in der sog. **Master-Vorlage** zusammengefasst werden.

Diese bildet dann die Grundlage zur Erstellung des Masters, also dem Datensatz des Accessory als Ausgangsbasis für den Druck. Dabei wird auch der Umfang der geplanten Individualisierungsmöglichkeiten definiert. Ein weiterer Aspekt der Auftragsklärung ist es, das geeignete Herstellungsverfahren und die entsprechenden Materialien auszuwählen. Ebenso muss eine eventuelle Nachbearbeitung oder Veredelung des Produktes abgesprochen werden. Der Auftraggeber muss i.d.R. auch weitere technische Anforderungen und Standards an das Endprodukt kommunizieren.

Inhalte der Mastervorlage am Beispiel eines Schaltknaufs:

- ▶ Informationen zur Geometrie des Schaltknaufs
- ▶ Informationen zu Individualisierungsoptionen, welche die Endkunden am Kiosk vornehmen können (wie Logos, Texte, Vorgaben zu Textfeldern und Textgröße)
- ▶ Additive-Manufacturing-Richtlinien, die der Engineering Designer beachten muss, z.B. min. Wandstärke, max. Wandstärke, abhängig vom Verfahren und Material (Verfahrensbeschreibung)

Im Beispiel des Schaltknaufs können dies z.B. eine Vorauswahl von geeigneten Kunststoffmaterialien und Druckverfahren sein.

Im Anschluss an die Auftragsklärung legt der Auftraggeber auf Basis der Master-Vorlage im Market Place einen Auftrag für die Entwicklung des Masters für den zu produzierenden Schaltknau an.

4.1.2 Die Entwicklung des Masters

Mit diesem Schritt beginnt die eigentliche Umwandlung des bisherigen Serienprodukts in ein spezifisch an die jeweiligen Kundenwünsche angepasstes Produkt.

Auf Basis der Master-Vorlage des Auftraggebers kann ein Ingenieur oder Designer, zusammengefasst in der Rolle des sog. **Engineering Designer**, mit der Entwicklung des Masters beginnen. Auf der Basis der Master-Vorlage erstellt der Engineering Designer nun mit einer Software den Master mit den gewünschten Freiheitsgraden zur späteren Individualisierung. Zentral sind hier die sogenannten Konfigurations- und Validierungspunktekonzepte.

Konfigurationspunkte definieren dabei Freiheitsgrade in einem Accessory-Datensatz, auch als 3D-Druck-Datensatz zu verstehen. **Validierungspunkte** stellen Mechanismen zur Verfügung, um die so gewonnen Freiheitsgrade exakt definiert zu begrenzen. Beide entfalten ihre Wirkung erst später im Verkauf. Dort erlauben Konfigurationspunkte komplexe Individualisierungen auch in der Geometrie (im 3D-Modell) auf einfache Art und Weise durch den Kunden. Gleichzeitig ermöglichen Validierungspunkte über verschiedene Individualisierungen hinweg, Limitierungen aufgrund von Einschränkungen bei Druckbarkeit, Sicherheitsbestimmungen etc. durchzusetzen.

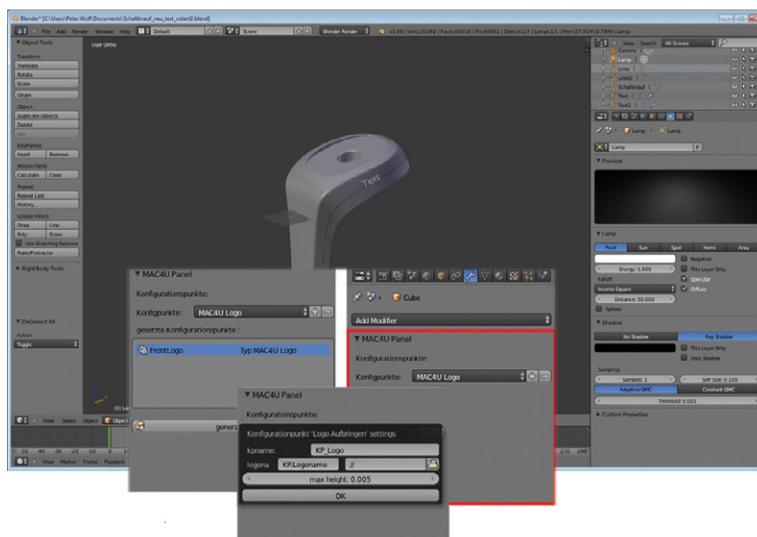


Abbildung 4: Konfigurationspunkte in Blender aufbringen

Innerhalb der MAC4U-Plattform stehen bereits verschiedene Arten von Konfigurations- und Validierungspunkten zur Verfügung. Diese werden als Optionen der Bedienoberfläche der 3D-Grafiksoftware Blender[®] angeboten. Der Engineering Designer kann zum Beispiel den Konfigurationspunkt „Text“ oder „Logo“ auf das 3D-Modell setzen, um die spätere Anbringung des Kundennamens und eines Logos im Individualisierungsprozess zu ermöglichen (siehe Abbildung 4). Die Validierungspunkte sorgen in diesem Fall dafür, dass die Textlänge nicht über die Oberfläche des Schaltknaufs ragt. Somit wird bereits eine automatisierte Machbarkeitsprüfung implementiert. Zusätzlich kann es Konfigurationspunkte geben, die ein Verschieben, Vergrößern und Verkleinern sowie die Prägung eines Schriftzugs erlauben.

Nach Abschluss der Entwicklung des Masters lädt der Engineering Designer den Master in den Market Place hoch. Danach beginnt ein zweistufiges Prüfverfahren.

4.1.3 Die Masteranalyse

In der Masteranalyse für das Produkt (hier Schaltknauf) wird der Druckdatensatz mit seinen Freiheitsgraden auf Praxistauglichkeit, technische Herstellbarkeit sowie auf sicherheitstechnische und rechtliche Unbedenklichkeit überprüft. Dies geschieht über eine zweistufige Machbarkeitsanalyse.

Durch einen 3D-Druck-Experten, oder den Additive Manufacturer selbst, wird zuallererst die Druckbarkeit geprüft. Im Anschluss erfolgt die Prüfung weiterer Kriterien, wie zum Beispiel Sicherheit, Praxistauglichkeit etc. durch entsprechende externe Prüfer.

Hier liegt nun die Besonderheit der MAC4U-Plattform, nämlich die bereits im Vorfeld der Produktion zu durchlaufenden Qualitätssicherungsprozesse. So werden Überprüfungen des individualisierbaren Schaltknaufs im eigentlichen Produktionsprozess später überflüssig bzw. automatisiert. Dazu wurden, wie bereits erläutert, die Konfigurationspunkte mit den individualisierbaren Parametern sowie die Validierungspunkte so festgelegt, dass sie in der Masteranalyse bereits in allen extremen Ausprägungen überprüfbar sind. In dieser Phase können die Prüfer die Freiheitsgrade in ihren Extremen modifizieren und sie dann in einer herkömmlichen Datei in einem Standarddruckformat (STL-Druckdatei) herunterladen und entsprechend prüfen.

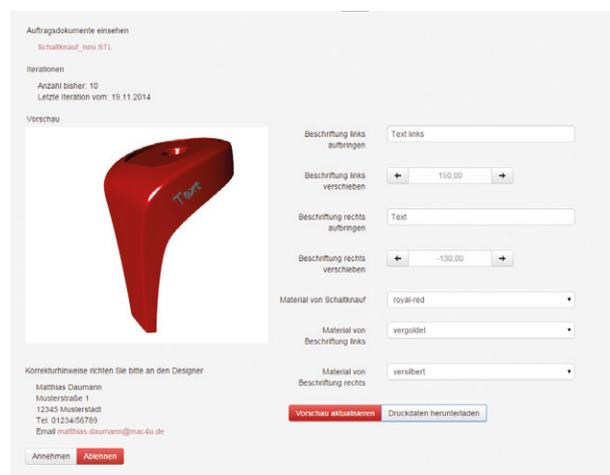


Abbildung 5: Werkzeug zur Erstellung von Druckdaten

Die Überprüfungen und Kontrollen erfolgen so lange bis die Praxistauglichkeit des Produkts einwandfrei festgestellt wurde sowie sämtliche technischen und rechtlich-normativen Vorgaben erfüllt sind. Im Falle eines fehlerhaften Masters erhält der Engineering Designer einen Korrekturauftrag, den er erneut annehmen und gemäß den entsprechenden Korrekturanweisungen durchführen muss.

Schließlich wird der Master durch den Auftraggeber endgültig freigegeben und es entsteht ein **geprüfter Master**.

4.2 Angebotsverwaltung

Sobald der Master nach der Masteranalyse endgültig freigegeben ist, kann das Accessory, das durch den geprüften Master repräsentiert wird, in den Verkauf. Dazu muss es in das Verkaufsangebot eines Kiosks übernommen werden.

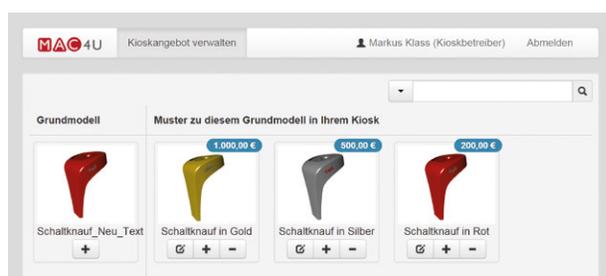


Abbildung 6: Master und seine instanziierten Kiosk-Muster

Als Teil der Angebotsverwaltung können die Freiheitsgrade im geprüften Master durch den **Kioskbetreiber** mit initialen Werten versehen werden. Ein geprüfter Master kann dabei auch mehrmals „instanziiert“ werden. Dadurch entstehen Produktvarianten, die den Bedürfnissen und Vorlieben der Endkunden des Kioskbetreibers entsprechen. Der so entstandene Datensatz heißt Kiosk-Muster (siehe Abbildung 6).

Im **Kiosk-Muster** sind alle Freiheitsgrade durch Initialwerte belegt. So lässt sich das sichtbare Angebot im Verkauf nach den Wünschen des Verkäufers gestalten. Die Initialwerte der Freiheitsgrade der Kiosk-Muster sind natürlich nicht fixiert. Alle Belegungen lassen sich später im Verkaufsprozess durch den Kunden immer noch ändern.

Anhand dieser verschiedenen Musterangebote wird der Endkunde im Verkaufsprozess über die Kiosk-Geräte seine konkreten Individualisierungswünsche vornehmen, bevor er seinen ganz persönlichen Schaltknauf bestellt.

4.3 Verkaufsprozess

Im Verkauf findet nun die eigentliche Anpassung des Produkts an die spezifischen Bedürfnisse des Kunden statt. Die hierfür erforderliche Individualisierung der Kiosk-Muster nimmt der **Verkäufer** des Produkts zusammen mit dem Kunden vor.

Entsprechend dem bereits eingangs erläuterten Modell des Blended Shopping bietet der MAC4U-Ansatz eine Kombination aus Online-Shopping und Ladenverkauf. Zusätzlich zum softwareseitig unterstützten Angebot befindet sich im Verkaufslokal ein Musterkoffer mit 3D-gedruckten Beispielprodukten zur Demonstration verschiedener Oberflächenbeschaffenheiten, Veredelungsmöglichkeiten und anderen Produkteigenschaften, die der Kunde anfassen und ausprobieren kann. Dies vermittelt dem Kunden einen Eindruck des realen Endprodukts und bietet ihm somit ein umfassenderes Einkaufserlebnis.

Der Verkäufer im Verkaufslokal kann nun im Kundengespräch die Präferenzen des Kunden herausfinden. Dazu gehen Kunde und Verkäufer gemeinsam mit Hilfe des Kiosks, der i.d.R. ein Tablet darstellt, die Produktauswahl durch. Der Kunde wählt dabei Kiosk-Muster aus einer Galerie, dem sog. „Showroom“, zur weiteren Individualisierung aus.

4.3.1 Kunden-Muster-Erstellung

Im ersten Schritt werden dem Kunden die Kiosk-Muster über einen **Showroom** angeboten (siehe Abbildung 7). Im Kundengespräch ermittelt der Kiosk-Betreiber die speziellen Wünsche und Vorstellungen des Kunden. Die vom Kunden bevorzugten Modelle können als „Favoriten“ markiert und in einer eigenen Kollektion gesammelt werden (siehe Abbildung 8).

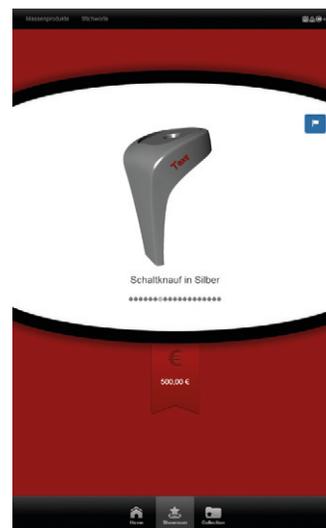


Abbildung 7: Nutzerschnittstelle Kiosk, Showroom

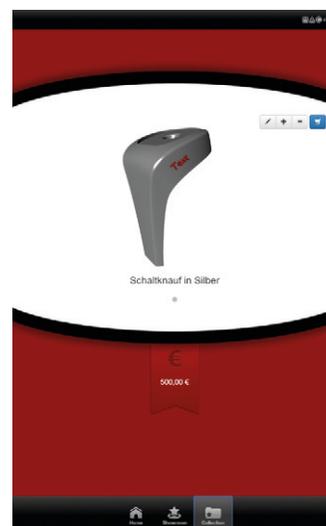


Abbildung 8: Nutzerschnittstelle Kiosk, Kollektion

Aus den in der Kollektion gesammelten und vom Kunden favorisierten Modellen wählt der Verkäufer zusammen mit dem Kunden ein Kiosk-Muster zur weiteren Individualisierung aus. Durch die Individualisierung werden die Kiosk-Muster zu **Kunden-Mustern** (siehe Abbildung 9). Die Individualisierung erfolgt durch eine einfach zu bedienende Nutzerschnittstelle mit integrierter 3D-Vorschau.



Abbildung 9: Nutzerschnittstelle Kiosk, Konfigurator

Die vom Kunden favorisierten Änderungen und Ergänzungen werden mit einer „automatisierten Machbarkeitsprüfung“ direkt im Hinblick auf Herstellbarkeit und mögliche Konstruktionsfehler analysiert. Dies erfolgt auf Basis der zuvor angelegten und geprüften Validierungspunkte.

Da einige Materialeigenschaften wie Oberflächenbeschaffenheit oder ergonomische Formen nur schwer in der Vorschau im Kiosk visualisierbar sind, dient der physische Musterkoffer zur Demonstration und als Entscheidungshilfe für den Kunden. Diese so gewählten Eigenschaften können dann in der Individualisierungsphase im Kiosk ausgewählt werden.

4.3.2 Bestellung

Im Rahmen der Bestellung werden alle produktions- und auftragsrelevanten Informationen in der digitalen **Auftragstasche** gesammelt und über den Market Place an den Additive Manufacturer geschickt. Bei der Auftragstasche handelt es sich um eine Datei, die alle relevanten Informationen beinhaltet.

In diesem Beispiel des Schaltknaufts handelt es sich einerseits um die Kiosk-Auftragsdaten (Name und Adresse, Bankverbindung, Ansprechpartner) und die Produktionsauftragsdaten (Druckdatei, z.B. im Additive Manufacturing gängigen STL-Format, des Kundenmusters des Schaltknaufts, Stückzahl, Materialwunsch, Preis). Die Datei wird zwischen der Dateiverwaltung des Kiosk und des Additive Manufacturers ausgetauscht.

4.4 Produktionsprozess

Das im Kiosk fertig zusammengestellte und ausgewählte Accessory kann nun in die Produktion gehen. Durch die automatisierte Machbarkeitsprüfung wurden die übermittelten Druckdateien bereits während der Individualisierung geprüft. Dies stellt eine fehlerfreie Generierung des endgültigen Druckdatensatzes sicher. Der Additive Manufacturer erhält letztendlich die Daten zum Drucken, so wie er es auch bei Nicht-MAC4U-Produktionen erhält. Standardmäßig überprüft er diese Daten vor dem Druck auf Fehler. Falls doch noch Fehler vorhanden sein sollten, korrigiert er diese. Eine Korrektur erfolgt dabei durch Standardwerkzeuge, die auch im normalen Tagesbetrieb zum Einsatz kommen.

Im Anschluss werden die übermittelten Druckdaten vom Additive Manufacturer im 3D-Druckverfahren ausgedruckt (siehe Abbildung 10). Zunächst wird im Rahmen der Herstellung ein Rohling des Produkts erzeugt. Nach dem Druck wird dieser Rohling den Vorgaben des Kunden entsprechend nachbearbeitet, aufbereitet und nach den Vorgaben ggf. veredelt. Das fertige individualisierte Produkt wird anschließend dem Kunden zur Verfügung gestellt. Im Fallbeispiel wird der Schaltknopf an die Verkaufsstelle geschickt und dort in das Kundenfahrzeug eingebaut.

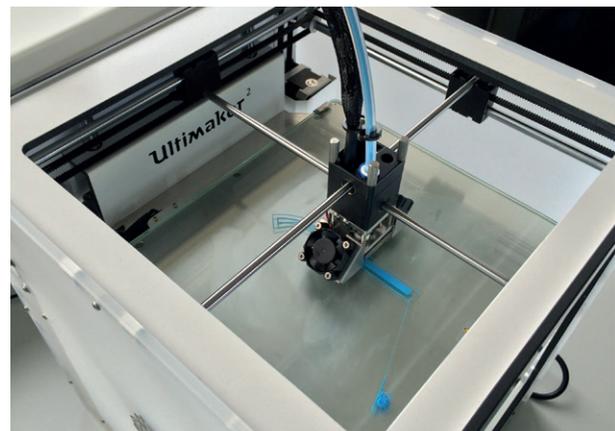


Abbildung 10: 3D-Drucker im Betrieb

5 Technischer Teil

Kapitel 4 hat neben den wesentlichen Abläufen bereits einige wichtige Rollen, Konzepte und Begriffe eingeführt. Kapitel 5 greift diese Begriffe auf und stellt ihren formalen und technischen Hintergrund dar.

5.1 Rollenverteilung, Aufgaben und Prozesse

Das MAC4U-Konzept stützt sich auf ein Rollenmodell. Rollen sind verknüpft mit verschiedenen Aufgaben die innerhalb der in Kapitel 4 dargestellten Abläufe anfallen (siehe Abbildung 11). Werkzeuge und Nutzerschnittstellen sind eng auf die verschiedenen **Rollen** zugeschnitten. In einem konkreten Anwendungsfall können verschiedene Akteure die definierten Rollen einnehmen. Die folgende Tabelle zeigt die Zusammenhänge zwischen Rollen, Aufgaben und Abläufen, die bereits in Kapitel 4 angesprochen wurden.

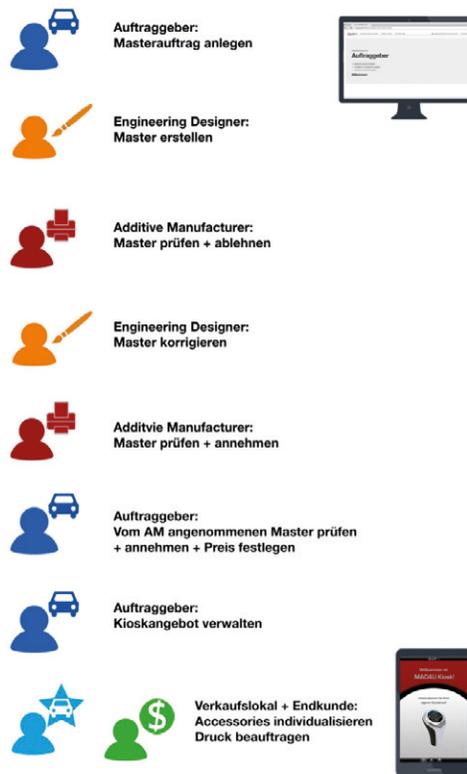


Abbildung 11: Akteure im MAC4U-System

Rolle	(Teil-) Prozess	Aufgaben
Auftraggeber	Master-Auftragsklärung	Aufträge anlegen
	Entwürfe prüfen	Entwürfe prüfen
Engineering Designer	Master-Auftragsannahme	Aufträge annehmen
	Master-Erstellung	Entwürfe einreichen
Additive Manufacturer	Machbarkeitsanalyse	Entwürfe prüfen
	Produktionsprozess	Druckaufträge entgegennehmen
Externer Prüfer	Machbarkeitsanalyse	Entwürfe prüfen
Kioskbetreiber	Kiosk-Muster-Erstellung	Kioskangebot verwalten
Verkäufer mit Kunde	Verkaufsprozess	Produktangebot sichten
		Vorauswahl treffen
		Individualisieren
		Kaufen

5.2 Systemgrobspezifikation

Der technische Teil des MAC4U-Systems gliedert sich in die bereits bekannten Komponenten Market Place und Kiosk sowie einer zusätzlichen Komponente im Hintergrund, dem Production Connector (siehe Abbildung 12).

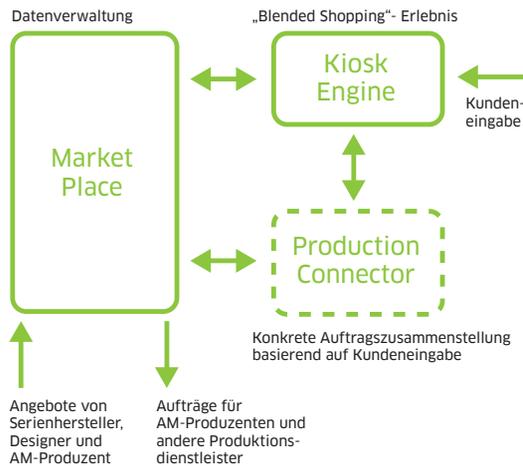


Abbildung 12: Schematische Darstellung der MAC4U-Komponenten

Beim Market Place handelt es sich um das zentrale Online-Portal aller in MAC4U integrierten Dienstleister. Der Market Place soll dabei den Austausch von relevanten Informationen zur Erbringung der MAC4U-Dienstleistung im Ökosystem der Dienstleister unterstützen. Über ihn erfolgt der Transfer von MAC4U-spezifischen Dokumenten zwischen den verschiedenen Parteien, die unter anderem am Produktentwicklungsprozess beteiligt sind.

Bei dem Kiosk handelt es sich um eine einfach zu bedienende Software- und Hardwarekombination, die sich im Verkaufsraum an den Endkunden bzw. einen Verkäufer richtet. Die Sichtung des Produktangebotes und die Individualisierung des Accessory werden zentral durch den Kiosk im Verkaufsgespräch zwischen Endkunde und Verkäufer unterstützt. Wesentliche Aufgabe des Kiosks ist es, die Darstellung und einfache Manipulation von 3D-Modellen zu ermöglichen. Dies wird durch das Konzept der Konfigurations- und Validierungspunkte unterstützt.

Market Place und Kiosk stehen mit dem Production Connector eine Server-Komponente zur Verfügung, die Möglichkeiten der 3D-Manipulation bietet. Diese Funktionalität wird durch die Automatisierung des 3D-Modellierungstools Blender mit Hilfe von Python-Skripten ermöglicht.

5.2.1 Detaillierte Übersicht

0. Master-Auftragsklärung

Die Master-Auftragsklärung gehört im engeren Sinne nicht zum MAC4U-Workflow, da sie softwareseitig nicht unterstützt wird.

Der Auftraggeber (z.B. der MassenproduktHersteller für Automobile) teilt dem Additive Manufacturer außerhalb der Plattform mit, welche Art von Master mit welchen Individualisierungsmöglichkeiten (Konfigurationspunkten) er benötigt, um die Wünsche seiner Kunden zu erfüllen.

Sie sprechen einen Grundpreis für den Master ab, der Produktionskosten des Additive Manufacturer deckt und Marktforschungskosten des Auftraggebers. Auf den Grundpreis erfolgen Aufschläge durch die spätere Individualisierung über die Nutzung von Konfigurationspunkten und durch Veredelungswünsche. Auftraggeber und Additive Manufacturer beschaffen die nötigen 3D-Daten für die Master-Vorlage.

Sie sprechen ab, mit welchen Verfahren das Produkt hergestellt werden soll, sowie welcher Kioskbetreiber die Angebotsverwaltung über den Market Place übernehmen soll und welche Verkaufslöke über den Kiosk auf dieses Sortiment zugreifen können.

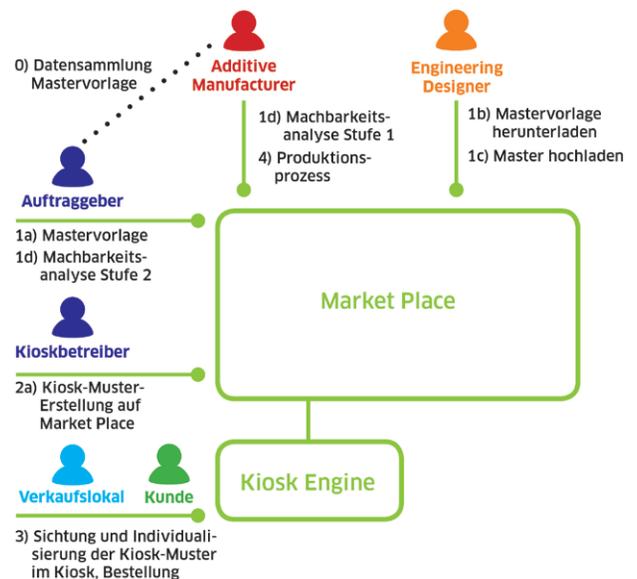


Abbildung 13: Akteure und Prozesse

1. Master-Entwicklungsprozess

1a) Master-Auftragsanlegung

Der Auftraggeber (AG) wählt eine Bezeichnung für den Auftrag. Er legt fest, für welche Massenprodukte das Accessory kompatibel sein soll (z.B. Accessory „Schaltknopf“ für den BMW1er).

Der AG lädt die Master-Vorlage hoch und beauftragt einen bestimmten Engineering Designer mit der Fertigung eines Masters. Der AG vergibt Zugriffsberechtigungen für Kioskbetreiber und Verkaufslokale.

1b) Master-Auftragsannahme

Der Engineering Designer sieht die Aufträge verschiedener Auftraggeber ein und entscheidet, welche er annimmt und welche nicht. Nachdem der Engineering Designer den Auftrag angenommen hat, lädt er die Master-Vorlage des Auftraggebers herunter.

1c) Master-Erstellung

Der Engineering Designer erstellt aus den heruntergeladenen Informationen mit seiner Software den Master mit den gewünschten Konfigurations- und Validierungspunkten und lädt ihn auf dem Market Place hoch.

1d) Machbarkeitsanalyse

Es folgt die zweistufige Machbarkeitsanalyse des Masters durch den Additive Manufacturer und den Auftraggeber oder ggf. einen externen Prüfer.

Diese zweistufige Prüfschleife erfolgt so lange bis alle Prüfrichtlinien erfüllt sind. Im Fall eines fehlerhaften Masters erhält der Engineering Designer vom Prüfer einen Korrekturauftrag, zu dem er einen korrigierten Master hochladen muss. Weitere Kommunikation bzgl. des Korrekturauftrags kann außerhalb des Market Place erfolgen.

Nach erfolgreicher Freigabe des Masters durch den Additive Manufacturer und den Auftraggeber ist der Master-Entwicklungsprozess abgeschlossen.

2. Kiosk-Muster-Erstellung

Konfiguration von Kiosk-Mustern auf dem Market Place (Auftraggeber)

Der Kioskbetreiber erstellt im Market Place Kiosk-Muster aus den freigegebenen Masters, indem er die Konfigurationspunkte des Masters mit Parametern belegt.

Mit dem aktuellen Demonstrator ist beispielhaft ein Sortiment für ein Verkaufslokal mit gegebenenfalls mehreren Kiosk-Geräten möglich.

3. Verkaufsprozess

3a) Angebot der Kiosk-Muster an den Kunden

Der Verkäufer im Verkaufslokal kann nun im Kundengespräch die Präferenzen des Kunden herausfinden. Er wählt Kiosk-Muster aus dem Showroom des Kiosks zur weiteren Individualisierung aus.

Zusätzlich zum softwareseitig unterstützten Angebot befindet sich im Verkaufslokal ein Musterkoffer mit 3D-gedruckten Beispielprodukten zur Demonstration verschiedener Oberflächenbeschaffenheiten, Veredelungsmöglichkeiten, die der Kunde anfassen und ausprobieren kann, um ihm einen Eindruck des realen Produkts zu vermitteln und ihm somit ein umfassenderes Einkaufserlebnis zu bieten.

3b) Kunden-Muster-Erstellung

Mit den entsprechenden UI-Bedienelementen des Kiosks belegt der Verkäufer die Konfigurationspunkte des Kiosk-Musters mit Parametern entsprechend der individuellen Kundenwünsche.

Eine 3D-Vorschau des individualisierten Produkts wird im Kiosk dargestellt. Die jeweiligen Änderungen des Kiosk-Musters werden direkt hinsichtlich der Bau- und Machbarkeit analysiert.

Auswahl von Material, Oberflächenbeschaffenheit, Farbe (Veredelungswünsche) werden teilweise in der Vorschau visualisiert und können über den physischen Musterkoffer wahrgenommen werden.

3c) Bestellung

Nach Angabe der Anzahl der gewünschten Accessories werden alle auftrags- und produktionsrelevanten Informationen in der digitalen Auftrags tasche gesammelt und an den Market Place zum Sichten durch den Additive Manufacturer geschickt.

4. Produktionsprozess

4a) Druckvorbereitung

Vor der Fertigung werden die Druckdaten durch den Additive Manufacturer noch einmal überprüft und evtl. korrigiert. Eine eventuelle Korrektur verläuft i.d.R. ohne weitere Einbeziehung des Market Place oder des Verkaufslokals bzw. des Kunden. Hiernach erfolgt die Ausrichtung im Bauraum.

4b) Druck- und Drucknachbearbeitung

Herstellung des Accessory-Rohlings durch standardmäßige AM-Verfahren.

4c) Veredelung

Nach dem Druck wird der Accessory-Rohling entsprechend des Kundenwunsches nachbearbeitet und aufbereitet, um als fertiges Accessory anschließend zum Verkaufslokal oder direkt zum Kunden geschickt zu werden.

Je nach Möglichkeit übernimmt der Additive Manufacturer die Veredelung selbst oder beauftragt eine weitere Firma. Dieser Prozess der Veredelung wird innerhalb von MAC4U als „Black Box“ betrachtet.

5.3 Zustände des Accessory-Datensatz

Der **Accessory-Datensatz** durchläuft mehrere Zustände (siehe Abbildung 14), die nacheinander durch Bearbeitung der Dateien durch die verschiedenen Akteure entstehen.



Abbildung 14: Überblick über die Entwicklung der Accessory-Datensätze

Zunächst erzeugt der Engineering Designer aus der **Master-Vorlage** (Dokumente und Dateien des Auftraggebers zum Erstellen eines Masters) den **Master**. Das heißt, einen Datensatz der zur Produktion des Accessory benötigt wird, der aber noch Freiheitsgrade für Individualisierung bietet.

Der Kioskbetreiber erstellt auf dem Market Place beispielhafte **Kiosk-Muster** für den Kiosk.

Das Verkaufslokal nimmt dann im Kiosk mit dem Kunden weitere Individualisierungen der Kiosk-Muster vor. Durch die Individualisierung werden die Kiosk-Muster zu **Kunden-Mustern**. Die daraus durch den Production Connector generierten Druck- und Fertigungsdaten (druckbare STL-Datei und XML-Datei mit auftrags- und produktionsrelevanten Daten) werden als Teil der Auftragstasche dem Additive Manufacturer schließlich über den Market Place übermittelt. Das vom Additive Manufacturer hergestellte und nachbearbeitete Produkt wird als Accessory bezeichnet.

5.4 Konfigurations- und Validierungspunkte

Zum 3D-Druck wird ein 3D-Druckdatensatz benötigt. Zentrales Element bildet hier ein Format, welches Geometrie-Informationen speichert, wie z.B. das STL-Format. Man spricht bei 3D-Geometrie-Informationen auch von einem 3D-Modell. Das 3D-Modell ist die entscheidende Information, die zum Druck benötigt wird. Möchte man eine Individualisierung der Geometrie, muss das 3D-Modell verändert werden.

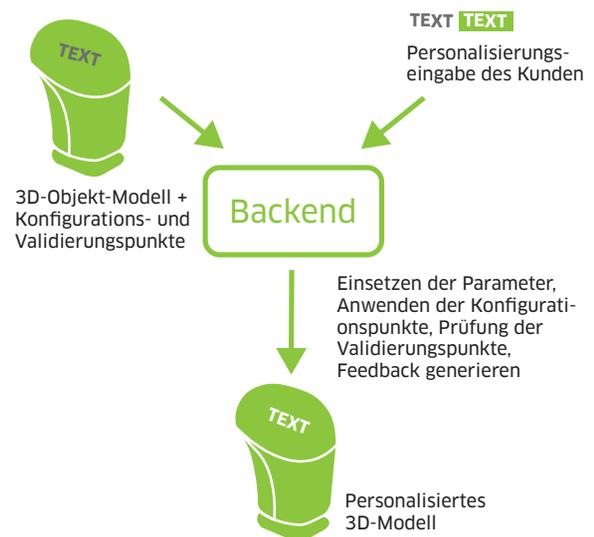


Abbildung 15: Konfigurations- und Validierungspunkte

Der Endkunde verfügt in der Regel allerdings nicht über die technischen und gestalterischen Fähigkeiten, um ein 3D-Modell zu bearbeiten und zu individualisieren. Das Ziel ist es, ihm dies ohne die direkte Verwendung von 3D-Modellierungstools intuitiv zu ermöglichen. Durch das Konzept der Konfigurations- und Validierungspunkte kann dies geschehen (siehe Abbildung 15).

Individualisierungsschritte werden durch Konfigurationspunkte auf 3D-Modellierungsaufgaben abgebildet, die vollautomatisch ausgeführt werden können. Bei den Konfigurationspunkten handelt es sich also im Wesentlichen um parametrisierte Makrooperationen, die, wenn sie mit den richtigen Parametern aufgerufen werden, automatisiert Änderungen im 3D-Modell vornehmen. So kann z.B. das Aufbringen eines Schriftzuges auf eine bestimmte Fläche komplett mit einer Makrooperation abgebildet werden (siehe Abbildung 16). Um das entsprechende Ergebnis zu erreichen, muss lediglich die Makro-Operation mit den richtigen Parametern (Schriftzug und Fläche) aufgerufen werden.

```

93
94 def moveIdObject(objId, value, axis):
95     try:
96         if axis == "x":
97             getObj(objId).location.x += value / 10
98         elif axis == "y":
99             getObj(objId).location.y += value / 10
100        else:
101            getObj(objId).location.z += value / 10
102        except:
103            pass
104
105 def setCustomText(objId, text):
106     try:
107         getObj(objId).data.body = text
108     except:
109         pass
110
111 def setHidden(objId, isHidden):
112     try:
113         if isHidden:
114             selectObj(objId)
115             bpy.ops.object.delete()
116     except:
117         pass
118
119 def rotateVertices(objId, groupName, value, axis):
120     try:
121         selectObj(objId)
122         bpy.ops.object.editmode_toggle()
123         bpy.ops.object.vertex_group_set_active(group=groupName)
124         bpy.ops.object.vertex_group_select()
125         rotateSelected(value, axis)
126         bpy.ops.object.editmode_toggle()
127     except:
128         pass
129
130 def rotateObject(objId, value, axis):

```

Abbildung 16: Beispiele einiger Makrooperationen

Der Engineering Designer legt die Individualisierungsmöglichkeiten (oder Konfigurationspunkte) auf Basis einer Menge von vorhandenen Bausteinen fest. Toolunterstützung in diesem Schritt ist möglich und wurde im Projekt prototypisch für die Blender-Plattform umgesetzt.

Der Kunde am Kiosk kann dann die Individualisierungsmöglichkeiten durch einfache Werte-Eingabe wahrnehmen. Dazu werden dem Kunden automatisch generierte UI-Elemente zur Verfü-

gung gestellt. Die UI-Elemente werden auf Basis der Konfigurationspunkte erstellt. Gibt es z.B. einen Konfigurationspunkt zum Aufbringen eines Schriftzuges, wird ein entsprechendes UI-Element zur Eingabe eines Textes generiert. Die Personalisierung wird danach vollautomatisch im 3D-Modell umgesetzt.

Die Individualisierung am Kiosk durch den Kunden kann eine Kombination von verschiedenen Konfigurationspunkten erfordern. Aufgrund von komplexen Abhängigkeiten zwischen Konfigurationspunkten muss die Druckbarkeit nach erfolgter Kundeneingabe nochmals überprüft werden. Das Validierungspunktekonzept erlaubt es, diese Prüfung ebenfalls zu automatisieren und unmittelbar Rückmeldung zu geben.

Die grundlegenden Konzeptbausteine sind:

- ▶ Ein 3D-Objekt-Format, welches mit einer Software manipuliert werden kann, die für die Anwendungsfälle sinnvolle Operationen auf den 3D-Objekten anbietet (z.B. Blender in Kombination mit dem Blender-Format).
- ▶ Ein Format zur Spezifikation von Konfigurations- und Validierungspunkten, innerhalb derer auf 3D-Objekte und 3D-Operationen (Konfigurationspunkte/ Makrooperationen) verwiesen werden kann.
- ▶ Eine aus der Beschreibung der Konfigurationspunkte automatisiert generierte, kundengerechte UI zur Wahrnehmung der Individualisierungsmöglichkeiten durch den Kunden.
- ▶ Die automatische Anwendung der Konfigurations- und Validierungspunkte in Kombination mit den Kundeneingaben auf das 3D-Objekt-Modell.
- ▶ Die unmittelbare Feedback-Generierung für den Kunden.

5.5 Datenformate

Zum MAC4U-Datenfluss gehören alle Daten, die im MAC4U-Workflow anfallen, d.h. von den Inhalten der Master-Vorlage bis zu den Inhalten der Bestellung im Kiosk an den Additive Manufacturer. Im Folgenden werden die zentralen Formate für die Serialisierung der Konfigurations- und Validierungspunkte sowie für die Auftrags tasche erläutert.

5.5.1 Konfigurationspunkte und Validierungspunkte

Die Konfigurations- und Validierungspunkte werden derzeit im JSON-Format (JavaScript Object Notation) serialisiert da es eine einfache Darstellung ermöglicht. Eine Serialisierung in ein anderes Datenformat wie z.B. XML (Extensible Markup Language) ist möglich.

Auf oberster Ebene werden ein Client-, ein Backend- und ein Validation-Abschnitt definiert. Der Client-Abschnitt definiert die UI-Elemente, die für die Nutzung der Konfigurationspunkte im Market Place oder Kiosk eine Rolle spielen. Der Backend-Abschnitt definiert Parameter der Konfigurationspunkte, die bei Umsetzung der 3D-Automatisierung notwendig sind. Der Validation-Abschnitt beschreibt die verwendeten Konfigurationspunkte. Bei allen Elementen handelt es sich um listenwertige Elemente, die in JSON auch Arrays genannt werden.

```
{
  „client“: [...]
  „backend“: [...]
  „validation“: [...]
}
```

Im Client-Teil folgt eine Beschreibung der Konfigurationspunkte. Jeder Konfigurationspunkt wird mit Name, Typ und für die Darstellung oder Erzeugung der UI-Elemente notwendigen Parametern beschrieben. In JSON ist jeder Konfigurationspunkt als ein Objekt definiert. Die einzelnen Parameter entsprechen Objekt-Attributen.

```
{
  „client“: [
    {
      „name“: „Beschriftung“,
      „type“: „customText“,
      „value“: „
    },
  ],
```

```
{
  „name“: „Beschriftung verschieben“,
  „type“: „move1D“,
  „axis“: „x“,
  „min“: -10,
  „max“: 10,
  „step“: 1
},
{
  „name“: „Logo“,
  „type“: „customLogo“
},
{
  „name“: „Material“,
  „type“: „material“,

  „options“: [„royal-red“, „orchid-orange“,
  „passion-pink“, „versilbert“, „vergoldet“],

  „value“: „royal-red“
}]
... }
```

Die Namen-Werte entsprechen dabei konzeptuell IDs und werden zur Identifikation zusammengehöriger Elemente zwischen den einzelnen Bereichen (Client, Backend, Validation) benutzt. Namen im Backend-Teil und Namen im Client-Teil müssen übereinstimmen, falls sie gleiche Konfigurationspunkte beschreiben. Der Typ-Wert muss mit einem verfügbaren Konfigurationspunkt übereinstimmen. Je nach gewähltem Typ müssen weitere Werte definiert werden, um eine korrekte Erstellung der UI-Elemente zu gewährleisten. Dazu gehören z.B. initiale Werte (customText-value), Min- und Max-Werte und Schrittlänge bei Schieberegler-Elementen (min/max/step), eine Achsen-Bezeichnung bei Konfigurationspunkten, die auf einer Achse arbeiten (axis) oder eine Liste von möglichen Alternativen von Material-Optionen eines Konfigurationspunkts. Alle Werte werden in Absprache zwischen Engineering Designer, Auftraggeber und Additive Manufacturer festgelegt und vom Engineering Designer (mit Tool-Unterstützung) in die JSON-Datei eingetragen. Die konkreten Werte hängen dabei auch vom zugrundeliegenden Modell ab. MACU4 generiert auf Basis der oben dargestellten Konfigurationspunkt-Beschreibung automatisch die entsprechenden UIs in Market Place (zur Prüfung der

extremen Ausprägungen in der Masteranalyse oder der Kiosk-Muster-Erstellung) und Kiosk (zur einfachen Individualisierung durch den Kunden).

Im Backend-Teil erfolgt ebenfalls eine Beschreibung der Konfigurationspunkte. Hier werden allerdings die Informationen beschrieben, die für die Anwendung der Konfigurationspunkte auf das 3D-Modell wichtig sind wie z.B. Extrusionsfaktor, Farbcode etc.

```
{ ...
  „backend“: [
    {
      „name“: „Beschriftung“,
      „type“: „customText“,
      „subject“:
        {
          „type“: „object“,
          „objectId“: „Text“
        }
    },
    {
      „name“: „Beschriftung verschieben“,
      „type“: „move1D“,
      „axis“: „x“,
      „subject“:
        {
          „type“: „object“,
          „objectId“: „Text“
        }
    },
    {
      „name“: „Logo“,
      „type“: „customLogo“,
      „logold“: „logo“,
      „extrusion“: 0.06,
      „subject“:
        {
          „type“: „object“,
          „objectId“: „Plane“
        }
    }
  ],
}
```

```
{
  „name“: „Material“,
  „type“: „material“,
  „subject“:
    {
      „type“: „objects“,
      „objectIds“: [„Text“, „Body“,
        „Plane“, „logo“]
    },
  „colors“:
    {
      „royal-red“: „(1, 0, 0)“,
      „orchid-orange“: „(1, 0.5, 0)“,
      „passion-pink“: „(1, 0.753,
        0.796)“,
      „versilbert“: „(0.75,0.75,0.75)“,
      „vergoldet“: „(1, 0.843, 0)“
    }
  }
... }
```

Das Subject-Attribut stellt den Verweis auf das im 3D-Datensatz definierte 3D-Objekt dar. Mit Hilfe des Typ- und ObjectId-Attribut kann das 3D-Objekt identifiziert werden, welches durch den Konfigurationspunkt verändert werden muss. Nur der Engineering Designer, der Konfigurationspunkte im 3D-Modellierungswerkzeug aufgetragen hat, kann diese Verbindung vornehmen und die Daten in das JSON-Format eintragen. Auch hier ist natürlich eine Toolunterstützung möglich. Andere Attribute für die Achse (axis) oder die Extrusion müssen je nach Konfigurationspunkt ebenfalls definiert werden.

Im Abschnitt Validation werden die Validierungspunkte beschrieben wie zum Beispiel der Validierungspunkt IsInBound:

```

{ ...
  „validation“: [
    {
      „name“: „Sphere in Bounds“,
      „type“: „isInBound“,

      „message“: „Die Kugel wuerde die
      Wuerfel beruehren“,

      „affects“: [„Kugel verschieben“, „Kugel
      skalieren“],
      „objectId“: „Sphere“,
      „boundId“: „Cube“
    }
  ]
}

```

Die Attribute Objectid und Boundid stellen die Verbindung zum 3D-Object dar. Objectid bezeichnet das 3D-Object, welches innerhalb einer Begrenzung gehalten werden soll. Boundid bezeichnet das 3D-Object, welches die Beschränkung definiert. Message definiert die Nachricht, die dem Nutzer angezeigt wird, wenn die Validierung fehlschlägt. Affects definiert welche Konfigurationspunkte bei fehlgeschlagener Validierung für den Fehler verantwortlich sein könnten und somit keine Gültigkeit mehr besitzen dürfen. Die gesetzten Werte dieser Konfigurationspunkte müssen somit zurückgesetzt werden.

5.5.2 Auftragstasche

Die sogenannte „Auftragstasche“ ist ein digitaler Dateiordner, der zwischen der Dateiverwaltung des Kiosks und des Additive Manufacturers ausgetauscht wird. Sie wird zum Ende des Verkaufsprozesses an den Additive Manufacturer übermittelt. Die Auftragstasche enthält Daten in einer XML-Datei, die für die Produktion und die Auftragsverwaltung erforderlich sind (siehe Abbildung 17). Zusätzlich enthält die Auftragstasche das druckbare STL des erstellten Kunden-Musters.

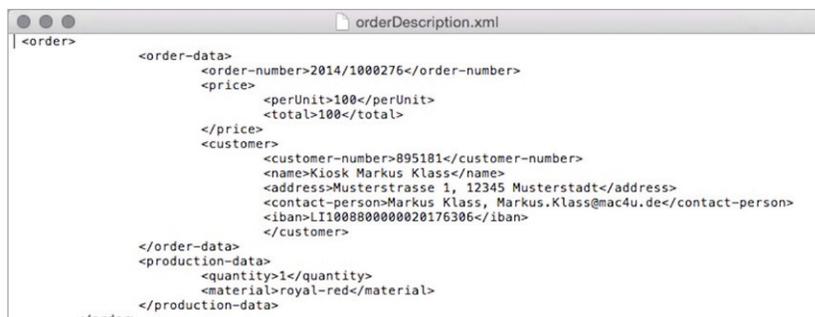


Abbildung 17: Digitale Auftragstasche

Details der digitalen Auftragstasche:

Kiosk-Auftragsdaten

- ▶ Name Kiosk
- ▶ Adresse Kiosk
- ▶ Bankverbindung Kiosk
- ▶ Ansprechpartner
- ▶ E-Mail Ansprechpartner

Produktions-Auftragsdaten

- ▶ Druckdatei des Kunden-Musters im STL-Format
- ▶ Stückzahl
- ▶ Materialwunsch
- ▶ Preis

6 Anhang

6.1 Glossar

Bezeichnung	Beschreibung
A	
Accessory	Physische (gedruckte) und kundenindividualisierte Erweiterung des Massenproduktes, nachdem es einer Drucknachbearbeitung unterzogen wurde
Additive Manufacturer (AM)	Ist ein Fertigungsdienstleister, der individualisierte Massenprodukte (Accessories) druckt. Wird als Plattformbetreiber bezeichnet
Angebot	Kostenvoranschlag inkl. Produktbeschreibung (Geometriedaten, etc.)
Automatisierte Machbarkeitsprüfung	Findet während der Individualisierung im Kiosk statt und orientiert sich an den von Konfigurations- und Validierungspunkten vorgegebenen Einschränkungen
Auftrag	Auftrag 1: vom Auftraggeber an Additive Manufacturer (AM). Auftrag 2: vom AM an Engineering Designer. Auftrag 3: Vom Verkaufslokal geht der Druckauftrag an den AM
Auftraggeber (AG)	Hat i.d.R. die Produktidee und beauftragt den AM mit der Erstellung von individualisierbaren 3D-Modellen. Die Rolle des Auftraggebers können sowohl ein externer AG als auch der Kioskbetreiber oder der AM selbst einnehmen. Er erhält Zugang zum Market Place, von dem aus er seine in Verkaufslokalen befindlichen Kiosks und deren Muster-Angebot verwalten kann.
B	
Betreiber der Plattform (Plattformbetreiber)	Im Sinne von „Eigentümer der Plattform“: Der AM als Betreiber und Inhaber des Gesamtsystems Market Place und Kiosk
Blended Shopping	Integration von traditionellem Ladenverkauf und Verkauf über das Internet
D	
3D-Modell	Dreidimensionale Darstellung eines Accessory inkl. aller geometrischen Ausmaße (HxBxT), offenes Datenformat

Druckdaten	Kunden-Muster als STL-Datei
E	
Engineering Designer (ED)	Erstellt Master aus der Master-Vorlage des AM. Wird vom AM mit der Erstellung beauftragt. Er beherrscht 3D-Authoring-Programme, z.B. Blender.
Externer Prüfer	Kann hinzugezogen werden, um die Realisierbarkeit und Tauglichkeit der vom Engineering Designer entwickelten Modelle für die individualisierten Produkte zu überprüfen, z.B. im Hinblick auf die Einhaltung von Sicherheitsbestimmungen, Patent- und Markenrechten oder Bestimmungen zum Corporate Design
I	
Individualisierung	Die Individualisierung von Kiosk-Mustern im Kiosk. Kiosk-Muster werden nach der Individualisierung zu Kunden-Mustern.
K	
Kiosk-Betreiber (KB)	I.d.R. der Verkäufer, der den Kiosk als Verkaufsraum bedient und dort in Kontakt mit dem Endkunden steht. Der Kiosk wird dem Kioskbetreiber zu diesem Zweck vom Eigentümer der Plattform zur Verfügung gestellt. Der Kiosk-Betreiber nimmt über den Kiosk zusammen mit dem Kunden die Individualisierung des Produkts vor.
Kiosk	Einheit der Plattform. Bietet eine Benutzerschnittstelle zur Individualisierung des Accessory (Hauptfunktion) und Verwaltung von Kundendaten. Wird vom KB bedient und bildet mit dem Market Place ein System.
Kiosk-Muster	Ist ein Beispielexemplar für das Kunden-Muster und wird vom KB erstellt => 3D-Modell + Konfigurationspunkte + Parameter
Kollektion	User Interface des Kiosk zur Ansicht der vom Kunden bevorzugten Kiosk-Muster und der erstellten Kunden-Muster
Konfigurationspunkte (KP)	Individualisierungsmöglichkeiten, die vom Engineering Designer erstmals auf dem Master ohne Parameterbelegung positioniert werden. Auf den Master-Varianten, Kiosk-Mustern und Kunden-Mustern werden die KP mit Parametern belegt.
Kunde	Nutzer/Käufer des Accessory
Kunden-Muster	Basiert auf dem Kiosk-Muster und wird mittels des Kiosk mit den vom Kunden gewünschten Parametern belegt

M

Machbarkeitsanalyse	Prüfung des Masters: zweistufiger Prüfprozess durch AM und AG oder eine ausgewählte externe Person als Zweitprüfer. AM übernimmt die Prüfung der Herstellbarkeit, externer Prüfer übernimmt je nach Fall die Prüfung auf beispielsweise Einhaltung des Corporate Identity, der Sicherheitsrichtlinien etc.
Market Place	Webbasierte Online-Plattform, welche den beteiligten Parteien zum Datenaustausch und zur Weiterleitung und Annahme von Aufträgen im Rahmen des Entwicklungs- und Herstellungsprozesses dient. Folgende Akteure können zugreifen: Der Hersteller des individualisierten Produkts (AM), der Entwickler bzw. Designer des Produkts (ED), der Verkäufer des Produkts (Kioskbetreiber/VL), ggf. externer Prüfer
Mass Customization	Kundenindividuelle Massenproduktion. Der Kunde kann sich in einer Art Baukastensystem aus einer vorgegebenen Auswahl sein individuelles Produkt zusammenstellen.
Massenprodukt	In großen Mengen produziertes und verkauftes Produkt
Master	Konfigurierbares 3D-Modell, das vom ED erstellt wird. Der Master besteht aus einem 3D-Modell + Konfigurationspunkten
Master-Varianten	Konfiguration von Mastern im Zuge der Machbarkeitsanalyse mit Hilfe des Konfigurators im Market Place
Master-Vorlage	Datenpaket, das alle Erstellungsdocumente für den Master enthält: Anforderungen an die Schnittstelle zum Massenprodukt (z.B. 3D-Modell, STL, Spezifikation, etc.), Konfigurationspunktanweisungen und Verfahrensbeschreibung. Wird dem ED vom AM zur Verfügung gestellt.

P

Parameter	Wertebelegung der Konfigurationspunkte
Plattform	Besteht aus den Einheiten Market Place und Kiosk sowie der technischen Komponente Production Connector im Hintergrund
Plattformbetreiber	siehe Betreiber der Plattform
Production Connector (PC)	Software-Bibliothek mit Modulen zur Datenumwandlung und zur 3D-Vorschau während des Konfigurations- und Individualisierungsprozesses. Stellt Datenübertragung zwischen dem webbasierten Market Place und der mobilen Applikation des Kiosks sicher.
Produktion	Herstellung des Accessory

S

Showroom	User Interface des Kiosks zur Ansicht der Kiosk-Muster. Eine Art Muster-Katalog oder Galerie der Muster, der/die dem Kunden im Verkaufsgespräch vom Verkäufer gezeigt wird. Dient dazu, vom Kunden bevorzugte Kiosk-Muster auszuwählen und somit in die Kollektion aufzunehmen.
----------	---

STL	Schnittstellenformat für den Austausch von Geometriedaten zwischen CAD-Systemen und 3D-Druckmaschinen
-----	---

U

User Interface (UI)	Mensch-Maschine-Schnittstelle, die eine grafische Benutzeroberfläche zur Bedienung der Maschine bietet
---------------------	--

V

Validierungspunkte (VP)	Wertebegrenzung, die sicherstellt, dass Konfigurationspunkte nicht mit Parametern belegt werden können, die zu Fehlern bei der Herstellung des Accessory führen. Die automatisierte Machbarkeitsprüfung greift auf die VP zurück.
-------------------------	---

Verfahrensbeschreibung	Teil der Master-Vorlage, Beschreibung des vorgesehenen Herstellungsverfahrens für das Accessory und den damit verbundenen Anforderungen an den Master.
------------------------	--

Verkauf	Prozess in den Räumlichkeiten des Verkaufslokals während der Benutzung des Kiosks mit dem Kunden. Beinhaltet das Angebot der Kiosk-Muster an den Kunden, die Erstellung von Kunden-Mustern und die Bestellung.
---------	--

Verkaufslokal (VL)	Filiale oder Ladengeschäft in dem Accessories zur Individualisierung angeboten und verkauft werden
--------------------	--

6.2 MAC4U Workflow und Datenfluss

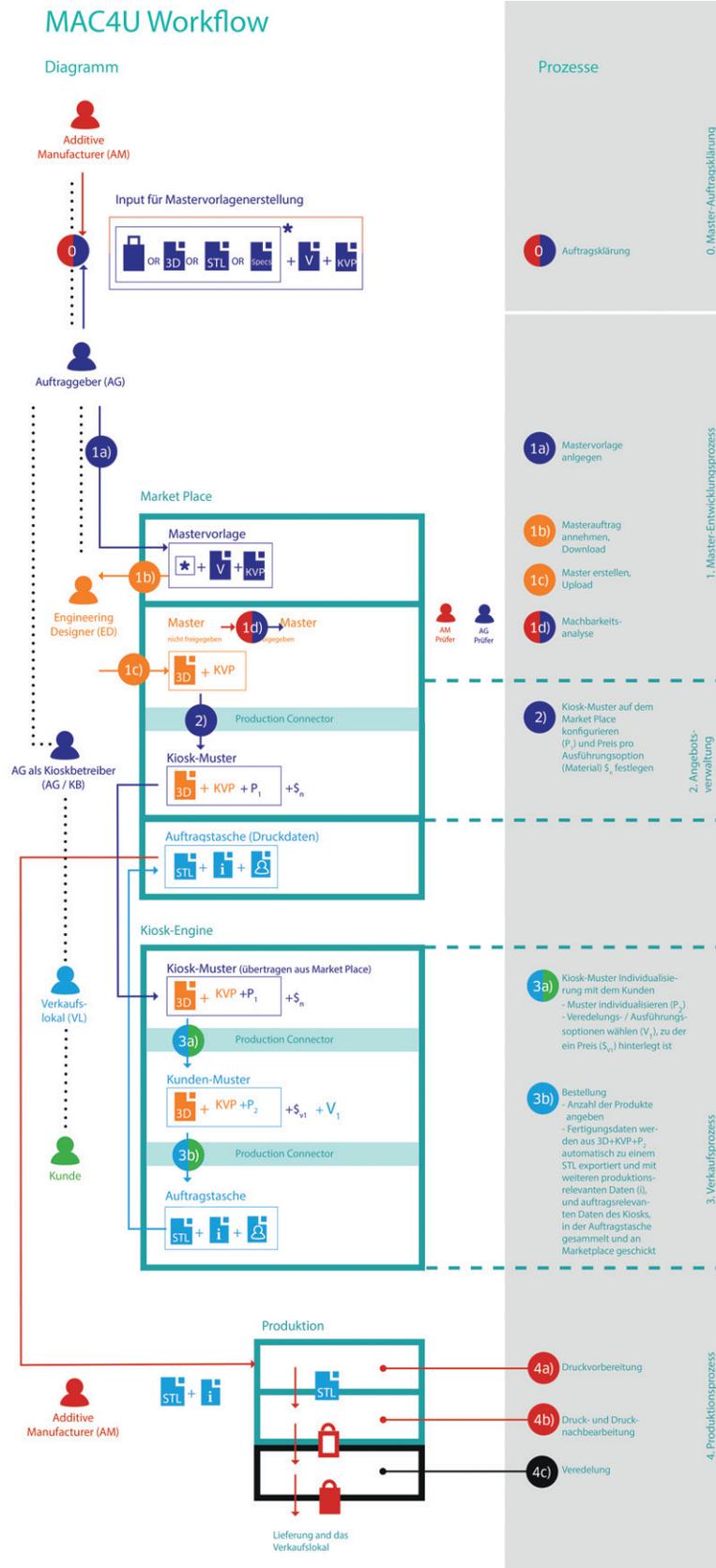


Abbildung 18: Workflow

MAC4U Diagramm Legende

- ✳ Input für die Erstellung eines 3D-Master-Modells (Blender-Datei), dies können je nach Use Case und Einzelfall verschiedene Dateien sein, z.B.
-  Physisches Massenprodukt, das 3D-gescannt werden kann
-  3D-Modell des Massenprodukts
-  STL-Datei des Massenprodukts
-  Spezifikationen für ein Massenprodukt
-  Konfigurationspunkte- und Validierungspunkteanweisungen
-  Verfahrensbeschreibung
- §_n Preisfestlegung durch AG für verschiedene Ausführungsoptionen
- §_{V1} Preis der ausgewählten Veredelungs-/ Ausführungsoption
- V₁ Veredelungs-/ Ausführungsoption (Material, Oberflächenbeschaffenheit)
-  3D-Blender-Datei des Masters
- KVP Konfigurations- und Validierungspunkte
-  Druckdaten des Kunden-Musters im STL- oder AMF Format für Druck des Accessory
-  Auftragsrelevante Daten
 - Name Kiosk
 - Adresse Kiosk
 - Kontoverbindung des Kiosk / POS
 - Ansprechpartner Name, Telefonnummer, E-Mail
-  Produktionsrelevante Daten:
 - enthalten Angaben über gewünschte Veredelungswünsche (V), wie Farbe, Material, Oberflächenbeschaffenheit
 - Accessory-Stückzahl
- P₁ Parameterbelegung für Konfigurationspunkte des Kiosk-Musters (erfolgt im Market Place)
- P₂ Parameterbelegung für Konfigurationspunkte des Kunden-Musters (erfolgt im Kiosk bei der Individualisierung mit dem Kunden)
-  Prozessbeteiligter: AG
-  Prozessbeteiligter: AM
-  Prozessbeteiligter: ED
-  Prozessbeteiligter: KB
-  Prozessbeteiligter: Endkunde
-  Prozessbeteiligter: Unbekannt
- Kommunikation außerhalb der Plattform, z.B. per:
 - E-Mail
 - Telefon
 - Face-to-Face
-  Accessory-Rohling vor Veredelung

Abbildung 19: Workflow Legende

MAC4U Datenfluss Kiosk Engine /Market Place

Prozesse

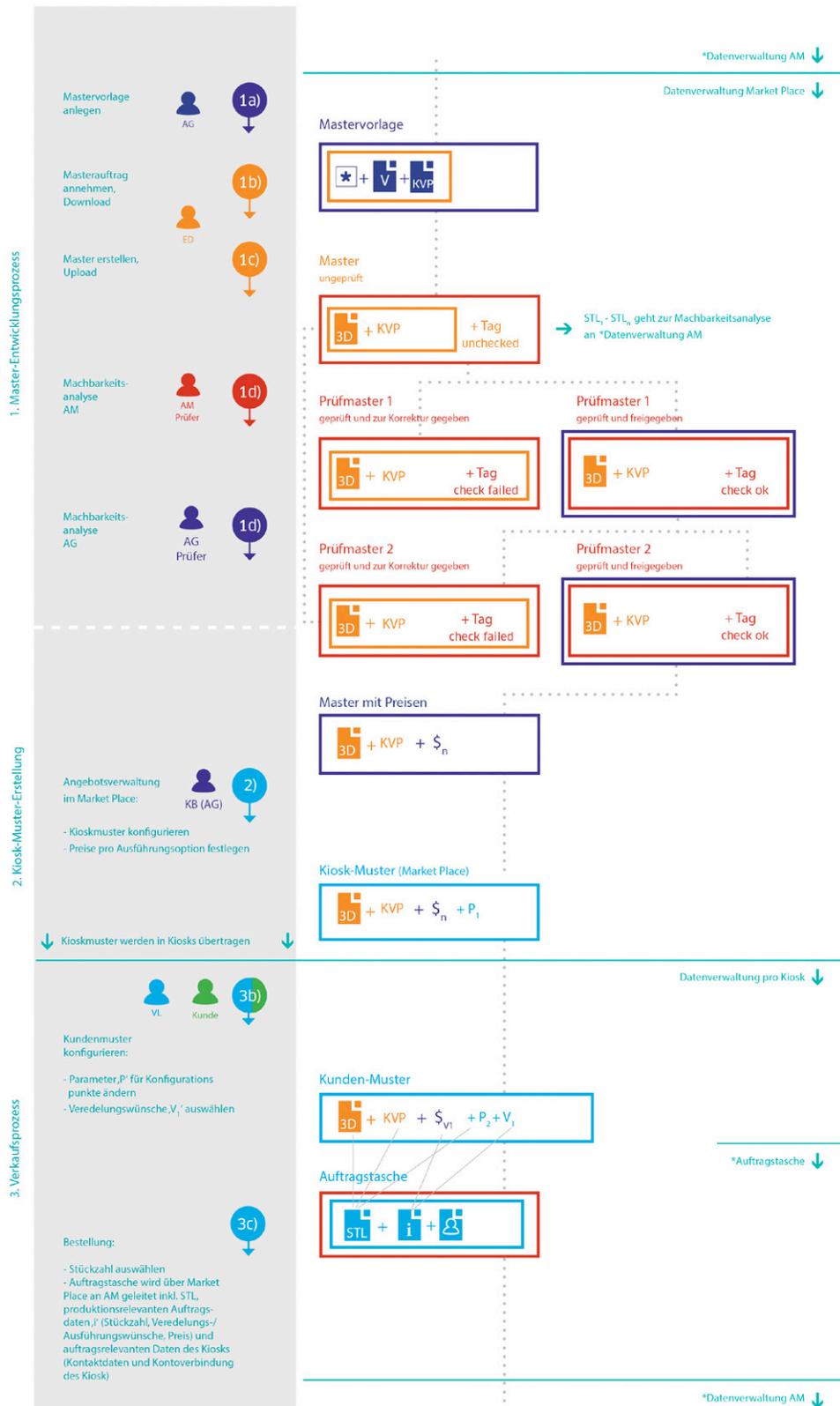


Abbildung 20: Datenfluss

MAC4U Datenfluss

Legende

<p> Input für die Erstellung eines 3D-Master-Modells (Blender-Datei), dies können je nach Use Case und Einzelfall verschiedene Dateien sein.</p> <p> Konfigurationspunkte- und Validierungspunkteanweisungen</p> <p> Verfahrensbeschreibung</p> <p>$\\$n$ Preisfestlegung durch AG für verschiedene Ausführungsoptionen</p> <p>$\\$V_1$ Preis der ausgewählten Veredelungs-/Ausführungsoption</p> <p>V_1 Veredelungs-/Ausführungsoption (Material, Oberflächenbeschaffenheit)</p> <p> 3D-Blender-Datei des Masters</p> <p>KVP Konfigurations- und Validierungspunkte</p> <p> Druckdaten des Kunden-Musters im STL- oder AMF Format für Druck des Accessory</p> <p> Auftragsrelevante Daten - Name Kiosk - Adresse Kiosk - Kontoverbindung des Kiosk / POS - Ansprechpartner Name, Telefonnummer, E-Mail</p> <p> Produktionsrelevante Daten: - enthalten Angaben über gewünschte Veredelungswünsche (V), Accessory-Stückzahl</p> <p>P_1 Parameterbelegung für Konfigurationspunkte des Kiosk-Musters (erfolgt im Market Place)</p> <p>P_2 Parameterbelegung für Konfigurationspunkte des Kunden-Musters (erfolgt im Kiosk bei der Individualisierung mit dem Kunden)</p>	<p> Prozessbeteiligter: AG</p> <p> Prozessbeteiligter: AM</p> <p> Prozessbeteiligter: ED</p> <p> Prozessbeteiligter: KB</p> <p> Prozessbeteiligter: Endkunde</p> <p> Prozessbeteiligter: Unbekannt</p> <p></p> <p>Zugriffsrecht für die Daten innerhalb des Rechtecks für Prozessbeteiligte mit der zugeordneten Farbkodierung</p>
---	---

Abbildung 20: Datenfluss

6.3 Komplette Serialisierung der Konfigurations- und Validierungspunkte

```

{
  „client“: [
    {
      „name“: „Verschiebung“,
      „type“: „move1D“,
      „axis“: „x“,
      „min“: -10,
      „max“: 10,
      „step“: 0.2
    },
    {
      „name“: „Skalierung“,
      „type“: „scale“,
      „axis“: „all“,
      „min“: 0.5,
      „max“: 2,
      „step“: 0.05
    },
    {
      „name“: „Beschriftung“,
      „type“: „customText“,
      „value“: „“
    },
    {
      „name“: „Logo“,
      „type“: „customLogo“
    },
    {
      „name“: „Rotation“,
      „type“: „rotate“,
      „axis“: „z“,
      „min“: 0,
      „max“: 3,
      „step“: 0.2
    },
  ],
}

{
  „name“: „Material“,
  „type“: „material“,
  „options“: [„royal-red“, „orchid-orange“,
  „passion-pink“, „versilbert“, „vergoldet“],
  „value“: „royal-red“
},
„backend“: [
  {
    „name“: „Verschiebung“,
    „type“: „move1D“,
    „axis“: „x“,
    „subject“: {
      „type“: „object“,
      „objectId“: „Sphere“
    }
  },
  {
    „name“: „Skalierung“,
    „type“: „scale“,
    „axis“: „all“,
    „subject“: {
      „type“: „object“,
      „objectId“: „Sphere“
    }
  },
  {
    „name“: „Beschriftung“,
    „type“: „customText“,
    „subject“: {
      „type“: „object“,
      „objectId“: „Text“
    }
  },
],
}

```

```

{
  „name“: „Logo“,
  „type“: „customLogo“,
  „logoid“: „logo“,
  „extrusion“: 0.06,
  „subject“: {
    „type“: „object“,
    „objectId“: „Plane“
  }
},
{
  „name“: „Rotation“,
  „type“: „rotate“,
  „axis“: „z“,
  „subject“: {
    „type“: „object“,
    „objectId“: „logo“
  }
},
{
  „name“: „Material“,
  „type“: „material“,
  „subject“: {
    „type“: „objects“,
    „objectIds“: [„Text“, „Body“,
    „Plane“, „logo“]
  },
  „colors“: {
    „royal-red“: „(1, 0, 0)“,
    „orchid-orange“: „(1, 0.5, 0)“,
    „passion-pink“: „(1, 0.753,
    0.796)“,
    „versilbert“: „(0.75,0.75,0.75)“,
    „vergoldet“: „(1, 0.843, 0)“
  }
}
],
  „validation“: [
    {
      „name“: „Validierung“,
      „type“: „isInBound“,
      „message“: „Die Kugel wuerde die
      Wuerfel beruehren“,
      „affects“: [„Rotation“, „Skalierung“,
      „Verschiebung“],
      „objectId“: „Sphere“,
      „boundId“: „Cube“
    }
  ]
}

```

6.4 Übersicht über wichtige Begriffe aus dem Bereich des 3D-Drucks

Verfahren

1.1 FLM

Das FLM-Verfahren (Fused Layer Modeling) ist ein generatives Verfahren. Die Schichtbildung erfolgt durch Extrusion schmelzflüssiger Thermoplaste und Erstarrung infolge von Wärmeleitung.

1.2 LS

Das LS-Verfahren (Lasersintern) ist ebenfalls ein generatives Verfahren. Die Schichtbildung erfolgt durch lokales Aufschmelzen und anschließendes Verfestigen von pulverförmigen Materialien.

1.3 SL

Das SL-Verfahren (Stereolithographie) ist wie die zuvor genannten Verfahren auch ein generatives Verfahren. Die Schichtbildung erfolgt durch eine lokale Verfestigung photosensitiver Harze (Photopolymerisation).

Datenstandards

2.1 CAD-Formate

Oft werden die Datensätze nicht im direkt druckbaren STL-Format, sondern im CAD-Format geliefert. Diese eignen sich zur technischen Prüfung, die die Druckbarkeit gewährleistet.

2.2 STEP

Das STEP-Format (Standard for Exchange of Product Data Model) ermöglicht den Datenaustausch zwischen verschiedenen Systemen. Es dient als ganzheitliches Produktdatenformat, welches den gesamten Lebenszyklus abbildet. Das STEP-Format wird in der Automobilindustrie als Standard eingesetzt.

2.3 IGES

Das IGES-Format (Initial Graphics Exchange Specification) ist ein herstellerunabhängiges Datenformat und dient zum Austausch zwischen unterschiedlichen CAD-Systemen. Das Format dient zum Austausch von zweidimensionalen Zeichnungen sowie zum Austausch von dreidimensionalen Volumenmodellen.

2.4 STL

Das STL-Format (Standard Triangulation Language / Surface Tesslation Language) ist ein Spezifikations- und Druckformat im Additive Manufacturing, welches in der Machbarkeitsanalyse Anwendung findet und für den Druck erforderlich ist. Bei der Formulierung wird die Oberfläche eines Bauteils mit unterschiedlich großen, ebenen Dreiecken beschrieben und so der tatsächlichen Geometrie beliebig genau angenähert. Jedes Dreieck wird durch drei Eckpunkte und eine Flächennormale definiert.

2.5 AMF

Das AMF-Format (Additive Manufacturing File Format) ist ein Spezifikations- und Druckformat im Additive Manufacturing, welches in der Machbarkeitsanalyse Anwendung findet und für den Druck erforderlich ist. Es erweitert das STL-Format um Informationen bezüglich der Farbe und des Materials.

Quellenverzeichnis

¹ Egham, U.K., August 19, 2014, Gartner Says Consumer 3D Printing Is More Than Five Years Away <http://www.gartner.com/newsroom/id/2825417> / 19.11.2014.

² ORLANDO, Fla., October 7, 2014, Gartner Reveals Top Predictions for IT Organizations and Users for 2015 and Beyond, <http://www.gartner.com/newsroom/id/2866617> / 19.11.2014.

³ ORLANDO, Fla., October 7, 2014, Gartner Reveals Top Predictions for IT Organizations and Users for 2015 and Beyond, <http://www.gartner.com/newsroom/id/2866617> / 19.11.2014.

⁴ Shapeways, Inc – Homepage: <http://www.shapeways.com> / 19.11.2014.

⁵ Ponoko – Homepage: <https://www.ponoko.com> / 19.11.2014.

⁶ Amazon.com's 3D Printing Store – Homepage: <http://www.amazon.com/b?ie=UTF8&node=8323871011> / 19.11.2014.

⁷ Baal, v. S.; Hudetz, K.: Das Multi-Channel-Verhalten der Konsumenten. In: Mehrkanalsystemen des Handels. Ausgewählte Studien des ECC Handel Band 20, Institut für Handelsforschung an der Universität Köln, 2008 und Halbach, Judith; Eckstein, Aline (2013): Das Cross-Channel-Verhalten der Konsumenten. Band 35. Oldenburg: viaprinto.

⁸ Blender, freie (mit der General Public License lizenzierte) 3D-Grafiksoftware, Homepage: <http://www.blender.org/> 19.11.2014.

Das Projekt MAC4U - Mass Customization für individualisierte Produkterweiterungen ist Teil der Förderinitiative „eStandards: Geschäftsprozesse standardisieren, Erfolg sichern“, die im Rahmen des Förderschwerpunkts „Mittelstand-Digital – IKT-Anwendungen in der Wirtschaft“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert wird. Der Förderschwerpunkt unterstützt gezielt kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sowie das Handwerk bei der Entwicklung und Nutzung moderner Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). „Mittelstand-Digital“ setzt sich zusammen aus den Förderinitiativen „eKompetenz-Netzwerk für Unternehmen“ mit 38 eBusiness-Lotsen, „eStandards: Geschäftsprozesse standardisieren, Erfolg sichern“ mit derzeit 16 Förderprojekten und „Einfach intuitiv – Usability für den Mittelstand“ mit zurzeit 13 Förderprojekten.

Weitere Informationen finden Sie unter www.mittelstand-digital.de.

Impressum

Herausgeber:

Bundesverband IT-Mittelstand e.V. (BITMi)
Rolf Chung, M.A.
Augustastr. 78
52070 Aachen
www.bitmi.de

CAS Software AG
Dr. Simone Braun, Peter Wolf
CAS-Weg 1-5
76131 Karlsruhe
www.cas.de

FH Aachen
Prof. Dr.-Ing. Thomas Ritz
Eupener Straße 70
52066 Aachen
www.m2c-lab.fh-aachen.de

Redaktion:

Stefanie Pick, Bundesverband IT-Mittelstand e.V. (BITMi)
Dr. Simone Braun, Peter Wolf, CAS Software AG, Kirsten Siekmann, Ramona Wallenborn, FH Aachen

Gestaltung und Produktion:

giftGrün GmbH Digitalagentur, Aachen

Bildnachweis:

projektinterne Abbildungen

Stand:

November 2014

Mittelstand-Digital

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektpartner

