

Vernetzung physischer und virtueller Entitäten im CPPS

Augmented Reality als Mensch-Maschine Schnittstelle

Konventionelle Fertigungsstrategien werden künftig zunehmend durch komplexe cyberphysische Produktionssysteme (CPPS) ersetzt. Es entstehen durchgehend verbundene Wertschöpfungsnetzwerke mit großer Informationsdichte, die den Menschen mit einer signifikant gestiegenen Datenmenge konfrontieren, auf deren Basis er agieren muss. Daher nimmt die Mensch-Maschine-Schnittstelle einen wichtigen Stellenwert innerhalb des Produktionsprozesses ein, wobei sich neuartige Visualisierungsverfahren wie Augmented Reality (AR) vielversprechend zeigen. Für entsprechende Anwendungen bedarf es einer durchgängigen Kommunikation aus dem Feld bis hin zur Applikation. Der Artikel beschreibt, wie existierende Kommunikationsstandards dafür nutzbar gemacht werden können und zeigt eine beispielhafte Umsetzung. Zudem wird eine Kommunikationsarchitektur vorgeschlagen, die auf Grundlage der Verwaltungsschale den interoperablen Informationsaustausch zwischen physischen und virtuellen Entitäten ermöglicht.

SCHLAGWÖRTER Cyberphysische Produktionssysteme / Mensch-Maschine-Schnittstelle / Augmented Reality / interoperabler Informationsaustausch / Verwaltungsschale

Networking physical and virtual entities in CPPS – Augmented reality as a human-machine interface

In the future, conventional manufacturing strategies will increasingly be replaced by complex cyber-physical production systems (CPPS). Fully connected value-adding networks will emerge with a high information density, confronting employees with significantly increased amount of data. Therefore, the human-machine interface (HMI) represents an important aspect of the production process, for which new technologies such as augmented reality are highly promising. Such applications require a continuous communication from field level device to the appliance. This article describes how existing communications standards can be deployed and depicts an exemplary implementation. Furthermore, it proposes a communication architecture which enables interoperable communication between physical and virtual entities based on the Asset-Administration Shell (AAS).

KEYWORDS cyber-physical production systems / human machine interface / augmented reality / interoperable communication / asset-administration shell (AAS)

**RON VAN DE SAND, SEBASTIAN SCHULZ, KAY RITZMANN,
JÖRG REIFF-STEPHAN,** Technische Hochschule Wildau

Die Digitalisierung gewinnt in der Industrie zunehmend an Bedeutung und gilt als Innovationstreiber im Transformationsprozess von konventionellen Fertigungsstrategien hin zu cyberphysischen Produktionssystemen (CPPS). Diese bestehen aus einer Summe eingebetteter Systeme, die ihre Umwelt sensorisch erfassen und durch Aktoren auf selbige einzuwirken vermögen [1, 2]. Dieser Wandel (Bild 1) führt zu einem Aufbrechen von klassischen, teilweise über Jahrzehnte gewachsenen, hierarchischen Strukturen der gegenwärtigen Automatisierungspyramide [3] und ersetzt diese durch ein durchgehend verbundenes Wertschöpfungsnetzwerk mit großer Informationsdichte. Zudem werden höhere Anforderungen an technische Systeme in Bezug auf Datentransparenz und Interoperabilität gestellt, um nicht nur innerhalb der Unternehmensgrenzen zu agieren, sondern auch darüber hinaus. Dieses führt zu einem signifikanten Anstieg der Datenmenge, die während des Produktionsprozesses erzeugt, koordiniert und verwaltet werden muss. Allerdings stellen genau diese Datenmengen neue Herausforderungen an den Menschen, da er als Entscheidungsträger [4] im CPPS auf Grundlage dieser Daten agiert. Die Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI) nimmt somit einen wichtigen Stellenwert im Produktionsprozess ein und zählt zu den Kernthemen von Industrie 4.0 (I4.0) [5].

Unterstützende digitale Medien sind in vielen Bereichen der Produktion weit verbreitet und werden zudem durch mobile Geräte, wie beispielsweise Smartphones oder Tablets ergänzt. Durch die Implementierung dieser Technologien und die Nutzung entsprechender Infrastrukturen können heutzutage sensorische Informationen direkt transformiert und für den Nutzer visualisiert werden [6].

Neuartige Verfahren zur Visualisierung, wie Augmented Reality (AR) oder auch Virtual Reality (VR), werden vermehrt als Unterstützungselemente am Arbeitsplatz eingesetzt, finden aber bisher nur vereinzelt Anwendung im Produktionsumfeld. Zudem steckt die Entwicklung von AR-Hardware

der kommenden Generationen (wie beispielsweise AR Glasses) noch in den Kinderschuhen [7], was den breiten Einsatz dieser Technologie erschwert. Dabei kann vor allem AR einen entscheidenden Beitrag zur Prozessoptimierung erfüllen. Ein Anwendungsfall liegt hier beispielsweise in der Wartung beziehungsweise Instandhaltung von Maschinen, wobei Fehlfunktionen oder Wartungsanweisungen dem Nutzer angezeigt werden oder eine virtuelle 3D-Ansicht der technischen Anlage verfügbar gemacht wird. Für ein solches Szenario bedarf es einer durchgängigen Kommunikation aus dem Feld bis hin zur Applikation, um eine Abbildung von physischen Parametern in eine virtuelle Umgebung zu realisieren.

1. POTENZIALE DER AUGMENTED REALITY

Die Nutzung von Augmented Reality bietet durch die spezifizierten und individuelle Bereitstellung von Daten in vielen Branchen hohe Potenziale für die Optimierung von Prozessen. Jedes AR Device erzeugt einen dezentralisierten Zugriffspunkt auf entsprechende Datenpunkte beziehungsweise -strukturen. Durch die visuelle Verfügbarkeit aller benötigten orts- und anwendungsgebundenen Informationen reduzieren sich Zugriffs- und Reaktionszeiten des Menschen und somit die Ausführungszeiten von Arbeiten. So beschreiben Suzuki et al. [9] ein Szenario des smarten Gebäudemanagements mit Hilfe von AR, in dem alle technischen Geräte und Sensoren zentral miteinander vernetzt und verwaltet werden. Bei eventuellen Störungen oder Wartungsarbeiten wird dem Techniker eine Nachricht mit allen Informationen zugesendet. Dieser kann sich durch das AR Device zur Ursache führen und vor Ort die benötigten Daten zur Störquelle visuell einblenden lassen. Anschließend ermöglicht das Device eine sofortige Dokumentation aller ausgeführten Arbeiten und speichert diese zentral ab. Somit kann der Techniker direkt im Anschluss dem folgenden Arbeitsauftrag beginnen, ohne zuvor eine zentrale Eingabestelle für die Dokumentation aufsuchen zu müssen.

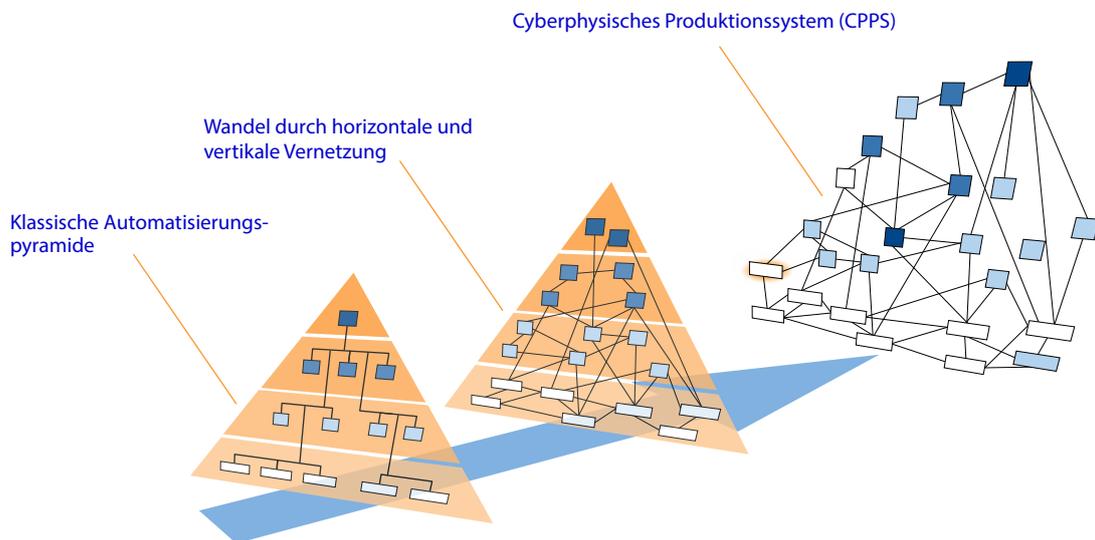


BILD 1: Transformationsprozess in der Automatisierungstechnik

Nach Pargmann et al. [10] wird die Visualisierung eines digitalen Zwillings von Windparksanlagen mit Hilfe von AR zum Verwalten und Planen beschrieben. Prozessdaten der einzelnen Anlagen werden kontinuierlich mit einem Cloudsystem synchronisiert und mit externen Clouddiensten, wie Wetterprognosen und Flugrichtungen von Vogelschwärmen, ergänzt. Das AR Device erzeugt aus diesen Daten die holographische Darstellung des Windparks mit den zugehörigen Prozessdaten und erweitert diese mit den Daten der Clouddienste. Eine Interaktion mit diesem Hologramm entspricht einer Interaktion mit dem digitalen Zwilling und wirkt sich direkt auf die jeweilige Windparksanlage aus. So können die Anlagen per Fernzugriff gesteuert werden, wobei der Betriebszustand beliebig verändert werden kann. Beide Beispiele zeigen, wie diese Technologie Produktions- und Planungsprozesse beschleunigen und unterstützen kann. Allerdings müssen, wie auch in diesen zwei Beispielen, infrastrukturelle Voraussetzungen in der Informationstechnik (IT) und Kommunikation geschaffen werden.

2. KOMMUNIKATION UND ADMINISTRATION

2.1 Kommunikationsprotokolle für IoT

Die Vernetzung von physischen und virtuellen Entitäten basiert auf dem Informationsaustausch über geeignete Machine-to-Machine (M2M)-Protokolle. In der Feldebene haben sich bereits einige standardisierte Kommunikationstechnologien, wie Powerlink oder

IO-Link, etabliert, wovon sich vor allem Kommunikationsprotokolle basierend auf dem Ethernet-Standard IEEE 802.3 vielversprechend zeigen. Nachteilig ist hier die Inkompatibilität vieler Systeme zueinander [11,12]. Aus diesem Grund wurde das M2M-Protokoll OPC UA entwickelt, welches die vorangegangenen klassischen OPC-Spezifikationen miteinander vereint und eine herstellerunabhängige Schnittstelle in der Industrieautomation darstellt. Dadurch schafft dieser Standard eine geeignete Infrastruktur zwischen verschiedenen, teilweise proprietären Systemen [13]. Ein weiteres Protokoll, das sich derzeit im Bereich des Internet of Things (IoT) etabliert, ist das Message-Queuing-Telemetry-Transport (MQTT)-Protokoll [14]. Dessen Vorteil gegenüber dem OPC-UA-Standard ist der leichtgewichtige Aufbau, wodurch der Kommunikations-Overhead wesentlich reduziert wird und es so leicht in Feldbussystemen mit hohen Latenzzeiten implementiert werden kann [15].

2.2 Industrie-4.0-Komponenten

Für das hier beschriebene Modell zur Einbindung virtueller Entitäten als Teil eines CPPS werden standardisierte physische Entitäten vorausgesetzt, die eigenständig in einer I4.0-Umgebung agieren und sich selbst verwalten. Einen Ansatz zur Klassifizierung (Communication-Presentation, CP) von Assets wird durch Epple et al. [8] vorgeschlagen, wobei grundsätzlich zwei Eigenschaften unterschieden werden. Eine ist der Bekanntheitsgrad einer Komponente in der Informationswelt, der in vier Stufen

Bekanntheitsgrad im Informationssystem

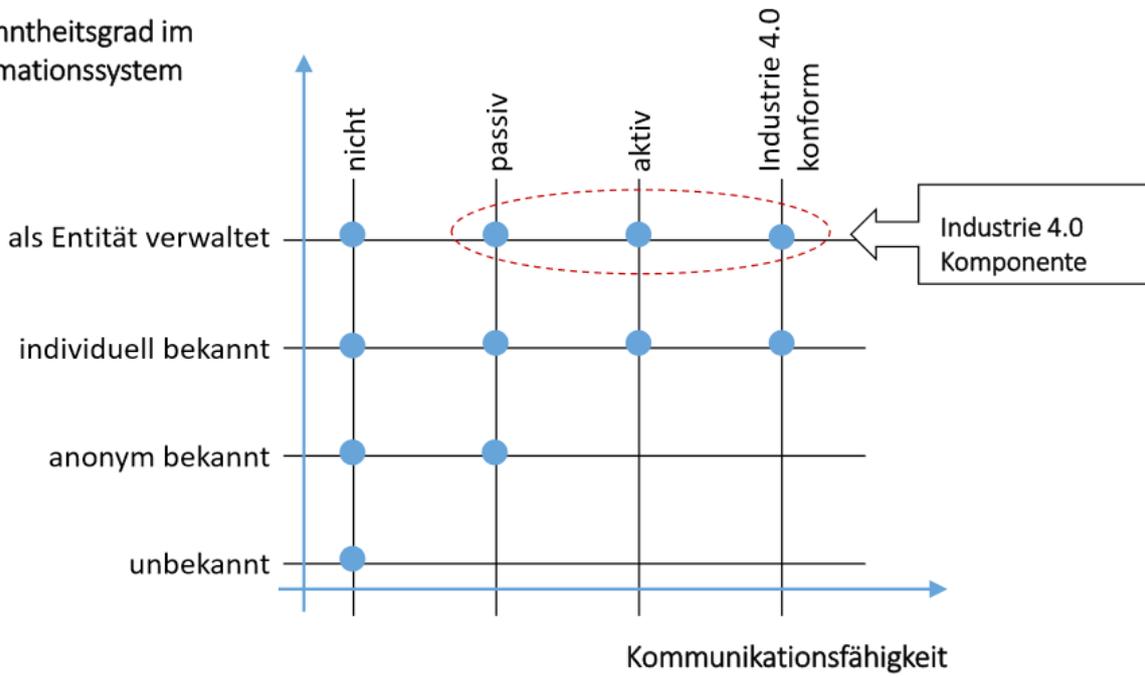


BILD 2: CP-Klassifizierungsansatz nach [8]

unterteilt werden kann. Wie in Bild 2 gezeigt, beinhaltet eine weitere Eigenschaft die Kommunikationsfähigkeit innerhalb eines IT-Systems und reicht von Komponenten ohne Kommunikationsschnittstelle bis hin zu I4.0-konformen Entitäten, die bestimmte Standards an Datenaustausch, IT Sicherheit und Netzwerkidentifizierung unterstützen [8].

Nach diesem Ansatz müssen I4.0-Komponenten bestimmte strukturelle Voraussetzungen erfüllen und so entweder als CP24-, CP34- oder CP44-Klasse eingestuft werden. Dadurch sind sie als Entitäten mit einer Verwaltungsschale (asset administration shell, AAS) konzipiert und verfügen darüber hinaus über eine Kommunikationsschnittstelle, um mit ihrer Umgebung zu interagieren [8]. Die AAS übernimmt hierbei die Verwaltung des Assets innerhalb eines IT-Systems, führt Aufgaben bezüglich netzwerkbasierter Kommunikation aus und kann Dienste auf jedem Knoten im Netzwerk bereitstellen.

3. KONZEPT

3.1 Kommunikationsarchitektur

Die vorgestellte Kommunikationsarchitektur beschreibt auf Basis der durch die DIN SPEC 91345 eingeführten Verwaltungsschale (Bereitstellung von IT-Strukturen und IT-Diensten), die Erweiterung des physischen Bereichs eines CPPS um virtuelle Entitäten. Ferner

ermöglicht die Verwaltungsschale den interoperablen Zugriff auf die physischen Assets, wodurch proprietäre Systemarchitekturen zu einem gesamtheitlichen Netzwerk zusammengefasst werden können. In diesem Beitrag wird die Präsenz einer Verwaltungsschale für jedes Asset und somit eine CP-Klasseneinordnung nach Abschnitt 2.2 vorausgesetzt, um virtuelle Entitäten mit ihren physischen Assets informationstechnisch zu verknüpfen. Zudem wird eine strukturelle Unterscheidung des CPPS in Cloud Technology (CT) und Operator Technology (OT) vorgeschlagen. Dabei werden im OT alle prozessnahen physischen Assets, wie Robotik oder Förderstrecken, abgebildet. Des Weiteren kann sich die Verwaltungsschale, wie in Bild 3 dargestellt, direkt auf dem Asset selbst, auf einem Edge Gateway oder in der Cloud befinden [16] und so die Integration von CP24-, CP34- und CP44-Entitäten in einem CPPS ermöglichen. Die Umsetzung der Verwaltungsschale in der Cloud wird durch den Platformservice (P) innerhalb der CT ermöglicht, welche darüber hinaus die Infrastruktur (I) und den Softwareservice (S) des CPPS implementiert. Die Infrastruktur der Cloud beinhaltet unter anderem Dienste wie Datenbanken (DB) zur Datenspeicherung oder nachrichtenorientierte Middleware (MOM) zur Kommunikation zwischen Entitäten [17]. Des Weiteren können diverse Softwaredienste, wie MES- oder ERP-Systeme, als Teil der CT integriert werden. Entgegen der üblichen Betrachtung wird das cyberphysische

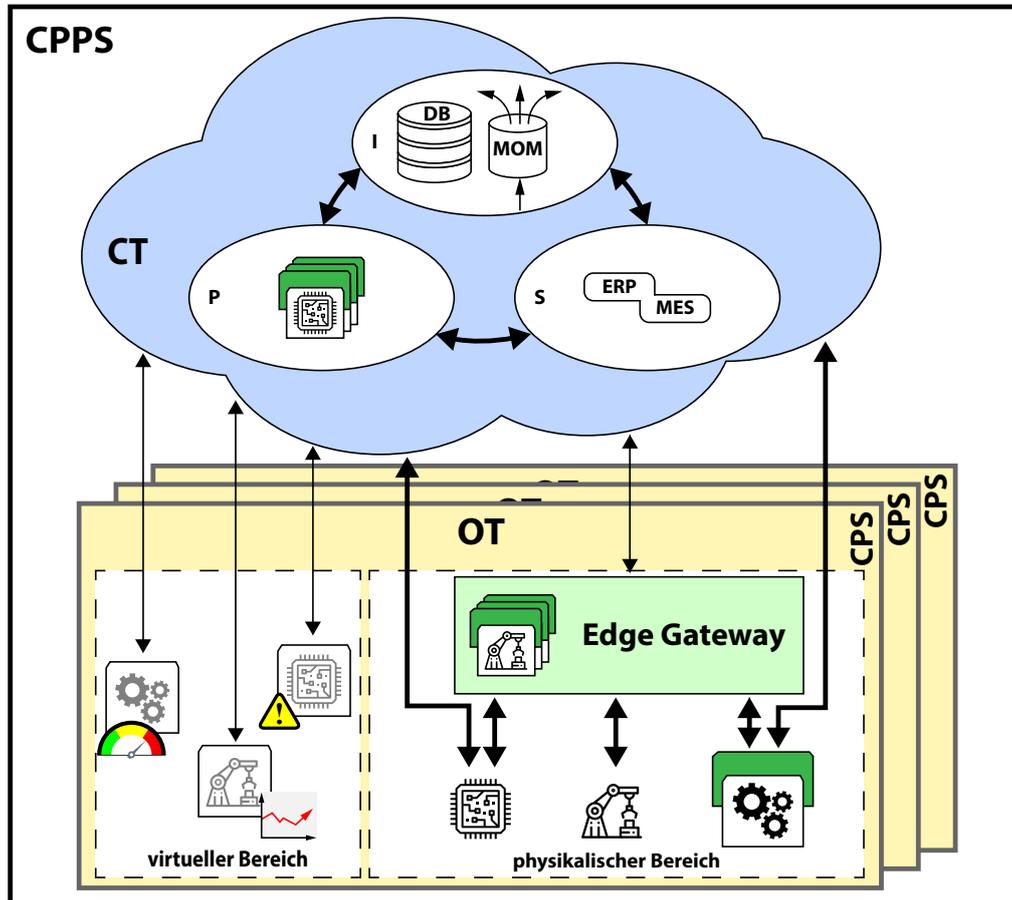


BILD 3: Erweiterung des physischen Raums um virtuelle Entitäten

System (CPS), neben dem physischen Bereich im OT Layer, um einen virtuellen Bereich erweitert. Die hier dargestellten virtuellen Entitäten ermöglichen den Zugriff auf Daten und Parameter der physischen Entitäten, wie konkrete Prozessdaten, historische Daten, Fehlermeldungen oder Handlungsanweisungen. Darüber hinaus können sie Informationen und Dienste der Verwaltungsschale nutzen, wodurch dem Anwender der direkte Zugriff auf das untergeordnete Asset ermöglicht wird.

Diese Kommunikationsarchitektur ermöglicht die Nutzung von TCP/IP-basierten IT-Protokollen, wie MQTT oder AMPQ, für den Datentransfer zwischen einer virtuellen Entität und der Verwaltungsschale des zu repräsentierenden Assets.

Dadurch können viele, bereits existierende, Cloud-dienste mit entsprechender Infrastruktur genutzt werden, um einen bidirektionalen Datenaustausch zu ermöglichen. Auf der physischen Seite des OT hingegen werden vorwiegend industrielle Kommunikationsprotokolle [18], wie Ethernet/IP, EtherCAT oder

Profinet, eingesetzt, da diese höheren Echtzeitanforderungen gerecht werden. Allerdings können auch herstellerunabhängige Kommunikationsprotokolle, wie OPC UA, implementiert werden, was im Anwendungsbeispiel (Abschnitt 3.2) näher erläutert wird. Durch die cloudbasierte Kommunikation kann zudem eine ortsungebundene Abbildung der virtuellen Entitäten ermöglicht werden, was beispielsweise die Fernwartung und Diagnose technischer Anlagen ermöglicht.

3.2 Holografische Prozessvisualisierung

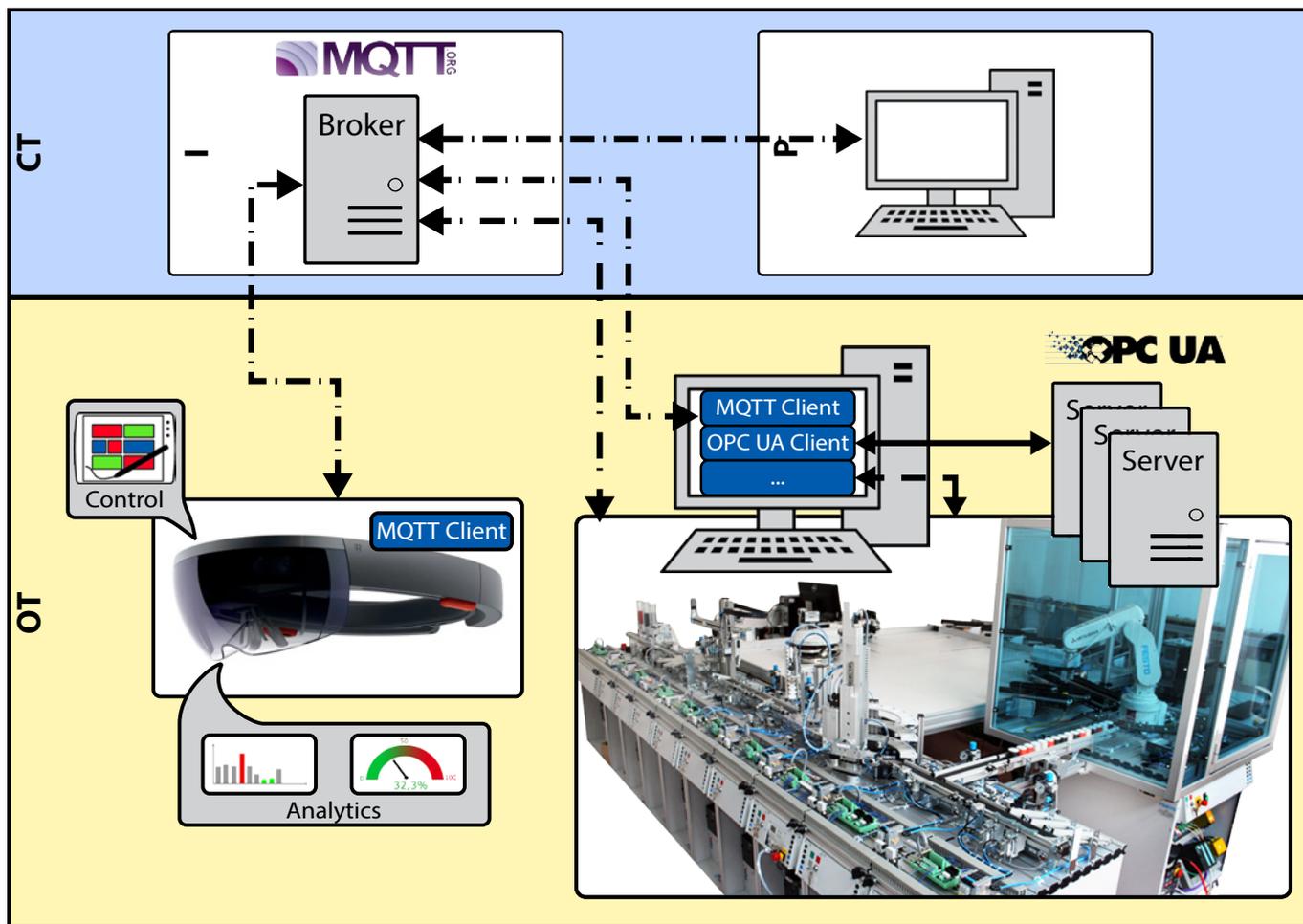
Neben den technischen Entitäten in einem cyber-physischen Produktionssystem spielt der Mensch als Entscheidungsträger und Problemlöser im sich ständig verändernden Wertschöpfungsnetzwerk eine entscheidende Rolle. Als Teil eines CPPS wird eine Zusammenarbeit mit dem System gefordert, da er als einziger Akteur in der Lage ist, Störfälle im Prozessablauf zu erkennen und auf diese einzuwirken. Daher

wird im Projekt „Holografische Prozessvisualisierung“ an der TH-Wildau die Anwendung von AR als Interaktionstool erforscht, um beispielsweise Ereignisse am Ort des Entstehens zu visualisieren und so Benutzern die Möglichkeit zu geben, auf selbige Einfluss zu nehmen. Im Gegensatz zu klassischen HMI Tools dienen hier Hologramme zur Steuerung und Visualisierung von Prozessen, wodurch ortsabhängige Zusammenhänge durch den Anwender schnell erfasst werden können. Eine vollautomatisierte, dezentral gesteuerte Montagestrecke dient in diesem Zusammenhang als Demonstrationsobjekt. In dem hier betrachteten Prozess werden die einzelnen Module getrennt voneinander gesteuert, wobei der Informationsaustausch zwischen

den Steuerungseinheiten, basierend auf dem Prinzip der Verwaltungsschale, über das OPC-UA-Protokoll erfolgt und einzelne Assets, Dienste und Informationen über einen Cloud-betriebenen Plattformservice bereitstellen. In Anlehnung an die im Abschnitt 3.1 vorgestellte Kommunikationsarchitektur ist eine AR-Brille als Entität in den Prozess integriert und dient somit als Mensch-Maschine-Schnittstelle. Hierfür dient ein MQTT Client zur Kommunikation mit einem MQTT Broker, welcher als Teil der Infrastruktur in der CT integriert ist. Wie in Bild 4 zu erkennen ist, wird der Datentransfer zwischen dem OT und CT Layer über ein Edge-Gateway realisiert, wodurch der Prozessdatenzugriff durch die Nutzung des MQTT-Protokolls ermöglicht wird. Vorteilhaft

REFERENZEN

- [1] Reinhart, G., Engelhardt, P., Geiger, F., Philipp, T., Wahlster, W., Zühlke, D., ... & Stephan, P. (2013). Cyber-Physische Produktionssysteme. Produktivitäts- und Flexibilitätssteigerung durch die Vernetzung intelligenter Systeme in der Fabrik. *wt-online, Jg, 103(2)*, 84-89.
- [2] Zhang, L., Fallah, Y., Jihene, R. (2013). Cyber-Physical Systems: Computation, Communication, and Control. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2013(2). <https://doi.org/10.1155/2013/475818>
- [3] Ganschar, O., Gerlach, S., Hämmerle, M., Krause, T., & Schlund, S. (2013). *Produktionsarbeit der Zukunft-Industrie 4.0* (pp. 50-56). D. Spath (Ed.). Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- [4] Brauner, P., & Ziefle, M. (2015). Human factors in production systems. In *Advances in production technology* (pp. 187-199). Springer, Cham.
- [5] Brecher, C., Özdemir, D. (2014). Introduction. In *Advances in production Technology, Cham: Springer, 2014* (pp. 1-8)
- [6] Robertson, G., Czerwinski, M., Fisher, D., & Lee, B. (2009). Selected human factors issues in information visualization. *Reviews of human factors and ergonomics*, 5(1), 41-81.
- [7] Chen, H., Dai, Y., Meng, H., Chen, Y., & Li, T. (2018, April). Understanding the Characteristics of Mobile Augmented Reality Applications. In *Performance Analysis of Systems and Software (ISPASS), 2018 IEEE International Symposium on* (pp. 128-138). IEEE.
- [8] Bangemann, T., Bauer, C., Bedenbend, H., & Wollschläger, M. (2015). *Statusreport Industrie 4.0 - Technical Assets, Grundlegende Begriffe, Konzepte, Lebenszyklen und Verwaltung*. Abgerufen von: https://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/gma_dateien/Statusreport_I40_TechnicalAssets_Begriffe_WEB.pdf
- [9] Suzuki, L. R., Brown, K., Pipes, S., & Ibbotson, J. (2014, March). Smart building management through augmented reality. In *Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2014 IEEE International Conference on* (pp. 105-110). IEEE.
- [10] Pargmann, H., Euhäusen, D., & Faber, R. (2018, April). Intelligent big data processing for wind farm monitoring and analysis based on cloud-technologies and digital twins: A quantitative approach. In *2018 IEEE 3rd International Conference on Cloud Computing and Big Data Analysis (ICCCBDA)* (pp. 233-237). IEEE.
- [11] Lipinski, R. V., Richter, M., & Reiff-Stephan, J. Intelligent sensor systems for self-optimising production chains.
- [12] Moritz, S., Schulz, S., Reiff-Stephan, J. (2017). Entwurf einer Datenbankstruktur zur Erfassung von Messdaten eines cyberphysischen Greifsystems. In *Tagungsband AALE 2017, 14. Fachkonferenz, Berlin und Offenbach, VDE Verlag GmbH, 2017* (pp. 141-149). AALE
- [13] Knothe, T., Reiff-Stephan, J., Vladova, G., Ullrich, A., von Lipinski, R., Buße, D., & Kern, M. (2017). Industrie 4.0 im Produktionsumfeld. In *Metamorphose zur intelligenten und vernetzten Fabrik* (pp. 5-37). Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.
- [14] Hillar, G. C. (2017). *MQTT Essentials-A Lightweight IoT Protocol*. Packt Publishing Ltd.
- [15] Jeschke, S., Isenhardt, I., Hees, F., & Henning, K. (Eds.). (2014). *Automation, Communication and Cybernetics in Science and Engineering 2013/2014*. Springer International Publishing.
- [16] Pethig, F., Schriegel, S., Maier, A., Jasperneite, J. (2017). *Industrie-4.0-Kommunikation mit OPC UA*. Frankfurt: VDMA Verlag GmbH
- [17] Mell, P., & Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing.
- [18] Grüner, S., Pfrommer, J., & Palm, F. (2015, May). A restful extension of opc ua. In *Factory Communication Systems (WFCS), 2015 IEEE World Conference on* (pp. 1-4). IEEE.



--- MQTT — OPC UA weitere Kommunikationsprotokolle

BILD 4: Holografische Prozessvisualisierung

ist hier der geringe Kommunikations-Overhead, wodurch der Betrieb der AR-Brille über WLAN oder in mobilen Netzwerken begünstigt wird und nur ein kleiner Teil an Rechenressourcen für den Datentransfer bereitgestellt werden muss. Des Weiteren trägt das Publish-Subscribe-Prinzip dazu bei, dass auch bei vielen Teilnehmern im Netzwerk Latenzzeiten geringgehalten werden und so eine gute Performance bei der M2M-Kommunikation erreicht wird. Durch diese Maßnahmen können AR-Objekte erzeugt werden und über ein eindeutig definiertes MQTT Topic mit den Verwaltungsschalen der physischen Assets kommunizieren. Ferner erfolgt in diesem Anwendungsfall der Datentransfer bidirektional, das heißt, Daten der Anlage können auf virtuellen Objekten abgebildet werden und Anwenderinteraktionen im virtuellen

Bereich wirken sich direkt auf die physischen Entitäten aus.

Die hier vorgestellte AR-Applikation wird auf einer Microsoft HoloLens realisiert, wodurch der Nutzer direkt auf die Prozessdaten der Anlage zugreifen kann. Solche Daten können, neben den allgemeinen Betriebszuständen, auch energetische Daten oder Störungen sein. Die AR ermöglicht somit die Visualisierung von prozessnahen Ereignissen und Informationen im Sichtfeld des Anwenders und trägt so zur schnellen Erfassung von Prozessstörungen bei. Ergänzend werden ortsgebundene Beziehungen zwischen virtuellen und physischen Objekten hergestellt, was vor allem bei größeren technischen Anlagen die Fehlererkennung und -lokalisierung begünstigt. Dabei unterstützt AR auch die Anwendung von

interaktiven Vorgehensbeschreibung, beispielsweise bei der Reparatur oder Wartung von Baugruppen und ermöglicht eine Abbildung des digitalen Zwillings als Vergleichsobjekt.

FAZIT

Die Erweiterung des physischen Raums um virtuelle Entitäten wird zunehmend an Bedeutung gewinnen, wobei die Bestimmung von Kommunikationsstandards einen wesentlichen Aspekt bei der herstellerunabhängigen Implementierung der AR-Technologie als Mensch-Maschine-Schnittstelle darstellt. Dabei kann der Verwaltungsschale eine Schlüsselrolle zugeordnet werden, da durch ihr Prinzip der standardisierte Zugriff auf Funktionen verschiedener Assets gewährleistet werden kann. Allerdings muss neben der Verwaltung auch die Kommunikationsfähigkeit aller beteiligten Entitäten betrachtet werden. Hier erweisen sich derzeit die beiden Protokolle MQTT und OPC UA als nützliche Kommunikationsstandards zur Vernetzung von Entitäten innerhalb eines cyberphysischen Produktionssystems.

AUTOREN

RON VAN DE SAND, M. Eng. (geb. 1989) ist seit 2017 akademischer Mitarbeiter an der Technischen Hochschule Wildau. Innerhalb der Forschungsgruppe IC3 beschäftigt er sich mit der Umsetzung intelligenter Steuerungen sowie der Entwicklung prädiktiver Instandhaltungsmodelle.

**Technische Hochschule Wildau,
Hochschulring 1,
15745 Wildau,
Tel. +49 (0) 3375 50 87 81,
E-Mail: van_de_sand@th-wildau.de**

SEBASTIAN SCHULZ, M. Eng. (geb. 1988) ist seit 2015 akademischer Mitarbeiter an der Technischen Hochschule Wildau. Im Fachbereich Automatisierungstechnik widmet er sich unter anderem der Kommunikation zwischen Industriekomponenten im Rahmen der Industrie 4.0.

KAY RITZMANN, B. Eng. (geb. 1988) ist Student im Studiengang Maschinenbau an der Technischen Hochschule Wildau. In seiner Abschlussarbeit beschäftigt er sich verstärkt mit dem Themengebiet Augmented Reality und der Vernetzung von Komponenten in einer Industrie 4.0 Umgebung.

Prof. Dr.-Ing. **JÖRG REIFF-STEPHAN** (geb. 1971) leitet als Direktor das Institut für Cyberphysische Produktionssysteme (iCPPS) und ist Gründungsmitglied des An-Institutes für Material, Entwicklung und Produktion (iMEP) an der Technischen Hochschule Wildau. Seine Forschungsarbeiten liegen in der Aufnahme und Verarbeitung von Informationen sowie deren Nutzung in intelligenten Prozessen.