

Sachbericht Teil II (Eingehende Darstellung)

Wandlungsfähiges und selbstorganisierendes System für die anwenderspezifische Getränkeverpackung



Abschlussbericht

Zuwendungsempfänger: Fraunhofer IGCV

Förderkennzeichen: 281A508B19

Laufzeit des Vorhabens: 15.08.2021 – 14.02.2025

Abschlussbericht

Zuwendungsempfänger: Fraunhofer IGCV

Förderkennzeichen: 281A508B19

Vorhabenbezeichnung: VersiPack – Wandlungsfähiges und selbstorganisierendes System für die anwenderspezifische Getränkeverpackung

Inhalt

1	Beteiligte Institutionen und Projektpartner	3
2	Ausgangssituation	3
3	Geplanter Lösungsweg	3
4	Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ereignisse	4
4.1	<i>AP1.1 Analyse bestehender Lösungsansätze</i>	4
4.2	<i>AP1.2 Kategorisierung und Systematisierung der Anforderungen</i>	5
4.3	<i>AP2 Referenzmodell wandlungsfähiger Getränkeverpackungsnetzwerke</i>	6
4.4	<i>AP3.1 Analyse und Bewertung</i>	7
4.5	<i>AP3.2 Auswahl und Modifikation</i>	8
4.6	<i>AP3.3 Implementierung und Validierung</i>	10
4.7	<i>AP6.1 Inbetriebnahme von Anlagenkonfigurationen</i>	13
4.8	<i>AP7 Projektbegleitende Use Cases</i>	15
4.9	<i>AP8.2 Austausch mit Interessenverbänden</i>	15
4.10	<i>AP8.3 Veröffentlichungen und Messeauftritte</i>	16
5	Wichtigste Position des zahlenmäßigen Nachweises	17
6	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeit	17
7	Verwertbarkeit der Ergebnisse	17
7.1	<i>Erfindungen und Schutzrechte</i>	17
7.2	<i>Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende</i>	17
7.3	<i>Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende</i>	18
7.4	<i>Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit</i>	19
8	Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	20
9	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse	20

Abschlussbericht

Zuwendungsempfänger: Fraunhofer IGCV

Förderkennzeichen: 281A508B19

Vorhabenbezeichnung: VersiPack – Wandlungsfähiges und selbstorganisierendes System für die anwenderspezifische Getränkeverpackung

1 Beteiligte Institutionen und Projektpartner

- Technische Universität München (TUM)
- Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik (IGCV)
- Software GmbH
- Schneider Weisse G. Schneider & Sohn GmbH
- Urban Chestnut Brewing Company
- Weber Marking Systems GmbH
- Trans-Tech Weisser GmbH (ausgeschieden)
- Peter Markl Brauereimaschinen GmbH (für Trans-Tech Weisser GmbH eingetreten)

2 Ausgangssituation

Der Absatzmarkt für abgefüllte Getränke, insbesondere Bier und Wein, erfährt seit Jahrzehnten einen kontinuierlichen Wandel, der hohe Anforderungen an Brauereien und Winzer stellt. Die Nachfrage schwankt stark, während gleichzeitig eine zunehmende Produktvielfalt und kürzere Produktlebenszyklen gefordert werden. Kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) stehen vor erheblichen Herausforderungen, da sie sich keine eigenen Anlagen für jede Produktvariante leisten können. Die hohen Anschaffungs- und Wartungskosten sowie die geringe Auslastung führen zu einem Wettbewerbsnachteil. Um den Marktanforderungen gerecht zu werden, greifen einige KMU auf manuelle Abfüllung zurück. Diese Lösung erweist sich jedoch sowohl wirtschaftlich als auch qualitativ als unzureichend, da sie die Produktsicherheit nicht immer gewährleisten kann und in der lebensmittelverarbeitenden Industrie erhebliche Risiken birgt. Bereits kleine Produktionsfehler können ernsthafte Gesundheitsgefahren für die Konsumenten nach sich ziehen.

3 Geplanter Lösungsweg

Das Gesamtprojekt VersiPack hat das Ziel, ein neuartiges und flexibles Anlagenkonzept für die Getränkeabfüllung zu entwickeln, das auf der Internet of Things (IoT)-Technologie basiert. Es richtet sich insbesondere an die Getränke- und Zulieferbranche, wobei ein besonderer Fokus auf kleinen und mittelständischen Brauereien liegt. Durch die Entwicklung dieses Systems sollen neue Geschäftsmodelle entstehen, die den Unternehmen Wettbewerbsvorteile verschaffen. Im Rahmen des Projektes wird ein cyber-physisches Produktionssystem (CPPS) angestrebt, das eine effiziente und verteilte Nutzung der Ressourcen innerhalb der Getränkewertschöpfungskette ermöglicht. Die VersiPack-Plattform bildet das zentrale Element des Konzepts und umfasst integrale Lösungsbausteine für das Zukunftskonzept „Packaging-as-a-Service“. Dies bedeutet, dass Getränkehersteller künftig individuelle Verpackungsservices über die Plattform bestellen können. Die automatisierten Services der Plattform bearbeiten diese Bestellungen und parametrisieren automatisch maßgeschneiderte

Abschlussbericht

Zuwendungsempfänger: Fraunhofer IGCV

Förderkennzeichen: 281A508B19

Vorhabenbezeichnung: VersiPack – Wandlungsfähiges und selbstorganisierendes System für die anwenderspezifische Getränkeverpackung

Lösungen für Verpackungslinien, die auftrags-, orts- und konfigurationsspezifisch sind („Engineering on the fly“). Die einzelnen Module der Verpackungslinie werden digital in der Plattform abgebildet, und die Plattform kümmert sich um alle Aspekte des Auftrags, einschließlich Lieferung, Packmittelinformation, Medienversorgung, Kennzeichnung, Qualitätssicherung und Rückverfolgbarkeit. Nachdem der Auftrag bearbeitet wurde, wird er an einen Modulservicenanbieter gesendet, der die konfigurierte Anlage an den Getränkehersteller liefert. Dank standardisierter Software- und Hardware-schnittstellen ist die Inbetriebnahme der Produktionslinie schnell und unkompliziert, sodass die Produktion sofort beginnen kann. Zusätzlich fließen die bei der Produktion gesammelten Maschinen- und Prozessdaten zurück in die VersiPack-Plattform, wo sie für Optimierungsprozesse und vorausschauende Wartung (Predictive Maintenance) verwendet werden können. Nach Abschluss der Produktion wird die Anlage zur Wartung zurück an den Modulservicenanbieter gebracht, wodurch der Getränkehersteller die Möglichkeit erhält, neue Absatzchancen mit seinen individualisierten Produkten zu nutzen. Ein kontinuierlicher Informationsaustausch zwischen allen Beteiligten erfolgt über Netzwerk- und Cloudtechnologien. Am Ende der Projektlaufzeit wird ein Demonstrator zur Verfügung stehen, der alle erforderlichen Funktionalitäten integriert. Dabei sollen sowohl die Hardware als auch die Softwarekomponenten entwickelt und hinsichtlich technologischer sowie wirtschaftlicher Rahmenbedingungen evaluiert werden, wobei die Schwerpunkte Effizienz, Nachhaltigkeit und Sicherheit berücksichtigt werden.

4 Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ereignisse

4.1 AP1.1 Analyse bestehender Lösungsansätze

Ziel des Arbeitspakets ist die Erstellung einer Übersicht branchenübergreifender Lösungsansätze im Bereich Anlagen- und Steuerungstechnik von wandlungsfähigen Produktionssystemen. Zur Erreichung des Zieles wurden seitens IGCV Recherchen durchgeführt und die vorläufigen Ergebnisse hinsichtlich wandlungsfähiger Produktionssysteme in den Bereichen Industrie, Forschung und Lehre im Rahmen des Kick-off-Meetings am 29.09.2021 vorgestellt. Außerdem wurden Experteninterviews mit den beteiligten Maschinenherstellern Weber Marking Systems GmbH (WMS) und Trans-Tech Weisser GmbH (TTW) durchgeführt, um deren aktuellen Maschinen- und Anlagenaufbau zu ermitteln. Die durch das Projekt generierten technische und wirtschaftliche Anforderungen an das Gesamtsystem und speziell an die Anlagen wurden durch den neu zum Projekt hinzugekommenen Maschinenbauer Peter Markl Brauereimaschinen GmbH erweitert. Von den Unternehmen konnten nur vereinzelt Informationen über den Anlagenaufbau zur Verfügung gestellt werden, da das Themenfeld der Wandlungsfähigkeit und Flexibilität in der Industrie nur unzureichend adressiert wird. Der Fokus liegt hierbei meist auf dem produktspezifischen Anwendungsfall.

Abschlussbericht

Zuwendungsempfänger: Fraunhofer IGCV	Förderkennzeichen: 281A508B19
Vorhabenbezeichnung: VersiPack – Wandlungsfähiges und selbstorganisierendes System für die anwenderspezifische Getränkeverpackung	

4.2 AP1.2 Kategorisierung und Systematisierung der Anforderungen

Das IGCV hat gemeinsam mit der Technischen Universität München (TUM) und der Software GmbH zwei Workshops mit den Projektpartnern geplant und durchgeführt, um die Anforderungen an das wandlungsfähige Produktionssystem zu ermitteln und zu kategorisieren. Hierfür wurden zunächst relevante Rollen, deren Aufgaben und Verbindungen im Wertschöpfungsnetzwerk im ersten Workshop ermittelt und im Nachgang aufbereitet. Für die identifizierten Rollen wurden im zweiten Workshop User-Stories erstellt, welche im weiteren Projektverlauf (AP1.3) in eine priorisierte Anforderungsliste für das Lastenheft überführt wurden.

Die im Projekt erarbeiteten Anforderungen wurden in eine Matrix überführt, die aus 56 zentrale Inhalte als Zeilen besteht. Die Anforderungen wurden in die Betrachtungsbereiche: Systemplattform, Transporteinrichtung, Prozesseinheit, Prozess und Produkt aufgeteilt. Die Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt aus der Anforderungsliste.

Nr.	Beschreibung der Anforderung	Betrachtungsbereich					Zielwert	Minimalwert	Maximalwert	Einheit
		PF	C	PE	PZ	PD				
1	Höhe einer Prozesseinheit		x	x			2000	800	2400	mm
2	Breite einer Prozesseinheit		x	x			2000		2300	mm
3	Länge einer Prozesseinheit		x	x			2000		3000	mm
4	Prognosezeitraum	x					1 Woche	1 Woche	2 Jahre	
5	Anzahl paralleler Plattform-Transaktionen	x					1			
6	Anzahl betrachteter Behältertypen					x	2	2	3	
7	Anzahl betrachteter Behälterverschlüsse					x	2	2	3	
8	Höhe der Behälter					x				
9	Breite der Behälter					x				
10	Aufzeichnung der Nutzerdaten	x				x	Datenbank			
11	Schnittstelle Anlage - virtuelle Repräsentanz	x	x	x			OPC UA	OPC UA		
12	Anzahl der Bediener	x	x	x				eine externe Fachkraft		-
13	Druckluftqualität		x	x	x			ölfrei, feuchte entfernt		
14	Stromaufnahme		x				16			A
15	Druck		x				5	5	10	bar
16	Spannungsversorgung		x	x			400			V AC

Abbildung 1: Ausschnitt aus der Anforderungsliste

Die herausgearbeitete Systemarchitektur der Systemplattform und der Kommunikation mit und zwischen den Anlagenmodulen ist in Abbildung 2 dargestellt. Die einzelnen Prozesseinheiten sind mit dem Kommunikationsstandard Open Platform Communications Unified Architecture (OPC UA) vernetzt und tauschen Informationen mit dem Datenmodell WSPack aus. Zu diesen Informationen zählen die Zustände in der Zustandsmaschine der Anlagensteuerungen und Produktionsdaten, wie Zähl- und Messwerte. Über ein Gateway werden diese Daten an den Orchestration-Layer weitergegeben, der die Daten für die verschiedenen Services zur Verfügung stellt. Diese Systemarchitektur erlaubt den Informationsaustausch zwischen den Prozesseinheiten zum Abgleich von Produktions- und Maschinenzuständen und somit eine direkte Interaktion.

Abschlussbericht

Zuwendungsempfänger: Fraunhofer IGCV

Förderkennzeichen: 281A508B19

Vorhabenbezeichnung: VersiPack – Wandlungsfähiges und selbstorganisierendes System für die anwenderspezifische Getränkeverpackung

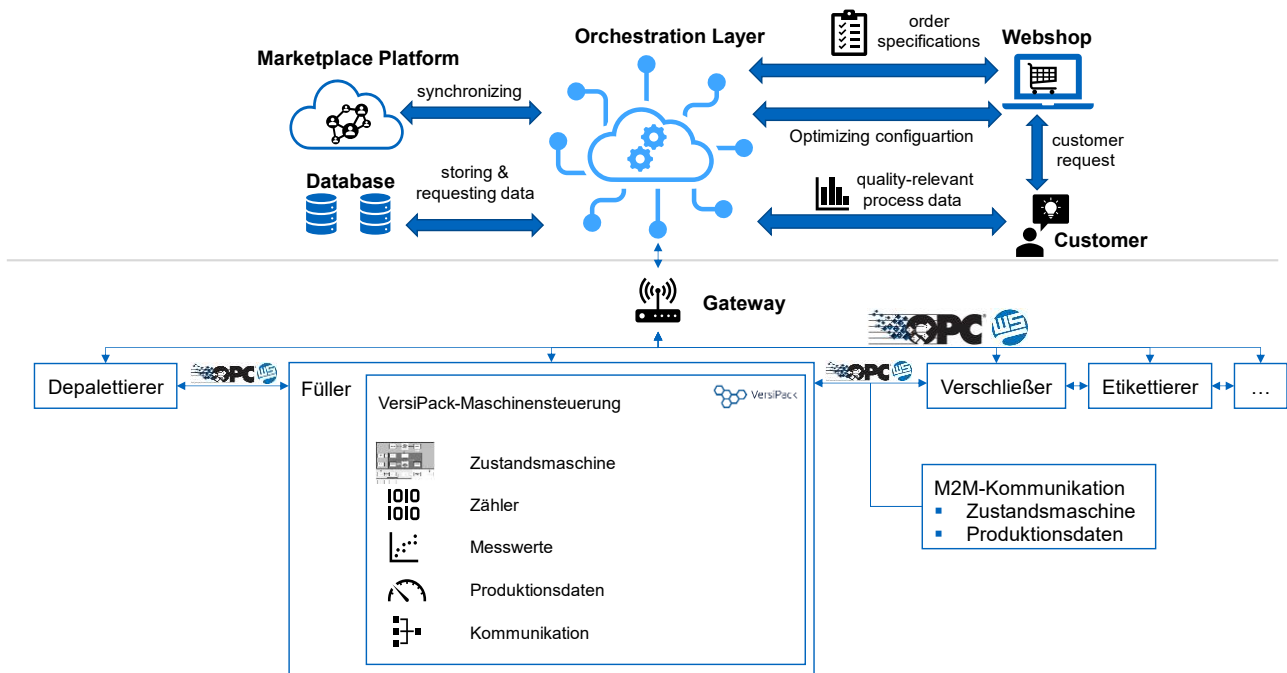


Abbildung 2: VersiPack-Systemarchitektur

4.3 AP2 Referenzmodell wandlungsfähiger Getränkeverpackungsnetzwerke

In Workshops wurde ein Geschäftsmodell als Basisszenario für das „Packaging-as-a-Service“ entwickelt. Dieses Basisszenario beinhaltet die einzelnen Prozessabläufe, die von der Anfrage von Abfüllkapazitäten bis hin zur Rechnungsstellung für die Zurverfügungstellung dieser Abfüllkapazitäten mit den gebuchten Services durchlaufen werden. Dieser Ablauf dient als Grundlage für den Entwurf eines Referenzmodells für wandlungsfähige Verpackungsnetzwerke.

Die VersiPack-Plattform (siehe Abbildung 2) agiert als Two-sided Market, der Nachfrager von „Packaging-as-a-Service“ mit passenden Anbietern verbindet. Auf der Nachfrageseite (Customer) stehen primär Getränkehersteller mit geringen Ausstoßmengen oder hoher Sorten- bzw. Verpackungsvielfalt. Sekundär nutzen Lohnabfüller die Plattform, um ohne eigene Anlagen über mietbare, kundenspezifische Abfüll- und Verpackungstechnik ihr Leistungsangebot zu erweitern. Auf der Anbieterseite (Marketplace Platform) adressiert die Plattform vor allem Maschinenbauer, deren Komponenten „Packaging-as-a-Service“ ermöglichen. Zentrale Anbieter sind zudem Modulserviceanbieter, die die konfigurierten Anlagen liefern, in Betrieb nehmen und warten, ergänzt durch Entwickler digitaler Services zur Optimierung des Betriebs. Durch die Kopplung beider Marktseiten entstehen Netzwerkeffekte: Mehr Anbieter erhöhen den Nutzen für Nachfrager und umgekehrt. Die Plattform schafft Wert, indem sie Anbieter und Nachfrager vermittelt. Passgenaue Anlagen inklusive Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP)-Konzept und Hygienekonzept zur systematischen Vermeidung von Verunreinigungen und Infektionen werden von der Plattform konfiguriert. Die gesamte Transaktion

Abschlussbericht

Zuwendungsempfänger: Fraunhofer IGCV	Förderkennzeichen: 281A508B19
Vorhabenbezeichnung: VersiPack – Wandlungsfähiges und selbstorganisierendes System für die anwenderspezifische Getränkeverpackung	

wird in einem One-Stop-Shop abgewickelt. Die Konfigurationsdaten werden für Anleitungen verwendet und die während des Betriebs gewonnene Maschinendaten für digitale Services (z. B. vorausschauende Wartung) genutzt. Für das Ertragsmodell bestehen mehrere Optionen, zu denen Nutzungsgebühren (für Anbieter, Nachfrager oder beide; prozentual, fix oder hybrid), Mitgliedsbeiträge und die Monetarisierung von Maschinen- und Prozessdaten zählen.

4.4 AP3.1 Analyse und Bewertung

Die bisherigen Recherchen auf Basis von AP1 zu bestehenden Methoden, Vorgehen und Werkzeugen im Kontext der Entwicklung wandlungsfähiger Produktionssysteme wurden zusammen mit den Anwendungsszenarien aus AP2 herangezogen, um die Einsatzfähigkeit bestehender Entwicklungsmethoden hinsichtlich Planung und Konfiguration wandlungsfähiger Anlagen zu prüfen. In der Analyse der bestehenden Methoden und Werkzeuge wurden sieben Ansätze näher betrachtet und die Eignung für die Anlagenebene im Produktionssystem herausgearbeitet (Tabelle 1).

Tabelle 1: Analyse bestehender Lösungsansätze in der Forschung und Lehre

Autor und Ansatz	Fokus	Kernaussage	Eignung für Anlagenebene
Hernández Morales Roberto – Soll-Ist-Vergleich / Szenario-Transfer	Ganze Fabrik	Mehrere Szenarien; Szenario-Transfer am Ende des Prozesses	Ungeeignet für die Anlagenebene
Drabow Gregor – Kriterienbasierte Bewertung (Experteninterviews)	Anlagenebene	Bewertungskriterien basieren auf Experteninterviews	Eingeschränkt geeignet
Heger Christoph – Teilwandlungspotentialwerte	Anlagen-/Produktionsebene	Wandlungspotenziale durch Expertenwerte; Anhang mit Werten	Ungeeignet für das Ziel
Schuh Günther – Design for Changability-Ansatz	Gesamtstruktur der Produktion bis Komponenten	Universelle Anwendbarkeit; hohe Modularität	Grundsätzlich geeignet, aber hoher Fachaufwand
Rösiö Carin – Designprozess wandlungsfähiger Systeme	Designprozess; Fallstudienbasierte Daten	Hoher Aufwand im Designprozess; Fundierung durch Fallstudien	Eher ungeeignet für einfache Anlagenplanung
Andersens – Partizipative Methode (Fragebögen)	Produktionssysteme	Ermittelt geeignete Produktionssysteme (DML, RMS, FMS)	Teilweise geeignet; Planungsprozess erleichtert
VDI-Richtlinie 5201	Allgemeine Industriepaxis	Vorgehen zur Erfassung der Wandlungsfähigkeit; etablierte Norm	Als Grundlage nutzbar; für noch nicht existierende Anlagen Experteneinschätzung nötig

Die bestehenden Entwicklungsmethoden und Werkzeuge zur Gestaltung wandlungsfähiger Anlagen können in zwei Teile unterteilt werden. Der erste Teil fokussiert die Ermittlung des *benötigten Soll-Wandlungsfähigkeitsgrades der Anlagen*. Der zweite Teil konzentriert sich auf die *Gestaltung wandlungsfähiger Anlagen*. Die bestehenden Methoden zur Ermittlung des benötigten Soll-Wandlungsfähigkeitsgrades der Anlagen können nur mit Expertenwissen im Bereich der Wandlungsfähigkeit von Anlagen bedient werden. Diese Expertise liegt nicht in allen Betrieben vor. Hieraus ergibt sich ein

Abschlussbericht

Zuwendungsempfänger: Fraunhofer IGCV

Förderkennzeichen: 281A508B19

Vorhabenbezeichnung: VersiPack – Wandlungsfähiges und selbstorganisierendes System für die anwenderspezifische Getränkeverpackung

Bedarf zur Entwicklung einer Methode zur Ermittlung des Soll-Wandlungsfähigkeitsgrades, die ohne Expertenwissen anwendbar ist. Die bestehenden Gestaltungsregeln wandlungsfähiger Anlagen bieten bisher nicht die Anwendbarkeit für die in der Entwurfsphase einer Anlage vorherrschenden Informationen. So sind in dieser Phase die genauen Kosten noch nicht bekannt. Die bei der Anwendung einer Nutzwertanalyse verwendete subjektive Gewichtung der Zielkriterien führt zu einer geringen Allgemeingültigkeit.

4.5 AP3.2 Auswahl und Modifikation

Die im AP3.1 angefertigte Analyse und Bewertung bestehender Entwicklungsmethoden wurden im AP3.2 adaptiert, um das Themenfeld der Wandlungsfähigkeit während des Entwicklungsprozesses zu betrachten. Wie in AP3.1 bereits gezeigt, bestehen die Methoden und Werkzeuge in diesem Bereich aus zwei Teilen. Diese Teilung wurde in AP3.2 aufgegriffen.

Methodiken zur Bestimmung der erforderlichen Soll-Wandlungsfähigkeit von Verarbeitungsanlagen

Zur Weiterentwicklung der Methoden im Entwicklungsprozess von wandlungsfähigen Anlagen wurden die Lösungsansätze der VDI-Richtlinie 2221, das V-Modell, der Vorgehenszyklus für komplexe Aufgabenstellungen, das Münchner Vorgehensmodell und das Münchner Methodenmodell gegenübergestellt. Die Wahl fiel auf das Münchner Methodenmodell, da es speziell für die Entwicklung von Methoden erarbeitet wurde. Der erste Schritt dieses Modells beinhaltet die Klärung des Methodenbedarfs, wobei sowohl Ausgangsbedingungen als auch Ziele definiert werden. Dies führte zur Identifikation verschiedener Wandlungsbefähiger, für welche eine Methodenentwicklung besonders relevant ist. Die Tabelle 1 beschreibt die Bedeutung der einzelnen Wandlungsbefähiger.

Tabelle 2: Beschreibung der Wandlungsbefähiger

Wandlungsbefähiger	Bedeutung
Skalierbarkeit	Skalierbarkeit bedeutet die technische Atmungsfähigkeit (Erweiter- und Reduzierbarkeit) von Fabrikmodulen.
Universalität	Unter Universalität wird die Eigenschaft von Fabrikmodulen verstanden, für verschiedene Aufgaben, Anforderungen und Funktionen verwendbar zu sein. Diese Eigenschaft wird durch eine entsprechende Gestaltung und (Über-)Dimensionierung der Fabrikmodule erzielt.
Kompatibilität	Kompatibilität bedeutet die Vernetzungsfähigkeit von Fabrikmodulen bezüglich Material, Medien und Energie.
Mobilität	Mobilität bedeutet die örtliche Beweglichkeit von Fabrikmodulen.
Modularität	Module sind standardisierte, vorgeprüfte Einheiten, die autonom agieren und eine hohe Austauschbarkeit aufweisen.

Da die Skalierbarkeit und die Universalität stark von den anderen Wandlungstreibern abhängen, die anderen Wandlungsbefähiger jedoch selbst nicht beeinflussen, konnte sich die Arbeit auf die Ermittlung der erforderlichen Modularität, Mobilität und Kompatibilität konzentrieren. Bei der Entwicklung

Abschlussbericht

Zuwendungsempfänger: Fraunhofer IGCV

Förderkennzeichen: 281A508B19

Vorhabenbezeichnung: VersiPack – Wandlungsfähiges und selbstorganisierendes System für die anwenderspezifische Getränkeverpackung

der Methoden zur Bestimmung der erforderlichen Soll-Wandlungsfähigkeit wurde besonderer Wert auf eine einfache Anwendbarkeit und Nachvollziehbarkeit gelegt. Randbedingungen werden genutzt, um den Lösungsraum der möglichen Systemkonfigurationen einzuschränken oder zu erweitern. In dem Kontext der Abfüllanlagen sind diese Randbedingungen der Start- und Endknoten und die mehrfache Verwendungsmöglichkeit eines Inspektionsgeräts. Nach der Eingabe von Randbedingungen werden die geforderten Werte über ein Python-Programm dem Anwender übergeben. Die Modularitätsermittlung basiert auf der Analyse möglicher Prozessreihenfolgen im Abfüllprozess, wobei ein Algorithmus den kritischen Pfad des höchsten Modularitätswerts identifiziert. Die Modularität wird bestimmt, indem die Anzahl der im kritischen Pfad einsetzbaren Module in Relation zur Gesamtzahl der Prozesse des Pfads gesetzt wird. Die Mobilität wird über Rekonfigurationshäufigkeiten bestimmt: Je häufiger strukturelle Änderungen der Anlage erforderlich sind, desto höher ist der Mobilitätsbedarf. Die Kompatibilität setzt sich aus zwei Teilen zusammen: der Schnittstellenkompatibilität, basierend auf Rekonfigurationshäufigkeiten, und der Anzahl übertragener Medien zwischen den Modulen.

Gestaltungsregeln zur Realisierung wandlungsfähiger Verarbeitungsanlagen

Es wurden für die Wandlungsbefähiger Mobilität, Modularität und Kompatibilität wandlungsspezifische technische Anlageneigenschaften erarbeitet. Die allgemeingültige Bewertung ordnete die Gestaltungsregeln einer Anlageneigenschaft in eine hierarchische Reihenfolge. Die Reihenfolge bildet sich anhand des Beitrags zu einem aufwandsarmen Umbau der Anlage. Bei der Bewertung der Gestaltungsregeln der Kompatibilität musste zusätzlich zu deren Beitrag zu einem aufwandsarmen Umbau der Effekt einer zunehmenden Schnittstellenanzahl berücksichtigt werden. Die Bewertung in Abhängigkeit des erreichbaren Wandlungsfähigkeitsgrads wies auf Basis der hierarchischen Reihenfolge jeder Gestaltungsregel einen Wandlungsfähigkeitsgrad in Form eines Intervalls zu. Den Gestaltungsregeln der Kompatibilität konnte ein Wandlungsfähigkeitsgrad zugeordnet werden. Neben den Gestaltungsregeln für die Wandlungsbefähiger wurden zudem Gestaltungsregeln für die Maschinensicherheit entworfen und in AP6.1 umgesetzt. Die Gestaltungsregeln umfassen eine elektrische Schnittstelle zwischen den einzelnen Prozesseinheiten, die auf potenzialfreien Kontakten zur Signalisierung der sicherheitsrelevanten Zustände beruht. Zu diesen Zuständen zählen:

- Not-Halt OK
- Sicherheitseinrichtungen Prozesseinheit OK
- Freigabekontakte Aktorik
- Aktivierung des Not-Halts

Die Verknüpfung über potenzialfreie Kontakte ermöglicht eine protokoll- und herstellerunabhängige Gestaltung der Sicherheitsverknüpfung der Prozesseinheiten.

Abschlussbericht

Zuwendungsempfänger: Fraunhofer IGCV

Förderkennzeichen: 281A508B19

Vorhabenbezeichnung: VersiPack – Wandlungsfähiges und selbstorganisierendes System für die anwenderspezifische Getränkeverpackung

4.6 AP3.3 Implementierung und Validierung

Es wurden Entwicklungs-Demonstratoren konzeptioniert und aufgebaut, um frühzeitig im Projekt eine Entwicklungs- und Testplattform für Implementierung und Validierung zu errichten. Die Entwicklungs-Demonstratoren bestehen aus einem Basismodul und einem applikationsspezifischen Aufbau. Der applikationsspezifische Aufbau wurde aus Fischertechnik-Baugruppen aufgebaut. Die Entwicklungs-Demonstrationsanlagen wurden unter Berücksichtigung der in AP3.1 und AP3.2 erarbeiteten Methoden vollständig aufgebaut. Es wurden die fünf Module Depalettieren, Füllen, Verschließen, Inspektion und Palettieren realisiert, die in Abbildung 3 von links nach rechts angeordnet sind. Der applikationsspezifische Aufbau besteht aus einem in Höhe, Breite und Position einheitlichen Transportmittel, das für die Schnittstellenstandardisierung notwendig ist. Durch das Basismodul ist der verfügbare Platz eines Moduls definiert und der Austausch ressourcenschonend im Hinblick auf den Platzbedarf möglich. In den Steuerungen der Module wurde ein OPC UA-Informationsmodell implementiert, das die Bestandteile des WSPack umfasst. Durch das Informationsmodell ist ein standardisierter Austausch der Informationen zwischen den Steuerungen untereinander und zur Systemplattform möglich. Der horizontale Informationsaustausch erlaubt eine aufwandsarme Verkettung



Abbildung 3: Aufbau der Fischertechnik-Demonstratoren

Abschlussbericht

Zuwendungsempfänger: Fraunhofer IGCV	Förderkennzeichen: 281A508B19
Vorhabenbezeichnung: VersiPack – Wandlungsfähiges und selbstorganisierendes System für die anwenderspezifische Getränkeverpackung	

der Maschinen untereinander, wodurch die Produktionsbedingungen abgeglichen werden. Die Produktionsbedingungen werden z. B. durch die Zustandsmaschine oder das gewählte Programm signalisiert.

Neben dem einheitlichen Kommunikationsstandard von WSPack wurde auch die Zustandsmaschine nach dem Weihenstephaner Standard implementiert. Durch die herstellernerneutrale Programmierung nach dem IEC 61131-3-Standard ist es möglich, den entwickelten Programmcode in andere Steuerungssysteme einfach zu adaptieren und für weitere Anwender verfügbar zu machen.

Insgesamt zeigt der entwickelte und aufgebaute Fischertechnik-Demonstrator die Vorteile einer wandlungsfähigen Gestaltung von Getränkeabfüllanlagen. Je nach Anwendungsfall können unterschiedliche Prozesseinheiten zusammengestellt werden. Die Prozesseinheiten können über Netzkabel miteinander Informationen austauschen. Zu den Informationen zählen der Anlagenzustand, die Taktzahl und die Programmnummer. Durch den Informationsaustausch kann die Produktionsfreigabe der Anlagen in Abhängigkeit von den vorausstehenden und nachfolgenden Produktionsmodulen erreicht werden.

Validierung der Performanz der Kommunikationsschnittstelle

Zusätzliche Validierungsmaßnahmen haben im Bereich der Kommunikationsschnittstelle stattgefunden. Bisher gibt es keine wissenschaftlichen Untersuchungen zur Performanz der OPC UA-Kommunikationsschnittstelle verschiedener Steuerungshersteller in der Konfiguration als OPC UA-Client und OPC UA-Server. Es wurden Steuerungen der Hersteller Beckhoff Automation GmbH & Co. KG, B&R Industrial Automation GmbH, Siemens AG und WAGO GmbH & Co. KG verwendet. Zusätzlich zu den industriellen Steuerungen wurde die Open-Source-Bibliothek „open62541“ in Kombination

	beckhoff_ beckhoff	beckhoff_ br	beckhoff_ open	beckhoff_ siemens	beckhoff_ wago	br_ beckhoff	br_ br	br_ open	br_ siemens	br_ wago	open_ beckhoff	open_ br
Les.	1,92	1,09	1,49	1,64	5,60	5,52	4,65	5,20	5,05	7,98	0,83	0,28
Schr.	2,04	1,16	1,31	1,42	4,56	5,47	4,50	4,83	4,76	7,78	1,48	0,29
Diff.	-0,12	-0,07	0,18	0,22	1,04	0,05	0,15	0,37	0,29	0,20	-0,65	-0,01

	open_ open	open_ siemens	open_ wago	siemens_ beckhoff	siemens_ br	siemens_ open	siemens_ wago	wago_ beckhoff	wago_ br	wago_ open	wago_ siemens	wago_ wago
Les.	0,66	0,74	6,15	1,57	0,48	0,76	3,72	4,29	2,94	3,18	3,16	6,32
Schr.	0,48	0,64	3,46	1,52	0,45	0,60	3,30	3,39	2,95	2,92	2,79	5,12
Diff.	0,18	0,10	2,69	0,05	0,03	0,16	0,42	0,90	-0,01	0,26	0,37	1,20

Abbildung 4: Übersicht der Performanz der OPC UA-Verbindung

Abschlussbericht

Zuwendungsempfänger: Fraunhofer IGCV

Förderkennzeichen: 281A508B19

Vorhabenbezeichnung: VersiPack – Wandlungsfähiges und selbstorganisierendes System für die anwenderspezifische Getränkeverpackung

mit einem Raspberry Pi 4 Modell B als Systemplattform in den Test mit aufgenommen. In dem Test wurde auf die Kommunikationsschnittstelle der industriellen Steuerungen mit unterschiedlichen Datenmengen sowohl lesend als auch schreibend zugegriffen. Abbildung 4 zeigt die zeitliche Übersicht der Ergebnisse für das Lesen und Schreiben eines 2-Byte-Wertes. Der Test fand immer zwischen zwei Steuerungen statt, wobei der Name des Paares als „Client_Server“ zu interpretieren ist.

Die Ermittlung relevanter Kombinationsmöglichkeiten der Anlagenmodule erfolgte durch die Vorarbeiten aus AP3.2 zur Berechnung der Soll-Wandlungsfähigkeit. Hierzu wurden die Kombinationsmöglichkeiten von Mehrweg-Glasflaschen mit den minimalen und maximalen Ausprägungen durch die Angabe in einer Adjazenzmatrix als Eingangsparameter der Bestimmung der Soll-Wandlungsfähigkeit gegeben (siehe Abbildung 5). Die Zeilen- und Spalteneinträge des Inspektors sind rot eingefärbt, da es sich bei diesem um den Ausnahmeknoten handelt und dieser deswegen durch das Programm in die Baumstruktur integriert wird. Die Einträge müssen in den Zeilen und Spalten des Ausnahmeknotens mit einer n-Notation versehen werden. Da die Kästen mit dem Leergut auf Paletten der Brauerei übergeben werden, wurde als Wurzelknoten der Depalettierer gewählt, welcher die Leerkästen der Anlage übergibt. Als Blattknoten wurde der Palettierer identifiziert, da die Kästen mit

vor Spalte	Prozess-ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Zeile kommt												
Depalettierer	1		y	y	n	n	n	n	n	n	n	n
Palettierer	2	n		n	n	n	n	n	n	n	n	n
Auspackmaschine	3	n	n		n	y	n	n	n	y	n	n
Einpackmaschine	4	n	y	n		n	n	n	n	n	n	y
Flaschenreinigungsmaschine	5	n	n	n	n		n	y	n	n	y	n
Inspektor	6	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
Behälterfüllmaschine	7	n	n	n	n	n	n		y	n	n	n
Behälterverschließmaschine	8	n	n	n	y	n	n	n		n	y	y
Flaschenentschraubmaschine	9	n	n	y	n	y	n	n	n		n	n
Behälterausstattungsmaschine	10	n	n	n	y	n	n	y	n	n		y
Tunnelpasteurisierungsmaschine	11	n	y	n	y	n	n	n	n	n	y	

Abbildung 5: Adjazenzmatrix der Glasflaschenabfüllung

den befüllten Flaschen für den weiteren Transport wieder auf Paletten beladen werden müssen. Als Sonderpfad wurde der Fall des Umpackens berücksichtigt. Das bedeutet, dass der Prozessreihenfolgebaum um diesen Weg erweitert wird. Für den Anwendungsfall der Mehrwegabfüllung ist es aus Hygienegründen zwingend erforderlich, dass nach der Flaschenreinigung eine Inspektionsmaschine eingesetzt wird. Diese soll überprüfen, ob nach der Reinigung noch Verschmutzungen in der Flasche enthalten sind. Ebenso sollten die Glasflaschen vor dem Befüllen erneut überprüft werden. Ein optionaler Einsatzort für eine Inspektionsmaschine wäre vor dem Verschließen der Flaschen,

Abschlussbericht

Zuwendungsempfänger: Fraunhofer IGCV

Förderkennzeichen: 281A508B19

Vorhabenbezeichnung: VersiPack – Wandlungsfähiges und selbstorganisierendes System für die anwenderspezifische Getränkeverpackung

Zur Bereitstellung der benötigten Informationen (z. B. Taktzeit, Ausbringungsmenge) an die Systemplattform wurde die Maschinensteuerung über Profinet an die VersiPack-Steuerung angebunden und die Daten ausgelesen.

Vorgehen

1. Anwendung der in AP3.2 entwickelten Methodiken zur Bestimmung der erforderlichen Soll-Wandlungsfähigkeit von Verarbeitungsanlagen
2. Anwendung der in AP3.2 entwickelten Gestaltungsregeln zur Realisierung wandlungsfähiger Verarbeitungsanlagen
3. Anwendung der in AP1.2 aufgestellten Anforderungsliste
4. Szenarioabhängiges Vorgehen

Greenfield

4Ga) Mechanische und elektrische Konstruktion anhand der Schritte 2 und 3
4Gb) Integration der in AP1.2 entwickelten Datenschnittstelle zur Anbindung an die Systemplattform

Brownfield

4Ba) Ableitung und Umsetzung möglicher mechanischer Anpassungen
4Bb) Integration der notwendigen Sensorik zur Erfüllung der Mindestanforderungen für die Anbindung an die Systemplattform
4Bc) Integration der VersiPack-Steuerung zur standardisierten Datenanbindung

5. Validierung

Abbildung 7: Vorgehen zur Integration der wandlungsfähigen Verarbeitungsanlage

Das erarbeitete Maschinensicherheitskonzept wurde im Rahmen des Projektes validiert. Die sicherheitstechnische Verknüpfung erreicht das Performance Level d, was für den Anwendungsbereich der Verarbeitungsmaschinen üblicherweise ausreichend ist. Die Sicherheitsschnittstelle ermöglicht ein stoßfreies Verbinden der Anlagenmodule, wodurch keine Unterbrechung des Ablaufs notwendig ist. Diese Funktionalität ist durch die dynamische Aktivierung der Not-Halt-Funktion zwischen den Prozesseinheiten möglich.

Abschlussbericht	
Zuwendungsempfänger: Fraunhofer IGCV	Förderkennzeichen: 281A508B19
Vorhabenbezeichnung: VersiPack – Wandlungsfähiges und selbstorganisierendes System für die anwenderspezifische Getränkeverpackung	

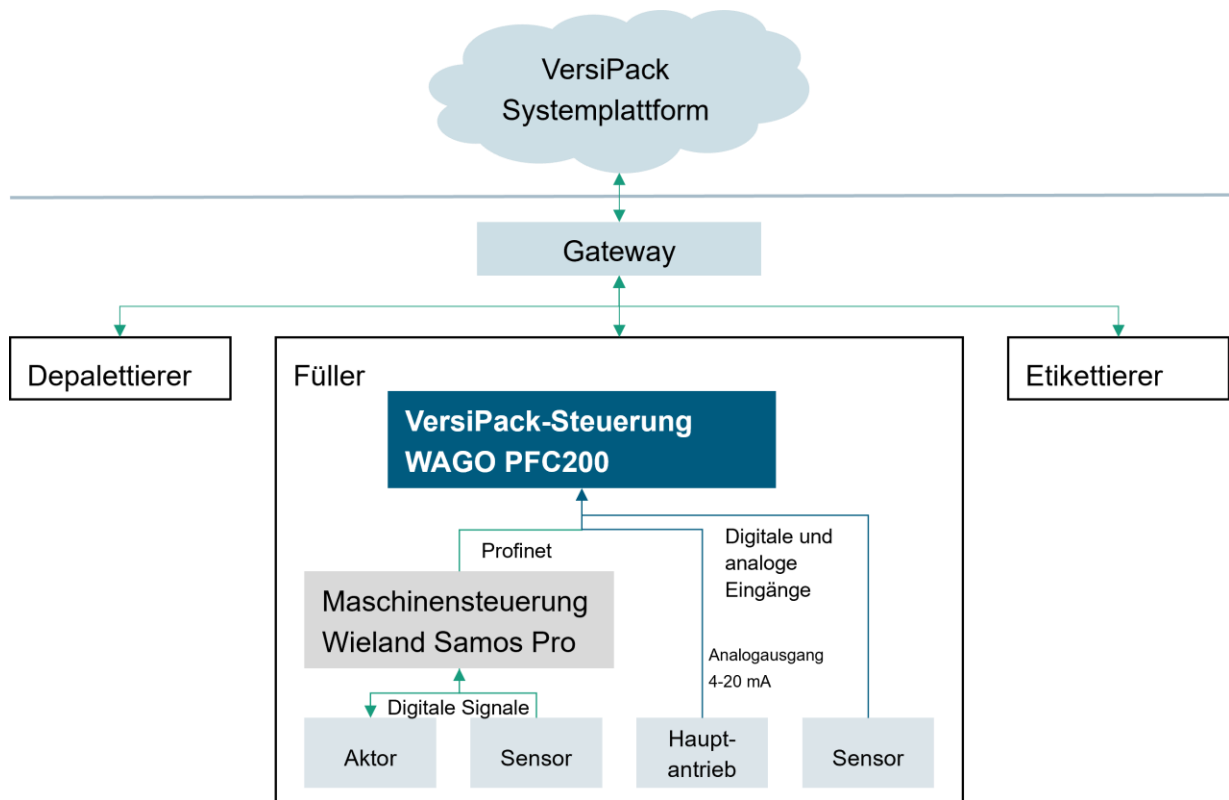


Abbildung 8: Systemarchitektur des Füllers der Fa. Markl

4.8 AP7 Projektbegleitende Use Cases

Gemeinsam mit der Arbeitsgruppe Smart Production Systems (SPS) der TUM wurden Funktionstests mit den Fischertechnik-Demonstratoren durchgeführt. Die Funktionstests umfassten hierbei einerseits die Software der Maschinensteuerung auf den industriellen speicherprogrammierbaren Steuerungen in den Fischertechnik-Demonstratoren als auch die Software der Systemplattform inkl. der OPC UA-Kommunikation. In den Maschinensteuerungen war neben der Kommunikation auch die Ablauflogik der Prozesseinheiten programmiert, wodurch die horizontale Verkettung zwischen den Prozesseinheiten und die valide Datengenerierung für die Systemplattform getestet wurden. Die korrekte Funktion der Betriebsdatenerfassung, etwa Zählwerte, Takte und Maschinenzustände, konnte überprüft werden. Die in den Fischertechnik-Demonstratoren verbauten Maschinensteuerungen werden bereits industriell verwendet. Dies gewährleistet eine gute Übertragbarkeit der Testergebnisse auf reale Anlagen.

4.9 AP8.2 Austausch mit Interessenverbänden

Im Rahmen des von der TUM ausgerichteten Flaschenkellerseminars am 11.06.2022 und 10.06.2024 fand ein Austausch mit unterschiedlichen Anlagenherstellern und Betreibern statt. Durch

Abschlussbericht

Zuwendungsempfänger: Fraunhofer IGCV

Förderkennzeichen: 281A508B19

Vorhabenbezeichnung: VersiPack – Wandlungsfähiges und selbstorganisierendes System für die anwenderspezifische Getränkeverpackung

die im Zusammenhang mit dem Vortrag stattfindenden Fragerunden, konnte als wesentliche Erkenntnis festgehalten werden, dass das Thema Wandlungsfähigkeit für alle Parteien zunehmend an Bedeutung gewinnt, um den schneller werdenden Anforderungen gerecht zu werden.

Am 30.06.2022 fand am Fraunhofer IGCV gemeinsam mit dem Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau, Fachverband Nahrungsmittelmaschinen und Verpackungsmaschinen eine technische Sitzung mit dem Schwerpunkt Modularisierung statt. Teilnehmer waren Industrievertreter aus der Verpackungs- und Abfüllindustrie. In der Vortragsreihe, in der u. a. Professor Majschak einen Vortrag mit dem Titel „Dimensionen der Modularisierung – Verarbeitungsgüter – Wandelbarkeit und Adaptivität des Verarbeitungssystems“ hielt, wurde das Thema Modularisierung auf den Ebenen Produkt, Prozess und Anlage betrachtet. Auf Anlagenebene wurde das Projekt VersiPack vorgestellt und in geführten Workshops diskutiert. Die Workshops verfolgten die drei getrennten Themengebiete: Verarbeitungsgut, Prozesse und Anlage. Als wesentliche Hemmnisse wurden fehlendes Wissen über die Zusammenhänge der Wandlungsbefähiger und den zur Einführung eines modular gestalteten Baukastensystems verbundenen Kosten identifiziert.

4.10 AP8.3 Veröffentlichungen und Messeauftritte

Im Rahmen der Messe BrauBeviale vom 28.11.2023 bis 30.11.2023 in Nürnberg konnten die in AP3.3 entwickelten und gebauten Fischertechnik-Demonstratoren einem breiten Fachpublikum vorgestellt werden. Die Fischertechnik-Demonstratoren wurden hierbei auch an die Systemplattform angebunden. Das Fachpublikum bestand aus unterschiedlichen Anlagenherstellern sowie Anlagenbetreibern von Abfüllanlagen. Die bereits beim Flaschenkellerseminar aufgetretene wesentliche Erkenntnis, dass das Thema der Wandlungsfähigkeit für die Anlagenbauer und -betreiber unabhängig von ihrer Unternehmensgröße sehr wichtig ist, wurde in den Gesprächen mit dem Fachpublikum bestätigt. Durch die entwickelten Methoden und Standards gepaart mit dem VersiPack-Geschäftsmodell kann diesen Herausforderungen begegnet werden.

Die Gespräche mit Vertretern von großen Brauereien haben die Erkenntnis verstärkt, dass das VersiPack-Geschäftsmodell auch für diese Unternehmen von Interesse ist. Große Brauereien mit leistungsstarken Anlagen erfahren durch den Rückgang der Chargengrößen hohe Verlustmengen. Kleine Chargengrößen könnten über die auf der VersiPack-Plattform angebotenen Maschinen effizienter abgefüllt werden, was bei großen Brauereien zu einer Verbesserung der Wirtschaftlichkeit führen kann.

Auf dem Flaschenkellerseminar vom 20.05.2024 bis 21.05.2024 konnte das Projekt VersiPack dem interessierten Fachpublikum aus der Industrie und Wissenschaft im Rahmen eines Vortrags präsentiert werden. Der Vortrag wurde im Tandem zweier Wissenschaftler der TUM SPS und des Fraunhofer IGCV gehalten.

Abschlussbericht	
Zuwendungsempfänger: Fraunhofer IGCV	Förderkennzeichen: 281A508B19
Vorhabenbezeichnung: VersiPack – Wandlungsfähiges und selbstorganisierendes System für die anwenderspezifische Getränkeverpackung	

Zudem konnten das Projekt und die Fischertechnik-Demonstratoren im Zusammenspiel mit der Systemplattform auf den Innovationstagen 2024 der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) einem breiten Fachpublikum präsentiert werden.

5 Wichtigste Position des zahlenmäßigen Nachweises

Der wesentlichste Posten für das Fraunhofer IGCV war im Verlauf des Projekts Personalkosten in Höhe von 516.426,41 €. Darüber hinaus fielen Reisekosten in Höhe von 3.431,18 € an. Dies ist deutlich geringer als die in der Vorkalkulation angegebenen 12.000,00 €. Dies erklärt sich durch den Lockdown während der COVID-19-Pandemie und die danach zunehmende Nutzung digitaler Formate zum Austausch. Für Gegenstände wurden 22.117,74 € ausgegeben, die für den Materialeinsatz und Verbrauchsgegenstände für den Aufbau der Demonstratoren eingesetzt wurden. In der Vorkalkulation wurde von 29.500,00 € angesetzt.

6 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeit

Die geleistete Projektarbeit spiegelt die in der Vorhabensbeschreibung festgelegten Tätigkeiten wider. Sie war unerlässlich, um die angestrebten Ergebnisse zu erzielen, die sowohl in dem Sachbericht dokumentiert sind als auch explizit in der Vorhabensbeschreibung gefordert wurden. Während des Projektverlaufs war es notwendig, die Zeitplanung aus verschiedenen Gründen anzupassen, wodurch die Teilvorhaben des Fraunhofer IGCV betroffen wurden. Diese Anpassungen wurden jedoch proaktiv durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Projektziele erfolgreich erreicht werden konnten.

7 Verwertbarkeit der Ergebnisse

7.1 Erfindungen und Schutzrechte

Das Fraunhofer IGCV hat in seinem Teilvorhaben keine Erfindungen und Schutzrechte angemeldet.

7.2 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende

Die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten von VersiPack werden als hoch eingestuft. Die zunehmenden Trends im Lebensmittelbereich, wie eine höhere Produktvielfalt sowie nachhaltigere Produkte, führen zu kleineren Chargengrößen. Die im Projekt VersiPack erarbeiteten Lösungen bieten eine Basis für die industrielle Nutzung und Weiterentwicklung.

- **Systemplattform und modulare Prozesseinheiten:** Die entwickelte Plattformarchitektur mit standardisierter OPC UA-/WSPack-Kommunikation und modularem Aufbau ermöglicht eine schnelle Konfiguration und Inbetriebnahme von Abfülllinien. Damit können auch kleine Chargen wirtschaftlich verarbeitet werden, was insbesondere für KMU relevant ist.

Abschlussbericht

Zuwendungsempfänger: Fraunhofer IGCV

Förderkennzeichen: 281A508B19

Vorhabenbezeichnung: VersiPack – Wandlungsfähiges und selbstorganisierendes System für die anwenderspezifische Getränkeverpackung

- **Validierte Demonstratoren:** Mit den aufgebauten Fischertechnik-Demonstratoren sowie der Integration in einen industriellen Füller (Fa. Markl) wurde die technische Umsetzbarkeit und Übertragbarkeit auf reale Anlagen nachgewiesen. Dadurch ist der Weg für eine industrielle Implementierung geöffnet.
- **Resonanz aus der Industrie:** Auf der Messe *BrauBeviale 2023* sowie den *Innovationstagen 2024* wurde das Konzept einem breiten Fachpublikum vorgestellt. Gespräche mit großen und kleinen Brauereien haben bestätigt, dass das VersiPack-Modell sowohl bei KMU als auch bei Großbetrieben auf Interesse stößt. Große Brauereien sehen darin eine Möglichkeit, Verluste bei Kleinchargen zu reduzieren.
- **Erste Transfers:** Über die Lebensmittelindustrie hinaus konnten Methoden bereits in einem Luft- und Raumfahrt-Start-up genutzt werden, wo eine skalierbare Produktion erforderlich ist. Dies unterstreicht das branchenübergreifende Verwertungspotenzial.

7.3 Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende

Wissenschaftliche Erfolgsaussichten

Die Projektergebnisse leisten einen wesentlichen Beitrag zur Weiterentwicklung der Forschung im Bereich wandlungsfähiger Produktionssysteme. Mit den entwickelten Methoden zur Bestimmung von Modularität und Kompatibilität liegt ein erprobter Ansatz vor, der bislang fehlte. Die Sichtbarkeit wird durch zwei Publikationen nachgewiesen (Entwicklungsmethoden und Performanz von OPC UA-Kommunikationsschnittstellen verschiedener Steuerungen).

Ein besonderer Mehrwert besteht in der Integration der Projektergebnisse in die akademische Lehre. Im „Engineering Praktikum 4.0“ der Universität Augsburg werden die Methoden und Standards bereits genutzt, um Studierenden sowohl den theoretischen Aufbau wandlungsfähiger Anlagen als auch die praktische Umsetzung anhand von Demonstratoren zu vermitteln. Dadurch entsteht ein unmittelbarer Forschung-Lehre-Transfer. Darüber hinaus bietet das Praktikum eine Plattform für die Weiterentwicklung der Inhalte.

Technische Erfolgsaussichten

Auf technischer Ebene konnten die im Projekt entwickelten Konzepte erfolgreich validiert werden. Mit den aufgebauten Fischertechnik-Demonstratoren sowie der Integration der Methoden in einen industriellen Füller (Fa. Markl) wurde die Umsetzbarkeit modularer und rekonfigurierbarer Abfüllanlagen nachgewiesen. Besonders hervorzuheben ist die standardisierte OPC UA-/WSPack-Kommunikation, die einen protokoll- und herstellerunabhängigen Austausch zwischen Prozessen und Plattform ermöglicht. Damit liegt eine wesentliche technische Grundlage für die industrielle Weiterentwicklung vor. Durch die Validierung in praxisnahen Umgebungen konnte gezeigt werden, dass die

Abschlussbericht

Zuwendungsempfänger: Fraunhofer IGCV

Förderkennzeichen: 281A508B19

Vorhabenbezeichnung: VersiPack – Wandlungsfähiges und selbstorganisierendes System für die anwenderspezifische Getränkeverpackung

entwickelten Lösungen unmittelbar zur Steigerung von Flexibilität und Effizienz in der Getränkeindustrie beitragen können.

7.4 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Wissenschaftliche Anschlussfähigkeit

Die wissenschaftliche Anschlussfähigkeit von VersiPack wird als sehr hoch eingestuft. Die dank einer hohen Wandlungsfähigkeit erreichbare kurzzeitige und kostensenkende Rekonfiguration von Produktionsanlagen hat durch die globalen Unsicherheiten eine hohe Notwendigkeit. Die im Projekt erarbeiteten Methoden zur Gestaltung von Verarbeitungsanlagen bedürfen daher der weiteren Entwicklung für weitere Produktionsbereiche außerhalb der Verarbeitungsanlagen und der Lebensmitteltechnik.

Des Weiteren hat sich innerhalb des Projektes die Vernetzung der Prozesseinheiten in der Lebensmittelindustrie als ein weiteres Gebiet mit Forschungsbedarf herauskristallisiert. Um die Vorteile der bestehenden und weiterentwickelten Standards – wie die Weihenstephaner Standards für OPC UA – nutzen zu können, bedarf es Methoden zur automatisierten Generierung der Informationsmodelle und der zugehörigen Logikfunktionen für die industriellen Steuerungen der Prozesseinheiten.

Die wissenschaftliche Anschlussfähigkeit wird auch auf internationalere Ebene als sehr hoch eingestuft, da die offengelegten Potentiale durch die Standardisierung mit WSPack und OPC UA eine branchen- und länderübergreifende Relevanz besitzt.

Die wissenschaftliche Anschlussfähigkeit von wandlungsfähigen Produktionsanlagen wurde durch das Projekt SynErgie III bestätigt. In diesem Forschungsprojekt werden die Inhalte aus VersiPack erweitert, um die methodische Erfassung und die Umsetzbarkeit der Energieflexibilität in einer wandlungsfähigen Produktion zu untersuchen.

Wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Die wirtschaftliche Anschlussfähigkeit von VersiPack ist vielversprechend. Durch die erlangten Erfahrungen und erarbeiteten Ergebnisse im Projekt war es möglich, das Dienstleistungsportfolio des IGCV direkt zu erweitern. Das Dienstleistungsportfolio des IGCV wurde um die Beratung und Konzeption im Bereich der wandlungsfähigen Gestaltung von Produktionsanlagen erweitert. Die Auswirkungen durch die globalen Entwicklungen während der Projektlaufzeit haben den Bedarf an einer hohen Anpassungsfähigkeit in der Produktion erhöht. Diese Anpassungsfähigkeit kann direkt durch die Gestaltung von wandlungsfähigen Produktionsanlagen begegnet werden. Die Skalierbarkeit und Zukunftsfähigkeit der Projektergebnisse ist gegeben.

Abschlussbericht

Zuwendungsempfänger: Fraunhofer IGCV

Förderkennzeichen: 281A508B19

Vorhabenbezeichnung: VersiPack – Wandlungsfähiges und selbstorganisierendes System für die anwenderspezifische Getränkeverpackung

8 Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Dem Fraunhofer IGCV ist kein vergleichbarer Fortschritt einer anderen Stelle auf demselben Gebiet bekannt geworden.

9 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse

- Darstellung von VersiPack auf der VersiPack-Website
- Ausstellung von VersiPack auf der BrauBeviale 2023 in Nürnberg
- Präsentation und Vortrag des Projektes auf dem Fachseminar „Flaschenkellerseminar 2024“ in Freising
- Ausstellung von VersiPack auf der ANUGA FoodTec 2024 in Köln
- Präsentation des Projektes während der Digitaltage 2024 in Frankfurt
- Präsentation von VersiPack auf den Innovationstagen 2024 des BLE in Berlin
- Method for Determining the Required Changeability at the Machine Level (noch nicht veröffentlicht)
- Performance Evaluation of OPC UA with different PLCs (noch nicht veröffentlicht)