

Implementierung eines mitarbeiterrollenbasierten Informationssystems in einer modularen Produktionsumgebung

mittels einer menschenzentrierten Verwaltungsschale

Max Birtel
Technologie-Initiative SmartFactory KL e.V.
67663 Kaiserslautern,
Germany
max.birtel@smartfactory.de

William Motsch
Technologie-Initiative SmartFactory KL e.V.
67663 Kaiserslautern,
Germany
william.motsch@smartfactory.de

Martin Ruskowski
Deutsches Forschungszentrum für künstliche Intelligenz (DFKI)
67663 Kaiserslautern,
Germany
martin.ruskowski@dfki.de

ABSTRACT

Aufgrund sich schnell ändernder Kundenwünsche und den damit verbundenen Kundenanforderungen muss die Produktion von Produkten immer flexibler werden. Modulare Produktionsumgebungen haben sich hier als ein Lösungsansatz etabliert. Diese basieren auf Produktionslinien, die aus modularen Produktionsmodulen, sogenannten Cyber-physischen Produktionsmodulen (CPPM), bestehen. Durch die erreichte Flexibilisierung liegen Informationen zunehmend umfangreicher aber auch dezentraler vor. Dadurch wird es für Mitarbeiter auf dem Shopfloor immer schwieriger an genau die Informationen zu kommen, die für ihre Aufgabe relevant sind. Durch den Ansatz der Verwaltungsschale (VWS) für CPPM werden Produktionsmodule befähigt Informationen in strukturierter Form vorhalten zu können. Allerdings mangelt es derzeit an einer Klassifizierung von Informationen auf dem modularen Shopfloor sowie einer Klassifizierung von Mitarbeitern und deren Informationsbedarfe. Dieser Sachverhalt wird aufgearbeitet und Informations- sowie Mitarbeiterklassen identifiziert. Diese werden im Anschluss gegenübergestellt und bewertet, welche Informationsklasse welchen Mitarbeitern voraussichtlich den meisten Mehrwert bringen kann. In einer prototypischen Implementierung erfolgt die Spezifizierung und Implementierung der VWS für eine solche mitarbeiterrollenbasierte Informationsbereitstellung. Es erfolgt eine Beschreibung ausgewählter Mitarbeiterklassen, eine Zuordnung der dazugehörigen Visualisierungen auf einem mobilen Endgerät und die dazugehörige Implementierung in der verwendeten Systemstruktur.

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).

MuC'19 Workshops, Hamburg, Deutschland.

© Proceedings of the Mensch und Computer 2019 Workshop on Smart Collaboration – Mitarbeiter-zentrierte Informationssysteme in der Produktentstehung. Copyright held by the owner/author(s).

<https://doi.org/10.18420/muc2019-ws-300-01>

KEYWORDS

Modulare Produktion, menschenzentrierte Verwaltungsschale, Informationsklassifizierung, rollenbasierte Visualisierung.

1 Einleitung

Die derzeitigen Megatrends der Digitalisierung und Industrie 4.0 ermöglichen es Unternehmen zielgerichtet auf die Bedürfnisse ihrer Kunden einzugehen. Zu den kundenseitigen Bedürfnissen, welche gleichzeitig auch Anforderungen an die Unternehmen darstellen, zählen unter anderem kundenindividuelle Produkte in immer kürzer werdenden Produktionszeiten anzubieten. Durch diese neuen Anforderungen entsteht die Notwendigkeit Produktionsumgebungen anzupassen und flexibler zu gestalten [1]. Flexibilisierung, Digitalisierung und Automatisierung werden tendenziell insbesondere in produzierenden Unternehmen mit negativen Konsequenzen für Beschäftigte verbunden. Der Mensch ist jedoch nach wie vor ein wichtiger und essenzieller Bestandteil in der Produktion, wobei dieser bei der Aufgabenerfüllung zunehmend zu unterstützen ist. Unabhängig von den technologischen Fortschritten in vergangenen Jahren ist der Mensch nach wie vor in der Produktion, insbesondere auf dem Shopfloor, anzutreffen. Bisherige Versuche eine Produktionsumgebung ohne Menschen zu realisieren, wie es in der Phase der sogenannten Computer Integrated Manufacturing (CIM) geplant wurde, konnten sich nicht durchsetzen [2].

Die SmartFactory-KL zeigt einen möglichen Ansatz eine Produktionsumgebung flexibler zu gestalten. Dort wurde durch Modularisierung von Produktionseinheiten eine Möglichkeit geschaffen, flexibel auf wechselnde Kundenanforderungen zu reagieren [3]. In der Produktionsumgebung findet eine Zusammenarbeit von unterschiedlichen Herstellern von Produktionseinheiten statt, die ein gemeinsames Interesse an einer herstellerunabhängigen Produktionsumgebung haben [3]. Das Konzept einer herstellerübergreifenden, modularen Produktionsumgebung findet in der SmartFactory-KL somit praktische Anwendung [4].

Eine flexible, modulare Produktionsumgebung wird in diesem Zusammenhang als ein Cyber-physisches Produktionssystem (CPPS) gesehen, welche aus Cyber-physischen Produktionsmodulen

(CPPM) besteht [5]. Diese CPPM bilden einzelne Produktionsschritte zur Herstellung von Produkten ab und können bei Bedarf bzw. sich ändernden Produktionsanforderungen ausgetauscht werden. Innerhalb dieser CPPM sind intelligente Komponenten und Baugruppen verbaut, die wiederum Cyber-physische Systeme (CPS) darstellen [5]. Hierbei unterstützt diese modulare Bauweise eine flexible Aggregation von CPS zu CPPM und von CPPM zu CPPS [3]:

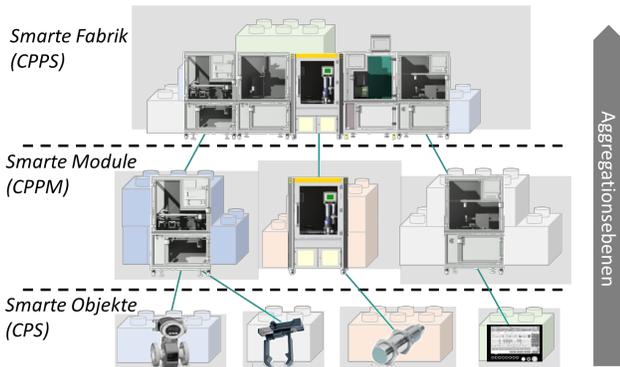


Abbildung 1: Konzept der SmartFactory-KL [4]

Wird die Produktionsumgebung modularer, dezentraler und intelligenter, so fallen vermehrt Informationen an, die es zu sammeln, verarbeiten und interpretieren gilt. Hierdurch wird sich die Tätigkeit der Mitarbeiter auf dem Shopfloor ändern [6]. Für den notwendigen Überblick über einen komplexeren Produktionsprozess, bei stetig neu zu produzierenden Produkten, muss der Mitarbeiter die Möglichkeit haben Informationen flexibel einzusehen [7]. Die sich weiterhin ergebenden Anforderungen an die Produktionsumgebung wurden in Birtel et al. [8] ermittelt. Es stellt sich die Frage, wie Informationen klassifiziert werden können, um Mitarbeitern nur jene Informationen bereitzustellen, die auf dem Shopfloor benötigt werden. Nur wenn einer Informationsüberflutung vorgebeugt werden kann, können Mitarbeiter ihre Arbeit weiterhin effizient verrichten.

2 Stand der Technik

Um eine Interoperabilität zwischen herstellerübergreifenden Produktionskomponenten über mehrere Phasen des Produktlebenszyklus zu realisieren wurde das Konzept der Industrie 4.0-Komponente vorgestellt [9]. Hier wird ein physischer Gegenstand zu einer Industrie 4.0-Komponente, wenn dieser eine Verwaltungsschale besitzt [9]. Die VWS ist als digitale Repräsentation der physischen Komponente über den kompletten Lebenszyklus zu sehen und enthält folglich die notwendigen, strukturierten Informationen und Funktionen der physischen Komponente [10]. Diese Informationen und Funktionen sollen für andere Industrie 4.0-Komponenten im Netzwerk bereitgestellt werden. Ansätze, wie dies in der modularen Produktion aussehen kann, existieren bereits [8]. Ein Ansatz diese für die Mitarbeiter zielgerichtet aufzubereiten, fehlt jedoch.

2.1 Informationsbereitstellung in der modularen Produktion

In der modularen, CPPM-basierten Produktionsumgebung entstehen für den Mitarbeiter Schwierigkeiten genau die Informationen zu bekommen, die er benötigt. Zwar sind viele Informationen vorhanden, jedoch nicht passgenau auf ihn zugeschnitten. Für die Erfüllung seiner Arbeitsaufgabe benötigt er meist nur eine kleine Auswahl relevanter Informationen [11]. Hinzu kommt, dass durch zu viele Informationen eine Reizüberflutung stattfinden kann, die eine Erfüllung der Aufgabe weiter hemmt [12]. Damit einem Mitarbeiter hinsichtlich seiner Arbeitsaufgabe die dafür notwendigen Informationen zum richtigen Zeitpunkt [13] geliefert werden können, ist es somit essenziell einen Kontextbezug herzustellen [11]. Nach Brecher et al. [11] ist es eine Kombination aus der aktuellen Arbeitsaufgabe des Mitarbeiters, seiner Mitarbeiterrolle innerhalb des Unternehmens und dem Ort, an dem die Aufgabe zu erledigen ist. Die Aufbereitung der angezeigten Informationen sowie die Visualisierung sind nach wie vor davon abhängig, welches Medium verwendet wird und wie die Informationen klassifiziert und semantisch beschrieben sind [14, 15]. Dieser Sachverhalt ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt:

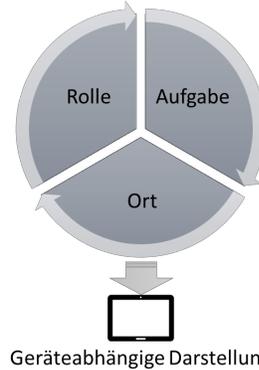


Abbildung 2: Bestandteile des Nutzungskontext zur Unterstützung des Mitarbeiters [15] in Anlehnung an [11]

2.2 Mitarbeiter und Verwaltungsschale

Um einen Ansatz zur Verbindung zwischen Mitarbeiter und Verwaltungsschale zu realisieren, wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, die bisherige Arbeiten mit der VWS und dem Menschen identifiziert hat. Hierzu wurde nach den Begriffen „Verwaltungsschale“ und dem englischen Äquivalent „Asset Administration Shell“ auf Scopus, Web of Science und Google Scholar gesucht. In einem nächsten Schritt wurden erst Duplikate und dann nicht-wissenschaftliche Artikel entfernt. Die Abstracts und Keywords wurden nach den Schlagwörtern „Mensch“ bzw. „human“ durchsucht. Von 123 gefundenen, wissenschaftlichen Veröffentlichungen, haben zehn davon die Suchkriterien erfüllt:

Van de Sand et al. [16] schlagen eine Kommunikationsarchitektur zum Informationsaustausch zwischen virtuellen und physischen Entitäten zur durchgängigen Kommunikation vor. In Birtel et al. [14] wird auf die Notwendigkeit hingewiesen Bestandsanlagen nachzurüsten, um Informationen für den Mitarbeiter darzustellen. Fleischmann et al. [17] beschreiben die automatische Generierung eines Mensch-Maschine Interfaces auf Basis von OPC UA und AutomationML. Birtel et al. [8] beschreiben Anforderungen für eine menschenzentrierte Zustandsüberwachung in modularen

Produktionsumgebungen. Weiterhin liefern Lang et al. [18] einen Vorschlag für ein Assistenzsystem zur Behebung von auftretenden Störungen in komplexen Systemen und Singh et al. [19] eine semantische Beschreibung für ein modulares und adaptives Assistenzsystem in der manuellen Montage. In Abgrenzung dazu behandelten Badri et al. [20] die Gesundheit am Arbeitsplatz in Zeiten von Industrie 4.0. In Block et al. [21] wird ein Agentensystem als Schnittstelle zwischen vorhandenen IT-Systemen eines Unternehmens und den Mitarbeitern vorgestellt. Vathoopan et al. [22] beschreiben eine modulare Methodik für fehlerbehebende Instandhaltungsmaßnahmen anhand eines digitalen Zwillings. In Maxim et al. [23] wird ein Leitfaden für die Auswahl einer Steuerungsstrategie mittels einer Multi-Parameter-Zieloptimierungsfunktion vorgestellt.

Zusammenfassend lässt sich ein breites thematisches Spektrum an wissenschaftlichen Arbeiten identifizieren, die sowohl das Thema Mensch als auch das Thema Verwaltungsschale betrachtet haben. Allerdings sind Kommunikations- und Interaktionsmöglichkeiten von Menschen und VWS bislang nicht ausreichend betrachtet worden und eine Informationsklassifizierung zur Strukturierung von Informationen über die VWS mit Ansätzen zur Zuordnung zu entsprechenden Mitarbeiterrollen nicht vorhanden.

3 Konzept zur Informationsklassifizierung und Zuordnung zu Mitarbeiterrollen

Dieses Kapitel arbeitet die wissenschaftliche Lücke auf und schlägt eine Informationsklassifizierung zur Mensch-Maschine-Interaktion in einer modularen Produktionsumgebung vor. Mitarbeiterrollen auf der Shopfloor-Ebene werden hergeleitet und eine Zuordnung zu den jeweiligen Informationsklassen hergestellt, um Ansätze für eine passgenaue Informationsbereitstellung anzubieten.

3.1 Informationsklassifizierung in der modularen Produktionsumgebung

Die Modularisierung der Produktion und die zunehmende Digitalisierung erfordern die Bereitstellung einer intuitiven Mensch-Maschine-Schnittstelle. Wie das Beispiel der SmartFactory-KL zeigt, können zwar herstellerunabhängige Module mit gleicher Spezifikation zusammen verwendet werden, allerdings gestaltet jeder Hersteller Benutzungsschnittstellen individuell [24]. CPPM erhalten nicht nur dezentral mehr Intelligenz, sondern haben auch jeweils unterschiedliche Arten der Informationsbereitstellung, mit denen die Mitarbeiter auf dem Shopfloor auskommen müssen. Der erste Schritt ist die Analyse der verfügbaren Informationen in einer modularen Produktionsumgebung, um daraus eine Klassifizierung abzuleiten. Die Klassifizierung ermöglicht eine Strukturierung der dezentral anfallenden Daten sowie eine zweck- und aufgabenorientierte Optimierung für einzelne Mitarbeiter. Die VWS strukturiert Daten und bereitet sie innerhalb eines jeden CPPM zu Informationen auf. Für jede Informationsklasse ist daher ein Template im Sinne eines Informationsmodells zu erstellen. Eine zentrale Instanz verwaltet die Templates im Sinne eines Bibliothekskonzepts [25], um diese für CPPM sowie Mitarbeiter

einheitlich bereitzustellen. Eine Klassifizierung von Informationen in der modularen Produktionsumgebung ist in Abbildung 3 dargestellt. Ausgehend von der CPPM-Definition [26] und der prototypischen Instanziierung der VWS eines CPPM [27] lassen sich notwendige Informationsklassen extrahieren. Spezifische Informationsklassen für die modulare Produktion ergeben sich daran anknüpfend aus abstrakter Prozessbeschreibung [28] und der ISA 95 Norm [29]. Überträgt man diese Erkenntnisse auf bereits existierende Informationsarten [30], entsteht nachfolgende Abbildung:

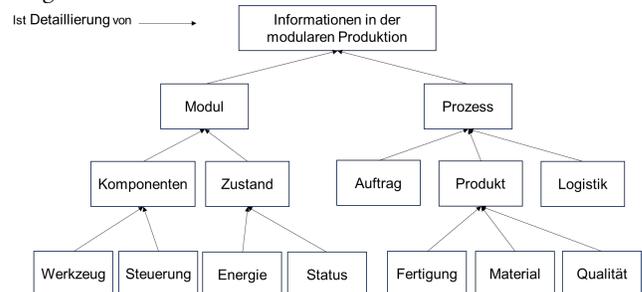


Abbildung 3: Informationsklassifizierung in der modularen Produktionsumgebung

3.2 Aufgabenentwicklung und Mitarbeiterrollen

Neben der produktionsseitigen Informationsbereitstellung ist die sich ändernde Rolle des Mitarbeiters in der Digitalisierung zu betrachten und die sich ändernden Aufgaben in die weitere Überlegung mit einzubeziehen. Die Rolle eines Mitarbeiters ist zum einen durch die Aufgaben und zum anderen durch die Organisationsebene beschrieben, in der sich ein Mitarbeiter befindet [31]. Durch die Digitalisierung sind diese Rollen, insbesondere auf Shopfloor-Ebene, in einem Wandel. Der Mensch übernimmt in der Produktion vermehrt die Rolle eines Entscheiders, der flexibel reagieren kann und es vermag auftretende Probleme zu lösen [1]. Die Maschine und der Mensch ergänzen sich somit jeweils in ihren Stärken. Während die Maschine ihre Stärken in der Informationsgenerierung hat, hat der Mensch seine Stärke in einer flexiblen Reaktions- und Entscheidungsfähigkeit. Die Maschine bereitet die Informationen auf, um dem Menschen eine Entscheidungsgrundlage zu liefern, der dann Entscheidungen an die Maschine zurückspielen kann [32].

Ausgehend von der weiteren Überlegung ist die Mitarbeiterklasse auf der operativen Ebene einzuordnen, welche Koch et al. [33] als „Ausführungsschicht“ definieren. Darunter versteht man Fach-, Hilfs- und Sachbearbeiter, die unmittelbar am Fertigungsprozess beteiligt sind [33]. Diese operative Ebene der Mitarbeiter wird insbesondere durch die Modularisierung der Produktion betroffen sein, da Informationen nicht mehr gebündelt an einer Produktionsanlage vorliegen, sondern vielmehr auf mehrere, örtlich voneinander entkoppelte CPPM verteilt sind. Zusammen mit den sich ändernden Aufgaben ist die Unterstützung der operativen Mitarbeiter zum Erhalt der Betriebsbereitschaft wichtig.

Oks et al. [34] entwickelten Mitarbeiterrollen und dazugehörige übergeordnete Rollengruppen (z.B. Instandhaltung, Fertigung) mit dem Hintergrund einer besseren Informations- und Kommunikationsmöglichkeit in der Produktion. Diese Ergebnisse, die Definition der operativen Ebene [33] und die Anforderungen an die menschenzentrierte modulare Produktion [8] ergeben Persona für

die modulare Produktionsumgebung der SmartFactory-KL. Diese Persona repräsentieren jene Mitarbeiter, die mindestens notwendig sind, um eine reibungslose Produktion auf der operativen Ebene der modularen Produktion zu gewährleisten. Diese sind im Folgenden:

- Maschinenbediener/-in: Verantwortlich für Betrieb und Produktion mehrerer CPPM, Produktqualität und Überwachung des Produktionsprozesses.
- Instandhalter/-in: Führt (außer-)planmäßige Wartungen durch, ist Ansprechpartner bei Störungen und auftretenden Fehlern und ist in der Lage diese zu beheben.
- Inbetriebnehmer/-in: Kann bei Ausfall, Tausch, Werkzeugwechsel oder erstmaligem Einsatz eines CPPM alle für den Betrieb notwendigen Komponenten in einen produktionsfähigen Zustand versetzen.
- Vorarbeiter/-in: Verantwortlich für gesamten Shopfloor, ordnungsgemäße Auftragsausführung, Qualität der Produkte und Funktionsfähigkeit aller CPPM.

Da aufgrund der heterogenen Struktur von Unternehmen, Branchen, etc. keine allgemeingültigen Persona existieren können, ist es umso wichtiger, eine unternehmensinterne Rollenverteilung vorzunehmen und darauf aufbauend für Mitarbeiter eine individuelle und kontextbezogene Mensch-Maschine-Schnittstelle bereitzustellen [35]. Ziel muss es sein einer Informations- und Reizüberflutung vorzubeugen und nur die für jeden Mitarbeiter wichtigen Informationen in einer benutzerfreundlichen Art darzustellen, damit er die Rolle als flexible Entscheidungsperson bestmöglich wahrnehmen kann [31]. Die eingeführten Persona und Informationsklassen für die modulare Produktionsumgebung der SmartFactory-KL erzielen weitere Mehrwerte, wenn diese miteinander kombiniert werden. In einem ersten Schritt erfolgt eine grobe Einschätzung, inwiefern für die Aufgabe der Persona primär Modul- oder Prozessinformationen relevant sind. Während Maschinenbediener und Vorarbeiter den funktionsfähigen Prozess bzw. die Abarbeitung von Aufträgen fokussieren, sind für Instandhalter und Inbetriebnehmer Modulinformationen relevanter, da diese agieren, wenn ein CPPM (noch) nicht betriebsfähig ist. Die Notwendigkeit wird daran bewertet, welche Informationsklassen bei Aufnahme der Arbeit (z.B. Schichtbeginn) von der Persona auf jeden Fall zu überprüfen sind, um eine reibungslose Produktion zu garantieren. So wären z.B. bei Persona Instandhalter die Steuerungs- und Energieinformationen zu überprüfen, damit mindestens die korrekten Steuerungsprogramme als auch eine ausreichende Energieversorgung der CPPM für anstehende Aufträge bestehen. Abbildung 4 zeigt die komplette Ableitung.

Legende:	Modulinformationen				Prozessinformationen		
	Werkzeug	Steuerung	Energie	Status	Fertigung	Material	Qualität
● = notwendig ● = weniger notwendig ○ = nicht notwendig	●	○	○	○	●	●	●
Maschinenbediener	○	○	○	○	○	○	○
Instandhalter	○	●	●	○	○	○	○
Inbetriebnehmer	●	○	○	○	○	○	○
Vorarbeiter	○	○	○	○	○	○	○

Abbildung 4: Zuordnung der Persona zu Informationsklassen

Die Qualifikation des Mitarbeiters sowie die Informationstiefe und -darstellung werden hierbei nicht berücksichtigt und sind nachgelagert zu untersuchen. Ebenso können Informationen mehreren Informationsklassen angehören. Eine tiefergehende

Eingliederung in die Informationsklassen erfolgt CPPM-spezifisch, da z.B. unterschiedliche Produkte, Fertigungsverfahren oder Werkzeuge entsprechend Anwendung finden, die jeweils andere Informationen bereitstellen. Auf dieser Grundlage erfolgt in Kapitel 4 eine prototypische Implementierung zur rollenbasierten Informationsbereitstellung mittels einer VWS zur Interaktion mit CPPM.

4 Prototypische Implementierung in einer modularen Produktionsumgebung

Die Implementierung eines Informationssystems zur rollenbasierten Informationsbereitstellung für Shopfloor-Mitarbeiter an einem CPPM erfolgt auf Grundlage von Kapitel 3. Die VWS realisiert hierbei die benötigte Informationsstrukturierung. Das vorliegende Kapitel beschreibt das Szenario und die gewählte Systemarchitektur zur Umsetzung. In diesem Kontext erfolgen eine Übersicht der Komponenten in der informationstechnischen Architektur und der eingesetzten Kommunikationsprotokolle.

4.1 Beschreibung des Ausgangsszenarios

Die prototypische Implementierung erfolgte exemplarisch auf einem Modul der fischertechnik Industrie 4.0 Trainings- und Simulationsanlage mit 24V-Industriespannung [35]. Diese Anlage wurde für Tests und Simulationen von Ideen für eine modulare und vernetzte Produktion sowie auch zur Informationsvisualisierung mit verschiedenen Endgeräten konzipiert [38]. Das darin enthaltene Modul „Sortierstrecke“ bildete die Grundlage zur sensorischen Datenerfassung, der anschließenden rollenbasierten Informationsaufbereitung und -bereitstellung sowie für die Interaktionsbeispiele. Die Anforderungen an die Rollen können auf der Grundlage definierter Profile [35] im Folgenden zusammengefasst beschrieben werden:

- Maschinenbediener/-in: Alle Daten zum Betrieb des CPPM werden bereitgestellt. Dies umfasst insbesondere die Funktionsweise der Anlage im Gesamten und die Ausführbarkeit der Produktionsschritte.
- Inbetriebnehmer/-in und Instandhalter/-in: Zustände über Komponenten und sensorische Werte stehen primär im Vordergrund. Einzelne sensorische Informationen werden mit einem hohen Detaillierungsgrad zur Verfügung gestellt um eine Fehlersuche bzw. -behebung vornehmen zu können.
- Manager/-in und Vorarbeiter/-in: Die Informationsbereitstellung erfolgt aggregiert und kennzahlenbasiert. Insbesondere der Gesamtzustand des Modules und die Anzahl bereits sortierter Produkte sind exemplarische Informationen.

4.2 Systemstruktur und Verwaltungsschale einer I4.0-Komponente mit OPC UA

Die Systemstruktur basiert auf einer OPC UA-Client-Server-Architektur zur Kommunikation. Das Modul der Sortierstrecke stellt hierbei einen eigenen OPC UA-Server bereit. Zugreifende Systeme, wie die Prozesssteuerung, die die Ablaufsteuerung im Zusammenspiel mit Sensoren und Aktoren vornimmt und Endgeräte

für die rollenbasierte Informationsbereitstellung bilden OPC UA-Clients, die sich auf dem angeschlossenen System anmelden [35]. Der OPC UA-Server auf Modulebene dient in der Architektur als zentrale Instanz für die Gesamtheit aller mit diesem Modul verbundenen Komponenten, d.h. einzelne Sensoren und Aktoren. Um die Anforderungen der Modularisierung zu berücksichtigen wurden diese Komponenten in dieser Systemstruktur nochmals als separate OPC UA-Server realisiert, die sich auf Modulebene separat anmelden [35]. Somit fungiert der OPC UA-Server auf Modulebene ebenfalls als OPC UA-Client für jede angemeldete Unterkomponente.

Die Realisierung der Client-Server-Architektur in der Systemstruktur erfolgte hierbei auf der Grundlage von open62541 [35]. Die Open Source-Implementierung open62541 für OPC UA basiert auf der Programmiersprache C [39]. Die Spezifizierung und Implementierung der VWS erfolgte hierarchisch, erst auf Komponenten- und dann aggregiert auf Modulebene [35]. Die VWS basiert auf der Vorlage der Spezifikation zur Verwaltungsschale im Detail der Plattform Industrie 4.0 [40]. Das OPC UA-Informationsmodell lehnt sich daran an, wobei Informationen auf Modulebene hierarchisch strukturiert und über die angemeldeten Komponenten in Form einer OPC UA-Baumstruktur angeboten werden sollen. Bestandteile des OPC UA-Informationsmodells, die keine hierarchische, sondern einen Fähigkeiten- bzw. thematischen Bezug aufweisen, sind hierbei als Teilmodelle realisiert [35]. Abbildung 5 verdeutlicht exemplarisch das mit einer VWS strukturierte OPC UA-Informationsmodell für eine solche Modulkomponente.

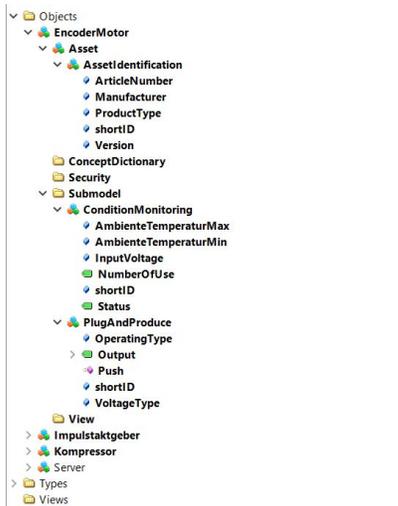


Abbildung 5: Umsetzung der Verwaltungsschale in OPC UA [35]

Die vorliegende Systemstruktur repräsentiert eine Client-Server-Architektur mit OPC UA, in Verbindung mit einer strukturgebenden VWS für die rollenbasierte Informationsbereitstellung sowie für prozesssteuernde Systeme. Eine Verwendung für die Mensch-Maschine-Interaktion ist ebenfalls möglich. Endgeräte fungieren als OPC UA-Client und bereiten die bereitgestellten Informationen programmatisch auf und visualisieren sie.

4.3 Visualisierungsansatz für heterogene Endgeräte

Mit Bereitstellung eines OPC UA-Servers auf Modulebene, können Informationen über einen Visualisierungsclient individuell bereitgestellt werden. Die Einordnung der Endgeräte in die bisherige Systemstruktur erfolgt in Abbildung 6.

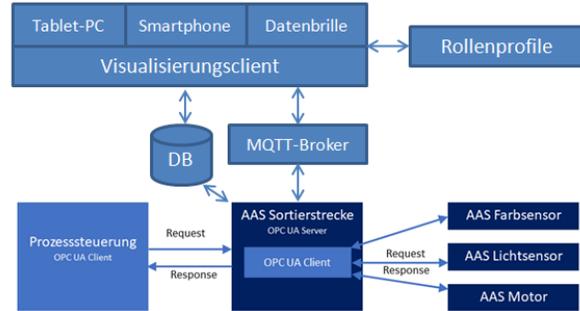


Abbildung 6: Erweiterte Systemstruktur zur Visualisierung für die Mitarbeiter als Erweiterung von [35]

Über einen Broker erfolgt der Zugriff auf die VWS des Moduls via Kommunikationsprotokoll MQTT, so dass Sensorwerte an einen Visualisierungsclient weitergegeben und an dieser Stelle rollenprofilsspezifisch aufbereitet und visualisiert werden können [35]. Dadurch ist eine Integration von verschiedenen Endgeräten möglich, die jeweils einen MQTT-Client implementieren und auf die aktuellen VWS-Informationen zugreifen. Da je nach Rollenprofil für bestimmte Informationen verschiedene Aggregationsstufen oder historische Vergleichswerte benötigt werden, z.B. für Sensorwerte, können diese separat in einer Datenbank persistiert und vorgehalten werden. Abbildung 7 verdeutlicht die grafische Benutzeroberfläche für eine Datenbrille für das Rollenprofil Instandhalter, über welche eine Informationsbereitstellung aktueller Sensorwerte erfolgt.

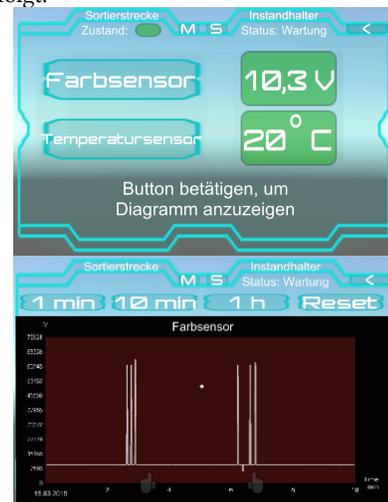


Abbildung 7: Visualisierung für „Instandhalter“ [35]

Der Zugriff auf aktuelle Informationen eines CPPM über die VWS ermöglichte eine Visualisierung und liefert einen Ansatz für ein rollenbasiertes Informationssystem. Vorteile ergeben sich insbesondere in der strukturierten Bereitstellung der Daten über eine

VWS-Struktur, die entsprechend auch für Visualisierungsanforderungen verwendbar ist. Mit Blick auf einzelne Themenbereiche, wie z.B. Verfahren zur Einbindung verschiedener Rollenprofile, Informationsmodelle für die VWS oder Verwaltung der Systemperformance bestehen zukünftig vielfältige Potenziale, um ein solches Informationssystem weiterzuentwickeln.

5 Diskussion und Ausblick

Zusammenfassend wurde die Notwendigkeit für eine modulare und CPPM-basierte Produktionsumgebung aufgezeigt, um die Informationsbereitstellung für Mitarbeiter auf dem Shopfloor zu verbessern. Hierzu wurden Informationsklassen und Persona für die modulare Produktion auf der Grundlage der SmartFactory-KL vorgestellt. Die Persona wurden im Anschluss den Informationsklassen gegenübergestellt und zugeordnet, je nachdem welche Informationsklassen für die jeweilige Aufgabe notwendig, weniger notwendig oder nicht notwendig sind. Eine prototypische Implementierung der Verwaltungsschale und ein Vorschlag für eine Interaktion mit Mitarbeitern wurden realisiert. In einem nächsten Schritt müssen die Informationsklassen und die Persona verifiziert und spezifiziert werden (z.B. durch eine Nutzerstudie). Technisch ist zu prüfen, ob auch neuartige Kommunikationsmöglichkeiten [36] mit der VWS realisiert werden können und sich mit diesem Konzept auch Bestandsanlagen nachrüsten lassen [37].

REFERENCES

- [1] Henning Kagermann, Johannes Helbig, Arianne Hellinger & Wolfgang Wahlster. 2013. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group. Forschungsunion.
- [2] Detlef Zühlke. 2010. SmartFactory—Towards a factory-of-things. *Annual Reviews in Control*, 34(1), 129-138.
- [3] Ellina Marseu, Dennis Kolberg, Max Birtel, & Detlef Zühlke. 2016. Interdisciplinary engineering methodology for changeable cyber-physical production systems. *IFAC-PapersOnLine*, 49(31), 85-90.
- [4] Dominic Gorecky, Stephan Weyer. 2016. SmartFactory-KL System Architecture for Industrie 4.0 Production Plants. *Whitepaper SF-1.1: 04/2016*.
- [5] Max Birtel, Alexander David, Jesko Hermann, Florian Mohr, & Martin Ruskowski. 2019. FutureFit: a strategy for getting a production asset to an industry 4.0 component – a human-centered approach. 29th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2019), June 24-28, 2019, Limerick, Ireland.
- [6] Hendrik Stern, Till Becker. 2017. "Development of a Model for the Integration of Human Factors in Cyber-physical Production Systems." *Procedia Manufacturing* 9, S.151-158.
- [7] Uwe Dombrowski, Tobias Wagner. 2014. Arbeitsbedingungen im Wandel der Industrie 4.0. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 109(5), 351-355
- [8] Max Birtel, Florian Mohr, Jesko Hermann, Patrick Bertram, & Martin Ruskowski. 2018. Requirements for a Human-Centered Condition Monitoring in Modular Production Environments. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 909-914.
- [9] VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) (2015): Statusreport: Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0). Düsseldorf.
- [10] Plattform Industrie 4.0. 2015. Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 : Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0. Berlin.
- [11] Christian Brecher, Markus Odenbusch, Simon Sittig. 2017. Gestaltung und Entwicklung anwendernaher Bediensysteme, Bonn: Moeller Series.
- [12] Volker Lingnau, Matthias Brenning. 2015. Komplexität, Flexibilität und Unsicherheit-Konzeptionelle Herausforderungen für das Controlling durch Industrie 4.0. In: *Controlling*, 27. Jg. Nr.8-9, 455-460.
- [13] Enrico G. Caldarola, Gianfranco E. Modoni, Marco Saccob. 2018. A Knowledge-based Approach to Enhance the Workforce Skills and Competences within the Industry 4.0. 10th International Conference on Information, Process, and Knowledge Management, Rom.
- [14] Max Birtel, Fabian Quint, & Martin Ruskowski. 2017. Virtuelle Benutzungsschnittstellen auf Basis semantischer Modelle zur vereinfachten Anlageninteraktion. *Mensch und Computer 2017-Workshopband*.
- [15] Johannes Seegmüller. 2018. Anforderungen an die Informationsbereitstellung in einer menschen-zentrierten und CPS-basierten Produktionsumgebung, Forschungsprojekt, Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen und Steuerungen, Technische Universität Kaiserslautern.
- [16] Ron van de Sand, S. Schulz, K. Ritzmann, & Jörg Reiff-Stephan. 2018. Vernetzung von physischen und virtuellen Entitäten im cyberphysischen Produktionssystem. Technische Hochschule Wildau.
- [17] Hans Fleischmann, Matthias Brossog, M. Beck, & Jörg Franke. 2017. December. Automated generation of human-machine interfaces in electric drives manufacturing. In 2017 7th International Electric Drives Production Conference (EDPC) (pp. 1-8). IEEE.
- [18] Dorota Lang, Paul Wunderlich, Mario Heinz, Lukasz Wisniewski, Jürgen Jasperneite, Oliver Niggemann, & Carsten Röcker. 2018. June. Assistance system to support troubleshooting of complex industrial systems. In 2018 14th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems (WFCS) (pp. 1-4). IEEE.
- [19] Amita Singh, Fabian Quint, Patrick Bertram, & Martin Ruskowski. 2018. Towards Modular and Adaptive Assistance Systems for Manual Assembly: A Semantic Description and Interoperability Framework.
- [20] Adel Badri, Bryan Boudreau-Trudel, & Ahmed Saadeddine Souissi. 2018. Occupational health and safety in the industry 4.0 era: A cause for major concern?. *Safety Science*, 109, 403-411.
- [21] Christian Block, Friedrich Morlock, & Bernd Kuhlenkötter. 2016. Ganzheitliche flexible Vernetzung durch Erweiterung bestehender IT-Strukturen zu Service-orientierten Architekturen mithilfe von Agentensystemen zur humanzentrierten Entscheidungsunterstützung—Ein Konzept zur RAMI Umsetzung. *Megatrend Digitalisierung-Potenziale der Arbeits- und Betriebsorganisation*. Gito. Berlin, 231-257.
- [22] Milan Vathoopan, M. Johny, Alois Zoitl, & A. Knoll. 2018. Modular fault ascription and corrective maintenance using a digital twin. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 1041-1046.
- [23] A. Maxim, Daniel Copot, D. C. Copot, & C.M. Ionescu. 2019. The 5W's for Control as Part of Industry 4.0: Why, What, Where, Who, and When—A PID and MPC Control Perspective. *Inventions*, 4(1), 10.
- [24] Dominic Gorecky, & Stephan Weyer. 2016. SmartFactoryKL Systemarchitektur für Industrie 4.0-Produktionsanlagen. *Whitepaper*, Kaiserslautern.
- [25] Lisa. Ollinger. 2017. A Model-driven Engineering Methodology for the Development of Service-oriented Control Procedures for Automated Manufacturing Processes.
- [26] Luis Ribeiro. 2017. June. Cyber-physical production systems' design challenges. In 2017 IEEE 26th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE) (pp. 1189-1194). IEEE.
- [27] Ellina Marseu, Dennis Kolberg, Stephan Weyer. 2017. Exemplarische Übertragung der RAMI 4.0-Verwaltungsschale auf die SmartFactoryKL Systemarchitektur für Industrie 4.0-Produktionsanlagen. *Whitepaper SF-2.1: 04/2017*. Prozess-Definition nach Loskyll.
- [28] Matthias Loskyll. 2013. Entwicklung einer Methodik zur dynamischen kontextbasierten Orchestrierung semantischer Feldgerätefunktionalitäten.
- [29] DIN – Deutsches Institut für Normung e. V. 2007 Deutsche Norm DIN EN 62264 – 3 Integration von Unternehmens-EDV und Leitsystemen – Teil 3: Aktivitätsmodelle für das operative Produktionsmanagement (IEC 62264-3:2007).
- [30] Jens F. Lachenmaier, Heiner Lasi, & Hans-Georg Kemper. 2015. "Entwicklung und Evaluation eines Informationsversorgungskonzepts für die Prozess- und Produktionsplanung im Kontext von Industrie 4.0." *Wirtschaftsinformatik*.
- [31] Irene Walther. 2005. Rollen- und Situationsmodellierung bei betrieblichen Dispositions- und Planungssystemen.
- [32] Dominic Gorecky, Monika Schmitt, Matthias Loskyll. 2014. Mensch-Maschine-Interaktion im Industrie 4.0-Zeitalter. In: Bauernhansl, T.; ten Hompel, M.; Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- [33] Margarete T. Koch, Hans-Georg Kemper, & Heiner Lasi. 2011. *Informationsmanagement in der Produktion*. Wirtschaftsinformatik.
- [34] Sascha Julian Oks, Albrecht Fritzsche, & Kathrin M. Möslein. 2017. "Rollen, Views und Schnittstellen-Implikationen zur stakeholderzentrierten Entwicklung Sozio-Cyber-Physischer Systeme." *aw&I Report 1: 61-80*.
- [35] Sebastian Gaag, Keran Sivalingam. 2019. Konzeption und Implementierung der Verwaltungsschale in einer modularen Produktionsumgebung für Condition Monitoring und rollenbezogener Datenvisualisierung, Forschungsprojekt, Technische Universität Kaiserslautern.
- [36] Florian Mohr, Max Birtel (2018). Kommunikation in der Produktion nach dem Muster sozialer Netzwerke. *Mensch und Computer 2018-Workshopband*.
- [37] Max Birtel & Jens Popper (2018). Vorgehensweise zum Retrofitting einer Stanzmaschine zur Visualisierung von Prozessdaten. *Mensch und Computer 2018-Workshopband*.
- [38] fischertechnik GmbH. 2019. Industrie 4.0. <https://www.fischertechnik.de/de/simulieren/industrie-40>. Abruf am 2019-07-05.
- [39] The open62541 authors. 2019. open62541. <https://open62541.org/>. Abruf am 2019-07-05.
- [40] Plattform Industrie 4.0. 2018. Verwaltungsschale im Detail. https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/2018-verwaltungsschale-im-detail.pdf?__blob=publicationFile&v=7. Abruf am 2019-07-05.