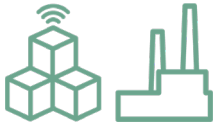




# Mass Customization

Massenkonfektionierung für die mechanische Bearbeitung am Beispiel Aluminiumräder



## Cloud Mall Baden-Württemberg

# TRANSFERDOKUMENTATION FÜR DEN PRAXISPILOTEN „MASS CUSTOMIZATION“

Massenkonfektionierung für die mechanische Bearbeitung am Beispiel Aluminiumräder

[Öffentliche Version](#) vom 07. Dezember 2020

### Beteiligte Partner

- WEISSER Haas GmbH (weiter W.HAAS)
- J.G.Weisser Söhne GmbH & Co. KG (weiter WEISSER)
- Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

### Autoren

- Hansjörg Weisser (WEISSER Haas GmbH)
- Walter Hänse (WEISSER Haas GmbH)
- Peter Rath (J.G.Weisser Söhne GmbH & Co. KG)
- David Albert Breunig (Fraunhofer IPA)
- Olga Meyer (Fraunhofer IPA)



## Inhalt

1	Management Summary .....	4
2	Einführung .....	5
2.1	Ausgangssituation und Motivation .....	5
2.2	Ziele des Praxispiloten und Nutzen der Zielgruppen.....	6
3	Projektrahmen.....	7
3.1	Konsortium und Rollen.....	7
3.2	Notwendige Ressourcen sowie Kompetenzen .....	7
4	Lösungsbeschreibung .....	9
4.1	Anforderungen .....	9
4.2	Konzepte.....	10
4.3	Cloud-Architektur .....	12
4.4	Geschäftsmodelle .....	13
4.5	Herausforderungen bei der Umsetzung.....	15
5	Integration und Kooperation zwischen den beteiligten Unternehmen .....	17
5.1	Organisatorisches .....	17
5.2	Technisches .....	17
5.3	Strategisches .....	17
5.4	Rechtliches .....	18
6	Resümee .....	19
6.1	Rolle der Cloud .....	19
6.2	Lessons Learned .....	19
6.3	Ausblick.....	20
7	CMBW-Projektdarstellung.....	21
8	Kontakt .....	22

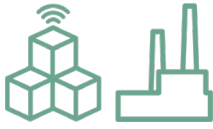


## 1 Management Summary

In dem Bereich der spanenden Bearbeitung ist die Digitalisierung trotz moderner 3D-Zeichen- und Simulationsprogramme in den letzten Jahren nicht bedeutend vorangekommen. Für jede Änderung eines Bauteiles auf einer modernen Produktionsmaschine muss entweder ein Konstrukteur oder ein Maschinenprogrammierer Hand anlegen. So entstehen Personalkosten und Maschinen-Standzeiten, die den Preis der Bauteile nach oben treiben. Um den Preis konstant und niedrig zu halten, wird auf den meisten Produktionssystemen stets dasselbe Bauteil produziert, allerdings schon jetzt mit immer mehr unterschiedlichen Varianten. Von einer medienbruchfreien Übertragung der Designs von Privatanwendern und einer Vollausslastung der Produktionsmaschine, wie im Bereich des 2D- und 3D-Drucks, ist die Industrie noch weit entfernt. Dabei hat die spanende Bearbeitung einen erheblichen Geschwindigkeitsvorteil gegenüber den additiven Verfahren, der viel niedrigere Stückkosten für Unikate ermöglichen würde. Insbesondere personalisierte annähernd oder komplett zylindrische Bauteile könnten in einem Bruchteil der Zeit gedreht werden, die ein Drucker für deren Herstellung benötigt. Auch andere Werkstoffe wären vorstellbar, beispielsweise mit höheren Festigkeiten als beim 3D-Druck.

Das Ziel des Projektes „Mass Customization“ ist es, einen Editor zu konzipieren und zu programmieren, der mittels Cloud Computing in eine beliebige Homepage integriert werden kann. Der Editor ermöglicht dem Anwender das Design eines Bauteiles – im vorliegenden Fall eine Aluminiumfelge – nach seinen Wünschen zu verändern und anschließend produzieren zu lassen. Hierzu werden dem Benutzer unterschiedliche Designparameter bereitgestellt, die er innerhalb vorgegebener Freiheitsgrade verändern kann. Dazu wurden mithilfe eines Cloud-Architektur-Konzepts alle wichtigen Komponenten und Schnittstellen für eine erfolgreiche Integration definiert.

Die technische Integration der Bestandsysteme konnte zwischen W.HAAS und WEISSER erfolgreich konzipiert und entsprechend in die prototypische Umsetzung weiterbearbeitet werden.



## 2 Einführung

Der vorliegende Praxispilot „Mass Customization“ wurde im Rahmen des Förderprojekts [Cloud Mall Baden-Württemberg](#) (Cloud Mall BW) durchgeführt (siehe Projektdarstellung von Cloud Mall BW in Kapitel 7).

### 2.1 Ausgangssituation und Motivation

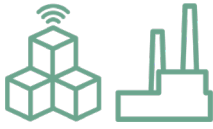
Mass Customization hat sich in den letzten Jahren zu einem neuen Trend entwickelt und verfolgt die Herstellung von Produkten und Dienstleistungen nach individuellen Kundenwünschen mit der Effizienz der Massenproduktion. Um jedoch eine direkte, medienbruchfreie Kommunikation zwischen Maschinenherstellern, Produzenten und Endverbrauchern zu etablieren, müssen kompatible Integrationschnittstellen entwickelt werden.

Aufgrund verschiedener Trend- und Technologiesprünge prognostizieren Verbände und Institute nach dem Komplett-Einbruch 2008 erneut stark gedämpfte Kennzahlen und hohe Risiken für die Marktsegmente der Mobilität und der nachgeordneten Lieferketten. Darüber hinaus führen Megatrends wie die Ent-Mechanisierung und Diversifizierung in der Antriebstechnik langfristig zu weniger Kolben, Zahnräder und Wellen und v. a. zum kompletten Wegfall vieler kubischer Bauteile wie z. B. Gehäuse in den Autos.

Um den sinkenden Bedarfen aus der Automobilwirtschaft entgegenzuwirken sind neue Anwendungen für die Maschinenteknik in anderen Märkten und Branchen gefragt. Diese passen aber aufgrund der frühen Stadien im Marktlebenszyklus und v. a. der viel geringeren Losgrößen und Planungshorizonten nicht unmittelbar in das Produktprogramm, wie etwa in der Energiebranche, der Gebäudetechnik oder anderen komplementären Industrien. Skalierungs-, Rationalisierungs- bzw. Stückkostenvorteile gegenüber asiatischen Low- & Mid-Tech-Anbietern kommen damit nicht zur Geltung. Als Resultat dessen gestaltet sich der Diversifizierungsprozess im spezialisierten Maschinenbau äußerst schwierig.

Andererseits sind z. B. für die Bearbeitung von Aluminiumrädern einige der Produktionsanlagen der Hersteller bereits so flexibel ausgelegt, dass sie kleinste Losgrößen bei höchster Leistung und Präzision verarbeiten können. Dabei handelt es sich um die so genannte „gemischte“ oder „chaotische“ Hochproduktion, die jedoch in der Regel für große Produktionsvolumina (über 1 Million Stück pro Jahr) mit wenigen Werkstücktypen und seltenen Design-Updates ausgelegt ist, z. B. zur Produktion von Varianten in unregelmäßiger Reihenfolge und je nach Echtzeitanforderungen. Hierzu wurden in den letzten Jahrzehnten bereits viele technische Lösungen für die individuelle Bauteilerkennung und -verarbeitung marktreif für die Großserienproduktion entwickelt.

Diese bestehenden Maschinen- und Produktionskonzepte können genutzt werden, um eine direkte und medienbruchfreie Kommunikation zwischen Maschinenbauern, Produzenten und Endkonsumenten zu etablieren. Die dafür erforderlichen Schnittstellen müssen für die Konvertierung von Maschinenkonfigurationen und Dateiformaten aus unterschiedlichen Simulationsprogrammen lernfähig sein, was für den Einsatz von Cloud-Technologien spricht.



## 2.2 Ziele des Praxispiloten und Nutzen der Zielgruppen

Für industriell produzierende Hersteller bedeutet die Einführung eines Konfigurators eine strategische Markterweiterung in Richtung hochwertigerer Märkte und Zielgruppen und zwar v. a. aufgrund kompakterer Entwicklungs-, Konstruktions- und Designphasen mit deutlich höheren Margen als mit herkömmlichen Ansätzen. Zudem sind die produktseitigen Entwicklungsbedarfe überschaubarer und weniger riskant. Anstelle eines völlig neuen Produkts entsteht eine Modifikation der bestehenden Produkte, welche dann im Rahmen der bestehenden Zertifikate bzw. Qualitätsmerkmale konfigurierbar gemacht werden können. Marktseitig ist das Risiko demnach viel geringer als bei einer Produktneuentwicklung, da es sich um erprobte Produkte in erprobten Märkten handelt.

Hersteller können damit ihre Produktpalette unter Wahrung und Mehrung der Kompetenz ihrer „rationalen Fertigung“ im Sinne einer Baukasten- bzw. Plattformstrategie substantiell erweitern, um sich vom Wettbewerb zu differenzieren oder sogar neue Marktsegmente zu erschließen, die zuvor von Individualfertigern bedient wurden.

Für Individualfertiger empfiehlt sich das System dementsprechend ebenfalls, um der Substitutionsgefahr durch derartige Technologien zu entgehen. Hier handelt es sich dann um den Anschluss an einen Partner mit Produktionszentrum, denn die Individualfertiger arbeiten ohne Skalierungseffekte in Verkauf und Produktion und haben insofern anstatt Fertigungskompetenz eine spezifische Designkompetenz zu bieten. Aus diesem Grund und der soziokulturellen Barriere im Betriebsumfeld dieser Kleinstakteure muss die Nähe zu einem geeigneten Partner mit ausgeprägter Fertigungskompetenz gesucht werden.

Bei vielen Zulieferern der Automobilindustrie besteht derzeit massiver Druck zur Diversifizierung in andere Geschäftsfelder. Die zumeist jahrzehntelang aufgebaute hochspezifische Fertigungskompetenz dieser bedrohten Unternehmen könnte zum jetzigen Zeitpunkt ein Treiber für die Kooperationsfähigkeit in diesem neuen System.

In vielen Konsumentenmärkten folgt die Marktlogik dem Megatrend der Individualisierung. Insbesondere Produkte mit entsprechender Relevanz der Attribute „Design“ und „Ästhetik“ im Wertgefüge der Zielgruppen eignen sich hervorragend und bilden die konzeptionelle Grundlage für Mass Customization in diesem Praxispiloten.

Am Beispiel von Aluminiumrädern wollen die Experten von W.HAAS und WEISSER nun eine vorwettbewerbliche Plattform mit dem Einsatz von Cloud-Technologien konzipieren, um die technischen Lücken in der vollautomatisierten Individualfertigung in der Großserienproduktion final zu schließen. Das Integrationskonzept soll zunächst am Beispiel von Aluminiumrädern erarbeitet werden.





## 3 Projektrahmen

### 3.1 Konsortium und Rollen

[J.G.Weisser Söhne GmbH & Co. KG](#) (im weiteren genannt als **WEISSER**) ist als eine der letzten eigenständigen Werkzeugmaschinenfabriken spezialisiert auf größte Serienvolumen von hochpräzisen Metallteilen für Antriebsstrang und Fahrwerk von Nutzfahrzeugen und PKW. Der Kundenkreis besteht ausschließlich aus Erstausrüstern bzw. Fahrzeugherstellern (OEMs) und der ersten Zulieferebene im Automotive-Umfeld, auf dessen hocheffiziente Produktionstechnik sich der Maschinenbauer seit ca. 70 Jahren immer tiefer spezialisiert hat.

Für den Aufbau von neuen, zukunftsfähigeren Geschäftsfeldern wurde Anfang 2018 die [Weisser Haas GmbH](#) (im weiteren genannt als **W.HAAS**) von Hansjörg Weisser gegründet, einem Gesellschafter der Werkzeugmaschinenfabrik WEISSER. Unternehmensziel ist es, den bevorstehenden Strukturwandel durch Digitalisierung bzw. disruptive Geschäftsmodelle sowie dezentraler Energietechnik als Chance zu nutzen. Geschäftszweck ist die Anbahnung von Kooperationen und die Gründung neuer Lieferanten-, Kunden- und Partnerunternehmen in neuen Anwenderbranchen rund um den familieneigenen Maschinenbauer. Seit 2016 investiert W.HAAS in den Aufbau der Konsortialstruktur und die Konzeption von Geschäftsmodellen für die Querschnittstechnologie Mass Customization.

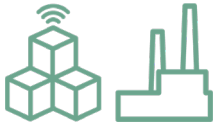
Beide Unternehmen präsentierten sich bei den Experten vom [Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA](#) (im weiteren genannt als **Fraunhofer IPA**) mit dem Ziel, ihre bisherigen Ansätze zum Thema Mass Customization zu vertiefen und die Konzeptentwicklung bis hin zur Prototypisierung technologisch auszubauen.

### 3.2 Notwendige Ressourcen sowie Kompetenzen

Der angestrebte Zeitraum zur Umsetzung des Praxispiloten wurde auf drei Monate festgelegt und verlief vom Juni bis Ende August 2020. Weiterführende Maßnahmen zum Transfer und zur Veröffentlichung sind im Zeitrahmen von Cloud Mall BW noch bis Ende Dezember 2020 geplant – beispielsweise ein interner Community-Workshop und die Präsentation der Ergebnisse bei einem Cloud Mall BW Webinar. Die fachlichen Expertisen der Partner sowie die eingesetzten Ressourcen bzw. Aufwände für das Integrationskonzept waren angemessen und führten zum gewünschten Ergebnis.

**WEISSER** lieferte fundamentales Technologie-Knowhow und Expertise für die Integration vom Virtual Machine Configurator (VMC) in das Cloud-Plattform-Ökosystem und bearbeitete im Detail die Konzepte zur medienbruchfreien Maschinenintegration.

**W.HAAS** übernahm die Konzeption des Editors und die Analyse von Open Source Technologien hinsichtlich ihrer Integrationsfähigkeit in die vorhandenen Systeme. Des Weiteren lieferte W.HAAS für das Projekt umfassende Kompetenzen im Bereich Anforderungs- und Anwendungsanalyse, Geschäftsmodell und Community-Building und engagierte sich stark bei der Verwertung des Konzepts und deren Öffentlichkeitsarbeit. Mehrere Branchenszenarien und Geschäftsmodelle waren schon zuvor in ca. fünf einwöchigen Design-Thinking-Workshops in Auftrag gegeben wurden, mehrfach im Rahmen der



Förderhistorie z. B. auf Basis von Innovationsgutscheinen und der Zusammenarbeit mit der GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit).

**Fraunhofer IPA** als Cloud Mall BW Partner unterstützte W.HAAS und WEISSER aufgrund der Expertise bei der Anforderungs- und Anwendungsanalyse und begleitete das „Mass Customization“-Gesamtkonzept in allen Bestandteilen. Insbesondere erarbeiteten die Experten das Teilkonzept zur Integration sowie unterstützten die Unternehmen bei der umfassenden Dokumentation der Projektinhalte und führten die Öffentlichkeitsarbeit aktiv durch.

Das **Projektmanagement** im Praxispilot wurde vom Fraunhofer IPA koordiniert. Die Praxispilotpartner übernahmen die Leitung und konzeptionelle Erarbeitung einzelner Konzeptbestandteile.





## 4 Lösungsbeschreibung

Der Praxispilot widmet sich der Programmierung eines Editors, der mittels Cloud-Technologien in eine beliebige Homepage integriert werden kann. Der Editor ermöglicht dem Anwender das Design eines Bauteiles – im vorliegenden Fall eine Aluminiumfelge – nach individuellen Wünschen zu verändern und anschließend produzieren zu lassen. Hierzu werden dem Benutzer unterschiedliche Designparameter bereitgestellt, die er innerhalb vorgegebener Freiheitsgrade verändern kann.

In den folgenden Abschnitten werden die Konzeption und die ersten Schritte für die prototypische Umsetzung der „Mass Customization“-Lösung bzw. der personalisierten Massenfertigung für die mechanische Bearbeitung am Beispiel von Aluminiumrädern ausführlich beschrieben.

### 4.1 Anforderungen

Für die Durchführung des Praxispiloten wurden folgende technische aber auch nicht-technische Anforderungen im Konsortium definiert (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Anforderungsanalyse<sup>1</sup>

ID	Kategorie	Beschreibung	Betroffene Komponente	Aktion*	Typ**
R-01	Kunde	Kunde soll eine private Person/ein Hersteller/Designer/Maschinenbauer (Service- & Update-Zwecken) sein	Konfiguration	SOLL	NF
R-02	Kunde	Bearbeitungsprozess/Konfiguration/Parameter müssen als Black-Box dem Kunden zugeliefert, d. h. der Kunde bekommt angepasste Konfigurationen	Konfiguration	MUSS	NF
R-03	Kunde	Werkzeugkorrektur-Centren/Parameter sollen auch mitgeliefert werden (Sichtbarkeit für Defekte, Verschleißkorrektur etc.), d. h. Werkzeugverwaltung existiert und soll vom Kunden bedient werden.	Konfiguration	MUSS	F
R-04	Kommunikation	Produktionsressource soll in der gesamten Prozesskette eingebaut sein	Ressource	SOLL	F
R-05	Daten	Aufträge müssen z. B. vom Kunden via Konfigurator auf die Ressource geladen werden	Integrations-ebene	MUSS	F
R-06	Daten	Variation von Steuerungen soll zugelassen werden (erst auf Siemens Steuerung 840 DSL reduziert werden)	Ressource	SOLL	NF
R-07	Daten	Ressource muss ein Teil des NC-Programm automatisiert erstellen (hier: variierte Teile sind zu verstehen)	Ressource	MUSS	F
R-08	Daten	Validierungsschicht muss funktionale Validierung beinhalten.	Validierungsschicht	MUSS	F
R-09	Visualisierung	Bearbeitungsprozess muss variabel sein, d. h. Konfigurationen zulassen, um die Werkzeugoberflächen auszuwählen	Konfigurator	MUSS	F

<sup>1</sup> \*Man unterscheidet zwischen zwei Aktionen bzw. Maßnahmen für die Komponente: (1) MUSS – zwingende Maßnahmen und (2) SOLL – Maßnahmen mit sekundärer Wichtigkeit.

\*\* Bei dem „Typ“ werden sogenannte *funktionalen Anforderungen* (F) und *nicht-funktionale Anforderungen* (NF) unterschieden (nach ISO 25010).



ID	Kategorie	Beschreibung	Betroffene Komponente	Aktion*	Typ**
R-10	Sicherheit	Produzent gibt die Rahmenbedingungen vor, um die Variationen im Konfigurator festzulegen	Konfigurator	MUSS	F
R-11	Daten	Die Befüllung im Werkzeugkorrektur-Center (Werkzeugeinsatzparameter) kommt von Produzenten und wird durch die Integrationsschicht berechnet	Integrations-ebene	MUSS	F

## 4.2 Konzepte

Der Lösungsansatz teilt sich in die Betrachtung dreier Teillösungen auf:

1. Produkt-/Bauteilkonfiguration
2. Produkt-/Bauteilprüfung; Programmerstellung und -simulation der Herstellung
3. Produkt-/Bauteilherstellung bzw. -bearbeitung (die eigentliche „Customization“)

Die Abfolge der Schritte ist in Abbildung 1 dargestellt. Alle Teillösungen sind modular ausgeführt und zwischen den Schritten auftrennbar. Sie werden in den folgenden Kapiteln getrennt betrachtet.

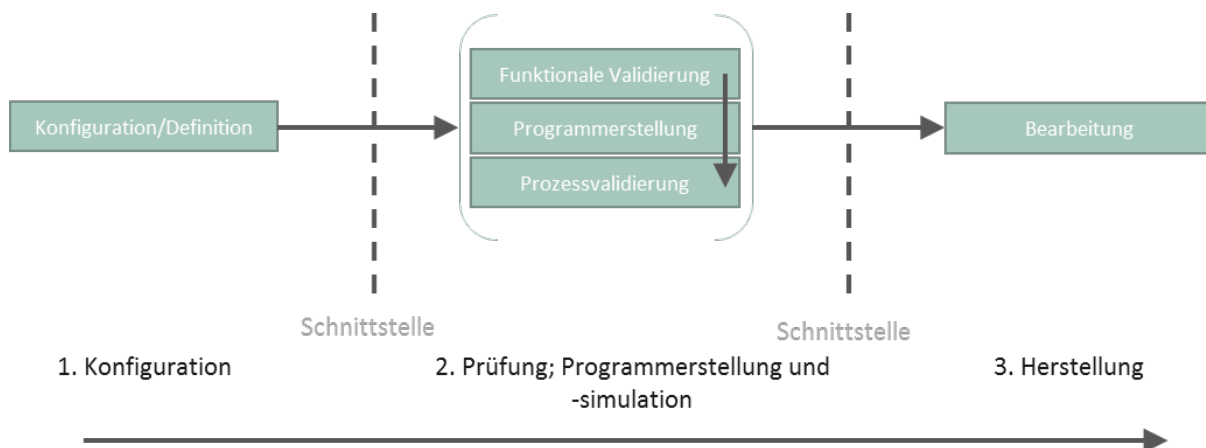
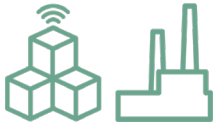


Abbildung 1: Gesamtkonzept und dessen Aufteilung.

Das Gesamtsystem soll als ein eigenes und zusätzliches System beim Kunden betrieben werden und benötigt daher für seine Funktion auftragsverwaltende und -dokumentierende sowie ausführende Funktionen benötigt, die üblicherweise im Kunden-ERP oder Kunden-MES liegen. Insofern muss die Systemkette eine selbst-ausreichende, konsistente Datenhaltung aufweisen, die einem externen übergeordneten System (dem Kunden-ERP oder –MES) logisch unterordnungsbar ist und die hierzu anpassbare Schnittstellen besitzt.



Request
• 1 CAD-Model (stl)
• 0..n Modifications
• 0..m Meta data

Abbildung 2: Initiale Erzeugung aus Editor

Aufgrund der erforderlichen Eingriffsmöglichkeiten zur Simulation, Optimierung, Fehlerbehebung und Wartung muss die Datenhaltung jederzeit abrufbar sein und alle Verläufe im Auftrag protokollieren. Es sollte also für die Datenhaltung zu jedem Produktionsaufruf aus dem Editor eine logische und erweiterbare Anfrage in der Datenhaltung existieren, die von Schritt zu Schritt angereichert wird, und an der alle Informationen konsistent abgerufen werden können. Das Prinzip für den Inhalt der initialen Erzeugung und des finalen Zustandes liegen in Abbildung 2 und Abbildung 3. Zu den initialen Grundinformationen (CAD-Modell, Modifikationen und weiteren Daten) kommen Daten über den gesamten Verlauf (funktionale Validierung, NC-Programm, Simulationsvalidierung, Herstellungsergebnis).

Request
• 1 CAD-Model (stl)
• 0..n Modifications
• 0..m Meta data
• 0..k func_ver result
• 1..l NC-program
• 1..m proc_ver result
• 1..n manif_result

Abbildung 3: Finaler Zustand nach Produktherstellung.

### Mass Customization Editor

Im Editor wird die Beschaffenheit des Bauteils definiert. Das Bauteil wird in vordefinierter Grundform aus einem Katalog ausgewählt, bereitgestellt und entsprechend der im Editor konfigurierten Wünsche dynamisch aufgebaut und vorgestellt. Eine dreidimensionale Bauteildarstellung zeigt dem Interessenten das Produkt in seiner Konfiguration und ggf. die optischen Effekte in Echtzeit. Die gewünschten physischen Modifikationen sind in ihrer Art durch den Betreiber definiert und in ihren Parametern (u. a. Größe, Form und Position) falls nötig einschränkbar. Es sind auch Modifikationen über den Editor definierbar, die keinem spanenden Prozess unterliegen (z. B. Farbe / Beschichtung) und die nur als zusätzliche Informationen mitgetragen werden und andere Teilprozesse im Gesamtprozess bedienen. Der Editor ist ein browserbasiertes System und kann durch den Kunden ohne Vorarbeit ausgeführt werden. Er zeigt nach Möglichkeit auch Zusatzinformationen zu Kosten und Lieferzeit ggf. in Echtzeit an.

### Validierung und Programmerstellung

Die Bauteildefinition wird nach der Fertigstellung der Konfiguration automatisch geprüft. Es wird anhand für das Bauteil relevanter Kriterien festgestellt, ob die Konfiguration betriebssicher ist. Dieser Schritt kann entfallen, wenn das Bauteil keine Sicherheitsfunktionen erfüllen muss oder durch ausreichende Beschränkungen der Konfiguration sichergestellt ist, dass die Sicherheitsfunktionen mit jeder Konfiguration eingehalten werden.



Durch eine NC-Programmerstellung wird ein Fertigungsprogramm für das Bauteil erstellt. Die Programmerstellung kann komplett neu, d. h. durch komplette Bahnerstellung, oder durch Zusammenstellung von parametrisierbaren Blöcken erfolgen.

Durch eine Simulation wird das erstellte NC-Programm validiert und nötigenfalls korrigiert oder optimiert.

Alle Schritte sollen im finalen Zustand automatisiert durchlaufen werden.

### **Maschinenintegration**

Das geprüfte NC-Programm wird über eine API-Schnittstelle an die Steuerung einer geeigneten Fertigungsmaschine übergeben, auf welcher der Fertigungsauftrag durchgeführt werden soll.

### **API-Schnittstelle**

Das Bearbeitungsprogramm wird sicher vom Konfigurator auf dem Server abgelegt. Die Maschinensteuerung fragt beim Server an, ob ein Auftrag vorliegt. Somit wird vermieden, dass unerwünschte Bearbeitungsprogramme auf der Maschine geladen werden. Die Anfrage an den Server erfolgt durch die Maschinensteuerung entsprechend der anstehenden Produktionsaufgaben. Erfolgte ein Abruf eines Bearbeitungsprogrammes, meldet die Maschine an den Server, wann das Produkt gefertigt wird. Um Maschinen- und Produktschäden vorzubeugen, werden die zu bearbeitenden Flächen überwacht. Sobald eine inkonsistente Position ermittelt wird, wird das Bearbeitungsprogramm abgebrochen und gestoppt. Nach erfolgreicher Fertigung meldet die Maschine dem Server den Abschluss des Auftrages.

## **4.3 Cloud-Architektur**

Im Folgenden werden die relevanten technischen Komponenten, Schnittstellen und Datenflüsse der Architekturlösung an einem allgemeinen Anwendungsbeispiel dargestellt. In Abbildung 4 ist eine Übersicht der Cloud-Architektur für das Beispiel dargestellt.

Die Gesamtarchitektur kann in zwei wesentliche Bestandteile aufgeteilt werden: eigene Containerplattform, d. h. *Plattform A* mit Hosting beim Betreiber X/Y, und Kundenplattform, d. h. *Plattform B* mit Hosting beim Betreiber X/Y (kundenspezifische Wahl).

*Plattform A* beinhaltet die für die Ausführung von Editor-Service nötigen Komponenten. Die Konfiguration wird via *Konfigurator* in der Anwendung auf *Plattform A* durchgeführt. Der Editor ist ein browserbasiertes System und wird mithilfe von Container-Technologien verpackt. Container-Technologien bieten eine praktische Kapselung, Isolierung und einfache Portabilität von in einem Container verpackten Anwendungen. Die Anfrage *request* wird an die relevanten Serviceanwendungen von *Plattform B* in einem standardisierten Textformat gesendet.

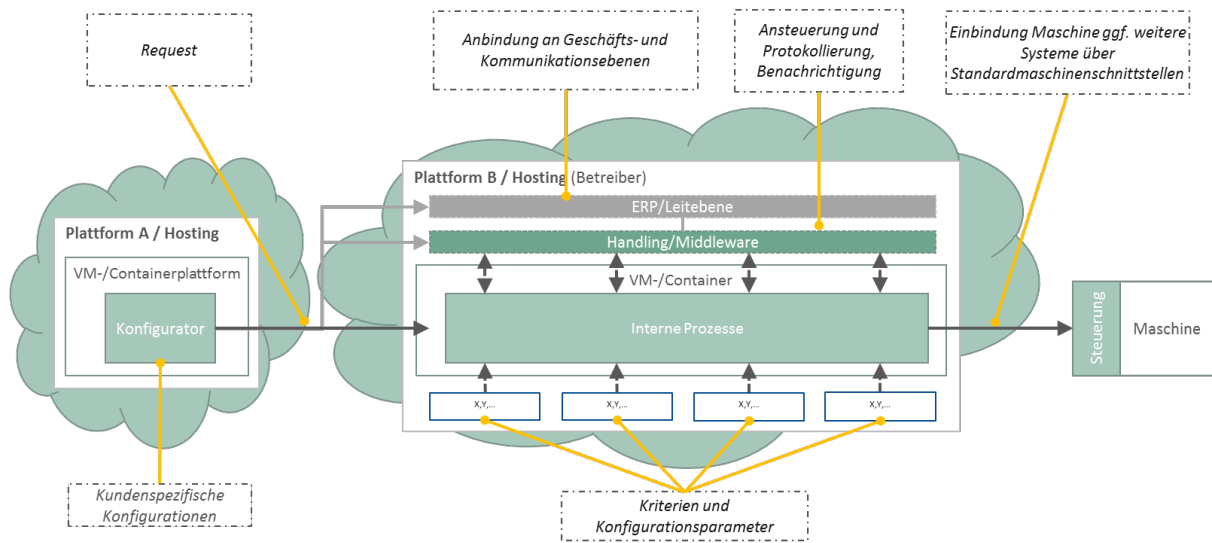
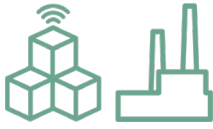


Abbildung 4: Cloud-Architektur und Hosting-Anforderungen

Plattform B beinhaltet mehrere Komponenten für die Ausführung von weiteren internen Diensten. Insbesondere wird die Anbindung an die Services aus der *Geschäfts- und Kommunikationsebene* des Kunden über eine Integrationskomponente wie *Handling/Middleware* durchgeführt. Weitere Services der Plattform B führen interne Prozesse durch, die für die Prüfung und Validierung verantwortlich sind. Hierzu werden spezifische *Kriterien und Konfigurationsparameter* in jedem Schritt gesammelt und bearbeitet. Des Weiteren bietet Plattform B eine *API-Schnittstelle* für die direkte Anbindung an einer Maschine ggf. über ein weiteres System mit standardisierten Kommunikationsprotokollen.

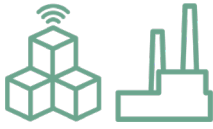
#### 4.4 Geschäftsmodelle

Die Optionen zur Kommerzialisierung des Konzepts erstrecken sich von

- (vertikal ausgerichteten) unternehmensinternen E-Business-Lösungen für die Integration des Gesamtkonzepts in den Produktentstehungsprozess
- über (horizontal ausgerichtete) zentrale Inseltopologien mit einem Produktionszentrum
- bis hin zu dezentralen Produktionsnetzen bestehend aus mehreren Produktionszentren.

Letztere sind vermutlich in der Lage, ganze Branchenlogiken durch Kompression oder gar Kurzschluss der Wertschöpfungsketten „umzupolen“. Damit wären sie makroökonomisch betrachtet elementare Bestandteile der Transformation aller industriellen Wirtschaftszweige, die bis zum Endverbraucher reichen oder das Potential für eine abgeschlossene vertikale Integration besitzen.

Unternehmenszentrierte Geschäftsmodelle beinhalten wie alle Modelle eine White-Label-Lizenz des Konfigurator-Frontendes, entweder auf der OEM/Hersteller-Website oder in den digitalen Systemen des vorhandenen Service- oder Vertragshändlernetzes. Anhand minimalinvasiver Eingriffe im Produktions- und Logistikfluss werden die höchstpositionierten Produktsegmente Schritt für Schritt personalisierbar angeboten – eine hohe Fertigungstiefe und vorhandenes Knowhow aus der Großserie in Form von internen Ressourcen vorausgesetzt. Mindestens der Aufbau von Communities – insbesondere das



Crowdsourcing von Design-Dienstleistungen – sollte aufgrund der internen psychosozialen Barrieren unbedingt unternehmensextern erfolgen.

Ortszentrierte Geschäftsmodelle fassen die Bedarfe von mehreren kooperationsfähigen Herstellern zusammen und optimieren damit entscheidend die effiziente Verarbeitung von mehreren Produktionslos-Bündeln in technischen und organisatorischen Dimensionen. Der Markt ist zugänglich für viele potentielle Teilnehmer, die zumeist kein internes Knowhow im Großserien- oder gar im gesamten Produktions- und Logistikbereich besitzen. Neben klassischen KMUs sind dies auch Selbständige wie z. B. Handwerker, aber auch wirtschaftliche Akteure aus den Community-Zielgruppen (Designer, Programmier-/CNC-Profis etc.), womit die Akzeptanz und Integrationsfähigkeit im gesamten System steigt. Ein unternehmenszentriertes Produktionszentrum kann sich auch in Richtung eines ortszentrierten Modells weiterentwickeln, jedoch nur außerhalb der aktiv bearbeiteten Branchen und ohne Kompromisse hinsichtlich der Ausrichtung auf die Kernkompetenzen des initiierenden Unternehmens. Insgesamt bestehen bei Ortszentrierung Zielkonflikte zwischen einerseits der Universalisierung zwecks Orientierung an breite Anwenderschichten und andererseits der Spezialisierung zur Ausreizung der Skalenvorteile durch rationelle Produktion und Logistik.

Anwenderzentrierte Modelle schaffen hier Abhilfe: Aufgrund Neutralität und dezentralem Charakter stehen hier die Chancen am höchsten für den erfolgreichen Aufbau von schlagkräftigen Lead-User-, Designer- und Anwender-Communities. Demzufolge sollte ein Produktionszentrum mit anwenderzentriertem Geschäftsmodell von kollaborationsfähigen Akteuren initiiert und realisiert werden, z. B. innerhalb einer moderierten Multicenter-Regionalstruktur mithilfe der Initialwirkung von Marktbegleitern in der Werkzeugmaschinenindustrie sowie Anwender-Clusterorganisationen und deren Schlüsselunternehmen.

Während also unternehmens- und ortszentrierte Geschäftsmodelle in den Frühphasen der Einführung bei Endverbrauchern vorwiegend in Premium- und Nischenmärkten erfolgversprechend sind, kommt für die volle Entfaltung des Wertschöpfungspotentials in Schlüsselbranchen wie z. B. der Energietechnik hauptsächlich das dezentrale Netz aus anwender- bzw. branchenzentrierten Produktionszentren in Frage. Mit unterschiedlicher Kompetenz und Infrastruktur ausgestattet und dementsprechend auf Branchenmerkmale ausgerichtet können erhebliche Potentialreserven in der Rationalisierung von Produktion und Logistik erschlossen werden. Demnach würde z. B. ein gleichzeitig auf die Zahnmedizin-, Schmuck- und Modebranche ausgerichtetes „Mass Customization Production Center“ gemeinsam an einem Standort in der Nähe der Clusterzentren Tuttlingen und Albstadt realisiert werden.

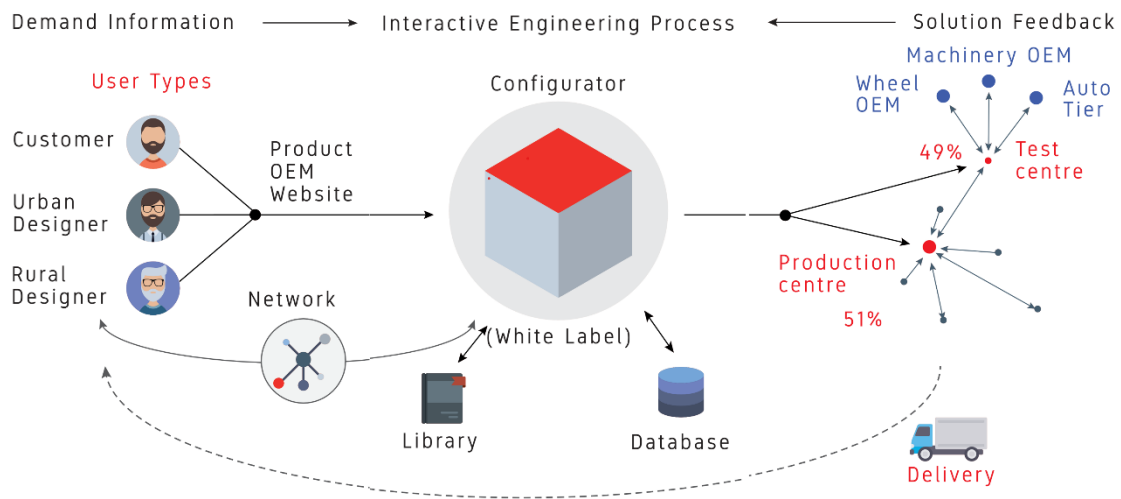


Abbildung 5: „Mass Customization“ Lösungsansatz im Überblick

Abbildung 5 zeigt das anwenderzentrierte Modellbeispiel für diesen Praxispiloten beginnend bei der Aluminiumräder-Branche, ausgelegt für weitere material- und designtypische Metallbearbeitungs-Anwendungen in ähnlichen Bauteilgrößen. Zugrunde liegen Marktinformationen von Interessenten über potentielle Beteiligungen an einem lokalen Testzentrum in Kombination mit internationalem Produktionszentrum, welches anhand unterschiedlichster Förderinstrumente in ausgewählten Ländern mit bis zu 100%-Förderquoten finanziert werden können.

#### 4.5 Herausforderungen bei der Umsetzung

Naturgemäß stehen zu Beginn die technischen Herausforderungen im Mittelpunkt: Wie groß ist das Ausmaß der technologischen Lücke, wenn tatsächlich alle vorliegenden Teillösungen berücksichtigt werden? Kann das bestehende IT-Ökosystem des Maschinenbauers gemeinsam mit entstehenden Strukturen im Bereich der Digitalisierung Schritt halten oder bedarf es neuer Ansätze und Kanäle, um die höchst unterschiedlichen Welten zusammenzubringen? Wie kann sich die bestehende Entwicklungs- und Vertriebsorganisation in diesem Prozess effektiv verzahnen? Wie verhält sich der Wettbewerb und – vor allem – ist das derzeitige Marktumfeld ausreichend kollaborationsfähig? Wie steht es mit den Stakeholdern der Unternehmen: Bietet der aktuelle Druck in den Lieferketten bereits ausreichend Motivation oder müssen zusätzliche Anreize durch Förderinstrumente und gemeinsame Marktzugänge geschaffen werden?

Speziell bei der im Voraus angedachten lückenlosen An- und Einbindung des bestehenden IT-Ökosystems von WEISSER wurde bei genauerer Beurteilung klar, dass die einzelnen Softwarelösungen nicht ohne weiteres miteinander vollautomatisiert kombiniert werden können. Die Einbindung der Softwarehersteller zur Entwicklung der nötigen Plugins stellt hier einen unabsehbaren Zeit- und Kostenfaktor dar. Aus diesem Grund wurde die Programmierung eines leistungsfähigeren Editors mittels Integration von Open Source-Lösungen favorisiert.

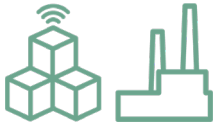
Die technischen und organisatorischen Herausforderungen wurden synchronparallel im Entwicklungsprozess bearbeitet. Nachfragesituation und Förderperspektiven wurden stets abgefragt und in den





Prozess als Feedbackschleifen eingearbeitet. Unzählige Verkaufsszenarien wurden in Betracht gezogen und angepasst, so wie auch Strategien für technische Lösungsszenarien korrigiert oder gar verworfen wurden. So lief z. B. parallel die Positionierung der Partner im neu entstandenen Wasserstoffverbundnetz H2 Regio SBH + sowie beim Existenzgründerförderprogramm „Gründergarage“ der IHK. Gemeinsam mit den ca. drei Jahren Vorarbeit entstand ein realitätsnaher und weitestgehend vollständiger Überblick über die aktuellen Chancen und Potentiale für förderfähige Kooperationsvorhaben. Der horizontale Charakter in Form von anwenderzentrierten Produktionsnetzen eroberte im Projektverlauf das Portfolio der geeigneten Geschäftsmodelle. Gleichzeitig entstanden konkrete Optionen für die geförderte Weiterführung des Projekts. Insbesondere entstand eine mögliche Dramaturgie, wie das Thema bestmöglich für die Öffentlichkeit kommunizier- und erschließbar gemacht werden kann, z. B. im Rahmen eines bereits geplanten Politikerbesuchs mit Besichtigung von Maschinen und potentieller Infrastruktur für ein Produktions- und Testzentrum.

Mittelständische Unternehmen müssen demzufolge in der Zukunft immer komplexere Aufgabenstellungen erwarten und bewältigen: Zunehmend komplementäre Disziplinen werden vorausgesetzt und müssen sorgfältig integriert werden in die bestehenden synchronparallelen Entwicklungsprozesse (Simultaneous Engineering). Nur auf diese Weise lässt sich noch ein Wettbewerbsvorteil ableiten von den zukünftig im Ökosystem außerhalb der klassischen Umfeldgrenzen organisierten neuen Strukturen für Engineering, Produktion und Verkauf.



## 5 Integration und Kooperation zwischen den beteiligten Unternehmen

### 5.1 Organisatorisches

Die organisatorische Zusammenarbeit im Projekt wurde von den beteiligten Partnern als sehr kollaborativ, konstruktiv und positiv wahrgenommen. Die Kommunikation während des Praxispiloten fand im Anschluss an ein initiales Kick-Off-Meeting größtenteils digital (aufgrund der COVID-19 Pandemie) in Form von Telefon- und Webkonferenzen statt.

Besonders wurde die zuverlässige Zuarbeit von Teilergebnissen trotz Tagesgeschäft bzw. Urlaubs- und Kurzarbeitsabwesenheit sowie die wertvollen spezifischen Kompetenzen in Form von Technologie- und Marktzugängen hervorgehoben.

### 5.2 Technisches

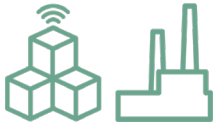
Im Hinblick auf die technische Integration wurde im Rahmen des Projekts vom Fraunhofer IPA eine umfassende Analyse bestehender Technologien durchgeführt. Im Fokus stehen dabei aktuelle Technologien für IT-Landschaften, Schnittstellen und Produktionsmaschinen. Die Analyse listet die am besten geeigneten Technologien auf und ordnet diese entsprechend ein. Das Integrationsmodell kann anhand der Cloud-Architektur und Erläuterungen zu den API-Schnittstellen abgeleitet werden und beschreibt das Zusammenfügen aller Komponenten mit dem Ziel, durchgehende Interoperabilität zu erreichen.

Das Konzept legt auch großen Wert auf technische Kommunikationsmechanismen, die sicherstellen, dass die in der gesamten Architektur zusammenwirkenden Komponenten sicher und interoperabel miteinander in Kontakt treten können. Für WEISSER bestand die technische Herausforderung darin, eine in erster Linie sicherheitskonforme Kommunikation von der Produktionsmaschine in eine Cloud-Plattform herzustellen.

### 5.3 Strategisches

Die strategische Zusammenarbeit sowie die Integrationsarbeit zwischen den Partnern lief sehr gut, da das zugrundeliegende Konzept zu einem gemeinsamen Geschäftsmodell führt und sich auf die Geschäftsmodelle von beiden Unternehmen sehr gut transferieren und langfristig migrieren lässt.

W.HAAS konnte die strategischen Ziele zur Technologie-Vorentwicklung vollständig umsetzen und damit zur Angebotsbereitschaft für Prototyp-Projekte beitragen. Das langfristige Ziel des Aufbaus von Konsortien für „Energie- und Gebäudetechnik“ sowie für Manufakturen und Kleinproduzenten von Schwarzwaldprodukten kommen damit entscheidend voran. Gleichzeitig eröffnet sich für die von W.HAAS langfristig angebahnte Netzwerk-Gründung für Hydrogenteknik ein neuer innovativer Kern, der die Förderfähigkeit im Bereich der Industrialisierung von alternativen Wasserstofftechnologien und den dafür erforderlichen Konsortialaufbau untermauert.



WEISSER zeigt großes Interesse, die bestehenden und neuen Produkte bzw. Spezialverfahren einem breiteren Kundenkreis auf komfortable und innovative Art und Weise für individuelle Fertigungsmöglichkeiten zur Verfügung zu stellen. Damit entsteht ein potentielles neues Geschäftsfeld mit hoher Skalierbarkeit und Zukunftssicherheit.

#### 5.4 Rechtliches

Für die Zusammenarbeit innerhalb des Praxispiloten wurden von allen Beteiligten die Cloud Mall BW Teilnahmebedingungen unterzeichnet. Diese regeln die Zusammenarbeit im Projekt und Aspekte der Vertraulichkeit, Umgang mit Ergebnissen und Einräumung von Nutzungsrechten, die Vorgehensweise bei Veröffentlichungen sowie Gewähr und Haftung bei der Durchführung des Praxispiloten. Für weitere Kooperationen von Unternehmen nach einem Praxispiloten wurde ein in Cloud Mall BW erstellter Leitfaden für die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen zur Hilfe für eine weiterführende Kooperation angeboten.



## 6 Resümee

### 6.1 Rolle der Cloud

Im vorliegenden Praxispiloten spielt die Cloud eine wichtige Rolle bei der Realisierung von digitalen Geschäftsmodellen der Praxispilotunternehmen. Cloud-Plattformen fungieren als eines der wichtigsten Elemente bei der Vernetzung zu den Endkunden und bieten alle nötigen Hosting-Dienste für die Ausführung von digitalen Services.

Mass Customization in der Cloud ist ein typischer Anwendungsfall für die Erstellung von SaaS-Anwendungen auf der Basis von Cloud Computing. Die Lösung aber stellt einen komplexen Prozess dar, der sich über den gesamten Lebenszyklus erstreckt. Um die Integration aller Akteure in der Cloud/IT-Architektur abzubilden, müssen nicht nur das Produkt und seine Komponenten, sondern auch Produktionsressourcen und relevante Daten in digitaler Form zur Verfügung stehen. Nur so kann das Produkt durch den Anwender endgültig definiert werden. Die eigentliche Interaktion mit dem Produkt erfolgt über digitale Benutzerschnittstellen, die den Konfigurator ergänzen und die Gestaltung des Produktes ermöglichen.

Als ganzheitliche Geschäftsstrategie bringt Cloud Computing viele Vorteile. Besonders hervorzuheben ist die Flexibilität und Erweiterbarkeit des Cloud-Computing-Systems, das die Bereitstellung von Diensten in einer Art Mehrmandantenfähigkeit ermöglicht. Ein solches System bietet somit enorme potenzielle Wettbewerbsvorteile gegenüber herkömmlichen Systemen.

### 6.2 Lessons Learned

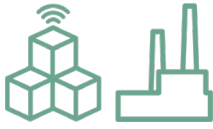
Beide Partner des Praxispiloten profitierten von den gesammelten Erfahrungen im Projekt. In Folge der intensiven Praxispilotarbeit wurden wertvolle Erkenntnisse gesammelt:

#### **WEISSER:**

- 
- Im Erfahrungsaustausch zwischen Softwareentwicklern und Maschinenbauern konnten fachübergreifend die Sichtweisen erweitert werden und beide Seiten haben von der jeweils anderen profitiert.
- Die Technologien unterliegen einer hohen Dynamik und erfordern eine agile und flexible Vorgehensweise.
- Neue Technologien erscheinen in immer schnelleren Intervallen und müssen ihre Praxis- und Alltagstauglichkeit unter Beweis stellen.
- In Zeiten von Corona konnte eine effizientere Arbeitsweise durch Onlinemeetings erreicht werden, wobei allerdings der persönliche Erfahrungsaustausch nicht zu 100% ersetzt wurde.

#### **W.HAAS:**

- Vorhandene Softwarelösungen sind nicht für den medienbruchfreien Betrieb geeignet.



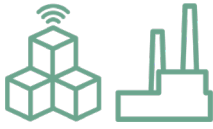
- Open Source Lösungen ermöglichen eine kostengünstigere bzw. flexiblere Realisierung und bieten Nähe zu bestehenden spezifischen Communities mit Eignung zur Kooperation.
- Denkbar für die Umsetzung des Konzepts sind entweder Kundenprojekte in einer geeigneten Teilbranche wie Alufelgen oder innerhalb einer Folgeförderung für ein anwenderzentriertes Test- und Produktionszentrum, ausgerichtet auf einen lokalen Branchen-Mix.
- Intelligente Lösungen für die Allokation von Programmierressourcen sind mitentscheidend für die zügige und erfolgreiche Umsetzung eines Prototyps.

### 6.3 Ausblick

Die Kooperationspartner werden kurz- und mittelfristig die vorgestellte Technologie weiterentwickeln und über W.HAAS Töchter und Partner branchen- und herstellerübergreifend das vorliegende Konzept anbieten und ausrollen. W.HAAS-Tochter Steidinger Apparatebau GmbH ist im Bereich der Open-Source-Hardware kompetent und konnte in neuen Märkten schon weitere Geschäftsfelder testen.

Beide Partner planen bereits die nächsten Schritte zur Weiterentwicklung der Lösung. Schon während des Projekts hat WEISSER angefangen, die technischen Voraussetzungen für die Technologieintegration auf Basis des Konzepts und der gesammelten technischen Anforderungen zu schaffen und startet kurzfristig in die Phase der prototypischen Implementierung.

Mit einem stark vernetzten Ökosystem wird ein Portfolio an digitalen Dienstleistungen für den Maschinenbau bei W.HAAS entwickelt, produziert und vermittelt. Die vor Ort fehlenden Fachkräfte werden community-basiert generiert, z. B. von internationalen Partnereinrichtungen, von Hochschulen oder mithilfe von Messe- und Mobilitätsprogrammen unterschiedlicher Organisationen.



## 7 CMBW-Projektdarstellung

Im Gemeinschaftsprojekt Cloud Mall Baden-Württemberg (Cloud Mall BW) werden Potenziale und Möglichkeiten von Cloud Computing für den Mittelstand in Baden-Württemberg identifiziert und ausgeschöpft. Kleinen und mittleren Cloud-Serviceanbietern und -anwendern wird ein Rahmen geboten, um untereinander Kooperationen zu schließen, das eigene Netzwerk zu stärken und dadurch aktiv Wettbewerbsvorteile auszubauen. Kooperative Ideen kleiner und mittlerer Cloud-Service oder Cloud-Plattformanbieter werden gezielt in Praxispiloten vorangetrieben und personell und fachlich vom Cloud Mall BW-Projektteam unterstützt.

Das Gemeinschaftsprojekt wird vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg gefördert. Beteiligt sind das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), sowie das Institut für Enterprise Systems an der Universität Mannheim (InES) und bwcon research GmbH (bwcon). Unter-auftragnehmer des Projekts sind Trusted Cloud und das Institut für Arbeitswissenschaften und Technologiemanagement (IAT) der Universität Stuttgart. In der Projektzeit ist die Durchführung von bis zu vierzig Praxispiloten geplant.



## 8 Kontakt

Gerne können die Vertreter der Praxispilotpartner bei Fragen und Anmerkungen zum Praxispilot oder zu Inhalten direkt angesprochen werden:

### **WEISSER Haas GmbH**

Hansjörg Weisser

[post@weisserhaas.com](mailto:post@weisserhaas.com)

### **J.G.Weisser Söhne GmbH & Co. KG**

Peter Rath

[peter.rath@weisser-web.com](mailto:peter.rath@weisser-web.com)

### **CMBW - Projektleiter des Praxispiloten**

#### **CMBW Partner**

David Albert Breunig

[david.albert.breunig@ipa.fraunhofer.de](mailto:david.albert.breunig@ipa.fraunhofer.de)

Olga Meyer

[olga.meyer@fraunhofer.de](mailto:olga.meyer@fraunhofer.de)

Weitere Information zum Thema Praxispiloten finden Sie unter der Projektwebsite:

<https://cloud-mall-bw.de/>