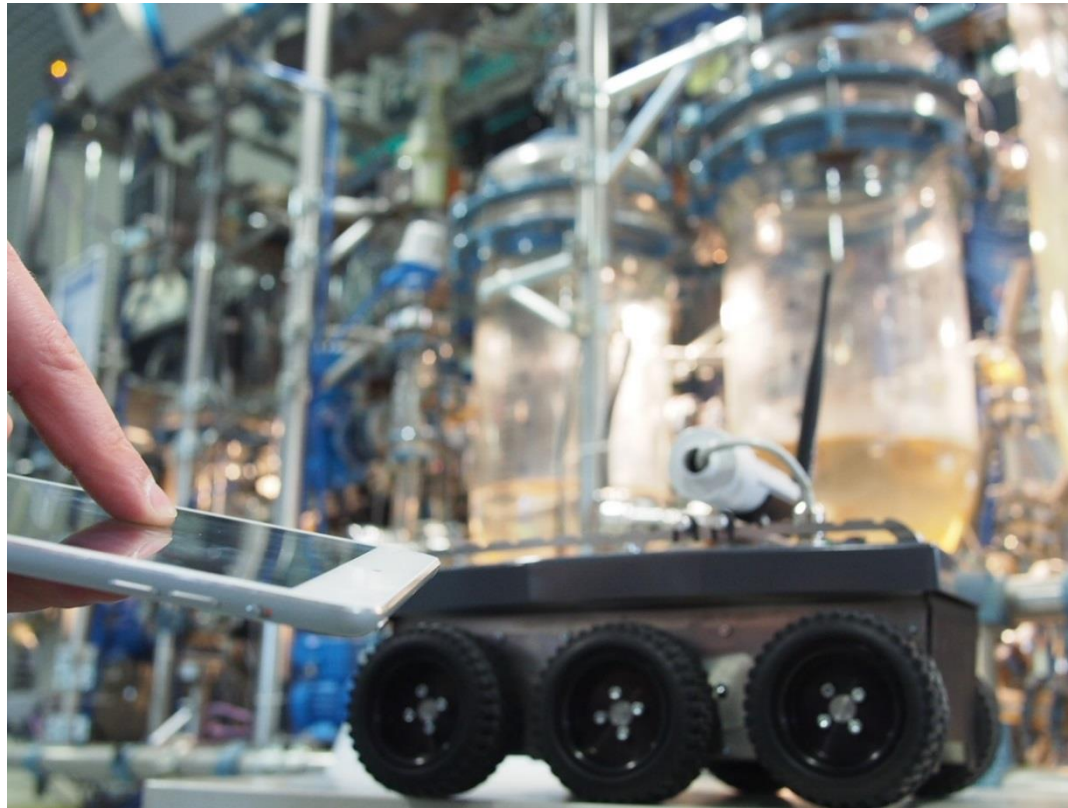


Agentenbasierte Kopplung als Basis für Industrie 4.0- ein Migrationskonzept



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Birgit Vogel-Heuser
Ordinaria Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme (AIS)
Fakultät für Maschinenwesen, Technische Universität München

Agentenbasierte Kopplung als Basis für Industrie 4.0- ein Migrationskonzept

1. **CPS und Industrie 4.0- was ist das?**
2. Agentennetzwerk für die verteilte Produktion
3. Agentennetzwerk RIAN für die Roboterkooperation
4. Lessons Learned – Industrie 4.0- Agentenbasierte Migration



Cyber-Physical Systems

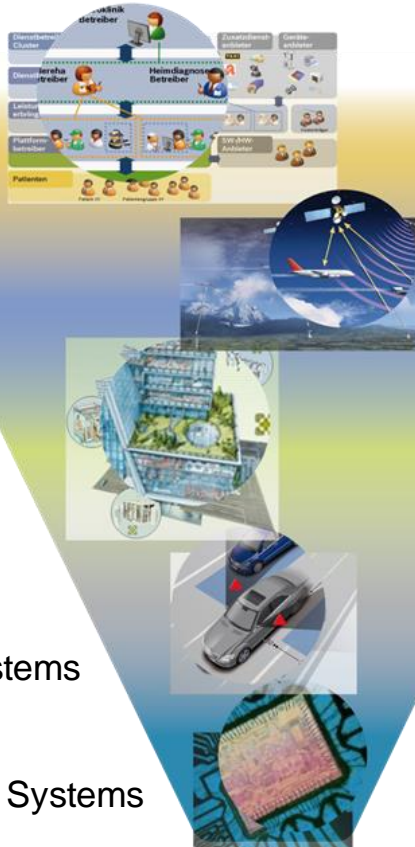
Cyber-Physical Systems

Systems of Systems

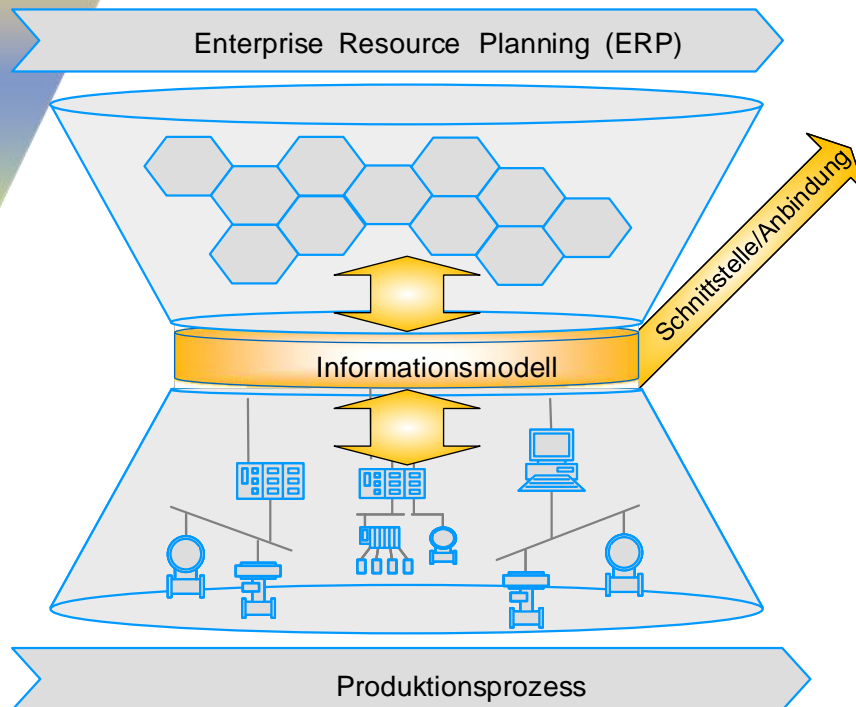
Intelligente und Kooperative Embedded Systems

Intelligente Embedded Systems

Embedded Systems



Automatisierungstechnik



Quelle (links): M. Broy: Das Internet – Innovation ohne Grenzen. Vortrag in: Netzdialog Bayern, München, 2001.

Quelle (rechts): B. Vogel-Heuser, G. Kegel, K. Bender und K. Wucherer: Global Information Architecture for Industrial Automation. In: Automatisierungstechnische Praxis (atp), Jahrgang 51 (2009), Heft 1, S. 108-115.



- **Cyber-Physical Systems (CPS)** umfassen typischerweise eingebettete Systeme (als Teil von Geräten, Gebäuden, Verkehrsmitteln, Verkehrswegen, Produktionsanlagen, Logistik- und Managementprozessen, etc.), die
 - mittels **Sensoren** und **Aktoren** unmittelbar **physikalische Daten** erfassen und auf physikalische Vorgänge einwirken,
 - mit digitalen Netzen verbunden sind (drahtlos, drahtgebunden, lokal, global),
 - weltweit verfügbare Daten und Dienste nutzen
 - und über eine Reihe multimodaler Mensch-Maschine-Schnittstellen (dediziert in Geräten, unspezifisch etwa über Browser, etc.) verfügen.

Quelle: M. Broy (Hrsg.): Cyber-Physical Systems. Innovation durch Software-Intensive Eingebettete Systeme. acatech diskutiert. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2010

Datenaufbereitung für den Menschen

Assistenzsysteme für das Engineering

Datenaufbereitung, Datenintegration für den Menschen



Architekturmodelle (Referenzarchitektur)

für eine Klasse von Aggregaten/Modulen in Bezug auf Eigenschaften, Fähigkeiten, Schnittstellen...

Intelligente Produkte und Produktionseinheiten

Produktionseinheiten mit inhärenten Fähigkeiten

Datenanalyse von Prozess- und Alarmdaten und Verknüpfung mit Engineeringdaten

Flexible Produktionseinheiten, adaptierbar auf geänderte Produkthanforderungen, erlauben auch strukturelle Änderungen

Beschreibung von Produkt- und Betriebsmitteln, z.B. Ontologien, zur eigenständigen Analyse, Darstellung, Organisation und Ausführung eines Produktionsablaufes



Kommunikation und Datendurchgängigkeit

Bereitstellung notwendiger Daten für Konfiguration, Produktion, Verhandlung

Weltweite Verteilung von Daten, hohe Verfügbarkeit, Zugriffsschutz

Datendurchgängigkeit über verschiedene „Stakeholder“ in verschiedenen Engineeringphasen und -gewerken

Digitale Netze und Schnittstellen für die Kommunikation (zwischen Geräten, Mensch und Anlage, Anlage und Anlage)

In Anlehnung: B. Vogel-Heuser, G. Bayrak, U. Frank: Forschungsfragen in "Produktautomatisierung der Zukunft". acatech Materialien. 2012.

Agentenbasierte Kopplung als Basis für Industrie 4.0- ein Migrationskonzept

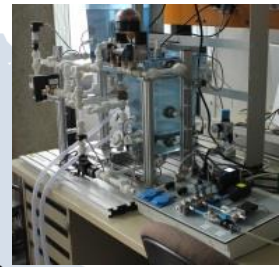
1. CPS und Industrie 4.0- was ist das?
2. **Agentennetzwerk für die verteilte Produktion**
3. Agentennetzwerk RIAN für die Roboterkooperation
4. Lessons Learned – Industrie 4.0- Agentenbasierte Migration

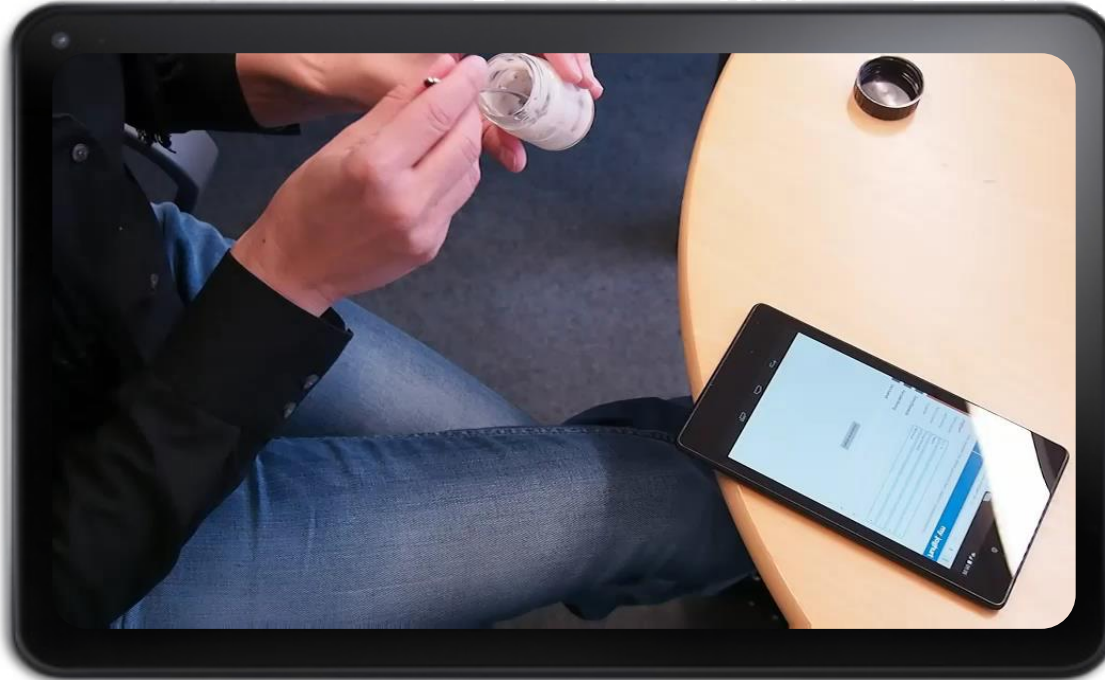




Beschreibung der Symbole

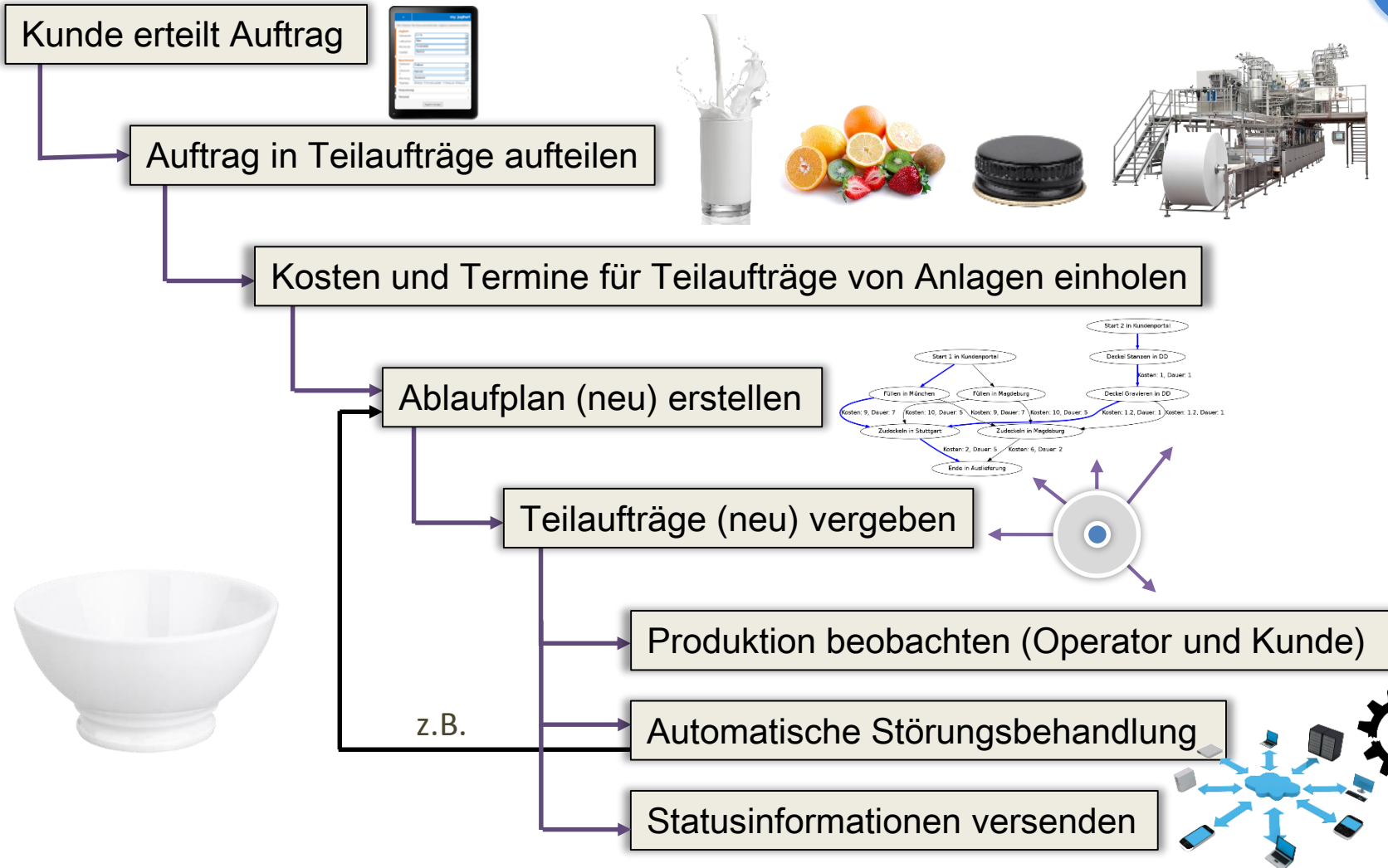
-  Anlagenproduktion
-  Simulierte Produktion
-  Joghurtherstellung
-  Joghurtveredelung
-  Deckelgravierung
-  Abfüllung

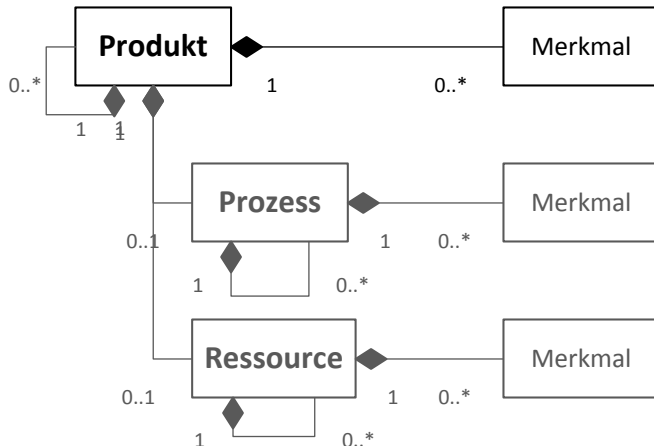
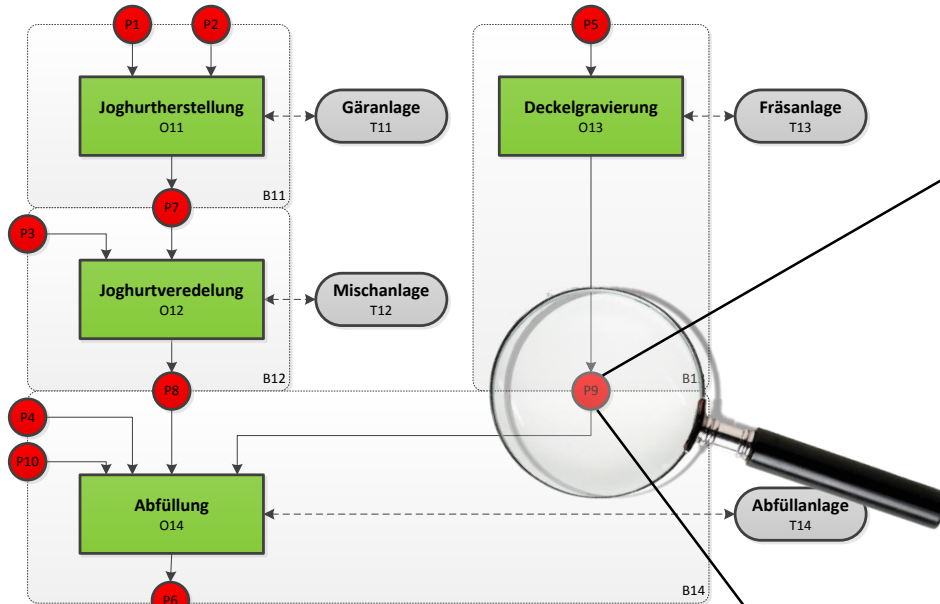




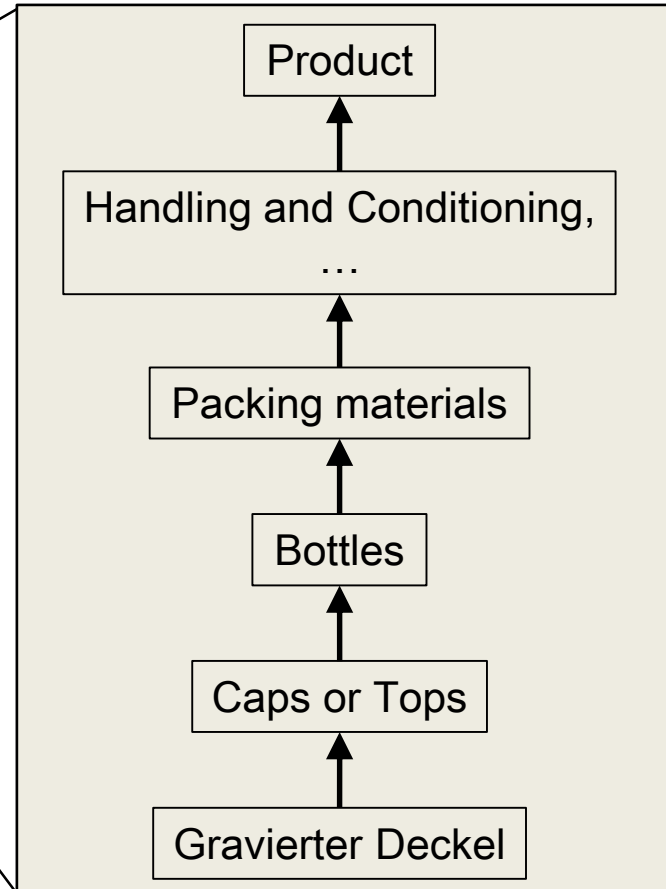
Individuelle Joghurtkonfiguration, z.B. hinsichtlich:

- Geschmack
 - Menge
 - Topping
 - Verpackung
 - Versand
 - ...
-
- Konfiguration über Web-App
 - über Desktop-PC und mobile Endgeräte (plattformunabhängig)
 - Einholen von Angeboten und anschließende Auswahl möglich
 - Individuell anpass- und erweiterbar

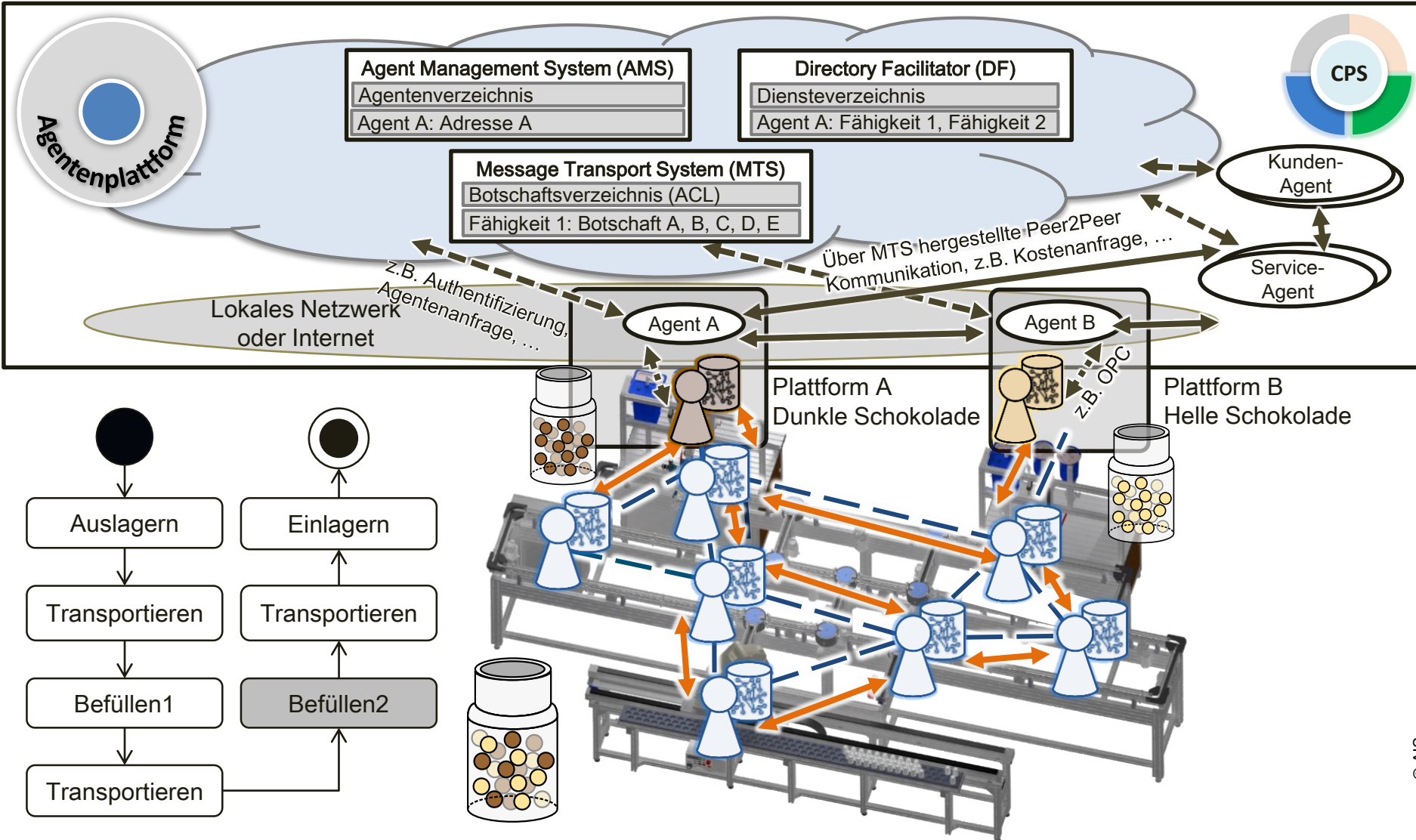


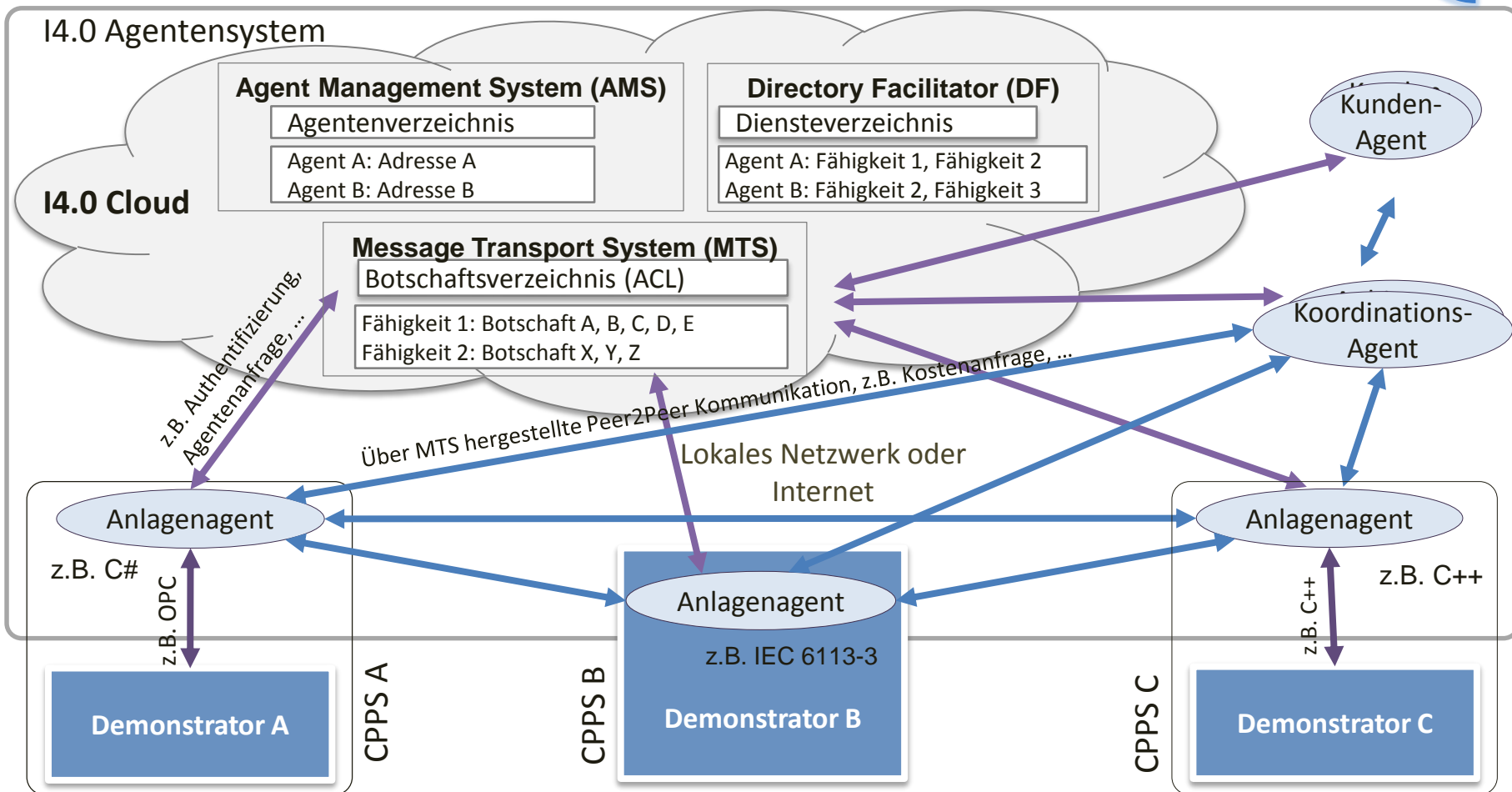


Formalisierte
Prozessbeschreibung



nach UNSPSC





Quelle: D. Pantförder, F. Mayer, C. Diedrich, P. Göhner, M. Weyrich, B. Vogel-Heuser: Agentenbasierte dynamische Rekonfiguration von vernetzten intelligenten Produktionsanlagen – Evolution statt Revolution. In: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, Springer, 2014.



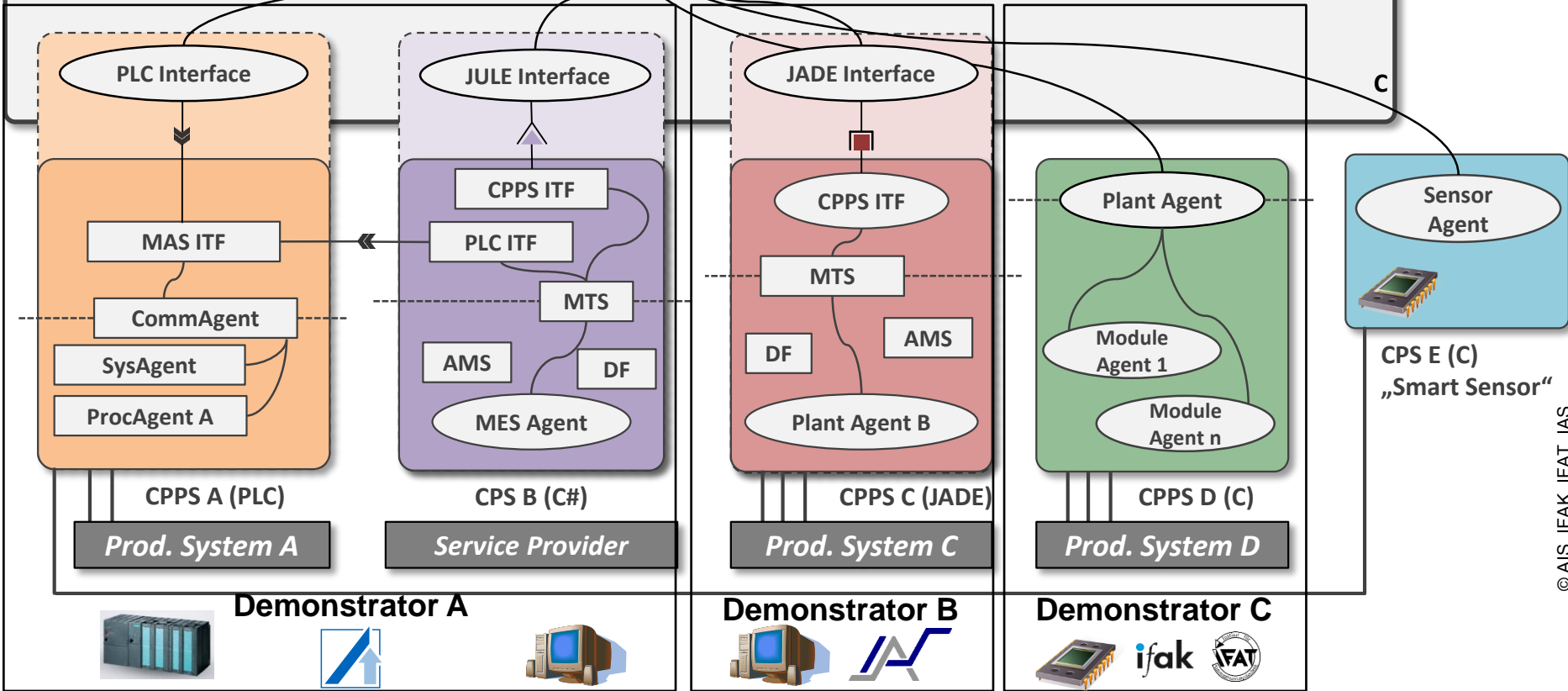
CPPS Compound (Multi-Agent System)

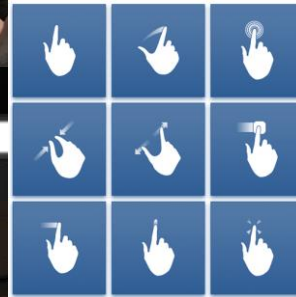
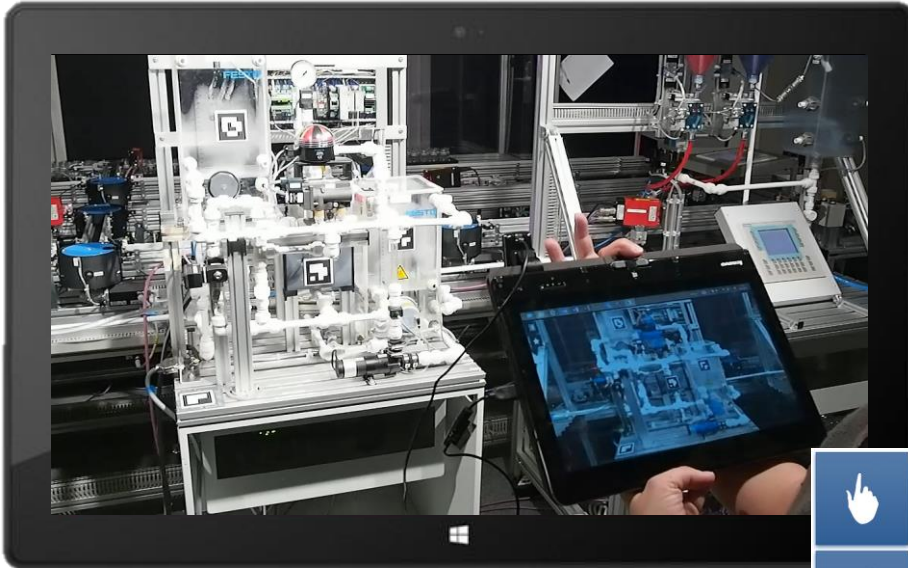
CPPS Cloud (Infrastructure)

CPPS Agent Management System Agent A: Adresse A Agent B: Adresse B	CPPS Message Transport System Agent A, Message A Agent 3, Message D	CPPS Directory Facilitator Agent A: Cap1, Cap2 Agent B: Cap2, Cap3
---	--	---

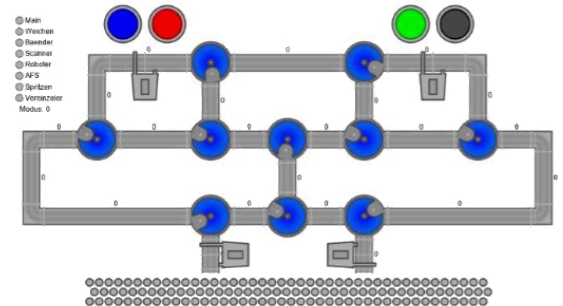
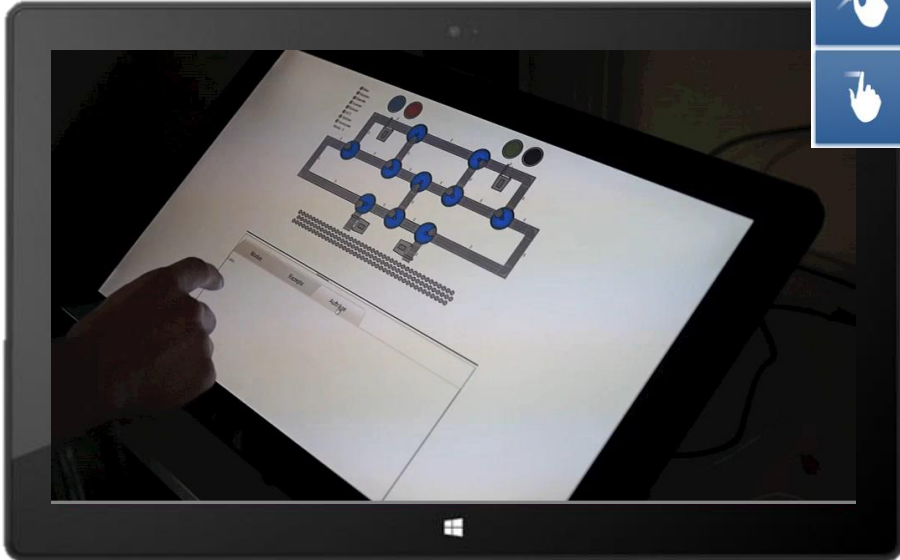
Customer Agent

Coordination Agent





- Touch-Interaktionsgestützte Gestensteuerung auf mobilen Endgeräten
- Augmented Reality zur Unterstützung bei Wartung, Optimierung und Instandhaltung von industriellen Anlagen

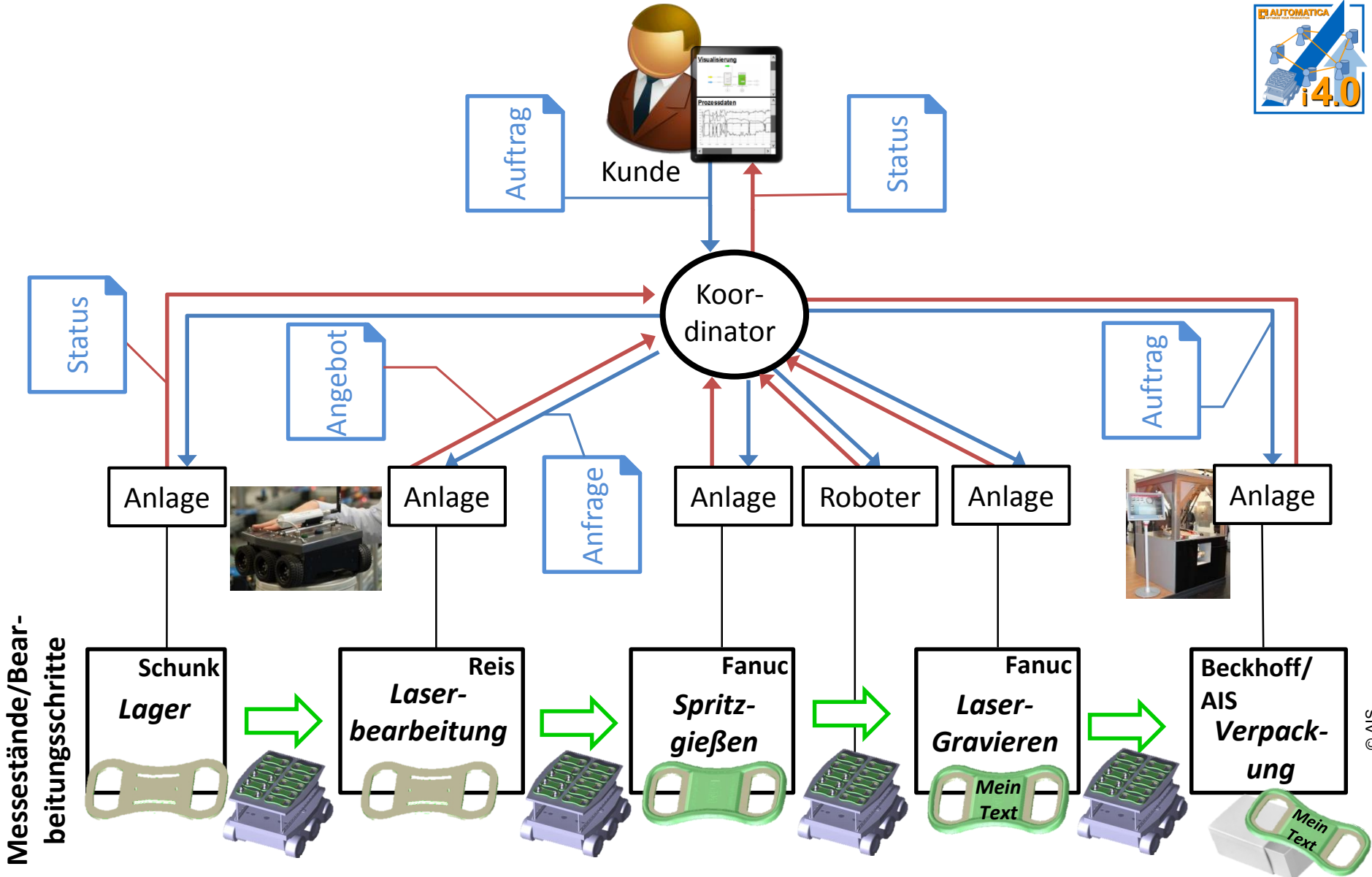


Agentenbasierte Kopplung als Basis für Industrie 4.0- ein Migrationskonzept

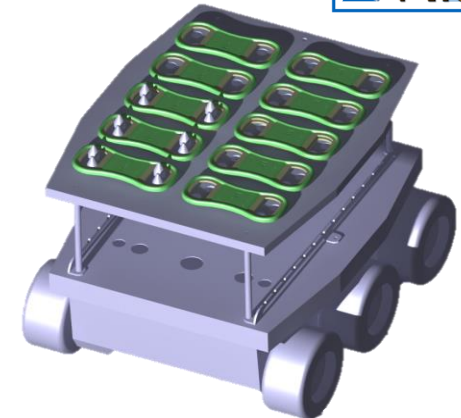
1. CPS und Industrie 4.0- was ist das?
2. Agentennetzwerk für die verteilte Produktion
3. **Agentennetzwerk RIAN für die Roboterkooperation**
4. Lessons Learned – Industrie 4.0- Agentenbasierte Migration



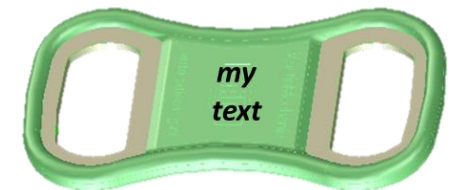
<http://automatica.ais.mw.tum.de/>



- Gemeinsame Live-Produktion vieler Unternehmen mit heterogenen Steuerungsarchitekturen
 - Einsatz und Vorstellung unterschiedlichster Hardware
 - Verschiedene Betriebssysteme (Windows, Fanuc-OS, Linux) und Plattformen
 - Herstellung verschiedenster Produkte
- **Robot Integrated Agent Network (RIAN)** des Lst. AIS bietet die Möglichkeit Anlagen auf Steuerungsebene zu vernetzen
 - Nutzung dieser Kompetenz zur Verknüpfung verschiedener Produktionsschritte
 - Auftragsmanagement durch das Agentennetzwerk
 - Vernetzung der Produktionsstandorte (Messestände) durch eine Netzwerkverbindung über das Internet und ein Roboter- Transportsystem
- **Ergebnis**
Nutzung der Synergien und Kernkompetenzen mehrerer Unternehmen zur Herstellung eines individualisierten Flaschenöffners



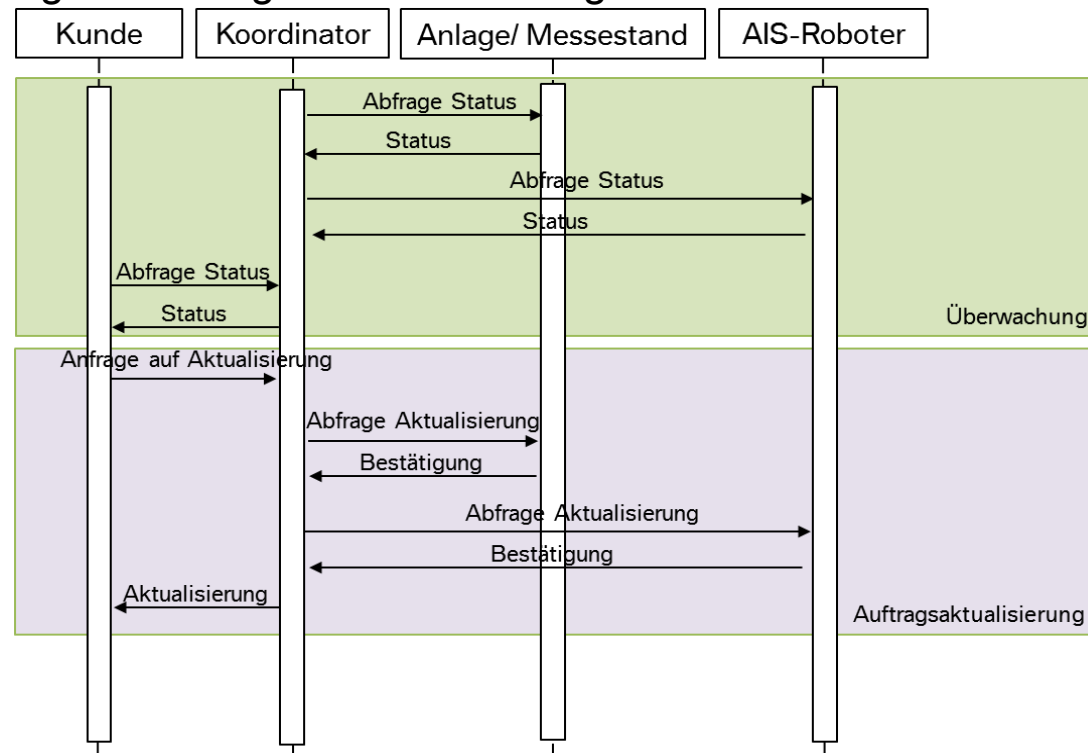
Mobiler AIS-Roboter



Individualisierter Flaschenöffner

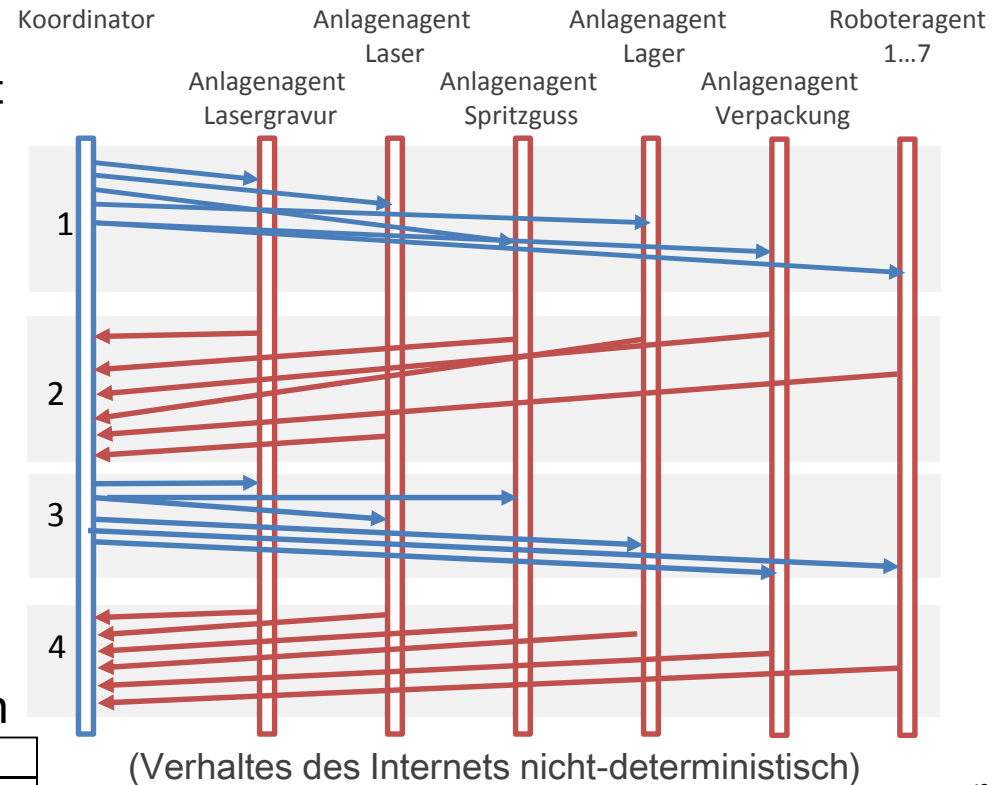
Ablauf

- Auftrag durch Kunden
- Auftragsverteilung
 - Anfrage der Anlagen bzw. Roboter
 - Scheduling der Reihenfolge und Zuordnung der Teilproduktherstellung
- Ausführung
- Begleitende Auftragssteuerung mit Beobachtung der Zustände





- Mindestens vier Botschaften für Szenario 1 nötig:
 - Angebote für Bearbeitung/ Transport Flaschenöffner anfordern (1)
 - Angebot mit Produktions-/ Transportzeit zurück geben (2)
 - Aufträge für Produktion/ Transport des Flaschenöffners vergeben (3)
 - Auftrag bestätigen (4)
- Zusätzliche Botschaften für Verzeichnisse
 - Anmeldung / Abmeldung
 - Anfragen
- Plattformunabhängig in C (auch auf µC)
- Bibliothek für Agenten



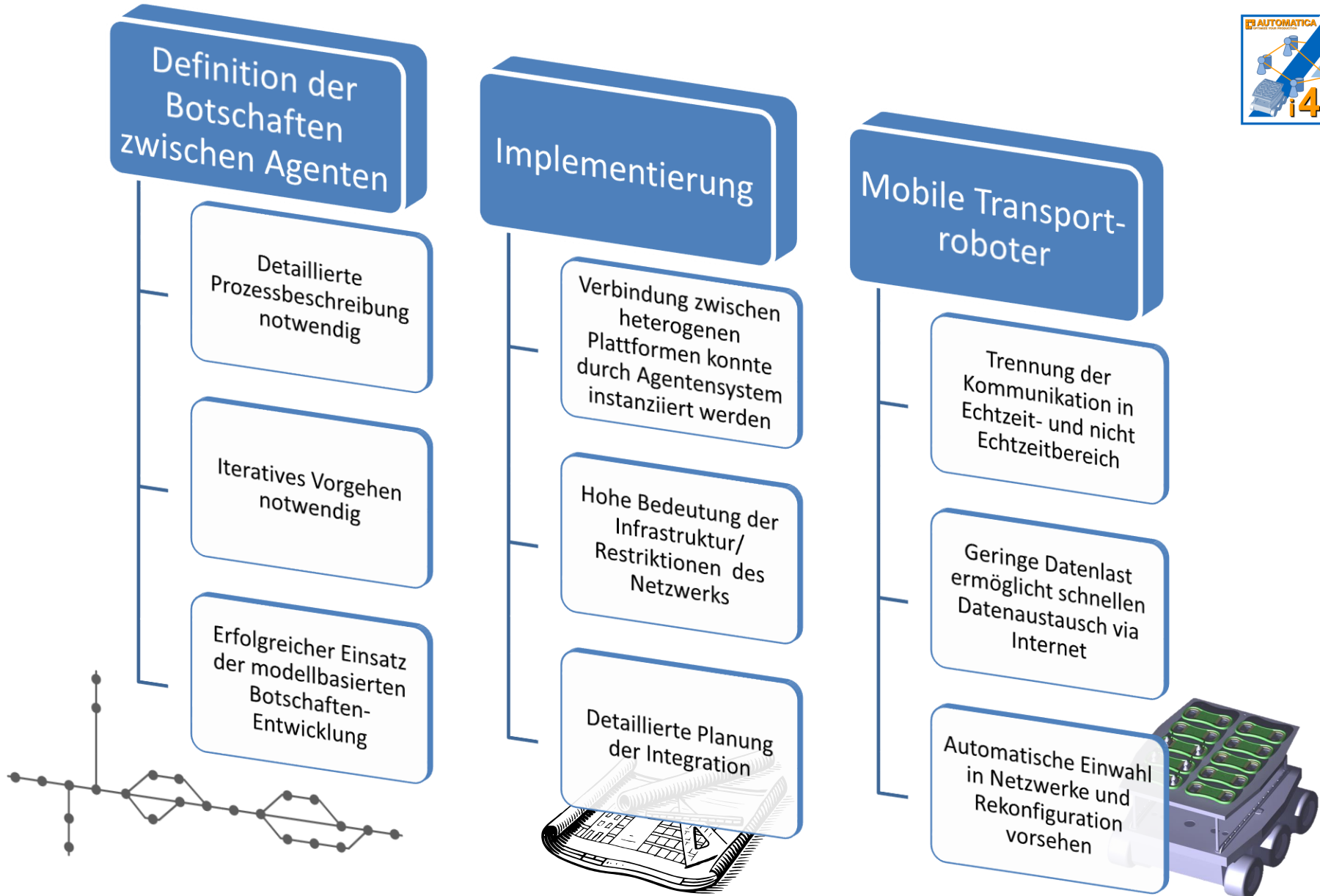
Ausschnitt der Nachrichtenspezifikation

Grundlegender Aufbau	Beispiel	Anmerkung	ACL
Format	JPP2	Header	
Sequenznummer	23		Conversation-id
Nachrichtenlänge	-		
Absender	Sender		Sender
Aktion	RETURN	Payload	Performative
Daten;	123;		Content

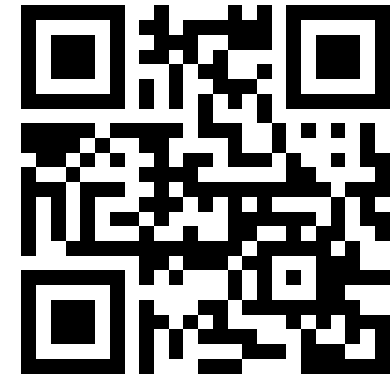
Agentenbasierte Kopplung als Basis für Industrie 4.0- ein Migrationskonzept

1. CPS und Industrie 4.0- was ist das?
2. Agentennetzwerk für die verteilte Produktion
3. Agentennetzwerk RIAN für die Roboterkooperation
4. **Lessons Learned – Industrie 4.0- Agentenbasierte Migration**

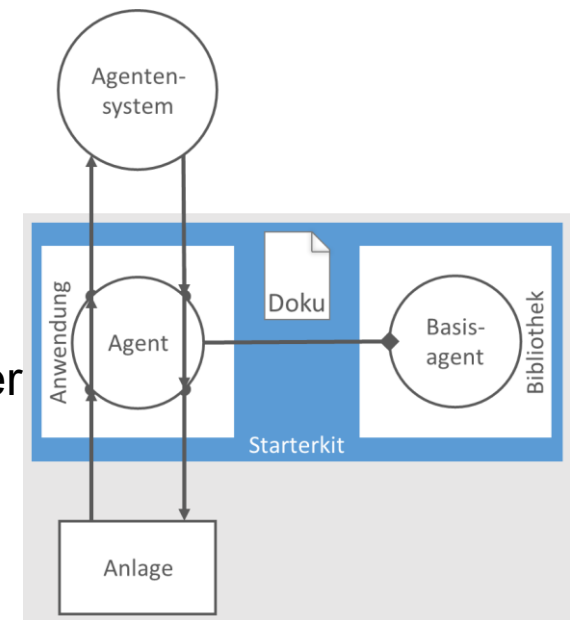




- Kein direkter Eingriff in den Anlagenablauf
- Konfiguration der Schnittstelle durch Anlagenbetreiber ermöglicht Anbindung aller nachgelagerten Steuerungen
- Agenten-Starterkit bietet Möglichkeit zur Anbindung eigener Anlage
 - Verbindung von zentralisierter und dezentralisierter Kommunikation
 - Implementierung direkt auf Steuerungsebene ermöglicht Echtzeitkommunikation bei entsprechendem Feldbus
 - Kapselung der Steuerungs- und Prozessdaten
 - Schnittstelle zum Agentennetzwerk sichert das Unternehmens-Know-How
 - Schnittstelle kann durch Unternehmen selbst angepasst werden
- neue Potentiale zur kooperativen Produktion komplexer Produkte
- Kontakt: agents-automatica@ais.mw.tum.de



<http://i40d.ais.mw.tum.de>



- **Feldmann, S.; Loskyll, M.; Rösch, S.; Schlick, J.; Zühlke, D.; Vogel-Heuser, B.:** *Increasing Agility in Engineering and Runtime of Automated Manufacturing Systems*. In: IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), Kapstadt, Südafrika, 2013.
- **Frank, U.; Papenfort, J.; Schütz, D.:** *Real-time capable software agents on IEC 61131 systems – Developing a tool supported method*. In: Proc. of 18th IFAC World Congress, Mailand, Italien, 2011, S. 9164-9169.
- **Legat, C.; Vogel-Heuser, B.:** *A Multi-agent Architecture for Compensating Unforeseen Failures on Field Control Level*. In: International Workshop on Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing and Robotics (SOHOMA), Valenciennes, Frankreich, 2013.
- **Li, F.; Bayrak, G.; Kernschmidt, K.; Vogel-Heuser, B.:** *Specification of the Requirements to Support Information Technology-Cycles in the Machine and Plant Manufacturing Industry*. In: 14th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing (INCOM), Bukarest, Rumänien, 2012.
- **Ulewicz, S.; Schütz, D.; Vogel-Heuser, B.:** *Design, Implementation and Evaluation of a Hybrid Approach for Software Agents in Automation*. In: 17th IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2012, Krakau, Polen.
- **Vogel-Heuser, B.; Bayrak, G.; Frank, U.:** *Forschungsfragen in „Produktautomatisierung der Zukunft“*, acatech MATERIALIEN. 2012.
- **Wannagat, A.:** *Entwicklung und Evaluation agentenorientierter Automatisierungssysteme zur Erhöhung der Flexibilität und Zuverlässigkeit von Produktionsanlagen*. Dissertation, Technische Universität München, 2010.
- **Witsch, D.; Vogel-Heuser, B.:** *PLC-Statecharts: An Approach to Integrate UML-Statecharts in Open-Loop Control Engineering – Aspects on Behavioral Semantics and Model-Checking*. In: 18th World Congress of International Federation of Automation Control (IFAC), Mailand, Italien, 2011.
- **Vogel-Heuser, B.; Kormann, B.; Tikhonov, D.; Rösch, S.:** *Automatisierter modellbasierter Applikationstest für SPS Steuerungsprogramme auf der Basis von UML*. In: at - Automatisierungstechnik Methoden und Anwendungen der Steuerungs-, Regelungs- und Informationstechnik. Band 61, Heft 6, Seiten 382–392, ISSN (Print) 0178-2312, DOI: 10.1524/auto.2013.0033, Juni 2013
- **Vogel-Heuser, B., Folmer, J., Legat, C.:** Anforderungen an die Softwareevolution in der Automatisierung des Maschinen- und Anlagenbaus, angenommener Beitrag, at – Automatisierungstechnik, 2013