

## **White paper**

### **Wandlungsfähige Informationstechnik in der Fabrik**

Olaf Sauer, Jürgen Jasperneite

Karlsruhe, im Sommer 2010

## **Wandlungsfähige Informationstechnik in der Fabrik**

### **Ausgangssituation in der produzierenden Industrie**

Produktionsanlagen befinden sich heute im ständigen Wandel, und dieser Trend wird sich in Zukunft deutlich verstärken. Die Vielfalt der Einflussfaktoren, die auf Unternehmen einwirkt, kann bezogen auf die Produktionstechnik nicht mehr vorgedacht werden. Eine Strategie des Maschinen- und Anlagenbaus, um diese Herausforderungen künftig zu begegnen, ist Wandlungsfähigkeit. Hierunter wird in Abgrenzung zur Flexibilität das Vermögen einer Fabrik verstanden, „ausgehend von externen oder internen Auslösern aktiv strukturelle Veränderungen auf allen Ebenen bei geringem Aufwand durchführen zu können“ [5, S. 14], d.h. auf Änderungsbedarf selbständig zu reagieren.

Die Forderung nach Wandlungsfähigkeit betrifft alle Ebenen der Fabrik – vom Sensor auf der Fertigungsebene über die Visualisierung einer Fertigung auf der Fertigungsleitebene bis zur Berechnung von Kennzahlen auf der Unternehmensleitebene [1]. Heute existieren auf jeder Ebene diverse heterogene Softwaresysteme mit meist proprietären Schnittstellen, die bei jeder Änderung angepasst oder umprogrammiert werden müssen. Denjenigen IT-Systemen, die den operativen Betrieb einer Fabrik steuern und überwachen, sind IT-Systeme der Digitalen Fabrik vorgelagert, in denen die Planungsdaten einer Fabrik abgelegt und verwaltet werden. Änderungen werden oftmals hier eingefügt und dann in die reale Welt eingebracht. Diese Systemwelten zwischen Planung und produktionsnaher IT wachsen seit einiger Zeit zusammen [2].

Wandlungsfähigkeit betrifft ferner alle Objekte der Fabrik: vom einzelnen Feldgerät bis zum kompletten Werk [3, 5] – Änderungen an einzelnen Instanzen können umfangreiche Auswirkungen auf allen Ebenen der Fabrik haben. In der Praxis führen Änderungen an Produktionsanlagen nicht nur zum räumlichen ‚Verschieben‘ von Anlagen innerhalb eines Werkes [4], sondern vermehrt zu Software-Anpassungen (siehe rote Hervorhebungen in Bild 1), z.B.

- aufgrund von eingebetteter Software in Feldgeräten, die über den Feldbus verbunden sind, z.B. in Sensoren, Aktoren, Antrieben, Ventilen, etc.,
- an der steuernden Software von Maschinen und Anlagen, z.B. speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPSen),
- an der Software, die den unmittelbaren Anlagensteuerungen überlagert ist, z.B. Manufacturing Execution Systeme - MES.

Der Fokus der hier beschriebenen Arbeiten liegt darauf, Wandlungsfähigkeit in den produktionsnahen Softwarekomponenten durchgängig über die verschiedenen Ebenen der Fabrik und für die betroffenen Objekte zu ermöglichen.

<b>Klassifizierung nach...</b> <b>Strukturierungsebene</b>	<b>Technologie</b>	<b>Organisation</b>	<b>Logistik</b>
<b>Fabrik (Standort, Werkentwicklung)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fabrikstruktur</li> <li>• Gebäudeplanung</li> <li>• Medienversorgung</li> <li>• Erweiterungen</li> <li>• <b>Kennzahlen, z.B. OEE</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Aufbau- und Ablauforganisation</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zulieferernetzwerk</li> <li>• Grundstücksanbindung</li> <li>• Transportanbindung</li> <li>• Gebäudeentwicklung</li> </ul>
<b>Segment, Insel (Halle)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Kapazität von Fertigung und Materialfluss</b></li> <li>• <b>Informationstechnik</b></li> <li>• Medienversorgung, Energieverteilung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produktionskonzept</li> <li>• Lagerkonzept</li> <li>• <b>Produktionssteuerungskonzept</b></li> <li>• Arbeitsorganisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Layout</li> <li>• Hauptmaterialfluss</li> <li>• Interne Logistik</li> <li>• <b>Versorgungskonzept</b></li> </ul>
<b>System, Linie, Zelle (Arbeitsumgebung)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transportmittel</li> <li>• Lager-/Puffertechnik</li> <li>• <b>Ausstattung der Linie</b></li> <li>• <b>Beschreibung für MES*</b></li> <li>• <b>Mitarbeiterinformation</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operationale Struktur</li> <li>• Personalfluß, Materialfluß</li> <li>• <b>Informationsfluss</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Layout</li> <li>• <b>Materialfluss und -versorgung</b></li> <li>• <b>Mitarbeiterinformationssysteme</b></li> </ul>
<b>Station (Arbeitsplatz)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fertigungstechnologie</li> <li>• Werkzeuge und Werkstücke</li> <li>• Anlagen, Sensorik</li> <li>• <b>SPS-Programm, anlagen-nahe Visualisierung</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Nutzerorientierte Informationsbereitstellung</b></li> <li>• <b>Qualitätssicherungskonzept</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsplatzgestaltung</li> <li>• Arbeitsbedingungen</li> <li>• <b>Unterstützung, z.B. Pick-by-light</b></li> </ul>
<b>Einzelne Komponenten (Elemente des Arbeitsplatzes)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feldgeräte</li> <li>• <b>Feldbussysteme</b></li> <li>• <b>Sensorik, Aktorik</b></li> <li>• <b>Firmware</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ‚Hardware‘-Standards</li> <li>• <b>‚Software‘-Standards</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Standards</li> </ul>

\*MES = Manufacturing Execution System

Bild 1: Fabrikobjekte, die der Wandlung unterliegen (in Anlehnung an [3, 5])

Bisher ging man von einem pyramidenähnlichen Aufbau der Informationstechnik in Produktionsunternehmen aus (Bild 2, [6]). Der Aufbau der ‚Automatisierungspyramide‘ resultierte ehemals aus der Menge und dem Bedarf der anfallenden Informationen, sowie deren Zeitanforderungen auf den verschiedenen Ebenen, z.B. prozessorientierte Informationsverarbeitung in Echtzeit auf der Fertigungsebene, Batch-orientierte oder benutzerorientierte Informationsverarbeitung auf der Unternehmensleitebene. Aufgrund der zunehmenden Durchdringung mit Informationstechnik auf allen Hierarchieebenen der Fabrik kristallisiert sich heute heraus, dass die Informationsströme über alle Ebenen der Fabrik zunehmen und sich damit die Notwendigkeit eines neuen Referenzmodells der industriellen Informationsarchitektur ergibt [6], das die drei Dimensionen vertikaler und horizontaler Integration sowie die Integration über den Lebenszyklus von Produktionsanlagen abbilden muss. Einige Beiträge zu diesem Informationsmodell werden in diesem Artikel beschrieben und zwar für folgende Aspekte: auf der Fertigungsleitebene haben sich mit den Manufacturing Execution Systemen (MES) inzwischen mächtige Softwaresysteme etabliert, ohne die die Komplexität der vernetzten Produktionsprozesse nicht zu beherrschen ist. In Bezug auf ihre Befähigung zur Wandlungsfähigkeit ist ihre systematische Verknüpfung mit Systemen der Digitalen Fabrik (Dimension Lebenszyklus) und der Automatisierungstechnik auf der Feldebene (Dimension vertikale Integration) erforderlich, und zwar zwingend unter Nutzung ebenenübergreifender Syntax und Semantik [6].

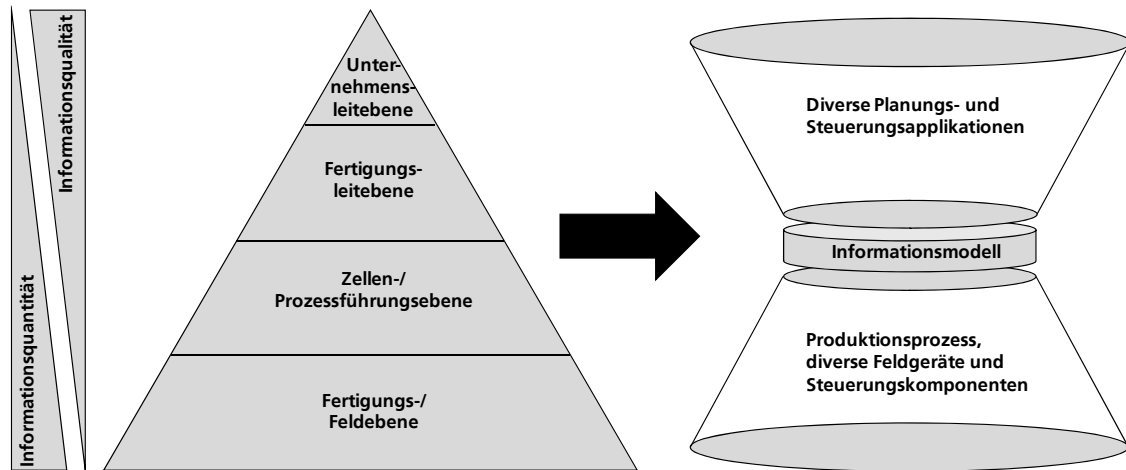


Bild 2: Veränderung der Informationsarchitektur in der Fabrik (siehe [7]).

### Ziele laufender Forschungs- und Entwicklungsarbeiten

Ziel laufender F&E-Projekte ist es, Methoden und Werkzeuge sowie Konzepte für Informations- und Softwarearchitekturen zu entwickeln, die eine durchgängige und konsistente Datenweitergabe bei Änderungen in einer der beteiligten Hierarchieebenen der Fertigung an die anderen Teilnehmer der Fabrik, z.B. Feldgeräte, Anlagen, IT-Systeme, ermöglicht. Damit zielen auch die Arbeiten an der Software einer Fabrik auf die bekannten ‚Wandlungsbefähiger‘ [5, S. 126]:

- Universalität: Einsatz der Softwarelösungen in der diskreten und der kontinuierlichen Fertigung, unabhängig von Branchenlösungen,
- Mobilität: Möglichkeit des Verschiebens von Softwaremodulen zwischen beliebigen Hardware-Plattformen,
- Skalierbarkeit: Einsatz der entwickelten Methoden und Softwarebausteine auf Anlagen-, Zellen- oder Linienebene,
- Modularität: keine monolithische Lösung, z.B. bezüglich der Datenhaltung, sondern modular aufgebaute und wiederverwendbare Softwarelösungen,
- Kompatibilität: Offenheit und Übertragbarkeit der erarbeiteten Lösungen bzgl. Feldbus, Betriebssystem, Firmware, etc.

### Szenarien für Wandlungsfähigkeit von Software in der Fabrik

Folgende Anwendungsfälle skizzieren exemplarisch die Anforderungen an wandlungsfähige Softwarekomponenten in der Fabrik:

- In den beteiligten Planungssystemen (Mechanik, Elektrik, SPS-Programmierung) werden Änderungen eingefügt, die möglichst automatisch und konsistent in die Feld- und MES-Ebene weiter geleitet werden müssen.
- Ein neues vernetzbares Feldgerät, z.B. ein Antrieb, mit einer neuen Firmware-Version wird in das Produktionssystem eingebracht. Das neue Gerät muss automatisch Netzwerkkonnektivität erhalten und in den relevanten angeschlossenen Teilsystemen bekannt gemacht werden. Die beteiligten Systeme müssen entsprechend aktualisiert werden.

- Ein unkonfiguriertes Feldgerät wird in das Produktionssystem eingebracht, z.B. in dem Fall, dass es aufgrund eines Fehlers des alten Geräts schnell ausgetauscht werden muss. Das Feldgerät muss nun aufgrund der in den Softwarekomponenten befindlichen Informationen individualisiert und parametrisiert werden.
- Eine Produktionsanlage wird umgebaut oder modifiziert, weil eine neue Produktvariante gefertigt werden soll. Die Steuerungs-/Software-relevanten Änderungen sind zu detektieren und automatisch an alle beteiligten Systeme zu propagieren.
- Nach Umbau einer Anlage sollen Softwarekomponenten zur Prozesssteuerung unter Einhaltung bestimmter Kriterien, z.B. Echtzeitfähigkeit, Verfügbarkeit, zwischen den dezentralen Steuerungen verschiebbar sein.
- Eine MES-Funktionalität wird eingefügt oder geändert, z.B. die Visualisierung eines bis dahin nicht benötigten Sachverhaltes. Die Visualisierung soll automatisch erstellt werden, der Zugriff auf die benötigten Informationen aus der Feldebene soll ebenfalls automatisch erfolgen.

### **Wandlungsfähigkeit von Software auf der Feldebene**

Feldgeräte werden durch Fortschritte bei eingebetteten Systemen immer „intelligenter“: aus Gründen der Produktdifferenzierung statten die Hersteller sie mit zusätzlichen Steuerungs-, Diagnose- und Netzwerkfunktionen aus. Hierdurch können Aufgaben, die vorher in einer zentralen Steuerung ausgeführt wurden, nun durch die Feldgeräte selbst übernommen werden. Hierzu gehören beispielsweise neben einer IEC-1131 Steuerungsfunktion auch SQL-Clients, mit deren Hilfe ein Feldgerät selbständig in der Lage ist, Auftrags- oder Maschinendaten mit einer Datenbank in der Fertigungs- oder Unternehmensleitebene auszutauschen.

Das führt zum Einen zu einer verteilten Prozessdatenverarbeitung, die in der Anwendung die Systemkomplexität deutlich erhöht. Auch lassen sich die so entstehenden Geräte nicht mehr eindeutig den klassischen Ebenen der Automatisierungspyramide (Bild 2) zuordnen. Zum Anderen erlauben diese intelligenten Feldgeräte modulare Aufbaukonzepte von Maschinen und Anlagen und unterstützen damit die Forderung nach höherer Wandlungsfähigkeit.

Der ebenenübergreifende Informationsaustausch setzt eine entsprechende physikalische Kommunikationsarchitektur voraus. Die heutige Situation ist geprägt von vielen drahtgebundenen und drahtlosen Kommunikationssystemen. Häufig kommen aufgrund funktionaler Anforderungen mehrere Feldbussysteme gleichzeitig in einer Produktionsanlage zum Einsatz. Der Übergang von einem Kommunikationssystem zum anderen macht Gateways erforderlich, die entsprechend konfiguriert werden müssen. So entsteht schon auf der Kommunikationsebene ein heterogenes Teilsystem ohne die erforderliche Wandlungsfähigkeit. Echtzeit-Ethernet als zweite Generation der industriellen Kommunikation ermöglicht die Fortsetzung des in den Bürobereichen ohnehin verwendeten Ethernet bis in die Feldebene und schafft damit erstmals eine durchgängige physikalische Kommunikationsstruktur. Echtzeit-Ethernet ist damit ein „Wandlungsbefähiger“ für flexiblen und durchgängigen Datenaustausch.

Vor dem Start der Kommunikation benötigt jeder Ethernet-basierte Teilnehmer jedoch eine eindeutige MAC-/IP-Adresse. Das wiederum macht einen manuellen Engineering-Schritt erforderlich, z.B. eine Gerätetaufe oder eine IP-Adressvergabe, und schränkt damit die erreichbare Wandlungsfähigkeit ein. Hier schaffen Verfahren der Autokonfiguration Abhilfe, bei denen die Teilnehmer beispielsweise nach dem Systemanlauf automatisch eine topologische Adresse erhalten [10]. Da die Prozessdatenkommunikation bei Echtzeit-Ethernet üblicherweise auf OSI-Schicht 2 stattfindet, kann mit diesem Verfahren für die lokal kommunizierenden Feldgeräte auf die ohnehin knappen IP-Adressen verzichtet werden. Außerdem haben topologische Adressen einen großen Vorteil bei der Netzdiagnose, da eine Korrelation zwischen dieser Adresse und dem Einbauort einfach hergestellt werden kann.

### **Software-Entwicklung auf der Feldebene**

Die physikalische Durchgängigkeit und Plug-and-Work-Funktionalität auf der Feldebene reichen zur echten Wandlungsfähigkeit jedoch noch nicht aus. In den oben skizzierten Szenarien entstehen durch den Anlagenumbau neue Softwaremodule und Prozessgrößen, einige Prozessgrößen werden nicht mehr oder auf andere Weise erfasst. Das führt zu Änderungen an den beteiligten SPSen, die heute durch manuelles Engineering adressiert werden.

Mit der heutigen Steuerungstechnik benötigt der Softwareentwickler Kenntnisse über die Variablen, Methoden (zentrales Steuerungskonzept) oder Netzwerkvariablen (dezentrales Steuerungskonzept) der betroffenen Software-Module (siehe Bild 3 links). Weiterhin ist das Hinzufügen oder Verlagern von SW-Modulen problematisch. Hier können Middleware-Ansätze Abhilfe schaffen, z.B. DDS, OPC-UA, OSACA, die die Verteilung der Software-Module auf SPSen bzw. die Hardwareplattform durch eine Softwareschicht auf der SPS abstrahieren. Dadurch können Software-Module, und damit auch SPSen, hinzugefügt bzw. entfernt werden, ohne dass eine Änderung an der Software selbst nötig wird. Aber auch in diesem Fall müssen die Schnittstellen der anderen SW-Module bekannt sein (siehe Bild 3 Mitte). Daher schlagen die Autoren einen neuen Ansatz vor, bei dem die einzelnen Software-Module nicht mehr direkt miteinander kommunizieren, sondern zum Entwurfszeitpunkt gegen physikalische Größen eines Systemmodells (siehe Bild 3 rechts) programmiert werden. Damit werden die Softwaremodule von den SPSen entkoppelt und ein klarer Bezug zu Prozessgrößen der Anlage für den Softwareentwickler hergestellt.

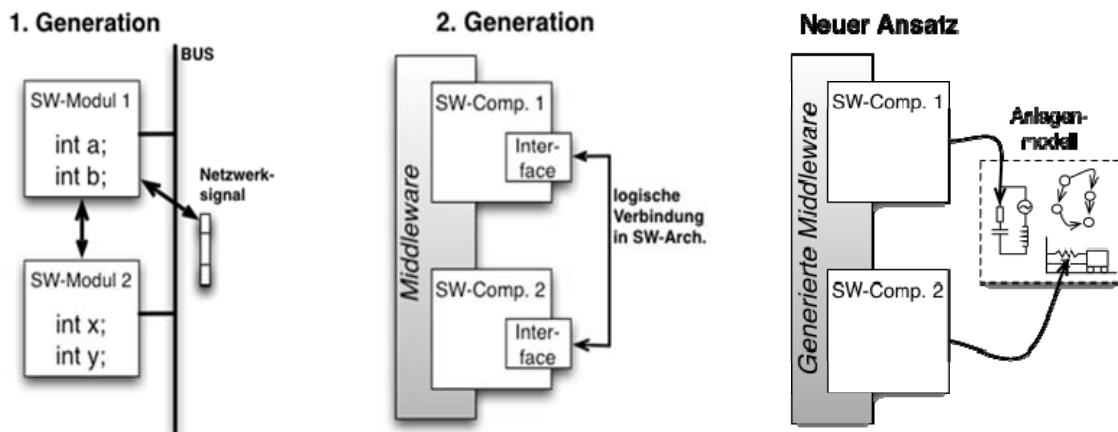


Bild 3: Vorgehen bei der Softwareentwicklung in verteilten Automatisierungsstrukturen [9]

Dazu müssen Software-Module mobil sein, d.h. dass sie von einer Hardware-Plattform auf eine andere verschoben werden können. Der Ablauf bei einem Produktwechsel und einer dadurch bedingten Änderung an einer Produktionsanlage sei wie folgt (Bild 4): es wird davon ausgegangen, dass ein Systemmodell der bestehenden Anlage vorliegt. Es sei weiter angenommen, dass bei einem anstehenden Produktwechsel neue Prozessmodule eingefügt und entfernt werden müssen. Dieser Vorgang erfolgt durch ein Engineering-Werkzeug, das in der Lage ist, ein aktualisiertes Systemmodell zu erzeugen. Dieses Systemmodell kann nun offline verifiziert und validiert werden. Anschließend erfolgt der mechanische Umbau der Anlage durch Austausch der Prozessmodule. Nach dem Umbau wird die Anlage eingeschaltet und die Automatisierungstechnik wird auf das aktuelle Systemmodell ohne Benutzerintervention adaptiert. Hierdurch ist ein schneller Produktwechsel bei minimaler Umrüstzeit der Anlage erzielt.

Bild 4 verdeutlicht zugleich das zugehörige grundlegende Vorgehen bei der Modifikation automatisierungsrelevanter Komponenten der Anlage. Es sind also Systemmodelle zu entwickeln und zu nutzen, um

- (i) eine neue Komponente (SW oder HW) virtuell in die Anlage zu integrieren,
- (ii) die Auswirkungen der Modifikation auf die Software und auf die Automatisierungstechnik mittels Analysemethoden und mittels Analyse zu überprüfen und
- (iii) eine möglichst wiederverwendbare Implementierung der Softwaremodule zu erstellen.

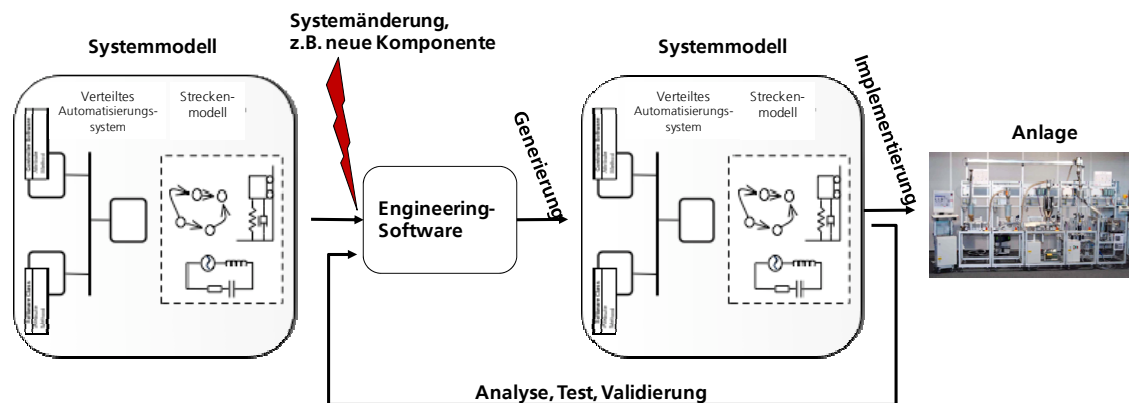


Bild 4: Das Vorgehen bei einer modellbasierten Anlagenmodifikation

## **Wandlungsfähigkeit von Software auf der Fertigungsleitebene**

Die schnelle Anpassung produktionsnaher Informationstechnik an Änderungen, die in der Fabrikplanung oder unmittelbar in der Fabrik erfolgen, wird bislang in Forschungsprojekten nicht systematisch untersucht. Zwar wird darauf hingewiesen, dass MES-Systeme auf Änderungen reagieren müssen, hier sind jedoch meist die Ergebnisse von MES-Systemen adressiert und nicht die Änderung der Systeme selbst. Häufig sind Softwareagenten dafür eine geeignete Technologie. Einen umfassenden Überblick über die Möglichkeiten von Softwareagenten und ihren Einsatz im Fertigungsumfeld gibt [11]. Allerdings sind auch hier nur einzelne Aspekte von Wandlungsfähigkeit angesprochen.

Ein Schwerpunkt des oben geforderten Informationsmodells (Bild 2) ist es, Daten, die zur Projektierung produktionsnaher IT-Systeme erforderlich sind, in einem neutralen Austauschformat aus verschiedenen Planungssystemen, die Maschinen- und Anlagenhersteller nutzen, auszulesen und der MES-Projektierung zur Verfügung zu stellen, und zwar möglichst systemunabhängig. Zwei gängige Industriestandards haben sich dafür als geeignet herausgestellt: zur Beschreibung der statischen Eigenschaften von Produktionsanlagen CAEX (Computer Aided Engineering Exchange) nach IEC PAS 62424 [12] und OPC-UA für dynamische Komponenten.

Dazu stellen Maschinen- und Anlagenbauer Beschreibungen ihrer Anlagen aus mechanischer und elektrischer Anlagenkonstruktion sowie der Steuerungsprogrammierung als beliebige Beschreibungen zur Verfügung. Diese herstellerspezifischen Daten können zusätzlich angereichert werden um Informationen, die der Anlagenbetreiber liefert, z.B. aus den Werkzeugen seiner übergreifenden Elektroplanung sowie seiner Materialfluß- und Layoutplanung. Damit ist eine durchgängige Engineering-Kette [13] von der mechanischen Konstruktion über die E-Planung bis zur MES-Projektierung geschaffen.

Falls Layouts bereits in ‚strukturierter Form‘ vorliegen - d.h. deren Elemente als einzeln adressierbare Objekte abgelegt sind – werden aus Layouts zielgerichtet Elemente für Anlagenvisualisierungs- bzw. Prozessführungsbilder abgeleitet. Auch diese Daten können zunächst in einem beliebigen, proprietären XML-Format abgelegt sein. Für diese ‚Rohdaten‘ wurde ein Treiber entwickelt (Bild 5), der sie in CAEX übersetzt, einschließlich einheitlicher Struktur- und Semantikinformatoren der Produktionsanlagen. Eine Middleware übersetzt dann die CAEX-Daten in eine systemunabhängige CAEX-Datei, die als globaler Namensraum eines OPC-UA-Servers dient. Außerdem setzt die Middleware die CAEX-Informationen in MES-relevante Informationen um; beliebige MES-Systeme können dann entweder mit Hilfe eines Viewers die für sie relevanten Daten aus der Middleware auslesen oder die für ihre Projektierung erforderlichen Daten anfordern, und zwar bei der Neuplanung von Anlagen, vor allem aber bei jeder Änderung im laufenden Betrieb. Visualisierungsrelevante Daten werden gesondert ‚behandelt‘, so daß beispielsweise Prozessführungsbilder automatisch aus den CAEX-Informationen generiert werden.



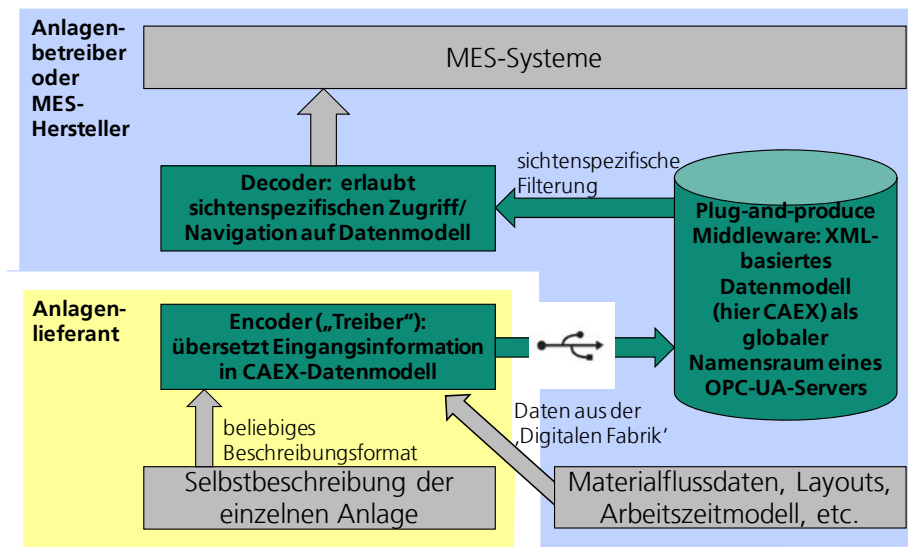


Bild 5: Übersicht über das entwickelte Verfahren zur systemunabhängigen Verbindung zwischen Produktionsanlagen und MES-Systemen [14]

### Verbindung von MES mit der digitalen Fabrik

Die Grundlagen der Digitalen Fabrik werden in der VDI-Richtlinie VDI 4499 [15] definiert. [16] befasst sich mit der Anwendung der Digitalen Fabrik im Anlauf und im laufenden Produktionsbetrieb – dem Digitalen Fabrikbetrieb. Der Digitale Fabrikbetrieb bezeichnet „die Nutzung und das Zusammenwirken von Methoden, Modellen und Werkzeugen der Digitalen Fabrik, die bei der Inbetriebnahme einzelner Anlagen, dem Anlauf mehrerer Anlagen und der Durchführung realer Produktionsprozesse eingesetzt werden. Ziele sind die Absicherung und Verkürzung des Anlaufs sowie die betriebsbegleitende und kontinuierliche Verbesserung der Serienproduktion. Dazu wird das dynamische Verhalten einzelner Produktionsanlagen und komplexer Produktionssysteme und -prozesse einschließlich der Informations- und Steuerungstechnik realitätsnah abgebildet. Virtuelle und reale Komponenten können dabei miteinander gekoppelt sein [16].“

Um durchgängige Wandlungsfähigkeit für Software in der Fabrik zu erreichen – je nach Änderung in der Digitalen Fabrik oder operativen IT-Systemen – sind folgende Punkte zu realisieren: Produktionsanlagen existieren real oder in Simulationssystemen bzw. in einer virtuellen Welt. SPSen steuern diese Anlagen. Auch diese Steuerungen können real oder virtuell sein. Schon im Digitalen Fabrikbetrieb sollte die reale Kommunikationsart zwischen den Steuerungen und den Anlagen genutzt werden, damit auch Modelle der virtuellen Welt die Realität optimal widerspiegeln und als Testgrundlage für sie dienen.

„Oberhalb“ dieser Steuerungen gibt es häufig sogenannte Leitrechner. Ihre Aufgabe ist es, die Produktion zu überwachen, bei Fehlern zu alarmieren und steuernd in den Prozess einzugreifen. Heute wird die Leittechnik an der realen Produktionsanlage evaluiert. Erkannte Fehler führen zu zeit- und kostenintensiven Korrekturen an der realen Anlage oder am realen IT-System.

Zukünftig wird die Fehlersuche stattdessen in die virtuelle Welt verlagert. Bei heutigen Systemen zur Virtuellen Inbetriebnahme, z.B. WinMod, Delmia Automation, etc., können

reale SPSEN ebenso angeschlossen werden wie ihre virtuellen Repräsentationen, sog. Soft-SPSEN. Sie kommunizieren mit dem Leitsystem. Dabei ist es von Nutzen, dass ein Leitsystem keinen Unterschied zwischen virtueller und realer Steuerung bzw. Anlage kennt. Schon in der Planungsphase steht der volle Leistungsumfang eines Leitsystems zur Verfügung und kann zu diesem Zeitpunkt bereits genutzt werden.

Um Änderungen laufend zu erkennen, ist für Softwarekomponenten ein Änderungsmanagement vorzusehen. Änderungsmanager sind die zentralen Komponenten, die Änderungen an einer Anlage koordinieren. Steuerungs-Software-Manager übertragen Änderungen an die Steuerungskomponenten, überwachen die Steuerungskomponenten und melden Änderungen an den Änderungsmanager, der wiederum das übergeordnete Leitsystem, z.B. mittels eines Webservices triggert. Im Rahmen des BMBF-Forschungsprojekts ‚ProduFlexil‘ [17] wurde bereits ein modulares Informationsmodell entwickelt, dem ein Mechanismus zu Grunde liegt, der es ermöglicht, die Daten aus einem Anlagensimulationstool in OWL (Web Ontology Language) zu repräsentieren und jederzeit über das standardisierte Austauschformat CAEX an das Leitsystem zu übermitteln. Die Kommunikation und Verarbeitung der Information im Änderungsmanager des Leitsystems basiert auf einer OPC-UA-Client-Server-Architektur.

Der Nachweis, dass dieses Verfahren nennenswerte manuelle Anpassungen an Softwaresystemen auf Seiten des Anlagenbetreibers einspart, wurde am Beispiel des Produktionsleitsystems ProVis.Agent® bereits erbracht.

### **Standardisierungsaktivitäten**

Ohne parallel zu den Entwicklungsarbeiten laufende Standardisierung wird das Ziel der Wandlungsfähigkeit von Softwarekomponenten in der Fabrik nicht zu erreichen sein. Darum arbeiten Mitarbeiter des Fraunhofer IOSB in diversen Standardisierungsgremien, z.B. die VDI-Fachausschüsse „Digitaler Fabrikbetrieb (VDI 4499, Blatt 2)“ und „MES-Maschinenschnittstellen (VDI 5600, Blatt 2)“ und wirken im Gremium „Durchgängiges Engineering von Leitsystemen (VDI-GMA FA 6.12)“ mit. Mit AutomationML™ arbeitet ein industriegetriebenes Konsortium daran, für das Engineering von Produktionsanlagen einen Standard der Standards zu entwickeln, mit dem der o.g. geforderte durchgängige Datenaustausch unabhängig von Softwarewerkzeugen möglich ist [13].

### **Literatur**

- [1] Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Betriebshütte – Produktion und Management. Berlin, Heidelberg: Springer, 1996.
- [2] Sauer, O.: Entwicklungstrends der digitalen Fabrik: Das MES von morgen. Automatisierungs-Atlas 2007/08. S. 620-624. TeDo-Verlag, 2008.
- [3] Wiendahl, H.-P. et. al.: Changeable Manufacturing – Classification, Design and Operation. Annals of the CIRP, Vol 56/2/2007, S. 783-809.
- [4] Lüdemann, B.; Voß, W.; Sauer, O.: Die wandlungsfähige Fabrik in Polen. In: Tagungsunterlagen zur 3. Deutschen Fachkonferenz Fabrikplanung am 3./4.4.2001. Stuttgart: Verlag Moderne Industrie, 2001.
- [5] Wiendahl, H.-P. et. al.: Handbuch Fabrikplanung. Hanser-Verlag, München: 2009.
- [6] Vogel-Heuser, B.; Kegel, G.; Bender, K.; Wucherer, K.: Global information architecture for industrial automation. atp 1-2.2009, S. 108-115.
- [7] Kegel, G.: Neue Informationsarchitektur in der industriellen Automatisierung. In: Sauer, O.; Beyerer, J. (Hrsg.): Karlsruher Leittechnisches Kolloquium 2010, Stuttgart: Fraunhofer Verlag, S. 3-15.

- [9] Jasperneite, J.: Durchgängiger Datenaustausch zwischen Feldebene und MES. In: Sauer, O.; Beyerer, J. (Hrsg.): Karlsruher Leittechnisches Kolloquium 2010, Stuttgart: Fraunhofer Verlag, S. 107-114.
- [10] Imtiaz, J. et.al.: A novel method auto configuration of RealtimeEthernet Networks. Proceedings of the 13th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, Hamburg, Germany, 15/09-18/09/2008, pp. 861-868.
- [11] Monostori, L.; Váncza, J.; Kumara, S.R.T.: Agent-based systems for manufacturing. Annals of the CIRP Vol. 55/2/2006, S. 697-720.
- [12] Draht, R.; Fedai, M.: CAEX - ein neutrales Datenaustauschformat für Anlagendaten - Teil 1 und 2. Automatisierungstechnische Praxis - atp Band 46 (2004) Heft 2, Seite 52-56 und Heft 3, Seite 20-27.
- [13] Drath, R. (Hrsg.): Datenaustausch in der Anlagenplanung mit AutomationML. Berlin: Springer Verlag, 2010.
- [14] Sauer, O.: Automated engineering of Manufacturing Execution Systems – a contribution to “adaptivity” in manufacturing companies. In: Bernard, A.: Proceedings of DET2008, 5th International Conference on Digital Enterprise Technology, Nantes, France, 22-24 October 2008, pp. 181-191. Paris: Éditions Publibook, 2010.
- [15] VDI-Richtlinie 4499 Blatt 1. Digitale Fabrik – Grundlagen, 2008.
- [16] VDI 4499 Blatt 2 (Gründruck). Digitale Fabrik - Digitaler Fabrikbetrieb, 2009.
- [17] Ebel, M.; Okon, M.; Baumann, M.: ‚ProduFlexil‘: Flexible Produktion mit SOA-Architektur und Plug-and-Work-Mechanismus. In: Science meets Business, Stuttgarter Softwaretechnik Forum, 2007, Seite 65-74. Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verlag 2007.

## Die Autoren

Dr.-Ing. Olaf Sauer studierte an der Universität Karlsruhe Wirtschaftsingenieurwesen. Nach 2 Jahren als PPS-Organisator in einem mittelständischen Unternehmen in Karlsruhe wechselte er an das Fraunhofer IPK in Berlin, wo er 1996 bei Professor Spur promovierte. Anschließend war er 4 Jahre bei Bombardier Transportation verantwortlich für die Einführung von CATIA sowie für neue Technologien in der Fahrzeugfertigung. Ab dem Jahr 2000 baute er innerhalb der METROPLAN-Gruppe, Hamburg, die Metroplan Produktion GmbH auf, als Beratungs- und Planungsgesellschaft für Produktion, Logistik und Fertigungssteuerung. Seit 2004 leitet Dr. Sauer den Geschäftsbereich Leitsysteme am Fraunhofer IOSB.

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Jasperneite studierte Elektrotechnik und wurde 2002 in der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg mit einer Arbeit auf dem Gebiet der Leistungsbewertung von Echtzeit-Kommunikationssystemen promoviert. Von 1988 - 1989 beschäftigte er sich als Entwicklungsingenieur bei der Robert Bosch GmbH in Berlin mit dem Aufbau einer Testmobilstation für den zu dieser Zeit noch in der Standardisierung befindlichen Mobilfunkstandard GSM. Von 1989 - 2005 war er in unterschiedlichen Funktionen im Entwicklungsbereich der Phoenix Contact GmbH tätig, zuletzt als Entwicklungsleiter des Geschäftsbereiches Automation Systems. 2005 folgte er dem Ruf auf die neu eingerichtete Professur für Netzwerktechnik an der Hochschule Ostwestfalen-Lippe in Lemgo. Prof. Jasperneite leitet dort das Hochschulinstitut für industrielle Informationstechnik (inIT) und das Fraunhofer Kompetenzzentrum Industrial Automation (IOSB-INA) in Personalunion. Sein derzeitiges Forschungsinteresse liegt im Bereich der Echtzeitverarbeitung/-kommunikation für die industrielle Automatisierungstechnik.