



VDE

VDI/VDE-Gesellschaft
Mess- und Automatisierungstechnik

ZVEI
Die Elektroindustrie

Statusreport

Referenzarchitekturmodell
Industrie 4.0 (RAMI4.0)

April 2015



Vorwort

Der Einzug von Technologien aus der Welt des Internets in die Fertigungsautomation ist nicht mehr aufzuhalten. Vielfach mit dem Begriff „4. Industrielle Revolution“ oder „Industrie 4.0“ bezeichnet, hat sich in den Medien ein regelrechter Hype um das Thema ergeben. Aufgabe der Plattform Industrie 4.0, in der sich Vertreter von Automatisierungsindustrie, Maschinenbau und der ITK-Branche zusammengetan haben, wird seit einigen Monaten intensiv an der Konkretisierung der Ideen gearbeitet. Ein wesentliches Element war dabei die Entwicklung einer Referenzarchitektur durch die Arbeitsgruppe 2 (AG2) der

Plattform Industrie 4.0. Um eine möglichst breite Basis für diese Überlegungen zu legen, haben die AG2, der Fachausschuss 7.21 „Industrie 4.0“ der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) und die Arbeitsgruppe SG2 des ZVEI eng zusammengearbeitet und ein gemeinsames Papier erstellt, das hier in Auszügen veröffentlicht wird. Die dargestellten Ergebnisse basieren auf einem breiten Konsens in den diversen Industriebranchen, aber auch in der Wissenschaft. Insofern darf davon ausgegangen werden, dass darauf für die nächsten Schritte aufgebaut werden kann.

Düsseldorf, im April 2015



Dr.-Ing. Peter Adolphs

Sprecher der AG2 in der Plattform Industrie 4.0
Mitglied des Vorstands der VDI/VDE-Gesellschaft
Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)
Mitglied der SG2 im ZVEI



Prof. Dr. Ulrich Epple

Leiter des Fachausschusses 7.21 „Industrie 4.0“ der
VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)
Vorsitzender des Steuerkreises Industrie 4.0 der DKE
Mitglied der SG2 im ZVEI

Inhalt

Vorwort	1
1 Zusammenfassung	4
2 Referenzarchitektur	5
2.1 Konsens der Verbände	5
2.2 Einleitung	5
2.3 Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)	6
2.4 Referenzmodell für die I4.0-Komponente	11
2.5 Glossar Industrie 4.0	25
Autoren	26
Schrifttum	26

1 Zusammenfassung

Physische und virtuelle Welt wachsen zunehmend zusammen. Immer mehr physische Objekte verfügen über intelligente Sensor- und Aktortechnologie und werden durch die evolutionäre Entwicklung des Internets der Dinge vernetzt. Die Verfügbarkeit aller relevanten Informationen in Echtzeit mittels Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligten Instanzen sowie die Fähigkeit, aus den Daten den zu jedem Zeitpunkt optimalen Wertschöpfungsfluss abzuleiten, löst eine neue weitere industrielle Revolution (als Industrie 4.0 bezeichnet) in den Geschäftsprozessen aus und ermöglicht neue Geschäftsmodelle. Dabei steht die Optimierung der folgenden industriellen Kernprozesse im Fokus: Forschung & Entwicklung, Produktion, Logistik und Service.

Um die Zukunftsfähigkeit des Standorts Deutschland und seiner Industrie abzusichern, wurden durch die Plattform Industrie 4.0 in Zusammenarbeit der Verbände BITKOM, VDMA, ZVEI und den Unternehmen der Deutschen Industrie die Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 erarbeitet. Das Kapitel 6 der Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 wurde von vornherein so konzipiert, dass es extrahiert und als GMA-Statusreport veröffentlicht werden kann. Das Ergebnis liegt Ihnen hier vor.

In diesem VDI-Statusreport wird ein Referenzarchitekturmodell für semantische Technologien und deren Nutzen für die Automatisierung und ihr zugeordneten relevanten Technologien vorgestellt (RAMI4.0). Darin werden auch der Aufbau und die Arbeitsweise von sogenannten Industrie-4.0-Komponenten (im Folgenden I4.0-Komponenten genannt) beschrieben. Wo es sinnvoll ist, setzen Teile des Referenzarchitekturmodells und der I4.0-Komponenten auf bestehende und relevante Normen auf, um schneller handlungsfähig zu sein. Wo notwendig, wurden in der Umsetzungsstrategie zusätzliche identifizierte Standardisierungsbedarfe identifiziert und beschrieben.

Aufgrund der zunehmenden Vernetzung und Steuerbarkeit von physischen Objekten und der gleichzeitig steigenden Bedrohungslage durch Hacker, Geheimdienste, Spionage usw. sind besondere Sicherheitsanforderungen erforderlich. Diese werden im Kapitel 7 der Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 umrissen.

Der Statusreport wendet sich an Leser aus der Deutschen Industrie, den relevanten technologieorientierten Branchen, der Forschung und der Politik. Im Besonderen sind Führungskräfte, Fachkräfte und Berater angesprochen sowie alle Personen, die an einem dem Zukunftsbild der Industrie 4.0 in Deutschland interessiert sind oder dieses mitgestalten wollen.

2 Referenzarchitektur

2.1 Konsens der Verbände

Die hier beschriebene Referenzarchitektur für Industrie 4.0 ist das Ergebnis der Kooperation mehrerer Institutionen. Insbesondere haben Experten der Fachausschüsse 7.21 „Industrie 4.0“ und 7.20 „Cyber-Physical Systems“ der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) zu den Ergebnissen beigetragen. Vorarbeiten sind die bislang veröffentlichten fünf Statusreports, die ebenso wie dieser und der neue Report zu „IT-Security auf dem Weg zur Industrie 4.0“ unter www.vdi.de/industrie40 kostenfrei zum Download zur Verfügung stehen. Der vorliegende Statusreport ist in Kooperation mit dem Spiegelgremium SG2 des ZVEI entstanden, das inhaltlich das hier beschriebene Modell vorangebracht hat. Auch die DKE (Deutsche Kommission Elektrotechnik) wurde in alle Arbeiten einbezogen.

Damit fiel der AG2 der Plattform Industrie 4.0 primär die Rolle der Koordination der Aktivitäten in den zahlreichen Untergremien und die Sicherstellung einer konsistenten Linie zu. So hat die Plattform ihrer zugeordneten Aufgabe, ein konzertiertes Vorgehen unterschiedlichster Organisationen und Verbände sicherzustellen, entsprochen. Die nachfolgend vorgestellten, breit getragenen Ergebnisse sind damit ein wichtiger Schritt zur Wahrung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie.

2.2 Einleitung

Einer der grundlegenden Gedanken zur Referenzarchitektur von Industrie 4.0 ist das Zusammenführen unterschiedlichster Aspekte in einem gemeinsamen Modell. Die vertikale Integration innerhalb der Fabrik beschreibt die Vernetzung von Produktionsmitteln z. B. von Automatisierungsgeräten oder Diensten untereinander. Als neuer Aspekt kommt bei Industrie 4.0 die Einbeziehung des Produkts bzw. Werkstücks hinzu. Das zugehörige Modell muss dies reflektieren. Doch Industrie 4.0 geht noch deutlich weiter. Mit durchgängigem Engineering über die ganze Wertschöpfungskette ist gemeint, dass technische, administrative und kommerzielle Daten, die rund um ein Produktionsmittel oder auch das Werkstück entstehen, über die komplette Wertschöpfungskette konsistent gehalten werden und jederzeit über das Netzwerk zugreifbar sind. Ein dritter Aspekt bei Industrie 4.0 ist die horizontale Integration über Wertschöpfungsnetzwerke, die über den einzelnen Fabrikstandort hinausgeht und die dynamische Bildung von Wertschöpfungsnetzwerken ermöglicht.

Die Aufgabe, diese Aspekte in einem Modell darzustellen, war zu lösen. Schließlich sollen Regelkreise mit Abtastungen im Millisekundentakt die dynamische Kooperation mehrerer Fabriken untereinander innerhalb eines gemeinsamen Wertschöpfungsnetzwerks mit zusätzlichen kommerziellen Fragestellungen in einem Modell darstellbar sein. Hier galt es, die Sichtweisen aus den unterschiedlichen Anwendungsdomänen zu verstehen, das Wesentliche zu erfassen und in einem gemeinsamen Modell zu vereinen.

Bevor die eigentlichen Arbeiten zum Referenzarchitekturmodell RAMI4.0 begonnen werden konnten, war es daher notwendig, einen Überblick über vorhandene Ansätze und Methoden zu gewinnen. Schnell wurde klar, dass es bereits eine Reihe existierender und nutzbarer Ansätze gibt, die allerdings in der Regel nur Teilaspekte der oben beschriebenen ganzheitlichen Sicht auf Industrie 4.0 adressieren. Im Einzelnen wurden folgende Ansätze näher betrachtet:

- Ansatz für die Realisierung eines Communication Layers
 - OPC UA: Basis IEC 62541
- Ansatz für die Realisierung des Information Layers
 - IEC Common Data Dictionary (IEC 61360 Series/ISO13584-42)
 - Merkmale, Klassifikation und Werkzeuge nach eCI@ss
 - Electronic Device Description (EDD)
 - Field Device Tool (FDT)
- Ansatz für die Realisierung von Functional und Information Layer
 - Field Device Integration (FDI) als Integrationstechnologie
- Ansatz für das durchgängige Engineering
 - AutomationML
 - ProSTEP iViP
 - eCI@ss (Merkmale)

Im ersten Schritt ging es dabei um die grundsätzliche Prüfung, ob diese Ansätze zum im Kapitel 2.3 vorgestellten Referenzarchitekturmodell passen. Dies wird grundsätzlich bejaht, allerdings bedürfen die betrachteten Konzepte und Methoden noch detaillierteren Betrachtungen.

2.3 Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)

In der Diskussion über Industrie 4.0 kommen ganz unterschiedliche Interessen zusammen. Branchen von Prozess- bis Fabrikautomation mit unterschiedlichsten Standards, die Technologien der Informations- und Kommunikationstechnik und die Automatisierungstechnik, die Verbände Bitkom, VDMA, ZVEI und VDI sowie die Normungsorganisationen IEC und ISO mit ihren nationalen Spiegelgremien DKE und DIN.

Zum Zweck eines gemeinsamen Verständnisses, welche Standards, Use Cases, Normen, usw. für Industrie 4.0 notwendig sind, entstand die Notwendigkeit, ein einheitliches Architekturmodell als Referenz zu entwickeln, anhand dessen Zusammenhänge und Details diskutiert werden können.

Das Ergebnis ist das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0), siehe Bild 1.

Es beinhaltet die wesentlichen Aspekte aus Industrie 4.0. Es ergänzt die Hierarchiestufen aus IEC 62264 am unteren Ende um die Stufe des Produkts bzw. Werkstücks („Product“) und am oberen Ende über die einzelne Fabrik hinaus um die „Connected World“. Die waagrechte Achse dient der Darstellung des Lebenszyklus von Anlagen bzw. Produkten, wobei auch der Aspekt der Unterscheidung zwischen Typ und Instanz abgebildet wird. Über die sechs Layer wird schlussendlich die IT-Repräsentanz einer I4.0-Komponente strukturiert beschrieben.

Somit sind die besonderen Charakteristika des Referenzarchitekturmodells die Kombination von Lebenszyklus und Wertschöpfungskette mit einem hierarchisch strukturierten Ansatz für die Definition von I4.0-Komponenten. Damit ist ein Höchstmaß an Flexibilität zur Beschreibung einer I4.0-Umgebung gegeben. Der Ansatz erlaubt auch die sinnvolle Kapselung von Funktionalitäten.

Somit sind die Voraussetzungen geschaffen mittels des Referenzarchitekturmodells hoch flexible Konzepte zu beschreiben und zu realisieren. Dabei erlaubt das Modell die schrittweise Migration aus der heutigen in die I4.0-Welt und die Definition von Anwendungsdomänen mit speziellen Vorgaben und Anforderungen.

Das Referenzarchitekturmodell RAMI4.0 wird als DIN SPEC 91345 der Standardisierung zugeführt.

2.3.1 Anforderungen und Ziele

Ziele

Industrie 4.0 ist eine Spezialisierung des „Internet of Things and Services“. Es sind ca. 15 Branchen in die Überlegungen einzubeziehen. Mit dem Referenzarchitekturmodell können Aufgaben und Abläufe in überschaubare Teile zerlegt werden. Es soll einen Sachverhalt so anschaulich machen, dass eine zielgerichtete Diskussion z. B. bezüglich Standardisierung und Normung möglich wird. Es sollen also auch die infrage kommenden vorhandenen Standards und Normen verortet werden können, damit sichtbar wird, wo eventuell noch Erweiterungs-/Modifizierungsbedarf besteht bzw. Normen und Standards fehlen. Überschneidungen werden dabei ebenfalls sichtbar und können diskutiert werden. Existieren für denselben oder ähnlichen Sachverhalt aus der Modellbetrachtung heraus mehrere Standards, kann ein Vorzugsstandard im Referenzarchitekturmodell diskutiert werden.

Ziel ist, mit möglichst wenigen Standards auszukommen.

Erfüllung von Standards

Die ausgewählten Normen und Standards werden daraufhin geprüft, inwieweit deren beschriebene Konzepte und Methoden für die Anwendungen im Umfeld von Industrie 4.0 geeignet sind. Für eine erste I4.0-Anwendung kann die Umsetzung einer Teilmenge einer Norm/eines Standards genügen. Dies würde die Umsetzung und Einführung von herstellerübergreifenden Lösungen, wie sie für Industrie 4.0 unerlässlich sind, beschleunigen und auch kleineren Unternehmen die Chance eröffnen, die Umsetzung und Anpassung an Industrie 4.0 schneller zu bewältigen.

Use Cases

Das Referenzarchitekturmodell bietet auch die Möglichkeit, I4.0-Use-Cases zu verorten, um z. B. die für den jeweiligen Use Case notwendigen Normen und Standards zu identifizieren.

Verortung von Beziehungen

Verschiedene Themen können als Unterräume des Referenzarchitekturmodells dargestellt werden. Industrie 4.0 lebt wesentlich davon, dass Beziehungen z. B. zwischen diesen Unterräumen elektronisch erfasst und bearbeitet werden können.

Definition übergeordneter Regeln

Das Referenzarchitekturmodell erlaubt die Ableitung von Regeln für die Umsetzung von I4.0-Implementierungen auf einer übergeordneten Ebene.

Die Ziele im Überblick

- anschauliches und einfaches Architekturmodell als die Referenz
- Verortung von vorhandenen Normen und Standards
- Identifikation und Schließen von Lücken in Normen und Standards
- Identifikation von Überschneidungen und Festlegung von Vorzugslösungen
- Minimierung der Zahl der eingesetzten Normen und Standards
- Identifikation von Untermengen einer Norm bzw. eines Standards zur schnellen Umsetzung von Teilinhalten für Industrie 4.0 („I4.0-ready“)
- Verortung von Use-Case-Inhalten
- Verortung von Beziehungen
- Definition übergeordneter Regeln

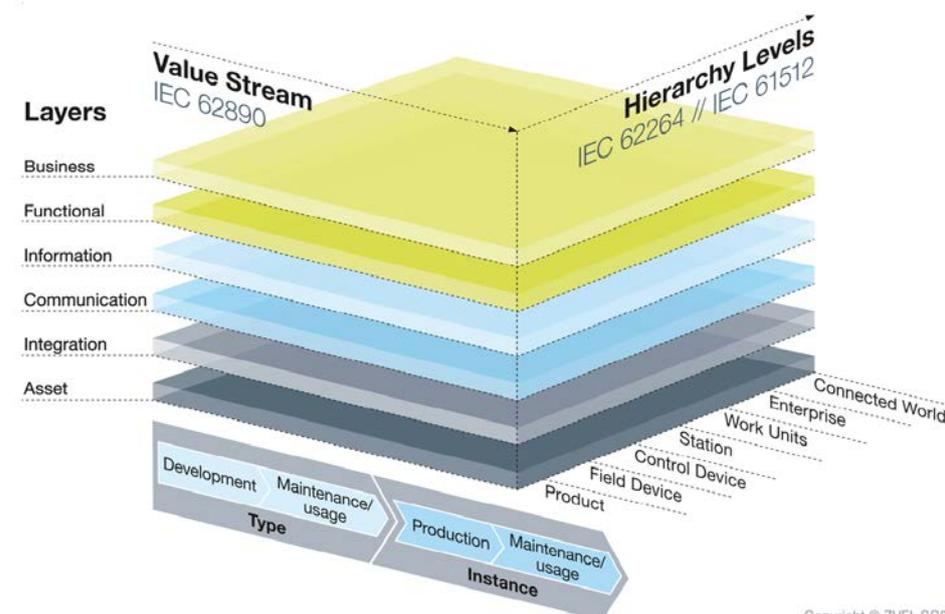
2.3.2 Kurzbeschreibung des Referenzarchitekturmodells

Ein dreidimensionales Modell kann den I4.0-Raum am besten darstellen. Dabei orientiert sich das Modell in seinen Grundzügen am Smart Grid Architecture Model (SGAM – Anmerkung: CEN/CENELEC/ ETSI SG-CG, Overview of SG-CG Methodologies, Version 3.0, Annex SGAM User Manual, 2014), das von der europäischen Smart Grid Coordination Group (SG-CG) definiert wurde und weltweit akzeptiert ist. Es wurde anhand der I4.0-Erfordernisse angepasst und erweitert.

In der senkrechten Achse werden Layer/Schichten für die Darstellung der unterschiedlichen Sichtweisen, wie Datenabbild, funktionale Beschreibung, Kommunikationsverhalten, Hardware/Assets oder auch Geschäftsprozesse, verwendet. Dies entspricht der Denkweise der IT bei der Clustering komplexer Projekte in überschaubare Teileinheiten.

Ein weiteres wichtiges Kriterium ist der Produktlebenszyklus mit seinen darin enthaltenen Wertschöpfungsketten. Dieser Sachverhalt wird auf der waagrecht Achse dargestellt (Bild 1). Damit können in dem Referenzarchitekturmodell auch Abhängigkeiten gut dargestellt werden, z. B. die durchgängige Datenerfassung über den gesamten Lebenszyklus.

Das dritte wichtige Kriterium, in der dritten Achse dargestellt, ist die Verortung von Funktionalitäten und Verantwortlichkeiten innerhalb der Fabriken/Anlagen. Es geht um eine funktionale Hierarchie und nicht um Geräteklassen oder Hierarchieebenen der klassischen Automatisierungspyramide.



Copyright © ZVEI, SG2

Bild 1. Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)

2.3.3 Schichten des Referenzarchitekturmodells (Layers)

Das Smart Grid Modell (SGAM) stellt einen guten ersten Ansatz zur Darstellung der zu beschreibenden Sachlage dar. Es behandelt das Stromnetz von der Erzeugung über die Übertragung und Verteilung bis zum Verbraucher. Bei Industrie 4.0 stehen Produktentwicklungs- und Produktionsszenarien im Mittelpunkt. Das heißt, es muss beschrieben werden, wie Entwicklungsprozesse, Produktionslinien, Fertigungsmaschinen, Feldgeräte und die Produkte selbst beschaffen sind bzw. funktionieren.

Für alle Komponenten, ob Maschine oder Produkt, ist nicht nur die informations- und kommunikationstechnische Funktionalität von Interesse. Für die Simulation eines Systems z. B. einer kompletten Maschine werden auch deren Kabel, der Linearantrieb oder auch die mechanische Konstruktion mitbetrachtet. Sie sind Teil der Realität ohne aktiv kommunizieren zu können. Ihre Informationen müssen als „Virtuelle Repräsentation“ vorhanden sein. Dafür werden sie z. B. passiv über einen 2D-Code mit einem Datenbankeintrag verbunden.

Um sowohl Maschinen, Komponenten und Fabriken besser beschreiben zu können, wurde gegenüber SGAM dessen Component Layer durch einen Asset Layer ersetzt, als untere Schicht in das Modell eingefügt und darüber der Integration Layer neu hinzugefügt. Dieser ermöglicht die digitale Umsetzung der Assets für die Virtuelle Repräsentation. Der Communication Layer behandelt Protokolle und Übertragung von Daten und Dateien, der Information Layer beinhaltet die relevanten Daten, der Functional Layer alle notwendigen (formal beschriebenen) Funktionen und im Business Layer ist der relevante Geschäftsprozess abgebildet.

Hinweis: Innerhalb der Schichten soll eine hohe Kohäsion und zwischen den Schichten eine lose Kopplung herrschen. Der Ereignisaustausch darf nur zwischen zwei benachbarten Schichten und innerhalb einer Schicht erfolgen.

Mehrere Systeme werden zu größeren Gesamtsystemen zusammengefasst. Dabei müssen die Einzelsysteme und das Gesamtsystem dem Referenzarchitekturmodell folgen. Die Inhalte der Schichten müssen zueinander kompatibel sein.

Nachfolgend werden die einzelnen Schichten und ihre Beziehung untereinander beschrieben.

Geschäftssicht (Business Layer)

- Sicherstellung der Integrität der Funktionen in der Wertschöpfungskette
- Abbildung der Geschäftsmodelle und dem sich daraus ergebenden Gesamtprozess
- rechtliche und regulatorische Rahmenbedingungen
- Modellierung der Regeln, denen das System folgen muss
- Orchestrierung von Diensten des Functional Layers
- Verbindungselement zwischen verschiedenen Geschäftsprozessen
- Empfang von Ereignissen für die Weiterschaltung des Geschäftsprozesses

Der Business Layer bezieht sich nicht auf konkrete Systeme wie beispielsweise ein ERP. ERP-Funktionen, die im Prozesskontext arbeiten, finden sich typischerweise im Functional Layer wieder.

Funktionsschicht (Functional Layer)

- formale Beschreibung von Funktionen
- Plattform für die horizontale Integration der verschiedenen Funktionen
- Laufzeit- und Modellierungsumgebung für Dienste, die Geschäftsprozesse unterstützen
- Laufzeitumgebung für Anwendungen und fachliche Funktionalität

Innerhalb des Functional Layer werden Regeln/ Entscheidungslogiken erzeugt. Diese können auch abhängig vom Anwendungsfall in den unteren Schichten (Information Layer oder Integration Layer) ausgeführt werden.

Fernzugriffe und horizontale Integration finden nur innerhalb des Functional Layer statt. Damit werden die Integrität der Informationen und Zustände im Prozess und die Integration der technischen Ebene sichergestellt. Zu Wartungszwecken können auch temporäre Zugriffe auf Asset Layer und Integration Layer stattfinden.

Solche Zugriffe werden insbesondere verwendet, um auf Informationen und Prozesse, die nur für untergeordnete Schichten relevant sind, zuzugreifen. Beispiele hierfür sind das Flashen von Sensoren/Aktoren oder

das Auslesen von Diagnosedaten. Die wartungsbezogenen temporären Fernzugriffe sind für eine permanente funktionale oder horizontale Integration nicht relevant.

Informationsschicht (Information Layer)

- Laufzeitumgebung für die Ereignis(vor)-verarbeitung
- Ausführung von ereignisbezogenen Regeln
- formale Beschreibung von Regeln
- Kontext: Ereignisvorverarbeitung

Dabei werden aus einem oder mehreren Ereignissen über Regeln ein oder mehrere weitere Ereignisse erzeugt, die dann im Functional Layer die Verarbeitung anstoßen.

- Persistieren der Daten, die die Modelle repräsentieren
- Sicherstellung der Datenintegrität
- konsistente Integration verschiedener Daten
- Gewinnung von neuen, höherwertigen Daten (Daten, Informationen, Wissen)
- Bereitstellung strukturierter Daten über Dienst-schnittstellen
- Entgegennahme von Ereignissen und deren Transformation passend zu den Daten, die für den Functional Layer verfügbar sind

Kommunikationsschicht (Communication Layer)

- Vereinheitlichung der Kommunikation, unter Verwendung eines einheitlichen Datenformats, in Richtung des Information Layer
- Bereitstellung von Diensten zur Steuerung des Integration Layer

Integrationsschicht (Integration Layer)

- Bereitstellung der rechnerverarbeitbaren Informationen der Assets Physik/Hardware/Dokumente/Software usw.

- Rechnergestützte Steuerung des technischen Prozesses
- Generierung von Ereignissen aus den Assets
- enthält die mit der IT verbundenen Elemente, wie RFID Reader, Sensoren, HMI

Die Interaktion mit dem Menschen erfolgt ebenfalls in dieser Ebene, z. B. mittels der Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI).

Hinweis: Jedes wichtige Ereignis in der Realität weist auf ein Ereignis in der Virtualität, das heißt im Integration Layer. Ändert sich die Realität, wird das Ereignis mit geeigneten Mechanismen an den Integration Layer gemeldet. Relevante Ereignisse können Ereignisse über den Communication Layer an den Information Layer auslösen

Gegenstandsschicht (Asset Layer)

- repräsentiert die Realität, z. B. physikalische Elemente wie Linearachsen, Blechteile, Dokumente, Schaltpläne, Ideen, Archive
- Der Mensch ist ebenfalls Bestandteil des Asset Layers und ist über den Integration Layer an die virtuelle Welt angebunden.
- passive Verbindung der Assets mit der Integrationsschicht über z. B. QR-Codes

2.3.4 Lebenszyklus und Wertschöpfungskette (Life Cycle & Value Stream)

Lebenszyklus (Life Cycle)

Industrie 4.0 bietet über den gesamten Lebenszyklus von Produkten, Maschinen, Fabriken, usw. großes Verbesserungspotenzial. Um Zusammenhänge und Verknüpfungen zu visualisieren und zu standardisieren, repräsentiert die zweite Achse des Referenzarchitekturmodells den Lebenszyklus und die damit verbundenen Wertschöpfungsketten.

Für die Betrachtung des Lebenszyklus bietet der Entwurf zur IEC 62890 eine gute Orientierung. Dabei ist die grundsätzliche Unterscheidung von Typ und Instanz ein zentraler Teil für die Betrachtungen.

Typ (Type)

Ein Typ entsteht immer mit der ersten Idee, also der Entstehung des Produkts in der Phase „Development“. Damit sind die Beauftragung, die Entwicklung, die Tests bis hin zum ersten Muster und der Prototypenfertigung gemeint. In dieser Phase entsteht also der Typ des Produkts, der Maschine, usw. Nach Abschluss aller Tests und Validierung wird der Typ für die Serienproduktion frei gegeben.

Instanz (Instance)

Auf Basis des allgemeinen Typs werden in der Produktion Produkte hergestellt. Jedes gefertigte Produkt stellt dann eine Instanz dieses Typs dar und erhält z. B. eine eindeutige Seriennummer. Die Instanzen gelangen in den Verkauf und werden an Kunden ausgeliefert. Für den Kunden sind die Produkte zunächst wieder nur Typen. Zur Instanz werden sie, wenn sie in eine konkrete Anlage eingebaut werden. Der Wechsel vom Typ zur Instanz kann sich mehrmals wiederholen.

Aus der Verkaufsphase zurückgemeldete Verbesserungen können beim Hersteller eines Produkts zur Anpassung der Typunterlagen führen. Mit dem neu entstandenen Typ können wieder neue Instanzen hergestellt werden. Der Typ unterliegt damit einer Nutzung und Pflege genauso wie jede einzelne Instanz.

Beispiel

Die Entwicklung eines neuen Hydraulikventils stellt einen neuen Typ dar. Das Ventil wird entwickelt, erste Muster werden aufgebaut und getestet und zum Abschluss wird eine erste Prototypenserie in der Produktion aufgelegt und anschließend validiert. Nach erfolgreichem Abschluss der Validierung erfolgt die Freigabe dieses Hydraulikventiltyps für den Verkauf (Materialnummer und/oder Produktbezeichnung im Verkaufskatalog). Und damit startet auch die Serienproduktion. In der Serienproduktion erhält nun jedes hergestellte Hydraulikventil z. B. seine eineindeutige Kennzeichnung (Seriennummer) und ist eine Instanz zu dem einmal entwickelten Hydraulikventil.

Rückmeldungen zu den verkauften Hydraulikventilen (Instanzen) im Feld führen z. B. zu einer kleinen Anpassung der mechanischen Konstruktion und Zeichnungsunterlage sowie zu einer Softwarekorrektur in der Firmware des Ventils. Diese Anpassungen sind Anpassungen am Typ, das heißt, sie fließen in die Typunterlagen ein, werden wieder freigegeben und somit entstehen neue Instanzen des geänderten Typs in der Produktion.

Wertschöpfungsketten

Die Digitalisierung und Verknüpfung der Wertschöpfungsketten bietet ein hohes Verbesserungspotenzial durch Industrie 4.0. Dabei ist eine funktional übergreifende Verknüpfung von entscheidender Bedeutung.

Logistikdaten können in der Montage verwendet werden, die Intralogistik organisiert sich selbst anhand der Auftragsbestände. Der Einkauf sieht in Echtzeit Bestände und wo sich Zulieferteile zu einem bestimmten Zeitpunkt befinden. Der Kunde sieht den Fertigstellungsgrad seines bestellten Produkts in der Fertigung usw. Mit der Verknüpfung von Einkauf, Auftragsplanung, Montage, Logistik, Maintenance, Kunde, Zulieferer usw. bestehen große Verbesserungspotenziale. Daher muss der Lebenszyklus mit den enthaltenen Wertschöpfungsprozessen zusammen betrachtet werden; und dies nicht isoliert mit Blick auf eine Fabrik, sondern im Verbund aller Fabriken und allen Partnern vom Engineering über Zulieferer bis hin zum Kunden.

Zu den Wertschöpfungsketten sei auch auf die Veröffentlichung des GMA-Fachausschusses 7.21 zu „Wertschöpfungsketten“ [1] verwiesen.

2.3.5 Hierarchieebenen (Hierarchy Levels)

Die dritte Achse des Referenzarchitekturmodells beschreibt die funktionale Einordnung einer Sachlage innerhalb Industrie 4.0. Dabei geht es nicht um eine Implementierung, es geht allein um funktionale Zuordnungen.

Für die Einordnung innerhalb einer Fabrik orientiert sich das Referenzarchitekturmodell für diese Achse an den Normen IEC 62264 und IEC 61512 (siehe Bild 2). Für eine einheitliche Betrachtung über möglichst viele Branchen von Prozessindustrie bis Fabrikautomation wurden aus den dort aufgeführten Optionen die Begriffe „Enterprise“, „Work Unit“, „Station“ und „Control Device“ verwendet.

Für Industrie 4.0 ist neben dem Control Device (z. B. einer Kopfsteuerung) auch die Betrachtung innerhalb einer Maschine oder Anlage entscheidend. Daher wurde unterhalb des Control Device das „Field Device“ hinzugefügt. Dies stellt die funktionale Ebene eines intelligenten Feldgeräts z. B. eines intelligenten Sensors dar.

Außerdem ist neben der Anlage zur Herstellung von Produkten in Industrie 4.0 auch das herzustellende Produkt selbst für die Betrachtungen wichtig. Daher ist es als untere Ebene zusätzlich als „Product“ einge-

führt. Damit wird im Referenzarchitekturmodell eine homogene Betrachtung von herzustellendem Produkt und Produktionsanlage mit deren Abhängigkeiten untereinander möglich.

Am oberen Ende der Hierarchy Levels wurde ebenfalls eine Ergänzung vorgenommen. Die beiden erwähnten IEC-Normen stellen nämlich nur die Ebenen innerhalb einer Fabrik dar. Industrie 4.0 geht aber einen Schritt weiter und beschreibt auch den Fabrikverbund, die Zusammenarbeit mit externen Engineering-Büros, Zulieferern und Kunden usw. Daher wurde für die Betrachtungen über den Enterprise Level hinaus noch zusätzlich die Ebene „Connected World“ eingeführt.

2.4 Referenzmodell für die I4.0-Komponente

Die nachfolgend beschriebene Version 1.0 des „Referenzmodell I4.0-Komponente“ soll die erste von mehreren Verfeinerungen sein, die in unterjährigen Zeitabständen veröffentlicht werden sollen.

In einem weiteren Schritt sollen daher Kapitel mit genaueren Definitionen folgen, eine Formalisierung mit UML ist vorgesehen.

Der Text bemüht sich, genau auszuweisen, wenn Texte/Zitate aus anderen Quellen im I4.0-Umfeld übernommen werden. Im Endstand sollen die Begriffsverwendungen identisch mit dem abgestimmten und vom GMA-Fachausschuss 7.21 veröffentlichten Glossar (siehe Kapitel 2.5) sein. Beispiele werden ebenfalls explizit gekennzeichnet, um Ausschlüsse, die im Beispiel nicht explizit genannt werden, zu vermeiden.

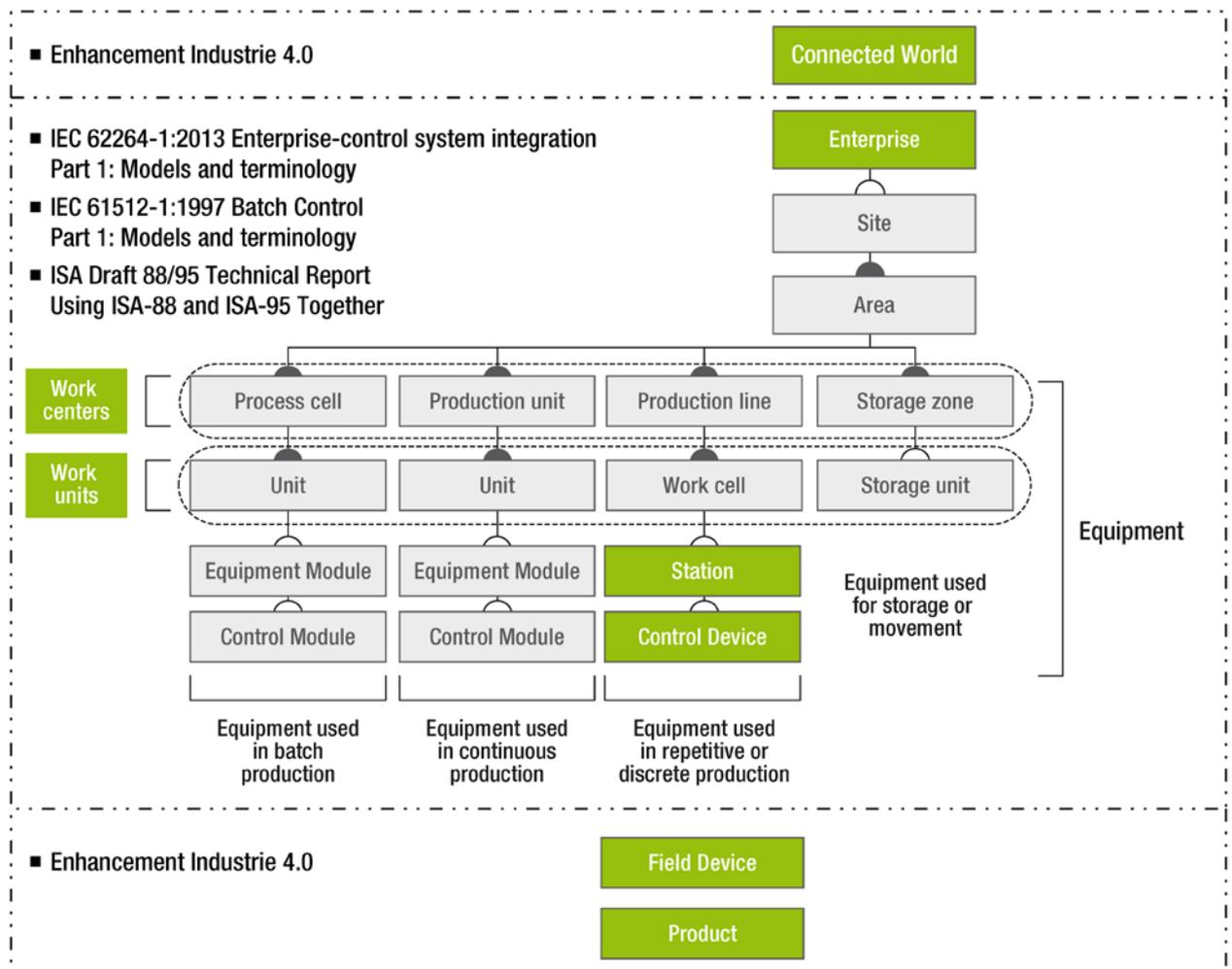


Bild 2. Ableitung der Hierarchieebenen des RAMI4.0

2.4.1 Einordnung in die Diskussion zu Industrie 4.0

Die Diskussion Industrie 4.0 lässt sich grob als Zusammenspiel von vier Aspekten auffassen, wie Bild 3 aus dem Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0 [4] illustriert:

Nach Bild 3 sind diese vier Aspekte:

- **I4.0-Aspekt (1)** Horizontale Integration über Wertschöpfungsnetzwerke
- **I4.0-Aspekt (2)** Vertikale Integration, z. B. innerhalb einer Fabrik/Fertigung
- **I4.0-Aspekt (3)** Lebenszyklus-Management, Durchgängigkeit des Engineering
- **I4.0-Aspekt (4)** Der Mensch als Dirigent im Wertschöpfungsnetzwerk

Die in diesem Text beschriebene I4.0-Komponente gibt einen flexiblen Rahmen vor, mit dem Daten und Funktionen beschrieben und bereitgestellt werden können, die die oben angeführten I4.0-Aspekte fördern und möglich machen. Die in diesem Text beschriebenen Konzepte bedienen zum jetzigen Zeitpunkt vor allem Aspekt (2) und berücksichtigen Anforderungen aus Aspekt (3).

2.4.2 Inhalte aus weiteren relevanten Publikationen

Gegenstände, Entitäten, Komponenten

Hierzu wird verwiesen auf den VDI-Statusreport „Industrie 4.0: Gegenstände, Entitäten, Komponenten“ des GMA-Fachausschusses 7.21 [3].

Definitionen hieraus finden sich in den vorausgegangenen Kapiteln des hier vorliegenden Statusreports.

Typen und Instanzen

Hierzu wird ebenfalls auf den VDI-Statusreport „Industrie 4.0: Gegenstände, Entitäten, Komponenten“ des GMA-Fachausschusses 7.21 [3] verwiesen. Es wird auf den Stand der Technik bezüglich der Unterscheidung von Typen und Instanzen in der Industrie 4.0. eingegangen.

Lebenszyklen

Nach Fraunhofer IPA, Dr. Carmen Constantinescu und Prof. Thomas Bauernhansl, sind für den Betrieb einer Fabrik Lebenszyklen mehrerer Dimensionen von Relevanz für Industrie 4.0.

- **Produkt:** Eine Fabrik produziert mehrere Produkte. Jedes Produkt hat einen eigenen Lebenszyklus.
- **Auftrag:** Jeder Auftrag, der gefertigt werden soll, durchläuft einen Lebenszyklus und muss seine Spezifitäten während der Auftragsausführung in den Produktionsbetrieb abprägen können.
- **Fabrik:** Auch eine Fabrik hat einen Lebenszyklus: Sie wird finanziert, geplant, aufgebaut und wiederverwertet. Eine Fabrik integriert Produktionssysteme und Maschinen verschiedener Hersteller.
- **Maschine:** Eine Maschine wird in Auftrag gegeben, konstruiert, in Betrieb genommen, betrieben, gewartet, umgebaut und verwertet.

Horizontale Integration



Durchgängiges Engineering



Vertikale Integration



Mensch als Dirigent der Wertschöpfung



Bild 3. Vier wichtige Aspekte von Industrie 4.0 (Quellen: Siemens, Festo)

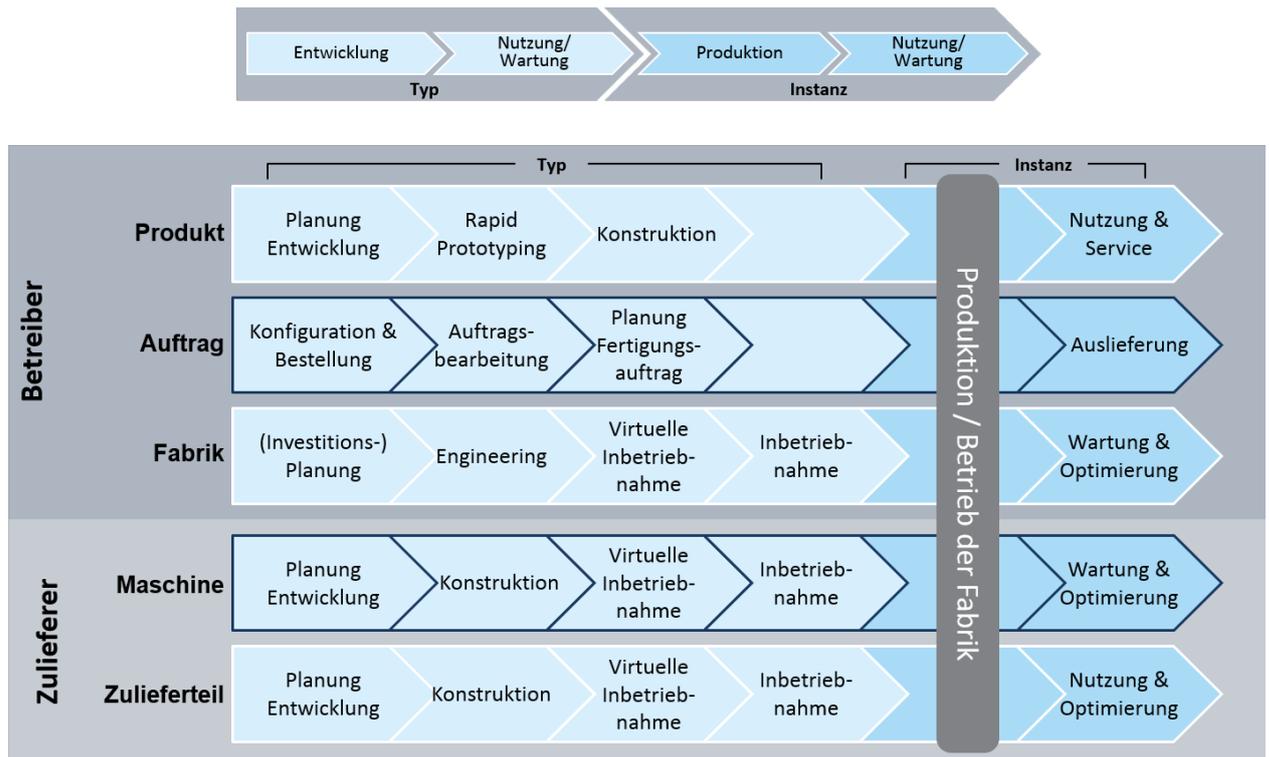


Bild 4. Relevante Lebenszyklen für I4.0-Komponenten; Quelle: M. Hankel, Bosch Rexroth. Basiert auf Plattform Industrie 4.0 AG3. Basiert auf Prof. Bauernhansl, Fraunhofer IPA

Der Maschinenhersteller bezieht dazu einzelne Zulieferteile, die in diesem Text als Gegenstände bezeichnet werden. Der Zulieferer (in der Regel ein Komponentenhersteller) realisiert einen Lebenszyklus auch für diese Zulieferteile:

- **Komponente:** Planung und Entwicklung, Rapid Prototyping, Konstruktion, Produktion, Nutzung bis hin zum Service

Bild 4 verdeutlicht die Zuordnung von Typen und Instanzen zum Lebenszyklus.

Verbindung von Lebenszyklen

Ursächlich für die notwendige Unterscheidung von Typen und Instanzen sind das Zusammenwirken verschiedener Geschäftspartner und deren jeweiliger Lebenszyklen mit den Planungsprozessen. Während einer Planung werden verschiedene Hypothesen und Alternativen erwogen. Die Planung geht von potenziellen Gegenständen aus und nennt diese „Typen“:

- **Der Zulieferer** nennt diese „Teiletypen“: Erst die Fertigung und die anschließende Auslieferung an den Kunden (Maschinenhersteller) „erschafft“ eine Instanz, die dieser als Zulieferteil weiterverwendet.

- **Der Maschinenhersteller** bespricht mit seinen Kunden und plant „Maschinentypen“: Die Konstruktion einer speziellen Maschine und deren Realisierung erschafft eine Instanz, die der Fabrikbetreiber weiterverwendet.

- **Der Fabrikbetreiber** entwickelt ein Produkt ebenfalls zunächst als Produkttyp. Erst der Auftrag stößt die Fertigung an und realisiert die Fertigung konkreter Produktinstanzen, die ausgeliefert werden.

Bemerkenswert ist nun, dass während der Konzeption und Planung eines jeweiligen Typs viele Informationen und Daten generiert werden, die bei der Verwendung der jeweiligen Instanz durch den nachfolgenden Geschäftspartner im Wertschöpfungsnetzwerk genutzt werden können. Weitere Informationen kommen während der Produktion einer bestimmten Instanz hinzu (z. B. Tracking-Daten und Qualitätsdaten). Das Referenzmodell für I4.0-Komponenten behandelt daher Typen und Instanzen gleichwertig und gleichartig.

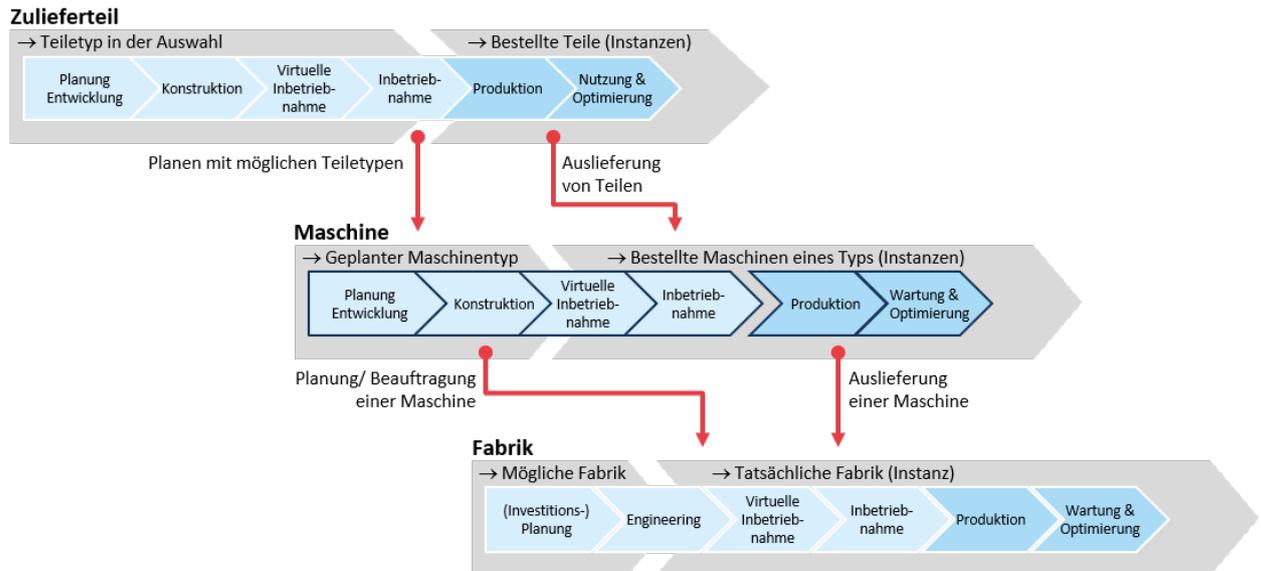


Bild 5. Typen und Instanzen im Lebenszyklus

Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)

Für die Definitionen des „Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)“ sei auf die vorausgegangenen Kapitel verwiesen. Die in Bild 5 vorgestellte I4.0-Komponente ordnet sich in die Schichten des RAMI4.0 ein. Sie kann verschiedene Positionen des

Life-Cycle und Value-Streams genauso wie verschiedene Hierarchieebenen abbilden; hier bedarf es der konkreten Instantiierung zur eindeutigen Festlegung

2.4.3 I4.0-Komponente

In diesem Kapitel wird eine erste allgemein anerkannte Definition einer I4.0-Komponente hergeleitet.

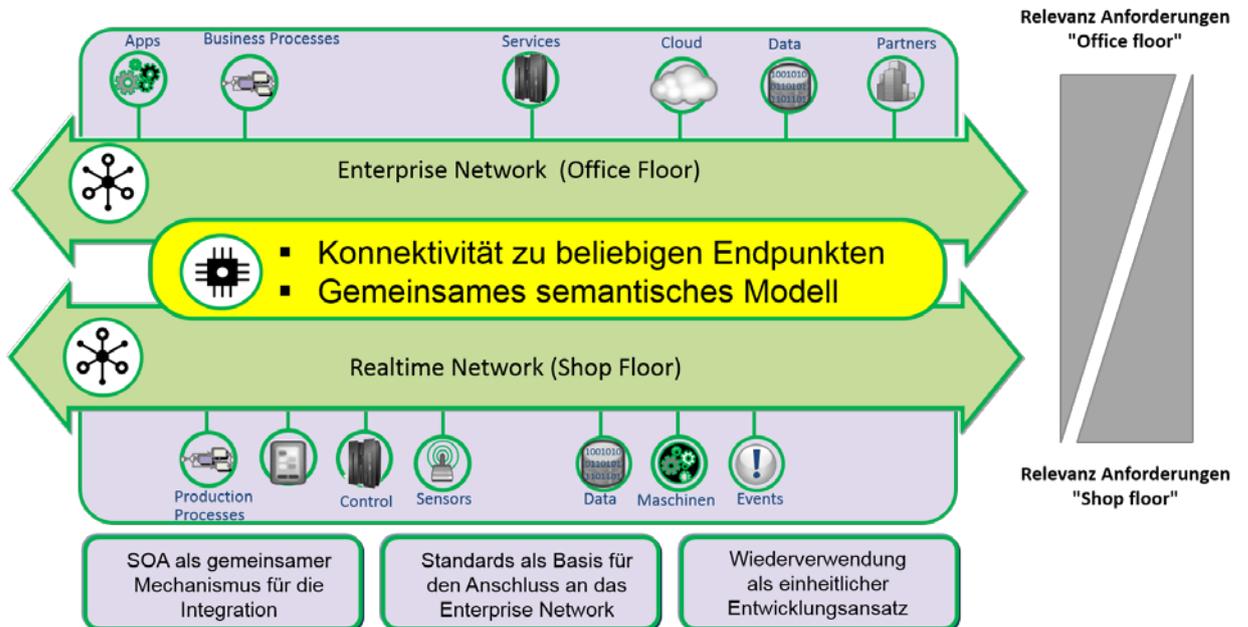


Bild 6. Abgrenzung „Office floor“ und „Shop floor“

Abgrenzung der I4.0-Komponente zwischen „Office floor“ und „Shop floor“

Um eine Abgrenzung der Verantwortlichkeiten vornehmen zu können, wird in Unternehmen gewöhnlich zwischen „Office floor“ und „Shop floor“ unterschieden. In modernen Unternehmen sind allerdings diese Bereiche zunehmend miteinander verzahnt. Wird ein Augenmerk auf die Automatisierungstechnik gelegt, so nimmt die Relevanz des „Office floor“ ab, während immer mehr Anforderungen des „Shop floor“ relevant werden. Gleiches gilt auch in anderer Richtung. Aufgrund der Forderung in Bild 6 nach Konnektivität zu beliebigen Endpunkten und einem gemeinsamen semantischen Modell müssen Komponenten bestimmte gemeinsame Eigenschaften unabhängig von den Ebenen aufweisen. Sie sind in Form der I4.0-Komponente spezifiziert.

Eine I4.0-Komponente kann ein Produktionssystem, eine einzelne Maschine oder Station oder auch eine Baugruppe innerhalb einer Maschine repräsentieren. Damit bewegt sich jede I4.0-Komponente, so verschieden sie sein mag, im Spannungsfeld der Relevanzen „Office floor“ und „Shop floor“, entlang des Lebenszyklus der Fabrik und in Kontakt mit so zentralen und signifikanten Fabrikssystemen wie dem PLM (Product Lifecycle Management), ERP (Enterprise Resource Planning), Industrial Control und Logistik-Systemen.

Anforderung: Ein Netzwerk von I4.0-Komponenten muss so aufgebaut sein, dass Verbindungen zwischen beliebigen Endpunkten (I4.0-Komponenten) möglich sind. Die I4.0-Komponenten und deren Inhalte sollen einem gemeinsamen semantischen Modell folgen.

Anforderung: Das Konzept einer I4.0-Komponente muss so ausdifferenziert werden können, dass es verschiedenen Anforderungsschwerpunkten, also „Office floor“ oder „Shop floor“, gerecht werden kann.

Vom Gegenstand zur I4.0-Komponente

Im folgenden Abschnitt sollen die einzelnen Festlegungen der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) miteinander in Bezug gesetzt werden, um zu einer Definition einer I4.0-Komponente zu gelangen:

Gegenstandsklassen

Die GMA benennt vier Gegenstandsklassen:

- nicht bekannt,
- anonym bekannt,
- individuell bekannt und
- Entitäten.

Um Daten und Funktionen an einen Gegenstand binden zu können, muss dieser als Entität vorliegen.

Software, die im herkömmlichen Sinne auch physisch oder nicht physisch ausgeliefert wird, ist ebenfalls ein Gegenstand. Auch Ideen, Archive und Konzepte sind Gegenstände in diesem Sinne.

Bemerkung 1: Da ein Ziel einer I4.0-Komponente ist, Daten und Funktionen in einem Informationssystem bereitzustellen, ergibt sich für individuell bekannte Gegenstände im Sinne der GMA per se ein Übergang zu einer Entität.

Bemerkung 2: Im Folgenden wird immer von Gegenstand gesprochen, wenn ein Gegenstand/Entität bezeichnet wird.

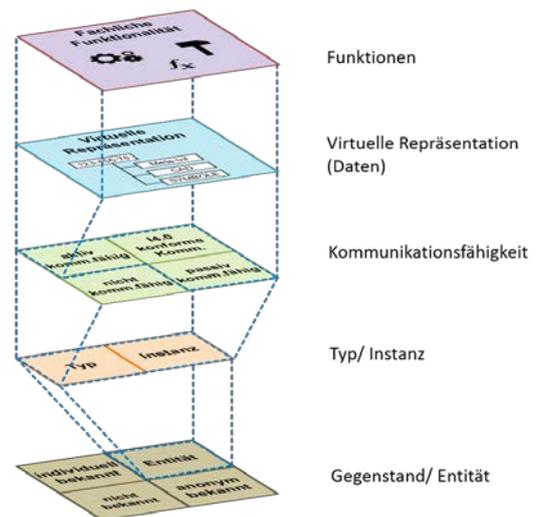


Bild 7. I4.0-Komponente

Typ/Instanz

Gegenstände können als Typ oder als Instanz bekannt sein. Als Typ ist ein Gegenstand z. B. in der Planungsphase bekannt; sind die Bestellinformationen eines geplanten Gegenstands bekannt, kann dieser als individuell bekannter Typ aufgefasst werden. Als Instanzen sind z. B. alle Gegenstände einer real existierenden Maschine aufzufassen. Scheinbare Instanzen, die durch mehrfache Instantiierung eines Typs im Sinne einer Abzählbarkeit entstehen (Chargen), sind

zurzeit nicht gesondert berücksichtigt. Hier sollte die Instanziierung konkret ausgeführt werden und ein Rückbezug auf den Typ vorgesehen werden.

Kommunikationsfähigkeit

Um Eigenschaften einer I4.0-Komponente bereitstellen zu können, muss mindestens ein Informationssystem eine Verbindung zum Gegenstand halten. Daher wird mindestens passive Kommunikationsfähigkeit für den Gegenstand vorausgesetzt, was bedeutet, dass ein Gegenstand nicht unbedingt die Fähigkeit einer I4.0-konformen Kommunikation entsprechend GMA-Fachausschuss 7.21 aufweisen muss. Damit können bereits bestehende Gegenstände zu I4.0-Komponenten „erweitert“ werden. In diesem Fall übernimmt ein übergeordnetes IT-System einen Teil der I4.0-konformen Kommunikation im Sinne einer SOA-Architektur und eines Stellvertreterprinzips.

Beispielsweise kann so eine identifizierbare Klemmleiste eine I4.0-Komponente werden oder ein Profi-Net-Gerät (identifizierbar über seine I&M-Daten).

Virtuelle Repräsentation

Die Virtuelle Repräsentation hält Daten zu dem Gegenstand. Diese Daten können entweder „auf/in“ der I4.0-Komponente selbst gehalten und durch eine I4.0-konforme Kommunikation der Außenwelt zur Verfügung gestellt werden. Oder sie werden auf einem (übergeordneten) IT-System gehalten, das sie durch I4.0-konforme Kommunikation der Außenwelt zur Verfügung stellt.

Im Referenzarchitekturmodell RAMI4.0 findet die Virtuelle Repräsentation auf der Informationsschicht statt. Damit kommt der I4.0-konformen Kommunikation eine hohe Bedeutung zu.

Anforderung: Die I4.0-konforme Kommunikation muss so ausgeführt sein, dass die Daten einer Virtuellen Repräsentation einer I4.0-Komponente entweder im Gegenstand selbst oder aber in einem (übergeordneten) IT-System gehalten werden können

Ein wichtiger Teil der Virtuellen Repräsentation ist das „Manifest“ [Gewählt wegen .JAR-Datei, s. Manifest bei: http://docs.oracle.com/javase/7/docs/technotes/guides/jar/jar.html#JAR_Manifest], das als Verzeichnis der einzelnen Dateninhalte der Virtuellen Repräsentation angesehen werden kann. Damit enthält es sogenannte Meta-Informationen. Es enthält außerdem verpflichtende Angaben zu der I4.0-Komponente, unter anderem zur Verbindung mit dem Gegenstand durch die entsprechende Identifikationsmöglichkeit.

Mögliche weitere Daten in der Virtuellen Repräsentation sind Daten, die einzelne Lebenszyklusphasen umfassen, wie CAD-Daten, Anschlussbilder oder Handbücher.

Fachliche Funktionalität

Neben Daten kann eine I4.0-Komponente auch eine fachliche Funktionalität besitzen. Diese Funktionalität kann beispielsweise umfassen:

- Software zur „lokalen Planung“ in Verbindung mit dem Gegenstand. Beispiele: Schweißplanung, Software zum Beschriften der Klemmleisten usw.
- Software zur Projektierung, Konfiguration, Bedienung, Wartung
- Mehrwerte zum Gegenstand
- weitere fachliche Funktionalitäten, die für die Ausführung der Geschäftslogik relevant sind

Im Referenzarchitekturmodell RAMI4.0 findet die fachliche Funktionalität auf der Funktionsschicht statt.

Eine „Verwaltungs-Schale“ macht einen Gegenstand zu einer I4.0-Komponente

Wie der obige Abschnitt beschreibt, können verschiedenartige Gegenstände mit verschiedenartigen Kommunikationsfähigkeiten zu einer I4.0-Komponente ausgeführt werden. Dieser Abschnitt soll diese verschiedenen Ausführungsformen anhand von Beispielen näher beleuchten. Im Sinne des Konzepts „I4.0-Komponente“ sind diese Ausführungsformen gleichwertig.

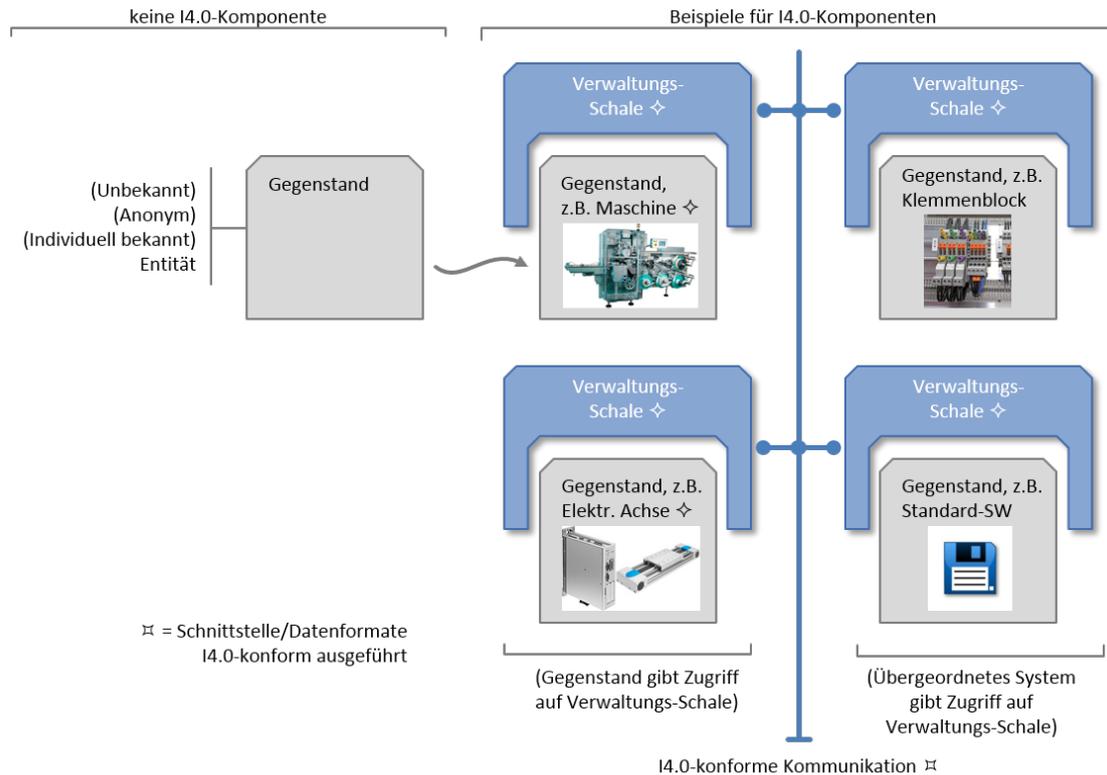


Bild 8. Ein Gegenstand wird zur I4.0-Komponente

Bild 8 zeigt, dass ein Gegenstand, gleich welcher Art, zunächst keine I4.0-Komponente ist. Erst wenn dieser Gegenstand, der eine Entität und mindestens passiv kommunikationsfähig sein muss, mit einer „Verwaltungs-Schale“ umgeben wird, kann er als I4.0-Komponente bezeichnet werden.

Im Sinne des obigen Abschnitts umfasst dabei die Verwaltungs-Schale die Virtuelle Repräsentation und die fachliche Funktionalität des Gegenstands.

Für einen möglichen Gegenstand gibt Bild 8 vier Beispiele:

- 1 Eine ganze Maschine kann vor allem aufgrund ihrer Steuerung als I4.0-Komponente ausgeführt werden. Diese Ausführung der I4.0-Komponente übernimmt dann beispielsweise der Maschinenhersteller.

Auch eine strategisch wichtige Baugruppe von einem Zulieferer kann als eigenständige I4.0-Komponente aufgefasst werden, um sie beispielsweise von Asset-Management- und Wartungssystemen eigenständig zu erfassen. Die Ausführung der I4.0-Komponente übernimmt dann beispielsweise der Komponentenhersteller.

- 2 Ebenso ist es möglich, einzelne konstruierte Baugruppen (um den Begriff Komponente zu vermeiden) der Maschinen als I4.0-Komponente aufzu-

fassen. Beispielsweise ist es für einen Klemmenblock wichtig, die Beschaltung mit einzelnen Signalen festzuhalten und über den Lebenszyklus der Maschine aktuell zu halten. Diese Ausführung der I4.0-Komponente übernimmt dann beispielsweise der Elektro-Planer und Elektriker.

- 3 Letztlich kann eine bereitgestellte Software ein wichtiges Asset eines Produktionssystems und somit eine I4.0-Komponente darstellen. Eine solche Standardsoftware könnte z. B. ein eigenständiges Planungs- oder Engineering-Werkzeug sein, das heute oder in Zukunft für den Betrieb der Fertigung wichtig ist. Auch ist es denkbar, dass ein Zulieferer eine Bibliothek, die erweiterte Funktionen zu seinen Produkten bereitstellt, als reine Software verkaufen möchte. Diese Ausführung der I4.0-Komponente übernehme dann beispielsweise der Bereitsteller der Software; eine Verteilung auf einzelne IEC-61131-Steuerungen würde dann von den verschiedenen I4.0-Systemen geleistet.

Bild 8 stellt in einer **logischen Sicht** dar, dass zu einem Gegenstand eine „Verwaltungs-Schale“ gehört. Im Hinblick auf eine **Verteilungssicht** können Gegenstand und Verwaltungs-Schale durchaus **entkoppelt** existieren. So kann bei passiv kommunikationsfähigen Gegenständen die Verwaltungs-Schale in einem übergeordneten IT-System abgebildet („gehostet“) werden. Mithilfe der passiven Kommunikations-

fähigkeit des Gegenstands und einer I4.0-konformen Kommunikation des übergeordneten IT-Systems wird die Verbindung zwischen Gegenstand und Verwaltungsschale gewahrt. Gleiches gilt, wenn der Gegenstand aktiv, aber nicht I4.0-konform kommunikationsfähig ist. Erst bei einer I4.0-konformen Kommunikationsfähigkeit kann die Verwaltungsschale „im“ Gegenstand abgebildet werden (sie wird beispielsweise in der Steuerung einer Maschine gespeichert und durch die Netzwerkschnittstelle ausgeliefert). Im Sinne des Konzepts „I4.0-Komponente“ sind alle Alternativen als gleichwertig anzusehen.

Ein Gegenstand kann mehrere Verwaltungsschalen für unterschiedliche Zwecke besitzen.

Anforderung: Durch ein geeignetes Referenzmodell muss beschrieben werden, wie ein übergeordnetes IT-System die Verwaltungsschale I4.0-konform zur Verfügung stellen kann (SOA-Ansatz, Stellvertreterprinzip).

Anforderung: Es muss beschrieben werden, wie die Verwaltungsschale vom Erzeuger (z. B. KomponentenhHersteller, Elektro-Planer) zum übergeordneten IT-System „transportiert“ werden kann (z. B. als Attachment zu einer E-Mail).

Weitere Begriffsabgrenzung

Bild 9 grenzt die Begriffe nochmals voneinander ab:

Eine I4.0-Komponente umfasst aus logischer Sicht ein oder mehrere Gegenstände und eine Verwaltungsschale, die Daten der Virtuellen Repräsentation und Funktionen der fachlichen Funktionalität enthält. Das Manifest als Teil der Virtuellen Repräsentation detailliert die notwendigen verwaltungstechnischen Angaben zu der I4.0-Komponente. Der „Resource-Manager“, wie vom GMA-Fachausschuss 7.21 definiert, ist ebenfalls Teil der Verwaltungsschale. Damit haben die IT-technischen Dienste Zugriff auf die Daten und Funktionen der Verwaltungsschale und machen sie nach außen verfügbar.

Die Verwaltungsschale und ihre Objekte können innerhalb eines „embedded systems“ eines der Gegenstände „gehostet“ sein (aktive, I4.0-konforme Kommunikationsfähigkeit) oder aber in ein oder mehrere übergeordnete IT-Systeme verteilt werden (Verteilungssicht).

I4.0-Komponente

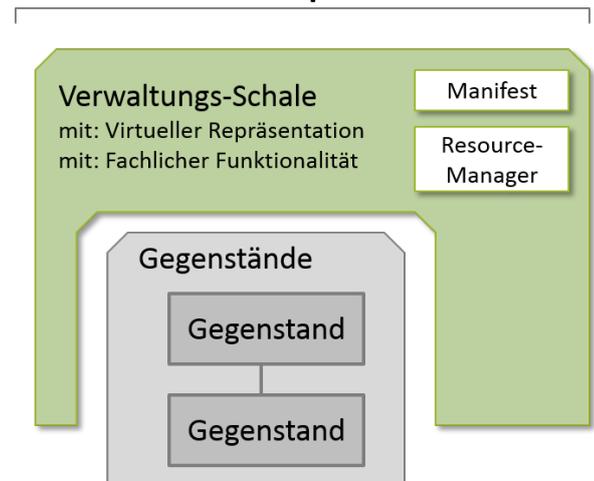


Bild 9. I4.0-Komponente

Anforderung: Je nach Art der übergeordneten Systeme müssen die Verwaltungsobjekte in mehr als ein übergeordnetes IT-System verteilt werden können.

Cyberphysisches System

Die I4.0-Komponente stellt eine Spezialisierung eines cyberphysischen Systems dar.

I4.0-Komponenten aus Verteilungssicht

Der obere Abschnitt stellt dar, dass aus einer logischen Sicht heraus für jede I4.0-Komponente zu jedem Gegenstand eine „Verwaltungsschale“ gehört. Er betont aber auch, dass situativ aus Verteilungssicht die Verwaltungsschale in ein übergeordnetes System ausgelagert werden kann.

I4.0-Komponente in Repository abgebildet

Zum besseren Verständnis kann eine zu einem Repository der „Digitalen Fabrik“ konforme Darstellung gezeigt werden, die im Einklang mit den dargelegten Konzepten ist (Bild 10).

I4.0-Komponente durch Gegenstand abgebildet

Ist einer der Gegenstände der I4.0-Komponente I4.0-konform kommunikationsfähig (CP34- oder CP44 nach [3]), so bietet sich an, die I4.0-Komponente durch den Gegenstand abzubilden (Bild 11).

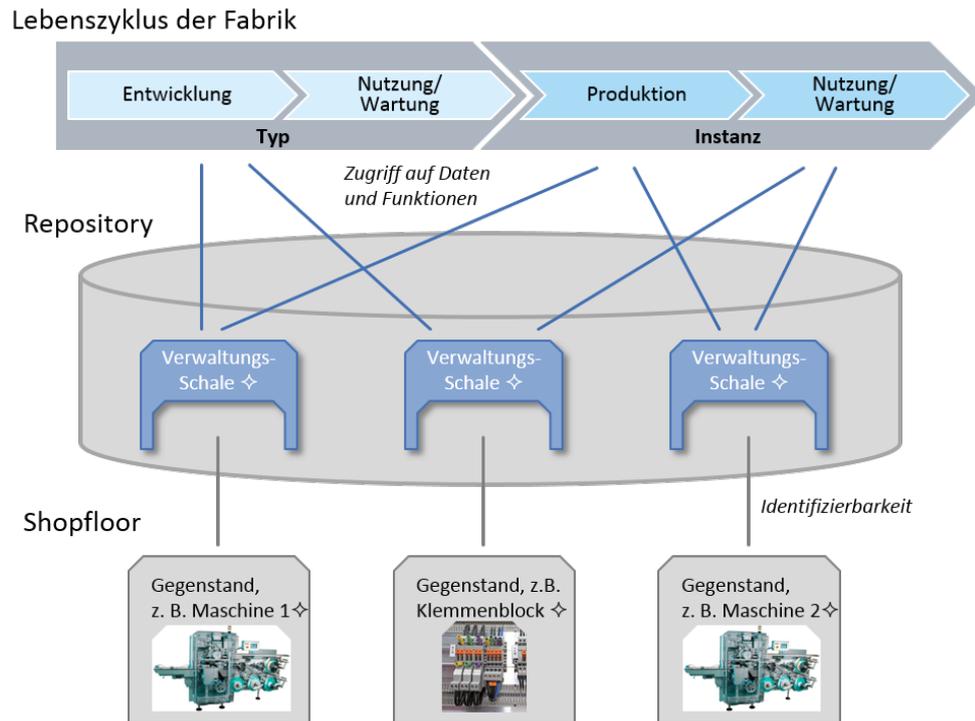


Bild 10. Repository

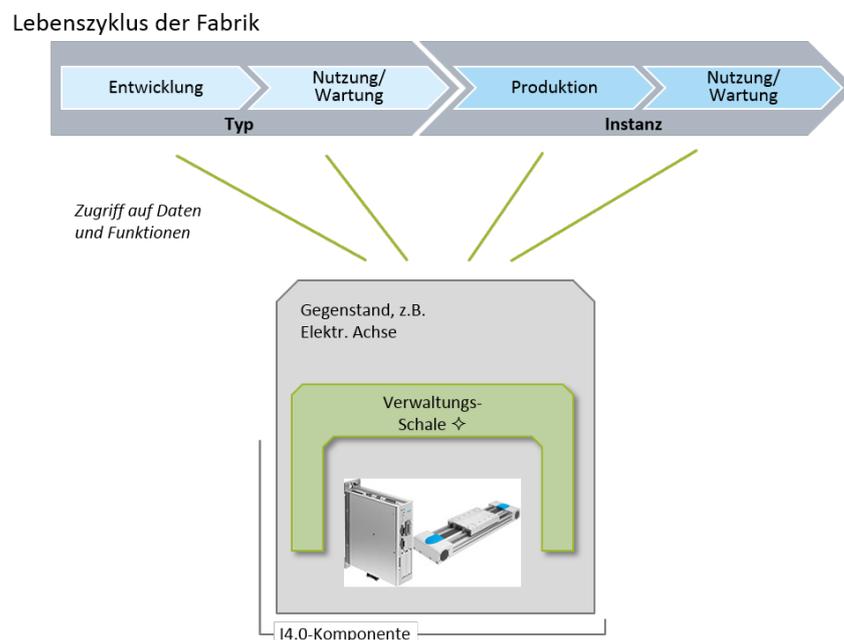


Bild 11. Lebenszyklus der Fabrik

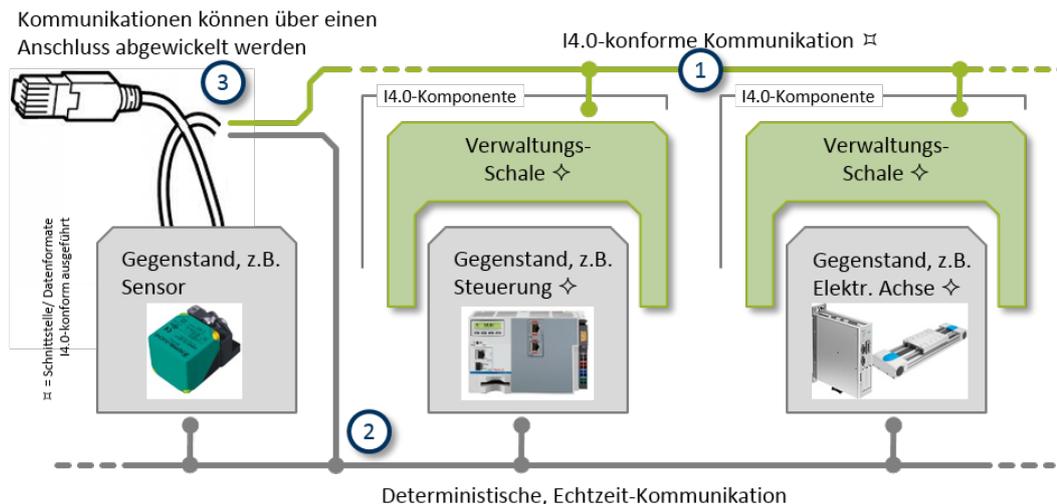


Bild 12. Kapselbarkeit und Vernetzung einer I4.0-Komponente

I4.0-Komponente ist kapselfähig

Die I4.0-Komponente soll bewusst alle möglichen Querverbindungen innerhalb der I4.0-Fabrik eingehen bzw. aufbauen können (Bild 12, Nr. 1). Doch diese Vernetzung darf nicht zur Einschränkung der Kernfunktionalität führen (Bild 12, Nr. 2). Die Fähigkeit, diesen Kernbereich störungsfrei zu erhalten, selbst wenn die „äußere“ Vernetzung Störungen unterliegt, wird durch SG2 (ZVEI Spiegelgremium Referenzarchitektur) und SG4 (ZVEI Spiegelgremium Security) als „kapselfähig“ bezeichnet.

Anforderung: Die I4.0-Komponente, insbesondere die Verwaltungsschale, ihre enthaltene Funktionalität und die damit befassten Protokolle sollen „kapselfähig“ sein.

Das vorliegende Konzept verwirklicht diese Anforderung dadurch, dass die Verwaltungsschale als unabhängiges Daten-/Funktionsobjekt ausgeführt wird. Der Zugriff auf die darin enthaltenen Daten und Funktionen soll nach dem Prinzip von „Separation of Concerns (SoC)“ gestaltet werden, sodass eine Beeinflussung von für die Fertigung kritischen Abläufen nach dem Stand der Technik ausgeschlossen werden kann.

Aus der Anwendung dieses Prinzips folgt, dass die I4.0-konforme Kommunikation nach heutigem Stand in der Fertigung verwendete Ethernet-basierte Feldbusse nicht vollständig ersetzen muss (Migrationszenario).

Allerdings sollen I4.0-konforme Kommunikation und eine mögliche deterministische oder Echtzeit-Kommunikation aufeinander abgestimmt sein und z. B.

nach Möglichkeit die gleichen (physikalischen) Schnittstellen und Infrastrukturen verwenden. Die Widerspruchsfreiheit zwischen beiden Kommunikationskanälen muss gewährleistet sein.

Für das in diesem Text beschriebene Referenzmodell bedeutet diese Argumentation, dass I4.0-konforme Kommunikation nicht sämtliche Eigenschaften einer deterministischen oder Echtzeit-Kommunikation selbst realisieren muss, sondern sie an bestehende Technologien delegieren kann.

Anspruch der I4.0-Komponente ist, nicht I4.0-konforme Kommunikationsbeziehungen, die in die Gegenstandsschale führen oder diese verlassen, zu erfassen und einem durchgängigen Engineering zu öffnen.

Die heute üblichen Echtzeit-Ethernet-Protokolle lassen es möglich erscheinen, beide Kommunikationen über die gleiche Kommunikationsinfrastruktur (Anschlüsse, Stecker, Zwischenstationen) abzuwickeln (Bild 12, Nr. 3). Nach dem Prinzip „Separation of Concern“ sind aber beide Kommunikationsarten logisch weiterhin getrennt.

Eine I4.0-Komponente kann mehrere Gegenstände enthalten

Dieser Abschnitt zeigt an einem Beispiel, dass eine I4.0-Komponente nicht nur ein, sondern mehrere Gegenstände enthalten kann.



Bild 13. I4.0-Komponente, bestehend aus mehreren Gegenständen

Die in der Bild 13 gezeigten Gegenstände formen zusammen ein beispielhaftes elektrisches Achssystem. Von einem Hersteller gibt es eine Auslegungssoftware, die während der Engineering-Phase dazu geführt hat, dass die einzelnen Teilsysteme zu einem System kombiniert wurden. Vom Hersteller gibt es eine Konfigurationssoftware, mit der das System als Ganzes in Betrieb gesetzt werden kann. Verfahrensätze, aufgezeichnete Verschleißdaten und das Condition Monitoring müssen die einzelnen Systembestandteile miteinander in Bezug setzen (z. B. bezüglich maximaler Verfahrslänge).

Daher ist es aus I4.0-Sicht sinnvoll, diese einzelnen Gegenstände als ein System zu verwalten und als eine I4.0-Komponente abzubilden. Eine Zerlegung in einzelne I4.0-Komponenten würde die Abbildung vieler verschiedener Sinnzusammenhänge durch ein oder sogar mehrere übergeordnete I4.0-Systeme erfordern und unnötig verkomplizieren.

Eine I4.0-Komponente kann logisch schachtelbar sein

Industrie 4.0 fordert die Modularisierung von Produktionssystemen für auftragsgerechte Rekonfiguration und Wiederverwendung von (Unternehmens-)Assets im Rahmen von I4.0-Aspekt (2) „Vertikale Integration“. Daher sieht das Konzept vor, dass eine I4.0-Komponente andere Komponenten logisch umfassen, als Einheit agieren und für ein übergeordnetes System logisch abstrahieren kann.

Zudem fordert I4.0-Aspekt (3) „Durchgängigkeit im Engineering“, dass für möglichst viele Gegenstände eines Produktionssystems weiterführende Daten und Engineering-Planungen online verfügbar sind. Die Verwaltungs-Schale sieht vor, dass Daten, die den Gegenständen der I4.0-Komponente eindeutig zugeordnet werden können, auch derart verteilt verfügbar

sind. Derart verteilte Daten sind für ein verteiltes Engineering und für eine schnelle Rekonfiguration von Vorteil.

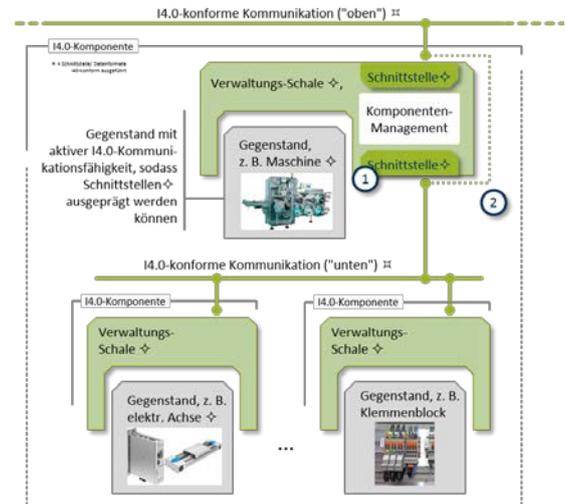


Bild 14. Schachtelbarkeit von I4.0-Komponenten

Daher soll das Konzept für eine I4.0-Komponente vorsehen, dass einer I4.0-Komponente (z. B. einer ganzen Maschine) andere I4.0-Komponenten logisch zugeordnet werden, sodass sich eine (temporäre) Schachtelung ergibt.

Technisch gesehen kann dieses so ausgeführt werden, dass der übergeordnete Gegenstand (z. B. eine Maschine) zwei I4.0-konforme Kommunikationsschnittstellen ausprägt, sodass sich eine klare logische und physikalische Trennung von übergeordneten und untergeordneten I4.0-Komponenten ergibt (Bild 14, Nr. 1). Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass die I4.0-konforme Kommunikation „oben“ und „unten“ physisch eins sind, aber logisch voneinander getrennt werden (Bild 14, Nr. 2).

Um eine solche logische Zuordnung von „untergeordneten“ I4.0-Komponenten zu managen, kann die Verwaltungs-Schale ein geeignetes „Komponenten-Management“ vorsehen. Dieses kann z. B. die Rekonfiguration einer Maschine unterstützen oder aber den Status der Maschine „nach oben“ geeignet abbilden.

Anforderung: Einer I4.0-Komponente (z. B. einer ganzen Maschine) sollen andere I4.0-Komponenten logisch zugeordnet werden können, sodass sich eine (temporäre) Schachtelung ergibt.

Anforderung: Übergeordnete Systeme sollen zweckgebunden und einschränkbar auf alle I4.0-Komponenten zugreifen können, auch wenn diese (temporär) logisch zugeordnet sind.

Zustandsmodell

Der Zustand einer I4.0-Komponente ist von anderen Teilnehmern einer I4.0-konformen Kommunikation immer abrufbar. Er folgt dabei einem definierten Zustandsmodell.

Da I4.0-Komponenten hierarchisch organisiert sein können, sollte eine geeignete Abbildung von Unterzuständen in einen Zustand definiert werden („Was bedeutet es für die Maschine, wenn ein Teil nicht betriebsbereit ist?“).

Zusätzlich soll das Zustandsmodell auch mit einer größeren Menge von Zustandsvariablen komplementiert werden, die eine detaillierte Sicht auf die Zustände der Virtuellen Repräsentation und der fachlichen Funktionalität erlauben. Dies erlaubt zu einem Zeitpunkt „t“ eine konsistente Sicht auf den Zustand einer I4.0-Komponente, etwa zum Zweck der statistisch korrekten Datenanalyse.

Allgemeine Merkmale der „I4.0-Komponente“

Der VDI/VDE-GMA FA 7.21 definiert den Begriff „Komponente“ im Kontext zu Industrie 4.0 wie folgt:

Der Begriff „Komponente“ ist allgemein. Er bezeichnet einen Gegenstand der physischen Welt oder der Informationswelt, der in seinem Systemumfeld eine bestimmte Rolle spielt oder für eine solche vorgesehen ist. Eine Komponente kann z. B. ein Rohr, ein SPS-Funktionsbaustein, eine Lampe, ein Ventil, eine intelligente Antriebseinheit sein. Wichtig ist die Betrachtung als Einheit und der Bezug zu der Rolle (Funktion), die sie in einem System wahrnehmen soll oder bereits wahrnimmt. Als I4.0-Komponente bezeichnen wir eine spezielle Art von Komponente. I4.0-Komponenten zeichnen sich dadurch aus, dass sie bezüglich der oben dargestellten Klassifikationsmerkmale bestimmte Anforderungen erfüllen. Auch in einem I4.0-System gibt es viele Komponenten, die diese Anforderungen nicht erfüllen und die damit keine I4.0-Komponenten sind.

Das hier vorliegende Konzept lässt auch Gegenstände zu, die passiv oder aktiv, aber nicht I4.0-konform kommunikationsfähig sind. Daher gilt für die I4.0-Komponente im Sinne dieses Dokuments:

- Sie ist bezüglich der CP-Klassifikation entweder eine CP24, CP34 oder eine CP44-Komponente.
- Sie besitzt eine Verwaltungs-Schale, die so kommuniziert werden kann, dass sie zu einem vollwertigen Dienssystemteilnehmer im I4.0-Netzwerk wird.

Der folgende Abschnitt wurde auf Basis der GMA-Definition verfeinert und stellt daher eine Detaillierung der Konzepte dar. In voller Übereinstimmung mit dem VDI-Statusreport „Gegenstände, Entitäten, Komponenten“ [3] werden als Dienssystemteilnehmer im I4.0-Netzwerk von einer I4.0-Komponente zunächst folgende Merkmale verlangt (Anforderungen):

Identifizierbarkeit

Sie ist im Netzwerk eindeutig identifizierbar und ihre physischen Gegenstände werden mittels eines eindeutigen Identifiers (ID) identifiziert. Ist sie eine CP34- oder CP44-Komponente; so ist sie über eine Kommunikationsadresse (z. B. IP-Adresse) erreichbar.

I4.0-konforme Kommunikation

Die I4.0-Komponenten kommunizieren untereinander mindestens nach dem SOA Prinzip (inklusive gemeinsamer I4.0-konformer Semantik).

I4.0-konforme Dienste und Zustände

Sie unterstützt die für ein I4.0-System allgemein standardisierten (auch nachladbaren) Dienstfunktionen und Zustände.

Virtuelle Beschreibung

Sie liefert ihre virtuelle Beschreibung einschließlich ihres dynamischen Verhaltens. Diese Beschreibung wird durch die Virtuelle Repräsentation und das Manifest erreicht.

I4.0-konforme Semantik

Sie unterstützt die für ein I4.0-System standardisierte I4.0-konforme Semantik.

Security und Safety

Sie bietet für ihre Funktionalität und Daten einen der Aufgabe entsprechenden ausreichenden Schutz (Security). Zusätzlich können in Anwendungen auch Maßnahmen zur funktionalen Sicherheit, Maschinensicherheit notwendig sein (Safety).

Quality of Services

Sie besitzt die für ihre Aufgabe erforderlichen Eigenschaften als „Quality of Services“ (QoS). Bezüglich der Anwendung in der Automatisierungstechnik sind

dies Eigenschaften wie Echtzeitfähigkeit, Ausfallsicherheit, Uhrensynchronisation. Diese Eigenschaften richten sich möglicherweise nach einem Profil aus.

Zustand

Sie liefert jederzeit ihren Zustand.

Schachtelbarkeit

Jede I4.0-Komponente kann aus weiteren I4.0-Komponenten bestehen.

I4.0-Komponenten im Kontext dieses Dokuments stehen für Produktionssysteme, Maschinen, Stationen und konzeptuell wichtige Teile bzw. Baugruppen von Maschinen.

Zu Merkmal (1): Identifizierbarkeit

Ziel des I4.0-Ansatzes ist es, auf alle relevanten Daten in Echtzeit zugreifen zu können. Die I4.0-Komponenten stellen einen wichtigen Teil einer gegenüber heute erweiterten Infrastruktur dar. Dies gilt während der gesamten Lebenszeit des Produktionssystems. I4.0-Komponenten spielen also auch in allen I4.0-Wertschöpfungsketten [3] und allen ihren Wertschöpfungsprozessen eine zentrale Rolle für den durchgängigen und einheitlichen Informationsaustausch.

Eine aktive I4.0-Komponente kann I4.0-konforme Kommunikation selbst abwickeln; für eine passive I4.0-Komponente erledigt dies die notwendige Infrastruktur.

Es besteht die Notwendigkeit für eine den industriellen Anforderungen gerecht werdende Kommunikation. Da Produktionssysteme immer mehr im Verbund arbeiten und dabei auch größere Entfernungen überbrückt werden müssen, wird die Verbindung lokaler Netze mittels der Weitverkehrstechnik immer wichtiger.

Anforderung: Bei der Vernetzung von I4.0-Komponenten sollte sich die Weitverkehrstechnik so verhalten, dass lokale Netze weitgehend ohne Einschränkungen über die Weitverkehrsanbindung miteinander kommunizieren können.

Dies betrifft die Verfügbarkeit solcher Verbindungen, die Sicherheit (Security), aber auch das zeitgerechte Verhalten. Wenngleich Streaming-Technologien und andere Mechanismen eine Basis für passende Lösungen darstellen könnten, sind hierzu noch grundlegende Arbeiten erforderlich.

Eine Ebene höher müssen Verbindungen dafür sorgen, dass die Kommunikation zuverlässig und stabil über einen langen Zeitraum garantiert ist. Hier sind bestehende Protokolle auf ihre Tauglichkeit in I4.0-Anwendungen zu prüfen. Zu unterscheiden ist die Adressierung der I4.0-Komponente und die Adressierung ihrer (Anwendungs-)Objekte. Diese werden mittels einer weltweiten und herstellerübergreifenden eindeutigen ID angesprochen. Zum Umgang mit IDs sei auf [5] und [6] und andere Standards verwiesen.

Anforderung: Zu unterscheiden ist die Adressierung der I4.0-Komponente und die Adressierung ihrer (Anwendungs-)Objekte.

Zu Merkmal (2): I4.0-konforme Kommunikation

Die Selbstauskunft einer I4.0-Komponente wird auf Basis einer serviceorientierten Architektur (SOA) mit Diensten entsprechend einem Dienstmodell realisiert (Resource-Manager). Ein entsprechendes Profil der I4.0-Komponente kann regeln, wie diese Dienste technologisch realisiert werden können (z. B. über OPC-UA-Basisdienste).

Zu Merkmal (3): I4.0-konforme Dienste und Zustände

Da im „Shop floor“ und im „Office floor“ unterschiedliche Anwendungen bedient werden müssen, muss die Option bestehen, dass I4.0-Komponenten die verschiedenen

Anwendungsebenen mit unterschiedlichen Protokollen bedienen können.

Anforderung: Protokolle und Anwendungsfunktionen sollen daher optional nachladbar sein.

Zu Merkmal (4): Virtuelle Beschreibung

Die Informationen zur Beschreibung der Eigenschaften einschließlich des relevanten dynamischen Verhaltens einer I4.0-Komponente werden aus dem virtuellen Abbild der realen Komponente in einem I4.0-Datenformat erzeugt. Dieses Abbild wird als „Virtuelle Repräsentation“ bezeichnet; Teil der Virtuellen Repräsentation ist das Manifest, das mit einer eindeutigen Semantik belegt sein muss. Dabei spielt die Spezifikation von Merkmalen eine wichtige Rolle.

Teile des Manifests sind beispielsweise:

- charakteristische Merkmale der realen Komponente
- Informationen über Beziehungen der Merkmale untereinander
- Produktions- und Produktionsprozess-relevante Beziehungen zwischen I4.0-Komponenten
- formale Beschreibung relevanter Funktionen der Maschine und ihrer Abläufe

Teile der Virtuellen Repräsentation sind beispielsweise:

- kaufmännische Daten
- historische Daten, z. B. Servicehistorie
- u. a. m.

Abgrenzung zwischen Manifest im Besonderen und Verwaltungsobjekten im Allgemeinen ist, dass das Manifest Informationen enthält, die für die Verwirklichung eines „I4.0-konformen Netzwerks“ entsprechend den I4.0-Aspekten nach einer eindeutigen Semantik öffentlich bekannt sein müssen. Verwaltungsobjekte können auch solche Informationen tragen, bei denen der Hersteller selbst entscheiden kann, was in welcher Form er offenlegen möchte.

Zu Merkmal (5): I4.0-konforme Semantik

Der Informationsaustausch zwischen zwei oder mehreren I4.0-Komponenten erfordert eine eindeutige Semantik. Diese muss mittels der unter Merkmal (4) aufgeführten Charakteristika I4.0-weit festgelegt werden. Hilfreich erscheint nach [5] die Klassifikation der Merkmale nach folgenden Feldern:

- Mechanik
- Funktionalität
- Örtlichkeit
- Leistungsfähigkeit
- geschäftliche Rahmenbedingungen

Zum Umgang mit Merkmalen sei auf [5], [6] und [7] verwiesen.

Zu Merkmal (6): Security und Safety

Jede I4.0-Komponente weist eine Mindestinfrastruktur zur Sicherstellung der Security-Funktionen auf. Da

Security nur sichergestellt ist, wenn die jeweiligen Produktionsprozesse in die Security-Betrachtungen unmittelbar einbezogen sind, stellt die Security-Infrastruktur einer I4.0-Komponente zwar notwendige, aber bei Weitem nicht hinreichende Funktionalität zur Verfügung. Muss die funktionale Sicherheit, Maschinensicherheit (Safety) sichergestellt werden, so hat dies Einfluss auf die Eigenschaften der einzelnen I4.0-Komponenten. Zusätzliche Merkmale müssen hier erfasst, bewertet und an übergeordnete Systeme weiter gegeben werden

Anforderung: Die Mindestinfrastruktur muss den Prinzipien von „Security-by-Design“ (SbD) gerecht werden.

Zu Merkmal (7): Quality of Services

Die Anwendung einer I4.0-Komponente in einer bestimmten Umgebung bestimmt deren Anforderungen. Die in der jeweiligen Umgebung geforderten Eigenschaften (QoS) müssen daher schon bei der Auswahl der Komponenten für eine Maschine oder Anlage berücksichtigt werden. Speziell für Automatisierungsumgebungen sind das Eigenschaften wie:

- Zeitspanne der Echtzeit für die Produktivkommunikation, z. B. Deterministik mit Echtzeitfähigkeit von D1ms.
- höchste Ausfallsicherheit bezüglich der umgebenden Netzinfrastruktur (Robustheit)
- Uhrensynchronisation
- Interoperabilität
- Diagnose und Engineering auf Basis einheitlicher Regeln
- Aufbau von Ad-hoc-Verbindungen

Zu Merkmal (8): Zustand

Da jede I4.0-Komponente Teil eines Verbunds mit bestimmten Aufgaben darstellt und diese Aufgaben in Prozessen koordiniert erledigt werden, muss der Zustand jeder I4.0-Komponente zu jedem Zeitpunkt von anderen Teilnehmern eines I4.0-konformen Kommunikationsnetzwerks abrufbar sein. Diese Informationen dienen der lokalen Verwaltung anderer I4.0-Komponenten und der globalen Verwaltung zur Koordination der Abläufe.

Zu Merkmal (9): Schachtelbarkeit

I4.0-Komponenten können zu einer I4.0-Komponente zusammengefasst werden. So kann beispielsweise eine Maschine sich als I4.0-Komponente darstellen. Sie selbst kann aus eigenständigen I4.0-Komponenten bestehen, z. B. eine modulare Maschine. Und auch die einzelnen Maschinenmodule können wieder in einzelne I4.0-Komponenten gegliedert werden.

2.5 Glossar Industrie 4.0

Im Rahmen von Industrie 4.0 wachsen die Sprachen von Produktion und IKT (Informations- und Kommunikationstechnologie) zusammen. Es existieren jedoch historisch begründete Unterschiede und Unklarheiten bei wichtigen Begriffen rund um Industrie 4.0. Die Arbeitsgruppe „Begriffe“ im Fachausschuss 7.21 „Industrie 4.0“ der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) unter der Leitung von Frau Dr.-Ing. Miriam Schleipen vom Fraunhofer IOSB ist bemüht, eine gemeinsame „Basis“ (Terminologie) von Industrie 4.0 im Sinne sprachlicher und gedanklicher Konstrukte zu erarbeiten. Die Arbeiten erfolgen zudem in enger Zusammenarbeit mit den zuständigen Komitees (z. B. DKE/UK 921.1) des Fachbereichs 9 der DKE (z. B. DKE/UK 921.1) und werden mit der AG2 „Referenzarchitektur“ der Plattform Industrie 4.0 abgestimmt.

Ziel ist ein gemeinsames Verständnis der grundlegenden Begriffe! Dabei wird auf bestehenden Normen und Standards aus den Bereichen IKT und Produktion aufgesetzt.

Im Umfeld von Industrie 4.0 werden Begrifflichkeiten und Konzepte aus unterschiedlichen Domänen aufgegriffen (etwa aus dem IKT-Bereich die Orchestrierung von Diensten in einer serviceorientierten Umgebung). Manche Begrifflichkeiten sind aber in den beteiligten Domänen unterschiedlich besetzt (etwa Service (Dienst) im IKT-Bereich gegenüber der Produktion). Andere Begriffe sind sogar innerhalb einer Domäne mehrdeutig oder unpräzise (etwa Komponente). Diese sprachlichen und konzeptionellen Unterschiede und Ungenauigkeiten sowie der Bedarf nach Erklärungen zu „fachfremden Konzepten“ sind ein Hindernis in der Entwicklung übergreifender komplexer technischer Lösungen für Industrie 4.0 und in der Normung.

Mit dem Glossar wird also eine gemeinsame Basis für Begrifflichkeiten im Rahmen von Industrie 4.0 geschaffen werden, die die unterschiedlichen Sichtweisen und Anforderungen berücksichtigt. Dies soll die Zusammenarbeit über die Grenzen von Unternehmen und Branchen hinweg erleichtern und ist Voraussetzung für die Normung.

Die aktuellen Definitionen sind u. a. auf folgender Webseite zu finden:

www.iosb.fraunhofer.de/?BegriffeI40

Autoren

Dr. Peter Adolphs (Pepperl+Fuchs)

Dr. Heinz Bedenbender (VDI)

Dr. Dagmar Dirzus (VDI)

Martin Ehlich (Lenze SE)

Prof. Ulrich Epple (RWTH Aachen)

Martin Hankel (Bosch Rexroth AG)

Roland Heidel (Siemens AG)

Dr. Michael Hoffmeister (Festo AG & Co.KG)

Haimo Huhle (ZVEI)

Bernd Kärcher (Festo AG & Co.KG)

Dr. Heiko Koziolk (ABB)

Reinhold Pichler (DKE)

Stefan Pollmeier (ESR Pollmeier)

Frank Schewe (Phoenix Contact)

Dr. Armin Walter (Lenze)

Bernd Waser (Murrelektronik)

Prof. Dr. Martin Wollschlaeger (TU Dresden)

Schrifttum

- [1] VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik: Statusbericht; Industrie 4.0; Wertschöpfungsketten. Düsseldorf: VDI e.V., April 2014
- [2] VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik: Statusbericht; Industrie 4.0; Auf dem Weg zu einem Referenzmodell. Düsseldorf: VDI e.V., April 2014
- [3] VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik: Statusbericht; Industrie 4.0; Gegenstände, Entitäten, Komponenten. Düsseldorf: VDI e.V., April 2014
- [4] Acatech Studie, Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. http://www.bmbf.de/pubRD/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf
- [5] IEC TR 62794: Industrial-process measurement, control and automation – Reference model for representation of production facilities (Digital Factory), 2012
- [6] IEC CD 62832: Industrial-process measurement, control and automation - Reference model for representation of production facilities (Digital Factory), 2014
- [7] IEC 61987-10: Industrial-process measurement and control - Data structures and elements in process equipment catalogues - Part 10: Lists of properties (LOPs) for industrial-process measurement and control for electronic data exchange - Fundamentals, 2009

Der VDI

Sprecher, Gestalter, Netzwerker

Ingenieure brauchen eine starke Vereinigung, die sie bei ihrer Arbeit unterstützt, fördert und vertritt. Diese Aufgabe übernimmt der VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V. Seit über 150 Jahren steht er Ingenieurinnen und Ingenieuren zuverlässig zur Seite. Mehr als 12.000 ehrenamtliche Experten bearbeiten jedes Jahr neueste Erkenntnisse zur Förderung unseres Technikstandorts. Das überzeugt: Mit rund 154.000 Mitgliedern ist der VDI die größte Ingenieurvereinigung Deutschlands.

Über den ZVEI

Der ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.

Der ZVEI vertritt die Interessen von 1.600 Unternehmen der Elektroindustrie und zugehöriger Dienstleistungsunternehmen in Deutschland. Jede dritte Neuerung im Verarbeitenden Gewerbe in Deutschland erfährt ihren originären Anstoß aus der Elektroindustrie. Die Branche beschäftigt 850.000 Arbeitnehmer im Inland und weitere 690.000 weltweit.

Verein Deutscher Ingenieure e.V.
VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und
Automatisierungstechnik
Dr.-Ing. Dagmar Dirzus
Geschäftsführerin
VDI-Platz 1
40468 Düsseldorf
Tel. +49 211 6214-227
dirzus@vdi.de
www.vdi.de

ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik und
Elektronikindustrie e.V.
Fachverband Automation
Dipl.-Ing. Gunther Koschnick
Geschäftsführer
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt am Main
Tel. +49 69-6302-318
koschnick@zvei.org
<http://www.zvei.de>