

DISKUSSIONSPAPIER



Interaktionsmodell für Industrie 4.0-Komponenten

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Wirtschaft
und Energie (BMWi)
Öffentlichkeitsarbeit
11019 Berlin
www.bmwi.de

Redaktionelle Verantwortung

Plattform Industrie 4.0
Bertolt-Brecht-Platz 3
10117 Berlin

Gestaltung und Produktion

PRpetuum GmbH, München

Stand

März 2016

Bildnachweis

fotogestoeber/Fotolia (Titel),
X-RAY pictures/Shutterstock (Grafiken S. 3 und 4)

Diese Broschüre ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Nicht zulässig ist die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben von Informationen oder Werbemitteln.



Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie ist mit dem audit berufundfamilie® für seine familienfreundliche Personalpolitik ausgezeichnet worden. Das Zertifikat wird von der berufundfamilie gGmbH, einer Initiative der Gemeinnützigen Hertie-Stiftung, verliehen.



Diese und weitere Broschüren erhalten Sie bei:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
Referat Öffentlichkeitsarbeit
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de
www.bmwi.de

Zentraler Bestellservice:
Telefon: 030 182722721
Bestellfax: 030 18102722721



Inhalt

1	Motivation und Ausgangspunkt	3
2	Muster von Interaktionen zwischen I4.0-Komponenten	5
3	Interaktionsmodell für die Vereinbarungen zwischen I4.0-Komponenten	6
4	Einordnung der Begriffe Sprache, Semantik, Ontologien und Grammatik in das Konzept	7
5	Aktuelle Arbeiten und Ausblick der UAG	8
	Autoren	9

1. Motivation und Ausgangspunkt

Eine der wesentlichen Charakteristika von I4.0-Systemen ist es, dass Assets als I4.0-Komponenten repräsentiert werden und direkt miteinander in Kontakt treten, um Aufgaben in Wertschöpfungsketten auszuführen. Dazu bedarf es spezieller Interaktionsmuster.

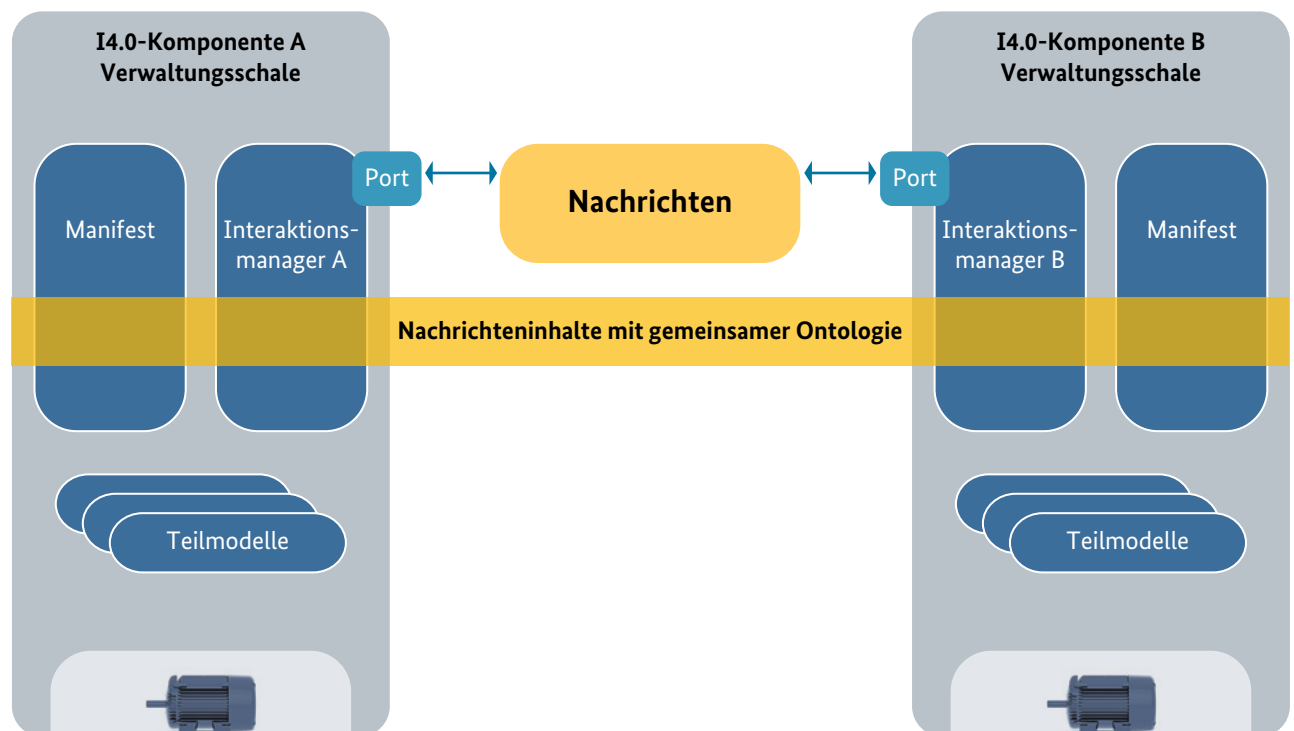
Das prinzipielle Konzept sieht vor, dass I4.0-Komponenten Nachrichten austauschen (Abbildung 1), die durch einen Interaktionsmanager hantiert werden. Die Nachrichtenelemente beziehen sich auf Ausprägungen von Merkmalen. Diese sind im Manifest der Verwaltungsschale repräsentiert. Die Merkmale sind im I4.0-System bekannt und eindeutig. Die Merkmale können aus Merkmalskatalogen stammen, wie sie z. B. durch eCl@ss gegeben sind. Die Nutzung anderer technologischer Konzepte wie z. B. Ontologien sind ebenfalls möglich.

Nachrichten versenden die Verwaltungsschalen von I4.0-Komponenten über eine Reihe von Diensten, welche

domänenspezifische Teilmodelle der I4.0-Komponenten für externe Nutzer verfügbar machen (Abbildung 2). Dazu sind verschiedenartige Dienste erforderlich, die Infrastrukturmaßnahmen für den Zugang zu den Teilmodellen bereitstellen. Zu nennen sind generische und Basisdienste.

Generische Dienste ermöglichen es, Merkmale aus dem Manifest der Verwaltungsschale zu erkunden. Verwaltungsschalen sind das Mittel, um Assets mit der angestrebten Flexibilität auszustatten. Die Assets sollen nicht mehr basierend auf einer im Vorfeld geplanten Ausprägung einsetzbar sein, sondern sollen zur Laufzeit je nach Bedarf die für die Aufgabe geeignete Funktionalität zum geeigneten Zeitpunkt und mit der für den speziellen Fall geeigneten Parametrierung und Konfiguration mit den Partnern vereinbaren können. Diese Vereinbarungen müssen also im operativen Betrieb aushandelbar sein. Entsprechende Dienste sind in der I4.0-Komponente bereitzustellen.

Abbildung 1: Nachrichtenaustausch zwischen I4.0-Komponenten

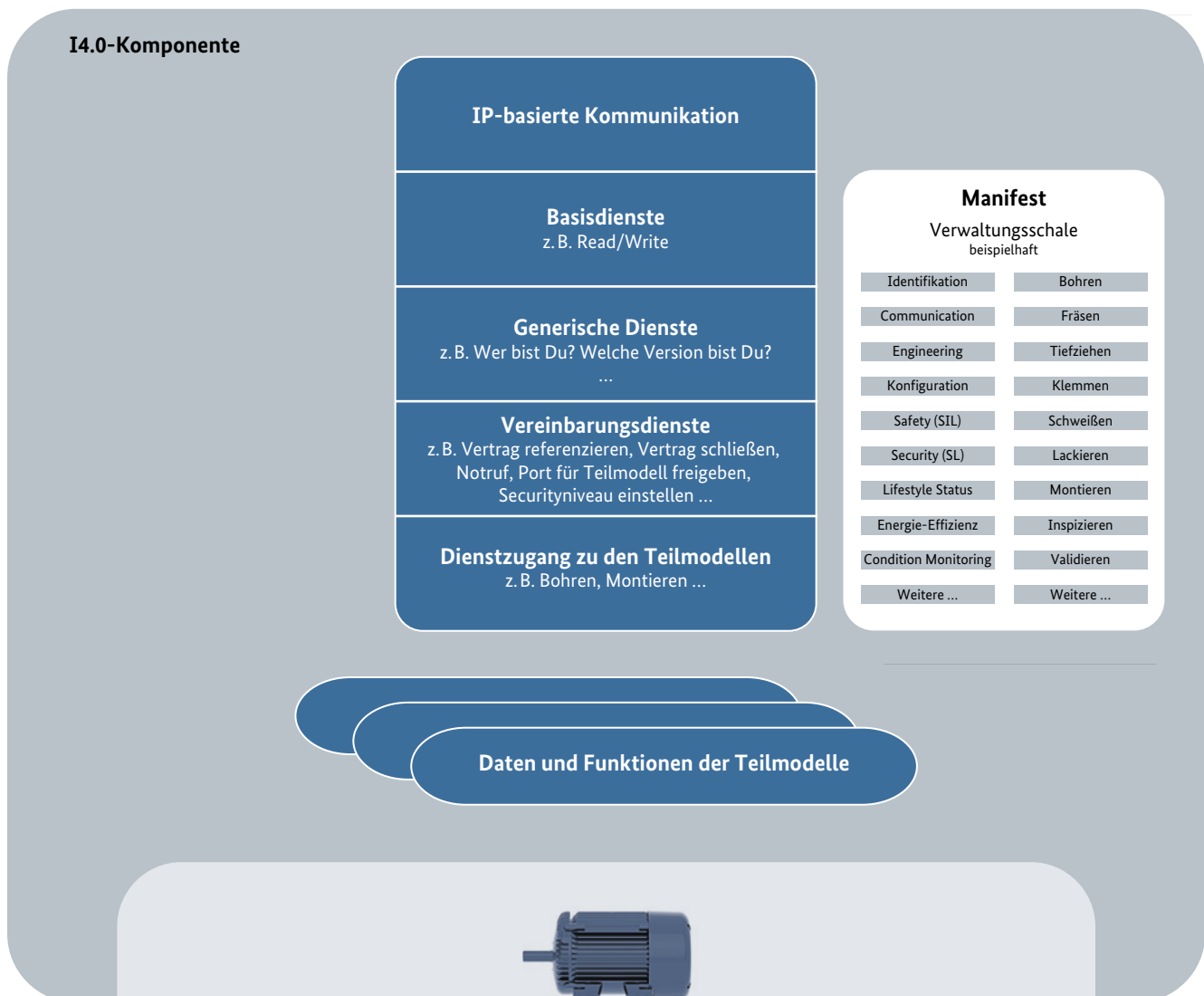


Quelle: Plattform Industrie 4.0

Die Basisdienste stellen den Zugang zum IP-basierten Kommunikationssystem bereit und abstrahieren von den verschiedenen Technologien der Kommunikation. Dienste sind prinzipiell über Ports erreichbar. Der Interaktionsmanager nimmt die Nachrichten über einen Standardport entgegen und organisiert das Zusammenspiel mit dem Manifest und den Teilmodellen. Im einfachsten Fall gibt es nur einen Port (z. B. Port 80 bei http-Nutzung), wenn stets nur ein Dienst aktiviert sein darf. Anderenfalls wird ein Sessionmodell benötigt, das für jede Dienstabwicklung einen entsprechenden Port zuweist.

Die Unterarbeitsgruppe (UAG) „Ontologie“ der AG1 „Referenzarchitektur, Standards und Normung“ ist für die Vereinbarungsdienste und das dafür benötigte Interaktionsmodell zuständig.

Abbildung 2: Dienste von I4.0-Komponenten



2. Muster von Interaktionen zwischen I4.0-Komponenten

Die Szenarien von I4.0-Systemen sind stets durch eine hohe Flexibilität und Anpassbarkeit während des operativen Betriebs für aktuelle Aufgaben der Wertschöpfungsketten gekennzeichnet. Zusätzlich zur Abwicklung der produktiven Aufgabe, wie z.B. die Erledigung einer Bohraufgabe, muss im Vorfeld festgestellt werden, ob die I4.0-Komponente diese Aufgabe funktional, mit den erforderlichen nicht-funktionalen Eigenschaften (z.B. Qualität) und zum geforderten Zeitpunkt ausführen kann. Man kann sich auch vorstellen, nicht-funktionale Eigenschaften aus dem Aspekt „Business“, wie z.B. den Preis, einzubeziehen. Dies erfordert Interaktionsmuster, die zum Beispiel (hier nur eine Auswahl, die nicht umfassend ist) folgende Aufgaben erfüllen können:

- Feststellung der Identität und Vereinbarung der Security-Maßnahmen – vor Beginn der gegenseitigen Aktivitäten müssen die Sicherheitsaspekte geklärt sein
- Initiierung einer Aufgabe in einer Wertschöpfungskette – Bezug auf eine vorhandene Vereinbarung
- Anbahnung einer Aufgabe in einer Wertschöpfungskette – Anfrage für eine Zusammenarbeit
- Aushandlung einer Aufgabe in einer Wertschöpfungskette – Verhandlung der Details (funktionale und nicht-funktionale Eigenschaften) für eine Zusammenarbeit
- Beauftragung einer Aufgabe in einer Wertschöpfungskette – Freigabe einer Zusammenarbeit (im einfachsten Fall startet die Aufgabe sofort, die Aufgabe kann aber in einen Batchpuffer (Auftragsliste) eingeordnet werden)
- Durchführung einer Aufgabe – die Zusammenarbeit wird zwischen dem Auftraggeber und den entsprechenden Teilmodellen abgewickelt
- Beenden einer Aufgabe in einer Wertschöpfungskette – Beenden des Auftragsverhältnisses nach Erfüllung
- Melden von Störungen bei der Verhandlung und Auftragsabarbeitung – während der gesamten Anbahnung und Abwicklung einer Aufgabe können nicht erwünschte oder unvorhergesehene Ereignisse eintreten, die behandelt werden müssen

Jede I4.0-Komponente beherbergt einen bestimmten Satz an diesen Interaktionsmustern, die ihrem Zweck entsprechen, d.h. den funktionalen Inhalten und der Position in einer Wertschöpfungskette und der Lebenszyklusphase. Es ist davon auszugehen, dass alle I4.0-Komponenten Sicherheitsaspekte abprüfen bzw. einstellen, bevor mit der Zusammenarbeit begonnen werden kann. Einfache I4.0-Komponenten werden auf vorgefertigte Vereinbarungen zurückgreifen, die eindeutig identifizierbar und damit abprüfbar sein müssen und zeitlich nacheinander die angebotenen Teilmodelle aktivieren können. Über verschiedenste Kombinationen und Ausbaustufen kann man sich auch I4.0-Komponenten vorstellen (z.B. ein Bearbeitungszentrum in der Fertigungstechnik oder eine modulare Station in der Verfahrenstechnik), die den Inhalt und die Abwicklung eines Auftrages verhandeln. Diese I4.0-Komponenten könnten z.B. Batch-Funktionen, die heute typischerweise in MES-Systemen beherbergt sind, als Teilmodelle anbieten.

3. Interaktionsmodell für die Vereinbarungen zwischen I4.0-Komponenten

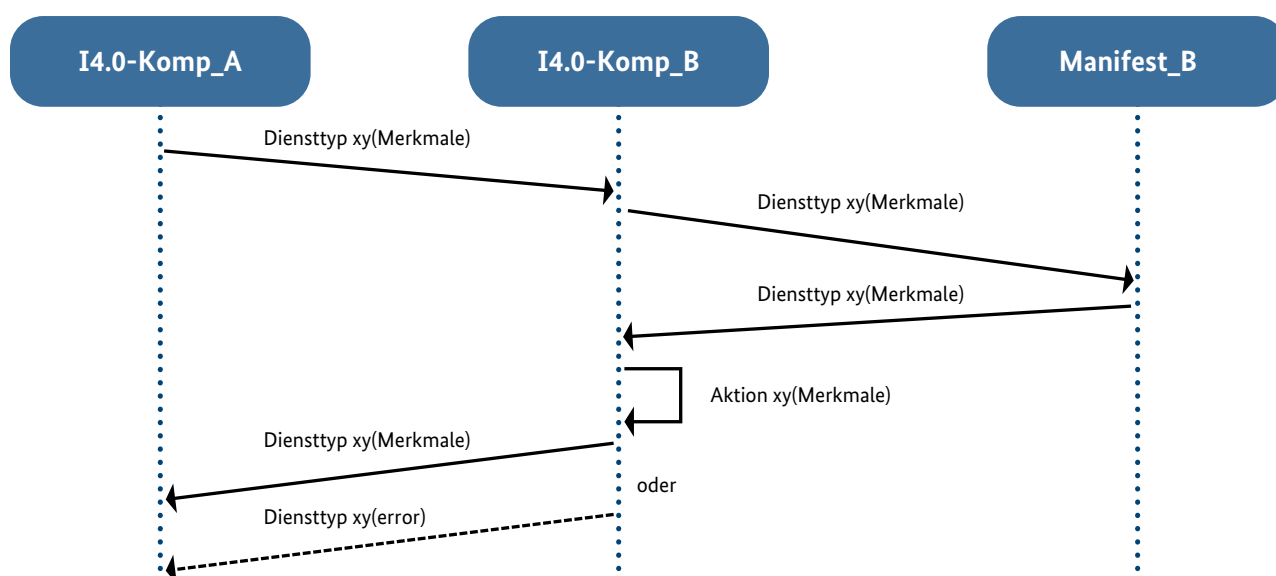
Mit einer Folge von Nachrichten, die zwischen den I4.0-Komponenten ausgetauscht werden, entsteht eine Interaktion zwischen diesen. Eine Interaktion hat den Zweck, dass die handelnden Akteure, d. h. die I4.0-Komponenten, aufeinander einwirken, um gemeinschaftlich eine Aufgabe zu erledigen. Die detaillierte Beschreibung der Nachrichten und der Akteure, die Abfolge der Nachrichten für die Erfüllung des Interaktionsmusters und die Aktivierung von Aktionen bzw. anderer verhaltensaktivierender Prozesse müssen dafür gegenseitig verabredet sein.

Ein Beispiel soll dies kurz verdeutlichen. Das Beispiel ist nur zum prinzipiellen Verständnis aufgeführt, die Festlegungen sind noch in der Diskussion. Für den Fall der Initiierung einer Aufgabe, die auf einer bereits vorhandenen Vereinbarung beruht, fragt eine I4.0-Komponente bei der gewünschten I4.0-Komponente an (Abbildung 3). Der entsprechende Interaktionsmanager der angefragten Komponente vergewissert sich in der Eintragung im Manifest, dass diese Vereinbarung existiert und aktiviert werden darf. Im Manifest sind die für dieses Muster relevanten Merkmale hinterlegt. Ist dies der Fall, so wird eine entsprechende positive Antwort gegeben, zusammen mit den für die Aufgabe benötigten Daten. Ist dies nicht der Fall, wird eine entsprechend negative Reaktion abgesetzt mit Angabe einer Fehlerkennzeichnung. Die UAG wird für alle Muster die entsprechenden Festlegungen detailliert treffen.

Die Merkmale in der Anfrage und die im Manifest hinterlegten Merkmale sind gleich. Sie sind durch eindeutige Identifier benannt. Die Werte der Merkmale in der Anfrage repräsentieren Anforderungen und die im Manifest hinterlegten Werte sind Zusicherungen. Merkmale mit demselben Identifier können also unterschiedliche Ausprägungsaussagen haben. Dies muss bei einer Überprüfung berücksichtigt werden, indem es Regeln gibt, die die Erfüllung der Anforderung durch die Zusicherung überprüfen. Im einfachsten Fall muss Gleichheit festgestellt werden. Es sind aber auch Fälle vorstellbar, bei denen Gültigkeitsbereiche abgeprüft werden oder sogar logische und mathematische Beziehungen zwischen verschiedenen Merkmalen auszuwerten sind. Die Ergebnisse der Regelabarbeitung steuern die konkrete Ausprägung der Interaktionsmuster.

Abstrahiert man die benannten Beispiele, so besteht das Modell aus der Definition von interagierenden Partnern (hier I4.0-Komponenten, Manifest, Teilmodell), den Nachrichteninhalten (z. B. IDs und Merkmale von Vereinbarungen, Aufträge), den Abläufen (hier repräsentiert durch ein Sequenzdiagramm) und zusätzlichen Regeln, z. B. zur Überprüfung von Anforderung und Zusicherung. Es entsteht eine Sprache, in der Nachrichteninhalte, deren Abfolgen (Interaktionsmuster) und Regeln zur Steuerung von Alternativen im Ablauf definiert sind. Dafür werden formale und semi-formale Modelle und Methoden verwendet, wie z. B. Klassendiagramme, Sequenzdiagramme, Zustandsmaschinen, Klassifikationen und Merkmalkataloge.

Abbildung 3: Beispielhafte Interaktionsmuster



4. Einordnung der Begriffe Sprache, Semantik, Ontologien und Grammatik in das Konzept

Diese Begriffe werden papageienhaft, d. h. so bunt und farbenfroh wie ein Papagei, verwendet. Sicherlich repräsentieren sie auch unterschiedliche Aspekte, je nachdem, ob man sie als Sprachwissenschaftler, Philosoph, Informatiker oder Ingenieur verwendet. I4.0-Systeme sind technische Systeme und deshalb soll die Sicht der Informatiker und Ingenieure verwendet werden.

Sprache im weiteren Sinne ist die Menge an Dingen/Entitäten und Regeln, die den Systemen der gegenseitigen Verständigung dient. Dies umfasst Alphabete, Regeln über den Aufbau von Termen, Vokabelmengen, Regeln über den Aufbau von Phrasen etc. Auch materielle Handlungen können dazu gehören. Von Sprache im engeren Sinne spricht man, wenn die ausgetauschten Zeichen eine Binnenstruktur im Sinne einer Grammatik aufweisen.

Die Festlegung einer Sprache legt nicht die Gesamtheit der Bedeutungen fest. Stattdessen ist die Bedeutung formaler Sprache in der Regel streng kompositional, d. h. die Bedeutung der zusammengesetzten Entitäten wie etwa in Sätzen ergibt sich vollständig aus der Bedeutung ihrer Teile in Verbindung mit den Regeln ihrer Zusammensetzung. Zur Bestimmung der Bedeutung der Entitäten natürlicher Sprachen ist in der Regel zusätzliches Wissen über den Verwendungskontext notwendig.

Grammatik ist die Menge aller Regeln, deren Anwendung die Menge aller validen Zeichenfolgen/Nachrichten erzeugt, die sich in der Sprache der Industrie 4.0 findet. Die Grammatik beschreibt die Gesetzmäßigkeit des Baus einer Sprache.

Interaktionssemantik: Die im Rahmen einer Interaktion ausgetauschten Daten erhalten ihre Bedeutung durch die von ihnen ausgelösten Aktionen/Transformationen der Empfänger, also durch das Verstehen bzw. Verarbeiten. Der Zustand des Empfängers kann dabei sogar eine Rolle spielen. Es muss also zwischen formaler (die Aktion am Empfänger ist formal definiert) und informaler Semantik unterschieden werden. Formalität kann erreicht werden, wenn auf der Empfängerseite die Bedeutungszuweisung an den Transitionen in Automaten vorgenommen wird.

Ontologien sind durch eine Sprache (s. o.) ausgedrückte formale Beschreibungen von Beziehungen zwischen Begriffen. Hier sei auf eine sehr gut geschriebene und informative Veröffentlichung verwiesen [1].

Was bedeutet dies nun für das Interaktionsmodell der I4.0-Komponenten? I4.0-Komponenten müssen für ihre kooperativen Aufgaben eine gemeinsame Sprache sprechen. Die Nachrichtentypen und die Inhalte müssen jeweils den Kooperationspartnern eindeutig bekannt sein. Dafür werden Merkmale verwendet, die im Manifest verankert sind. Merkmale sind Begriffe, d. h. sie haben einen unmissverständlichen Identifikator (ID) und weitere Eigenschaften, wie z. B. Benennung, Definition, Wertebereich, Maßeinheit, Referenzen zu einem Standard. Hierfür können die Definitionen basierend auf IEC 61360 verwendet werden. Für strukturelle Aspekte können Klassendiagramme verwendet werden. Mit den Sequenzdiagrammen und der angedeuteten Steuerung der kooperativen Interaktion werden die Regeln beschrieben. Sie sind Teil der Grammatik der Sprache. Definiert man bei den Interaktionspartnern Automaten (z. B. für das Verhalten der Interaktionsmanager), dann erhöht man den Formalitätsgrad und erhält eine eindeutigere Semantik. Existieren zwischen den Merkmalen Beziehungen und sollen diese maschinell ausgewertet werden, so können dafür Ontologien eingesetzt werden.

5. Aktuelle Arbeiten und Ausblick der UAG

Die UAG definiert streng genommen eine Sprache für I4.0-Komponenten mit dem besonderen Fokus auf den Abschluss von Vereinbarungen und das Freischalten der Interaktionen mit den Teilmodellen. Damit können die Inhalte der Aufgaben ausgehandelt und aktiviert werden. Negativfälle werden als Störung berücksichtigt.

Die UAG arbeitet an einem Beispiel, in dem alle benannten Aspekte behandelt werden, um diese Erfahrungen während der Spezifikationsphase berücksichtigen zu können. Dabei werden die benannten Modelle verwendet.

Referenzen

[1] J. Busse, B. Humm, Ch. Lübbert, F. Moelter, A. Reibold, M. Rewald, V. Schlüter, B. Seiler, E. Tegtmeier, Th. Zeh: *Was bedeutet eigentlich Ontologie? Informatik Spektrum* 37 4.2014.

AUTOREN DER UNTERARBEITSGRUPPE GRAMMATIK/ONTOLOGIE DER AG REFERENZARCHITEKTUREN, STANDARDS UND NORMUNG:

Dr. Jürgen Bock, KUKA Roboter GmbH | Prof. Dr. Christian Diedrich, ifak – Institut für Automation und Kommunikation e.V. Magdeburg | Dr. Andreas Gössling, Festo AG & Co. KG | Olaf Graeser, PHOENIX CONTACT GmbH & Co. KG | Rolf Hänisch, Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme (FOKUS) | Andreas Kraft, Deutsche Telekom AG (T-Labs) | Oliver Niggemann, Fraunhofer-Anwendungszentrum Industrial Automation (IOSB-INA) | Florian Pethig, Fraunhofer-Anwendungszentrum Industrial Automation (IOSB-INA) | Johannes Reich, SAP Deutschland SE & Co. KG | Friedrich Vollmar | Jörg Wende, IBM Deutschland GmbH

