

Die Integration Service orientierter Architekturen in der Automation

Dr. Th. Bangemann, ifak Institut für Automation und Kommunikation
e.V., Magdeburg;

N. Suchold, ifak Institut für Automation und Kommunikation e.V.,
Magdeburg;

Prof. A. W. Colombo, HS Emden-Leer, Emden; Schneider Electric
Automation, Seligenstadt

S. Karnouskos, SAP, Karlsruhe

Kurzfassung

Moderne Produktionsanlagen müssen heute in kürzester Zeit an veränderte Marktanforderungen anpassbar sein. Hierfür sind Entscheidungsprozesse auf allen Management- und leittechnischen Ebenen zu treffen. Das heißt, kritische Informationen müssen zur richtigen Zeit, auf der richtigen Ebene und im entsprechenden Kontext verfügbar sein. Sowohl die organisatorischen als auch die topologischen Strukturen sind über die Jahre hinweg gewachsen. Einhergehend mit dieser strukturellen Entwicklung sind diverse, auf die unterschiedlichen Belange zugeschnittene und zum Teil inkompatible Kommunikations- und IT-Systeme entstanden. Um dennoch die Interoperabilität der Systeme und Integrationsfähigkeit der Daten gewährleisten zu können, werden auf MES- und ERP-Ebene Integrationskonzepte realisiert, welche die gewachsenen Insellösungen wieder zusammenführen sollen. Es kommen Konzepte wie Enterprise Application Integration (EAI), oder mehr spezifisch Enterprise Service Bus (ESB) oder Service Orientierte Architekturen – um nur einige zu nennen – zum Einsatz. Auch zwischen den Ebenen existieren heute

diverse Netzwerke und Schnittstellen. In den einzelnen Ebenen wurden unterschiedliche Informationsmodelle etabliert. Die in den Informationsmodellen enthaltenen Daten sind durch unterschiedliche Syntax und Semantik charakterisiert.

Können Service orientierte Architekturen zum Überwinden dieser Hindernisse beitragen? Erfüllen sie die wesentlichen, durch die Automatisierungstechnik gestellten Anforderungen? Wie lassen sich klassische Automatisierungslösungen in Service orientierte Architekturen integrieren?

1. Ausgangssituation und sich ändernde Anforderungen

Produktionsanlagen bilden heute komplexe, oftmals interdisziplinäre, vernetzte, heterogene Systeme, die in der Regel sowohl aus informationstechnischer als auch aus organisatorischer Sicht hierarchisch strukturiert sind. Dabei handelt es sich um komplexe Systeme aus Komponenten mit sehr unterschiedlicher Funktionalität und „Intelligenz“ – angefangen von einfachsten Sensoren, über relativ autonom funktionierende Einheiten (z. B. Package Unit), bis hin zu SCADA – Supervisory Data Acquisition and Control Systemen, Leitsystemen oder Steuerungen und Produktionsmanagementsystemen. Als Ganzes sind diese Systeme in der Lage, Aufgabenstellungen zu adressieren, die mit entkoppelten Komponenten nicht in automatisierter Form, der notwendigen Effizienz oder bei geforderten Sicherheitsstandards realisierbar wären.

Die Komplexität wird weiterhin dadurch erhöht, dass sich für die unterschiedlichen Lebenszyklusphasen diverse Struktureinheiten mit entsprechenden Verantwortlichkeiten etabliert haben. Einhergehend mit der strukturellen Entwicklung eines Unternehmens sind oftmals auf die unterschiedlichen Belange zugeschnittene und zum Teil inkompatible IT-Infrastrukturen entstanden. Als Konsequenz dieses Entwicklungsprozesses sowie wechselnder Anforderungen an die IT (Informationstechnik) und AT (Automatisierungstechnik) haben sich z. B. unterschiedliche Modelle, Syntax und Semantik von Daten, eingesetzte Kommunikationssysteme und damit verbundene Netzwerkübergänge herausgebildet.

Flexible, komplexe Systeme erfordern den Einsatz skalierbarer und modularer Steuerungs- und Regelalgorithmen, Architekturen und Plattformen. Es gilt, die erwähnten Inkompatibilitäten zu überwinden und den Aufwand für das Engineering des Gesamtsystems

zu reduzieren. Außerdem soll die Einführung neuer Funktionalitäten vereinfacht werden und schneller erfolgen, um mit den Anforderungen geänderter Geschäftsprozesse Schritt halten zu können.

Im Produktionsumfeld treffen heute mehrere Einsatzgebiete Ethernet basierter Kommunikation mit zum Teil grundlegend unterschiedlichen Anforderungen aufeinander:

- die für die Steuerung von Produktionsprozessen optimierte AT,
- IT mit erhöhten Anforderungen an Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Antwortzeiten, Sicherheit etc. und
- die allgemeine Bürokommunikation mit weit verbreiteten und kostengünstigen Standardanwendungen.

Der Wunsch, die Vorzüge dieser Welten zu vereinen, liegt nahe.

Es ist jedoch zwingend zu analysieren, wie in der Bürowelt weit verbreitete Technologien wie etwa drahtlose Netzwerke, Web-Technologien, Plug-and-Play-Mechanismen oder semantische Beschreibungskonzepte für den Einsatz in der Automatisierungstechnik, unter Berücksichtigung der spezifischen Anforderungen, nutzbar gemacht werden können. Offensichtlich ist, dass klassische IT-Komponenten und -Technologien aus dem Büroumfeld nicht ohne Anpassung an die besonderen Anforderungen übernommen werden können.

Aktuelle Forschungs- und Entwicklungslösungen auf dem Gebiet der Steuerung und Automatisierung komplexer verteilter Systeme zeigen Ansätze für die Lösung grundlegender, eingangs beschriebener Problemstellungen. Die hier vorgestellten Arbeiten basieren auf den Ergebnissen einer Reihe, durch die Europäische Kommission geförderter, Projekte: SIRENA [1], SODA [2], SOCRADES [3]. In diesen Projekten wurde der Einsatz Service orientierter Architekturen in der Automatisierungstechnik und für die Integration automatisierungstechnischer Komponenten in Managementanwendungen (MES, ERP) untersucht [3], [4], [5]. Im momentan laufenden Projekt IMC-AESOP [6] wird der Einsatz Service orientierter Architekturen in der Prozessindustrie mit Fokus auf zukünftige Generationen von SCADA/DCS Systemen und Cloud-basierten Diensten untersucht.

2. Klassische Automatisierungsarchitekturen

Automatisierungssysteme der Prozess- oder Fertigungsindustrie sind heute in klassischer Weise hierarchisch aufgebaut (siehe Abbildung 1).

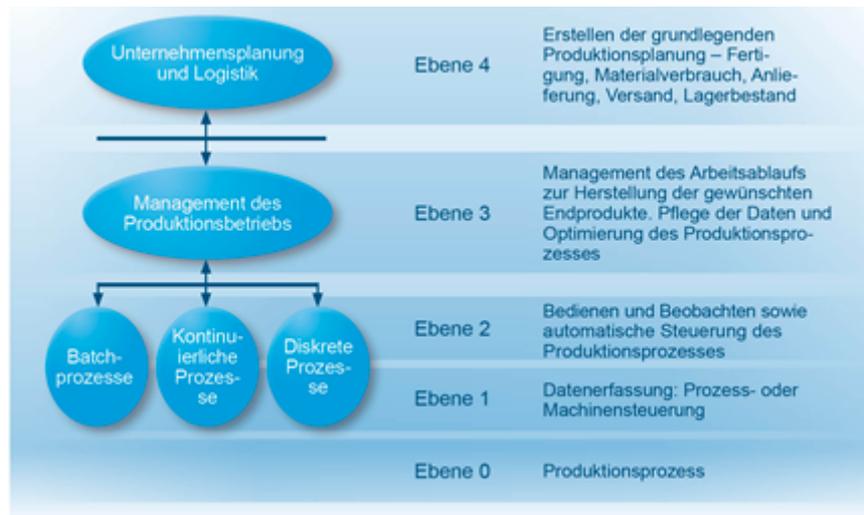


Abbildung 1: Funktionale Hierarchien nach IEC 62264-3 [8], [9]

IEC 62264 (oder auch ISA 95) ist ein internationaler Standard für die Integration zwischen strategischen Geschäftsprozessen, dem operativen Produktionsmanagement und der Leitebene. Er definiert Modelle für die Integration neuer Anwendungen in das Produktionsmanagement. ISA 95 / IEC 62264 definiert 5 Ebenen.

- Ebene 0 bezeichnet den zu steuernden Prozess selbst
- Ebene 1 verbindet den Prozess mit den Leiteinrichtungen (Steuerungstechnik). Hier werden Sensoren und Aktoren mit verschiedensten Vorverarbeitungsfähigkeiten eingesetzt. Sie wandeln physikalische Merkmale in analoge oder binäre Signale und schließlich in elektronische Daten um.
- Auf Ebene 2 sind Leiteinrichtungen wie Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS), Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) oder Leitsysteme etabliert. Hier erfolgt die Steuerung oder Regelung des Prozesses in Echtzeit.

- Ebene 3 dient dem operativen Management des Produktionsprozesses. Manufacturing Execution Systems (MES) stellen vielfältige Informationen für die Beobachtung, Bewertung (Key Performance Indicators – KPI) und Beeinflussung des Produktionsprozesses bereit. Ihre Hauptaufgabe ist jedoch das anlagenweite „Planing and Scheduling“.
- Auf Ebene 4 sind Enterprise Resource Planning (ERP) Systeme zur strategischen Planung der Unternehmensprozesse nach vorgegebenen Geschäftszielen installiert.

Diese Ebenen spiegeln sich typischerweise in der informationstechnischen Infrastruktur einer Produktionsanlage wider. Die Komponenten der einzelnen Ebenen sind über gewachsene, standardisierte oder auch proprietäre Kommunikationssysteme gekoppelt. Es haben sich diverse Netzwerkübergänge ausgeprägt, welche die Anpassung physikalischer, protokolltechnischer oder auch anwendungsbezogener Unterschiede vornehmen. Die Netzwerkübergänge reichen von einzelnen Gateways bis zu SPS'en mit mehreren verschiedenen Kommunikationsprozessoren. Typischerweise werden industrielle serielle oder Ethernet basierte Kommunikationsprotokolle eingesetzt.

Verschiedene Anbieter von Ebene 4 Systemen unterstützen heute bereits Service basierte Integration mittels Web Services. Service orientierte Architekturen haben hier bereits Einzug gehalten. Auch für die Integration von Ebene 3 und Ebene 4 Systemen sind Lösungen am Markt zu finden, die Web Service Technologien benutzen. OPC UA ist eine für diese Zwecke diskutierte Technologie.

Die OPC Foundation [10] und PLCopen [11] haben ein "OPC UA Information Model for IEC 61131-3" für die Abbildung des IEC 61131-3 Softwaremodells auf das OPC UA Information Modell definiert, auf dessen Basis OPC UA Server basierte Steuerungen (Controller) IEC 61131-3 konforme Strukturen und Funktionsblöcke OPC UA Clients gegenüber, z. B. einem HMI, darstellen [12]. OPC UA verwendet Web Service basierte Kommunikation.

Im vergangenen Jahr wurde gemeinsam durch die OPC Foundation und PLCopen eine Initiative zur Spezifikation der Integration (Kommunikationsdienste und Semantik der zu integrierenden Daten) von Ebene 2 Systemen in MES mittels OPC UA ins Leben gerufen.

In der Prozessindustrie haben sich in den zurückliegenden Jahren zwei Technologien für die Geräteintegration und zum Gerätemanagement parallel entwickelt: Elektronische Gerätebeschreibung (EDD) und Field Device Technology (FDT). Gerätehersteller und

Anwender müssen heute beide Technologien unterstützen. Auf Drängen der Endanwender werden momentan Anstrengungen zur Entwicklung eines einzigen Technologiestandards für die Geräteintegration und das Gerätemanagement betrieben. Auch hier soll OPC UA zur Kommunikation zwischen verschiedenen Komponenten zum Einsatz kommen. [13].

Diese Aktivitäten können als Bemühungen hin zum Einsatz einheitlicher Technologien für den Datenaustausch über Ebenengrenzen hinweg interpretiert werden. Der Erfolg dieser Integrationsbemühungen sowie Konzepte für die Migration von State-of-the-Art Technologien zu zukunftsweisenden neuen Technologien sind elementare Wegbereiter für den Erfolg von Innovationen.

3. Technologietrends

Innovationen setzen die Schaffung geeigneter Voraussetzungen für deren Umsetzung voraus. Nachfolgend sind aktuelle Technologietrends [14] aufgezeigt, die unterstützend für eine Überwindung der Medienbrüche zwischen den Ebenen wirken können. Momentan werden Arbeiten durchgeführt, die die Potentiale der betrachteten Technologien für den Einsatz Service orientierter Architekturen von Ebene 4 bis in Ebene 2 oder gar 1 untersuchen.

Information Driven Interaction: Der Informationsfluss in Produktionssystemen ist heute durch eine klare hierarchische Struktur gekennzeichnet - zwischen den Ebenen existieren diverse Schnittstellen und Netzwerkübergänge. Selbst auf einer Ebene gibt es mitunter diverse Netzwerksegmente. Die logische und physische Architektur werden klar durch Netzwerktopologien und die Kommunikationsnetze dominiert. Der Zugriff auf für das Management komplexer Produktionssysteme notwendige Informationen erfordert diverse Konfigurationsschritte sowie den Datentransport über etliche Komponenten. Der Übergang von Daten zentrierten zu informationsorientierten Interaktionen führt sowohl zur Reduzierung des Konfigurationsaufwandes als auch der erforderlichen Netzwerkübergänge. Die Abstraktion von unterlagerter Hardware und Netzwerktopologien hin zur Bereitstellung von Informationen über Dienste bedeutet einen Schritt in Richtung Service orientierter Architekturen. Unterstützend sind natürlich Überlegungen zu Konzepten für den Ersatz der heute existierenden physischen Abgrenzungen durch logische Grenzen durchzuführen. Verantwortlichkeiten bzw. Abgrenzungen oder Interaktionen zwischen Verantwortungsbereichen sind zu überdenken. [14]

Verteilte Geschäftsprozesse: Nicht nur Märkte sind heute globalisiert, auch die Produktionsstätten eines Unternehmens sind mitunter über mehrere Kontinente verteilt. Angesichts des stark forcierten Outsourcings ist das Management von Prozessen über Unternehmensgrenzen hinweg notwendig. Da zudem die Verarbeitungskapazitäten der Komponenten auf allen Ebenen enorm gestiegen sind, wird es möglich, Geschäftsprozesse feingranularer zu gestalten und verteilt umzusetzen. [14]

Virtualisierung und Cloud Computing: Cloud Computing beschreibt kein komplett neues Prinzip, sondern den technologischen Trend, IT-Ressourcen nur dann auf Bedarf über ein Netzwerk bereitzustellen und abzurechnen, wenn sie wirklich gebraucht werden. Um die IT-Ressourcen dynamisch - also je nach Bedarf - anzubieten, werden sie per Software abstrahiert. Bei Spitzenlasten stehen Ressourcen sofort zur Verfügung. Dabei spielen vor allen Dingen Virtualisierungstechnologien eine bedeutende Rolle. Sie erzeugen virtuelle Betriebsumgebungen und ermöglichen es, von der physischen Hardware (z. B. CPU und Speicher) zu abstrahieren und diese je nach Bedarf virtuell anzupassen. Eine weitere Basistechnologie bilden die so genannten Services. In der Cloud gibt es alles „as a Service“, also auf Abruf - Rechenkraft und Speicher (Infrastructure as a Service), Plattformen samt Programmierumgebung (Platform as a Service) und Software (Software as a Service). Die genannten Ansätze der Virtualisierung und der Service orientierten Architekturen bestehen auch parallel zum Cloud Computing - die Cloud vereint sie alle. [7] [14]

Embedded Cloud Computing: Als potentieller Nachfolger klassischer Embedded Systeme werden zurzeit Konzepte für intelligente Systeme diskutiert, bei denen eine Machine2Machine-Kommunikation (M2M) über Cloud Architekturen realisiert werden kann. Dabei können solche Systeme zum Beispiel mehrere Rechenkerne in einem System-on-a-Chip (SoC) beziehungsweise einem Stand-alone-Mikroprozessor und drahtlose und/oder drahtgebundene Netzwerkverbindung beherbergen, um Cloud-basierte Dienste zu benutzen. Insbesondere bei den Problemen des exponentiell wachsenden Datenaufkommens von in Zukunft Milliarden vernetzter Embedded-Systeme hinsichtlich Mengen- und Bandbreitenanforderungen besitzen Cloud Computing Konzepte enorme Potentiale.

Multi-Core Systeme und GPU Computing: In den zurückliegenden Jahren war ein enormer Leistungszuwachs bei Multi-Core Prozessoren zu verzeichnen. Möglich wurde dies durch Eigenschaften wie Simultaneous Multi-Threading oder Memory-on-Chip. Parallelverarbeitung wurde auch für eingebettete Systeme möglich. Graphical Processing Units (GPU) werden eingesetzt, um Streaming Processing zu unterstützen. Eingebettet

Systeme profitieren insbesondere von Graphics-Enabled Microprocessors (GEM). Durch den Einsatz leistungsfähigerer Mikroprozessoren können die in den Ebenen 2 und 1 eingesetzten Komponenten immer komplexere und rechenintensive Anwendungen realisieren. [14]

SOA-ready Devices: Einerseits haben die in den Ebenen 2 und 1 eingesetzte Geräte in den vergangenen Jahren stetig an Leistungsfähigkeit gewonnen. Andererseits wurden Anstrengungen unternommen, um für die Fähigkeiten eingebetteter System optimierte Protokolle und Anwendungen zu entwickeln. In diversen Forschungsprojekten (SIRENA [15], SODA [16], SOCRADES [17], [18], IMC-AESOP [17], [6], ...) haben sich Device Profile for Web Services (DPWS) und OPC UA als Erfolg versprechende Technologien für die Umsetzung von Web Services in Eingebetteten Systemen herauskristallisiert.

Complex Event Processing (CEP): Verschiedene Überlegungen werden angestellt, um die Performance des Gesamtsystems zu erhöhen. In komplexen Systemen können Engpässe allein durch die Flut zu verteilter Nachrichten entstehen. CEP hat insbesondere im Bereich der Geschäftsprozesse Bedeutung erlangt, die Anwendung im Bereich eingebetteter Systeme wird z. B. in IMC-AESOP untersucht. Mit dieser Technologie sollen durch Anwenden von Regeln aus „Low-Level Events“ „High-Level Informationen“ gewonnen werden (Event Extraction, Sampling, Filtering, Aggregation, Event Enrichment, Content based Routing, Event Composition, ...) und somit zu einer Reduktion des Datenaustausches insbesondere in Message orientierten System führen.

4. Ansätze für den durchgängigen Einsatz Service orientierter Architekturen

Wie eingangs bereits beschrieben, erfordert der Einsatz Service orientierter Architekturen über mehrere IT- und AT-Ebenen hinweg das Überdenken grundlegender Paradigmen. Servicebasierte Produktionssysteme verkörpern Cyber-Physische Systeme und verfügen - in Erweiterung zu heutigen mechatronischen Systemen - über intelligente Sensoren zur Wahrnehmung ihrer Umwelt, die Daten und Informationen als „Services“ in ihrer Umwelt zur Verfügung stellen (Service Exposition) und über Aktoren, deren Funktionalitäten auch „as Services“ zur Verfügung stehen (Abbildung 2). Diese unterscheiden sich von bestehenden technischen Systemen jedoch durch die Fähigkeit, mit ihrer Umgebung zu interagieren, das eigene Verhalten in Abhängigkeit von ihrer Umwelt zu planen und anzupassen sowie neue Verhaltensweisen und -strategien zu erlernen und sich somit selbst zu optimieren.

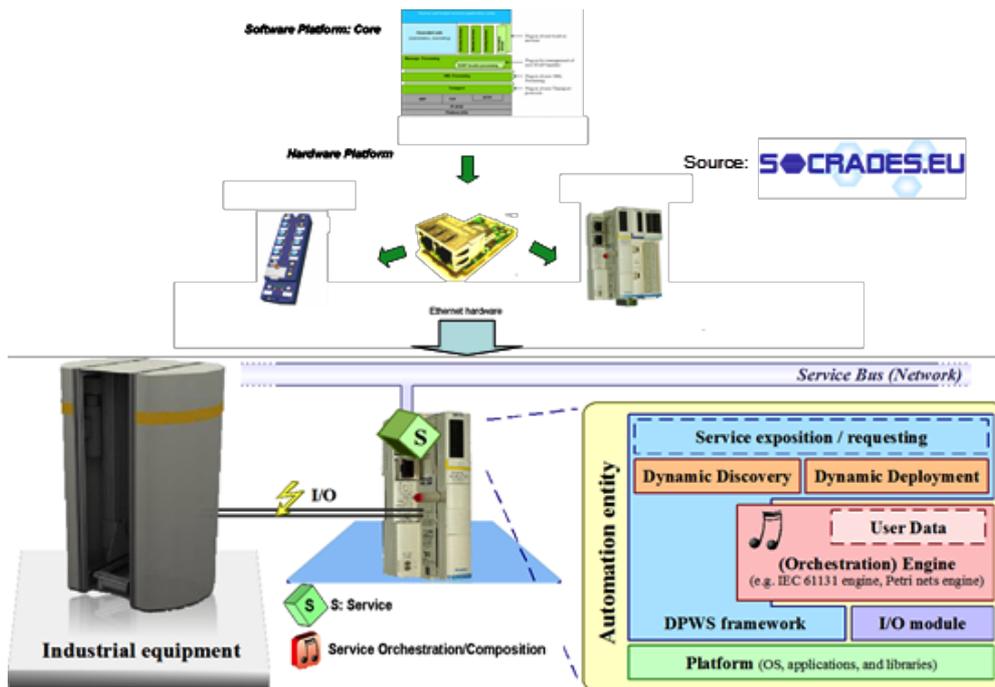


Abbildung 2: Virtualisierung von Produktionskomponenten mittels "Web Services". [19]

Solche "smarten" Fähigkeiten können in einer „peer-to-peer“ Beziehung existieren oder Ergebnis eines kollaborativen Verhaltens, das durch die Komposition bzw. Orchestrierung von „Services“ in einer Service-Fabrik-Cloud entsteht, sein.

Services, die sich in der Cloud befinden, sind nicht nur Ergebnis der Virtualisierung von strukturellen und dynamischen Eigenschaften oder Fähigkeiten von Maschinen, sondern auch von Produkten und anderen Produktkomponenten, und zwar auch dann, wenn sie sich noch im Entstehungsprozess befinden. Damit haben diese Produkte bereits im Entstehungsprozess die Fähigkeit, Einfluss auf das Produktionssystem zu nehmen.

Die Virtualisierung bzw. Umwandlung einer Enterprise-Architektur hin zu einer Fabrik-Service-Cloud (Abbildung 3) erfordert in der Praxis eine Migration von aktuell implementierten hierarchisierten IEC 62264-konformen Architekturen (Abbildung 1). Von der Sensor/Aktor-Ebene (Ebene 1) bis zur Ebene 4 müssen strukturelle und dynamische Eigenschaften als „Service“ angekündigt, zur Verfügung gestellt und von verschiedenen Komponenten und Systemen abgerufen bzw. komponiert und/oder orchestriert werden können.

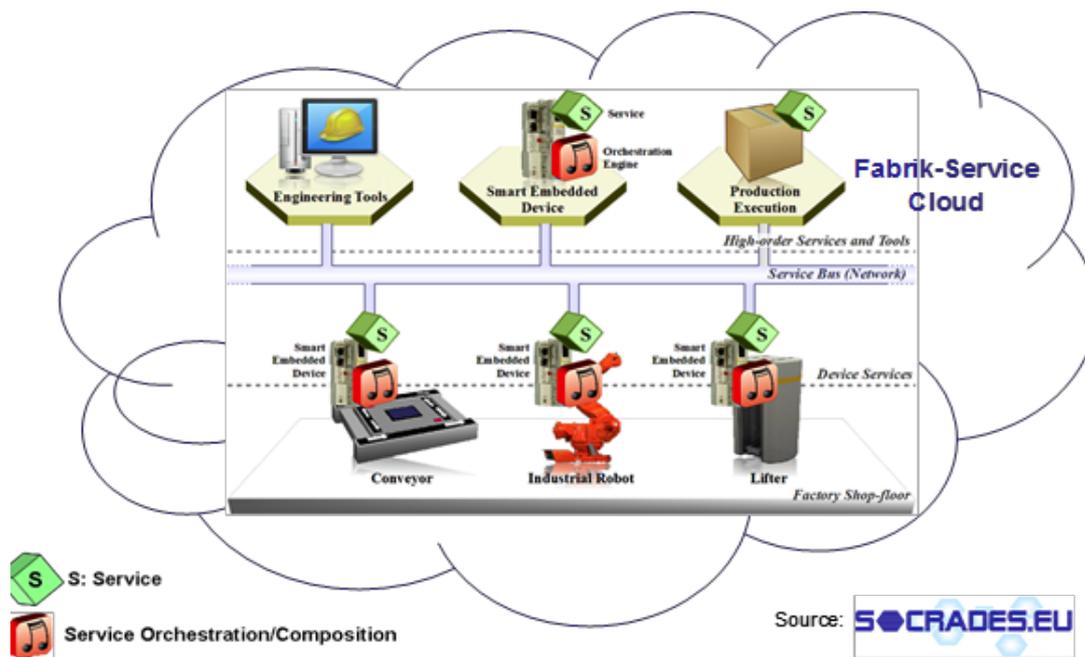


Abbildung 3: Die Fabrik transformiert in ein verteiltes servicebasierte “Cloud”

Folgendes Beispiel soll zur Verdeutlichung dienen (siehe auch Abbildung 4): Eine Palette mit einem Produkt befindet sich an einer Kreuzung des Transportsystems und hat drei verschiedenen Wegalternativen zu wählen: links, rechts und geradeaus. Die Entscheidung hängt vom Arbeitsplan (Information liegt im MES System (Level 3) vor), aber auch von der aktuellen Maschinenbelegung (Information liegt im SCADA (Level 2) vor) ab. Ein Faktor, der die Entscheidung beeinflussen sollte, ist z. B. der Energieverbrauch für den Transport in einer der drei genannten Materialflussmöglichkeiten. Transport-Module und Maschinen verfügen über Verbrauchsmessungen, die diese Daten als „Service“ in die Fabrik-Service-Cloud exponieren. Wenn die Palette serviceorientiert gebaut worden ist und eine SW-Komponente für Service-Orchestrierung beinhaltet, wird die Palette (Level 0 und 1/2) selbst in der Lage sein, Energieverbrauchs-Services zu komponieren und solche Ergebnisse mit den Services von den MES- und ERP-Systemen zu orchestrieren, um in Echtzeit die richtige Entscheidung zu treffen (dynamisches Re-scheduling unter effizienten Energieanforderungen). Bemerkung: Die in die Palette integrierte Service-Orchestrierung wandelt die Palette von einer einfachen mechatronischen Transportkomponente in ein Monitormodul mit der Fähigkeit z. B. Energie zu messen und die Daten auch als „Service“ in der Cloud zur Verfügung zu stellen.

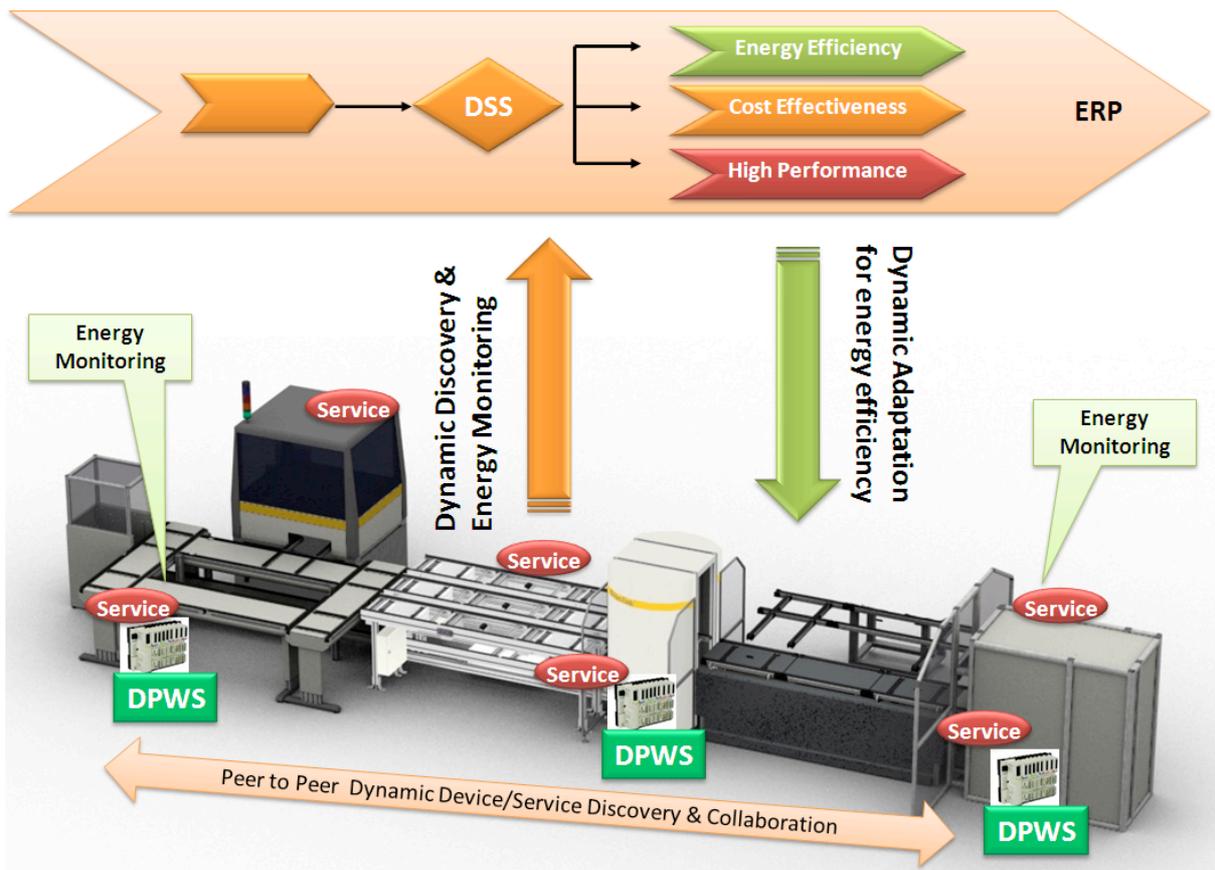


Abbildung 4: Die Fabrik als service-basiertes “Cross-Layer” Energie-Management-System aus Systemen [22]

In den zurückliegenden Jahren wurden auf internationaler und nationaler Ebene diverse Forschungsprojekte zu grundlegenden Themen des SOA-Einsatzes für Monitoring, Control und Cross-Layer Management komplexer Systeme sowie Virtualisierung umgesetzt. Einige dieser Projekte wurden bereits im Kapitel 1 referenziert.

5. Integrations- und Migrationskonzepte

Die Migration von heute eingesetzten “klassischen Automatisierungssystemen” hin zu neuen Konzepten, egal ob Service basiert oder nicht, wird nur erfolgreich sein, wenn der Endanwender „dort abgeholt wird, wo er heute ist“. Das bedeutet einerseits, dass die neue Lösung gewisse Mindestanforderungen wie:

- die neue Architektur sowie die Migrationsstrategie müssen die gleiche Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit wie das aktuelle Automatisierungssystem aufweisen,
- durch die Migration dürfen keine erhöhten Gefährdungen für das Personal, die Anlage oder den Prozess entstehen,
- nach der Migration muss die Anlage die gleiche oder gar eine verbesserte Performance, verlängerte Lebensdauer des Equipments, adäquates Alarm-Handling sowie eine Nutzergruppen-spezifische Bereitstellung von Informationen über das gesamte Produktionsmanagementsystem hinweg aufweisen,
- vom Einsatz Service orientierter Architekturen wird Möglichkeit dynamischer Änderungen und Umkonfiguration während des laufenden Betriebes erwartet,
- zur Risikoeingrenzung wird eine schrittweise Migration erwartet,
- die SOA basierte Lösung soll abgegrenzte, klassisch automatisierte Anlagenteile kapseln,
- Alarmer sind zu filtern,
- SOA basierte Geräte sowie die Verarbeitung der durch sie bereitgestellten Informationen für die Prozessindustrie sollen den Anforderungen der NE 107 genügen [20], es wird erwartet, dass sich die Diagnosemöglichkeiten gegenüber herkömmlichen Geräten verbessern,
- Es muss festgelegt werden, welche Geräte einzeln oder aber Bestandteil einer Gruppe, entsprechend einer Package Unit, integriert werden,

erfüllen muss. Andererseits müssen Konzepte für den schrittweisen Übergang (Migration) entwickelt und die Integration existierender Technologien möglich sein. Migration ist ein mehr oder minder langwieriger Prozess. Während dieses Prozesses kann es mehrere Integrationsstufen, auch mit unterschiedlichen Technologien, geben. Nachfolgend wird auf die Integration mittels Gateways und Mediatoren eingegangen.

Die Verwendung von Gateways ist eine praxiserprobte Technik für die Integration/Verbindung von an unterschiedlichen Netzwerken betriebenen Geräten. Sie werden eingesetzt, um Protokolle und Syntax von Daten entsprechend der geltenden Regeln

zu wandeln. Eine semantische Integration ist schwer zu erreichen. Sie sind jedoch geeignet, um Daten zentrierte Kommunikationskonzepte, welche aktuelle Feldbussysteme dominieren, und Service orientierte Ansätze zu verbinden. Der Einsatz von Gateways für diese Integration wurde und wird in den Projekten SOCRADES [19] und IMC-AESOP [6] untersucht.

Das Mediatorkonzept erweitert das des Gateways durch zusätzliche Funktionalitäten. Der Begriff des Mediators kam mit der Definition des Enterprise Service Busses (ESB) [21] auf und war ursprünglich mit der Funktionalität des Zusammenführens mehrerer Datenquellen verbunden. In dem hier betrachteten Zusammenhang wird der Mediator eingesetzt, um Daten aus nicht-Web Service fähigen Geräten oder auch Diensten einer SOA zusammenzuführen. Gegenüber den Eigenschaften eines Gateways ist der Mediator in der Lage, Daten oder Dienste mit Semantik anzureichern (Abbildung 5). Das wird durch die Unterstützung von Funktionen für die Verarbeitung der Daten aus diversen Quellen ermöglicht. Ein Mediator ist beispielsweise geeignet, um die für den Einsatz einer Package Unit typischen Dienste zur Verfügung zu stellen.

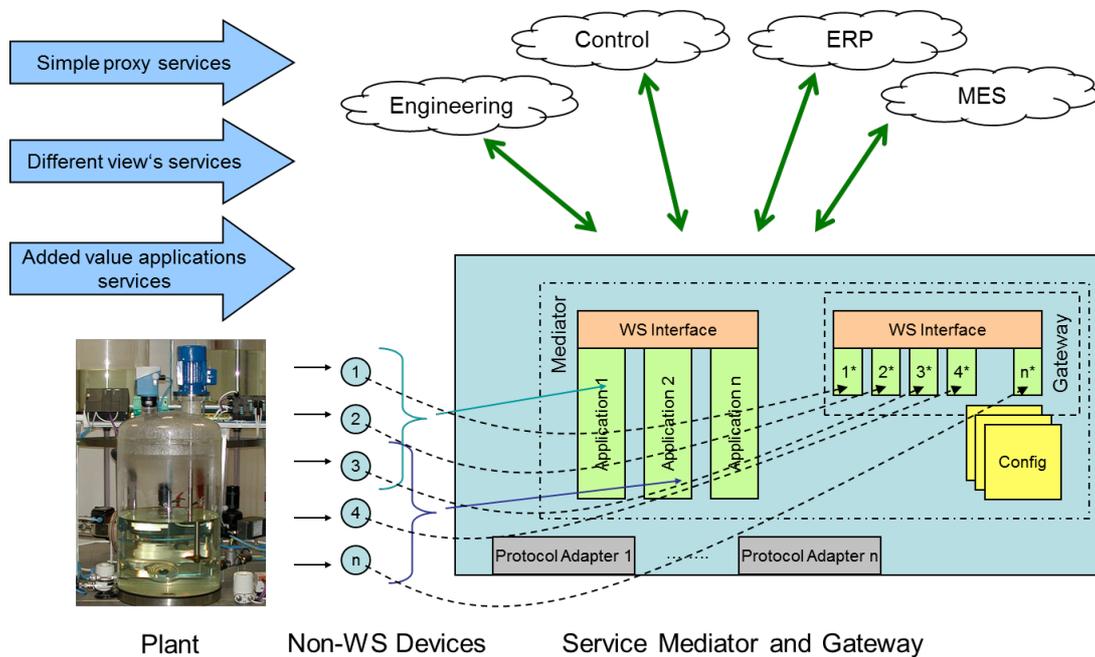


Abbildung 5: Gateway und Mediator Konzept

Auf Grund der Diversität der Daten bzw. die unterschiedlichen Sichten auf die Daten eines Gerätes, welche unterschiedliche Softwarekomponenten eines Produktionsmanagementsystems benötigen, werden Integrationskomponenten typischerweise als Kombination von Gateway und Mediator realisiert. Für die Integration von Retro-fit Anlagenteilen oder SOA basierte Package Units in klassische Automatisierungssysteme kann es sinnvoll sein, die Funktionalität eines Gateways oder Mediators derart zu gestalten, dass Dienste auf Datenstrukturen abgebildet werden.

Innerhalb eines Migrationsprozesses wird die Betriebsphase von Beginn an von den beschriebenen Funktionalitäten profitieren. Das Engineering wird durch eine schrittweise Vorgehensweise charakterisiert sein:

- Definition von Diensten zur Repräsentation der Funktionalitäten eines Gerätes oder Systems,
- Separate Engineeringschritte für klassisch automatisierten Teil der Anlage,
- Engineering des SOA basierten Gesamtsystems, basierend auf den in Schritt 1 definierten Diensten.

Für das Gateway und den Mediator selbst sind separate Konfigurationsschritte erforderlich. Es ist empfehlenswert, dass die Inbetriebnahme ebenfalls in mehreren Schritten erfolgt – angefangen bei der Inbetriebnahme isolierter Anlagenteile, gefolgt von deren Integration in das Gesamtsystem.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Heutige Industrieanlagen sind in einer hierarchischen Weise zusammengesetzte Systeme (Abbildung 1). Zukünftige industrielle Infrastrukturen werden komplexe System oder gar Systeme von Systemen sein, die eine neue Generation von heute kaum realisierbaren Anwendungen ermöglichen werden. Diese multidisziplinären neuen Infrastrukturen stellen dynamische Cyber-Physicalische Systeme von vielen Komponenten und Diensten dar (Abbildung 6).

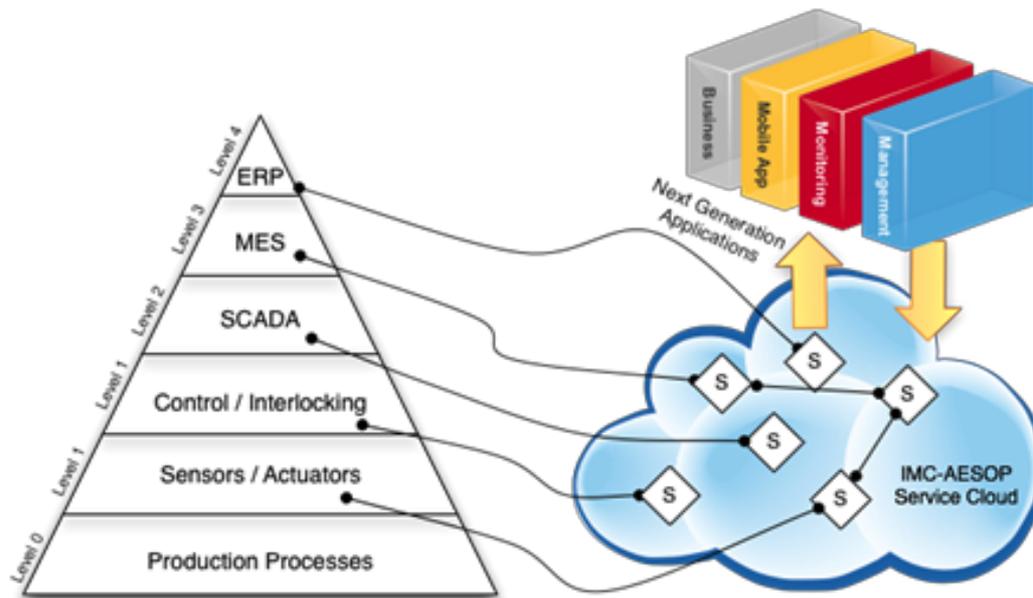


Abbildung 6: Visionäre Cloud-basierte Cyber-Physische Dienstkomposition

Durch Service orientierte Architekturen, ist es möglich, Funktionalitäten von Systemkomponenten als Dienste in der Cloud zu realisieren. Die Autoren sehen Potentiale in diesen flachen informationstechnischen Architekturen und der Integration von traditionellen hierarchischen Teilsystemen. Hierfür sind geeignete Aufteilungen zwischen Virtualisierung und physikalischen Komponenten zu finden. Künftige Generationen von industriellen Anwendungen werden durch mehr Flexibilität und schnellere Entwicklungszeiten charakterisiert sein.

7. Acknowledgement

Die Autoren danken der Europäischen Kommission und den Partnern der Projekte „SOCRADES – Service-Oriented Cross-layer infRAstructure for Distributed smart Embedded devices“ (EU FP6 IST-5-034116 IP) und "IMC-AESOP – ArchitecturE for Service-Oriented Process – Monitoring and Control" (EU FP7 INFSo-ICT- 258682 IP) für ihre Unterstützung. Weiterhin wird dem BMBF sowie den Partnern des Projektes „SIVICO-SCADA - Sichere,

internetbasierte, virtualisierte Komponenten eines SCADA-Systems zur Prozessüberwachung von dezentralen Anlagen der kommunalen Wasserwirtschaft“ (BMBF KMU-Innovativ 01IS11024B) für die Unterstützung gedankt.

8. Literatur

- [1] Bohn, H.; Bobek, A.; Golasowski, F.: SIRENA – service infrastructure for real-time embedded networked devices: A service oriented framework for different domains. In: Proc. of the International Conference on Networking, Systems, Mobile Communications and Learning Technologies, page 43. IEEE Computer Society, 2006.
- [2] de Deugd, S.; Carroll, R.; Kelly, K. E.; Millett, B.; Ricker, J.: SODA: Service Oriented Device Architecture. Pervasive Computing, IEEE, 5(3), 94-96, july-sept. 2006.
- [3] Colombo, A. W.; Karnouskos, S.: Towards the factory of the future: A service-oriented cross-layer infrastructure. In: ICT Shaping the World: A Scientific View, volume 65-81. European Telecommunications Standards Institute (ETSI), John Wiley and Sons, 2009.
- [4] Karnouskos, S.; Baecker, O.; de Souza, L. M. S.; Spiess, P.: Integration of SOA-ready networked embedded devices in enterprise systems via a cross-layered web service infrastructure. In: Proceedings of 12th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA 2007, Patras, Greece, pages 293-300, September 25–28, 2007.
- [5] Karnouskos, S.; Savio, D.; Spiess, P.; Guinard, D.; Trifa, V.; Baecker, O.: Real World Service Interaction with Enterprise Systems in Dynamic Manufacturing Environments. In: L. Benyoucef and B. Grabot (editors): Artificial Intelligence Techniques for Networked Manufacturing Enterprises Management, number ISBN 978-1-84996-118-9. Springer, 2010. (in press).
- [6] <http://www.imc-aesop.eu/>
- [7] <http://www.siviko-scada.de/>
- [8] IEC 62264-3, Enterprise-Control System Integration – Part 3: Activity Models of Manufacturing Operations Management (2007)

- [9] "Manufacturing Execution Systems (MES): Industry Specific Requirements and Solutions", German Electrical and Electronic Manufacturers' Association, 2011, ISBN: 978-3-939265-23-8.
- [10] <http://www.opcfoundation.org/>
- [11] <http://www.plcopen.org/>
- [12] http://www.plcopen.org/pages/tc4_communication/index.htm
- [13] Fechner, A., Kazakov, D., Riedl, M., „Middleware für gemischt horizontale und vertikale Integration in der Automatisierungstechnik“, Automation 2011, Baden-Baden, Germany, Jun 2011
- [14] S. Karnouskos and A. W. Colombo, "Architecting the next generation of service-based SCADA/DCS system of systems", in 37th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2011), Melbourne, Australia, Nov 2011.
- [15] H. Bohn, A. Bobek, and F. Golatowski, SIRENA -service infrastructure for real-time embedded networked devices: A service oriented framework for different domains, in Proc. of the International Conference on Networking, Systems, Mobile Communications and Learning Technologies. IEEE Computer Society, 2006, p. 43.
- [16] S. de Deugd, R. Carroll, K. E. Kelly, B. Millett, and J. Ricker, SODA: Service Oriented Device Architecture, Pervasive Computing, IEEE, vol. 5, no. 3, pp. 94-96, Jul-Sep. 2006.
- [17] Karnouskos, S.; Colombo, A. W.; Jammes, F.; Delsing, J.; Bangemann, Th.: Towards an Architecture for Service-Oriented Process Monitoring and Control. IECON 2010, Phoenix, USA, November 07-10, 2010.
- [18] A. W. Colombo, S. Karnouskos, and J. M. Mendes, Factory of the Future: A Service-Oriented System of Modular, Dynamic Reconfigurable and Collaborative Systems, in Artificial Intelligence Techniques for Networked Manufacturing Enterprises Management, L. Benyoucef and B. Grabot, Eds. Springer, 2010, no. ISBN 978-1-84996-118-9, (in press).
- [19] <http://www.socrades.eu>

- [20] Diedrich, Ch.; Bangemann, Th.: PROFIBUS PA Instrumentation Technology for the Process Industry. Oldenbourg Industrieverlag, 2007, ISBN-13 978-3-8356-3125-0
- [21] Colombe Hérault, Gaël Thomas, and Philippe Lalanda: "Mediation and Enterprise Service Bus: a position paper" in First International Workshop on Mediation in Semantic Web Services (MEDIATE 2005).
- [22] Karnouskos, A. W. Colombo, J. L. Martínez Lastra, C. Popescu, "Towards the energy efficient future factory", in 7th IEEE International Conference on Industrial Informatics INDIN 2009, Cardiff, UK, pp. 367-371.