

Foto: (c) iStock.com/ cabral\_augusto83

Barbara Mayer, Andreas Leitner

## 14.0 – Flexible Produktion durch Entflechtung

### Simple ist das neue Agile

#### 1. Einleitung

Produzierende Unternehmen sind zunehmend mit stark schwankenden und sich ändernden Kundenanforderungen sowie hohem Wettbewerbsdruck konfrontiert. Dies zwingt sie zu agileren Produktionsprozessen möglichst ohne Kostenerhöhung (Ganschar et al. 2013). Die Automatisierung kann hier wesentlichen Anteil leisten. Herkömmliche Konzepte sind jedoch zu starr und erfordern Eingriffe auf Programmiererebene, sobald Prozessänderungen erwünscht sind. Ein neuer Ansatz zur Entflechtung von Prozess- und Automatisierungsaufgaben ermöglicht eine flexible Produktion ohne Engineering-Aufwand.

#### 2. Herausforderungen der flexiblen Produktion

Produzierende Unternehmen sind heute mit einer Vielzahl von Herausforderungen konfrontiert. Größere Märkte sowie sich rasch änderndes Nutzerverhalten führen zu volatilen Kundenbedürfnissen und Nachfrageschwankungen. Produkte müssen daher einfach und rasch anpassbar oder sogar

individualisierbar sein, um einerseits den Kundenanforderungen gerecht zu werden und andererseits gegenüber internationaler Konkurrenz bestehen zu können. Stetige Innovation der Produkte ist daher eine zentrale Aufgabe des Managements. Daraus folgt unweigerlich auch eine Adaptierung der damit verbundenen Produktionsprozesse, die es im Sinne eines effizienten und kostenminimalen Betriebs zu optimieren gilt. Denn nur wer flexibel und kostenoptimal produziert, wird auch zukünftig erfolgreich bleiben.

Für die Automatisierung der Produktion führt dies zu erheblichen Herausforderungen, zumal zunächst bei baulicher Veränderung des Produktionsbetriebs oft noch nicht klar ist, wie die Prozesse später tatsächlich ablaufen sollen. Darüber hinaus sollen Automatisierungskonzepte einen Beitrag leisten, flexible Prozessabänderungen zu ermöglichen. Auf einer Anlage werden potenziell zeitgleich unterschiedliche Produkte- und folglich Produktionsvarianten realisiert, so dass Teilprozesse dynamisch eingebunden sind oder wegfallen. Daher ist ein hoher Flexibilisierungsgrad der Automatisierungs-

lösung für eine agile Produktion entscheidend.

#### 3. Anforderungen an die Automatisierung

Die VDI/VDE Gesellschaft sieht in ihrem Katalog für Handlungsfelder die Kernkompetenz der Automation gerade in der Umsetzung von vielschichtigen Kundenanforderungen in kosteneffiziente, sichere, informationsverarbeitende sowie vernetzte Systeme zur Prozessführung und -sicherung (VDI/VDE 2013).

Was kann nun aus diesem Anforderungskatalog für die Automatisierung abgeleitet werden?

Neben einem starken Anstieg an Sensoren, Daten und Kommunikationspartnern bedeutet der gewünschte hohe Flexibilisierungsgrad zusätzliche Anforderungen an die Automatisierung. Die Produktionssteuerung muss erweiterbar und dahingehend flexibel sein, Teilprozesse schnell und einfach integrieren zu können – und das ohne Engineering Aufwand zur Laufzeit. Dazu muss die Steuerungsebene so vorbereitet sein, dass bei Veränderung des Produktionsprozesses weder auf dieser

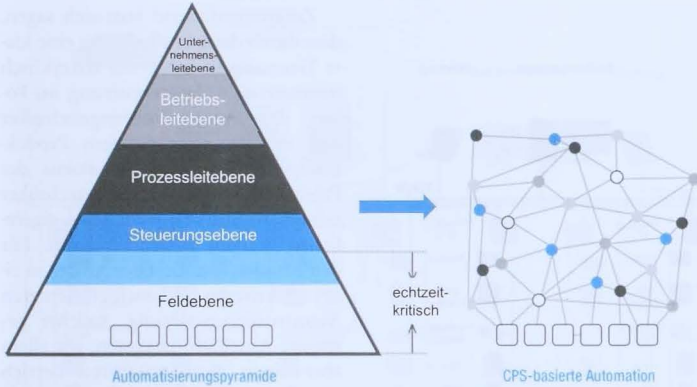


ABB. 1: KLASSISCHE AUTOMATISIERUNGSPYRAMIDE (VDI/VDE 2013)

Ebene eingegriffen noch die laufende Produktion unterbrochen werden muss.

In den letzten Jahren wird darüber hinaus über die zukünftige Gültigkeit der klassischen Automatisierungspyramide (siehe Abbildung 1) diskutiert. Die Frage wird sein, ob in hierarchielose Kommunikationsstrukturen Produkte als cyberphysisches System selbst ihren Fertigungsweg suchen und finden. Dann würden die aktuellen Steuerungskonzepte wohl zu flexiblen, dezentral organisierten Unternehmenssteuerungsnetzwerken mutieren (Kleinemeier 2017).

Werden Prozess- und Automatisierungsaufgaben jedoch von unterschiedlichen Softwarelösungen bearbeitet, erfordert dies eine Kommunikations- und Schnittstellenvereinbarung zwischen den (zumindest unmittelbar) im Austausch stehenden Softwarebausteinen. Klar erscheint hier, dass diese Medienbrüche heute in der Produktion hinderlich für einen effizienten Ablauf sind (Schlick et al. 2017). Integration

mehrerer Ebenen in einem IT-System ist aktuell zumeist noch nicht Stand der Technik, erfordert zahlreiche Schnittstellen und führt zu Fehlerquellen in der Kommunikation.

Bezüglich der Systemarchitektur sind dezentrale Systemarchitekturen bereits ein erster Schritt zur flexibleren Automatisierung. Dennoch funktionieren diese Steuerungssysteme in der Regel derart, dass die Produktionssteuerung individuell für vorgegebene Produktionsprozesse ausgerichtet wird, indem Prozessleitsystem, SPS und Aktoren bzw. Sensoren eng miteinander verflochten sind. Kommt es jedoch zu einer Änderung der Prozesse, so müssen die Programme auf der Steuerungsebene modifiziert und die Prozessabbildungen auf Prozessleitenebene (siehe Abbildung 1) adaptiert werden, was einen Eingriff von Spezialisten mit hohem Technik-Know-how erfordert.

#### 4. Ansatz zur Entflechtung von Produktions- und Automatisierungsaufgaben

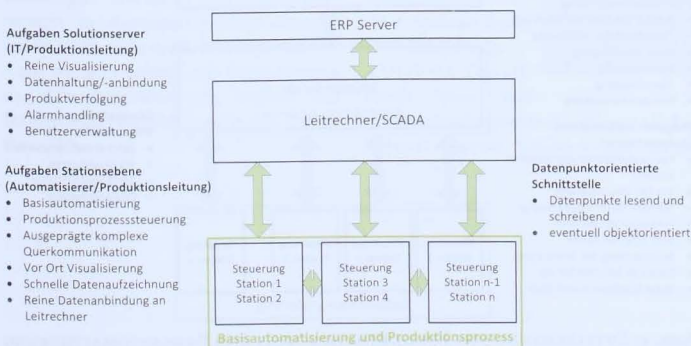


ABB. 2: VERQUICKUNG VON PRODUKTIONSPROZESS UND BASISAUTOMATISIERUNG

Als Stand der Technik gilt bis dato der verfolgte Ansatz, sowohl die Basisautomatisierung der Anlage als auch den Produktionsprozess auf der Steuerungsbzw. der Prozessleitenebene zu implementieren. Die Kommunikation zur Produktionsleitenebene erfolgt bidirektional datenpunktorientiert und konzentriert sich auf fix definierte Parameter sowie Soll-Werte und Rückmeldungen vom Shopfloor (siehe Abbildung 2).

Der resultierende topologische Aufbau (siehe Abbildung 3) beinhaltet ein starres Softwarekonzept, da für jeden Anlagenteil (Station) getrennt SPS-Programme gemäß dem spezifischen funktionalen Produktionsablauf und den implementierten Automatisierungskomponenten im Feld entwickelt werden. Diese dezentralen Einheiten sind demnach mit leistungsstarken Steuerungseinheiten auszustatten, da sie sowohl für die Prozesssteuerung als auch die Haltung der Daten aus dem Feld verantwortlich sind. Um den gesamten Prozess abzudecken, ist eine klar definierte Querkommunikation zu den vorhergehenden bzw. nachfolgenden Stationen relevant, d. h. die auszutauschenden Datenlisten zwischen den Steuerungseinheiten sind einmalig fixiert.

Ist nun eine Änderung des Produktionsprozesses gewünscht, so werden die Nachteile dieser Architektur offensichtlich: Sämtliche Steuerungsprogramme der einzelnen Stationen müssen aufgrund der mangelnden Modularität und Wiederverwendbarkeit unweigerlich adaptiert, alle datenbasierten Kommunikationen aufgrund ihrer Fehleranfälligkeit neu getestet werden. Auch die ausgeprägte Querkommunikation auf Stationenebene stellt bei jeder Anpassung eine immense Fehlerquelle dar, da Querbeeinflussungen zwischen den Stationen nicht ausschließbar sind. Am Ende stellt das modifizierte System wiederum eine geschlossene Prozesssteuerung dar, die Kunden kaum Möglichkeiten einzugreifen bietet.

Um die diese Nachteile zu umgehen, ist eine Entflechtung (Unbundling) der Basisautomatisierung und des Produktionsprozesses notwendig.

Dieser Unbundling-Ansatz sieht auf der Steuerungsbzw. Prozessebene nur mehr die Implementierung von anlagenspezifischen Funktionen auf Basis der im Prozess berücksichtigten Sensorik- und Aktorikkomponenten vor,

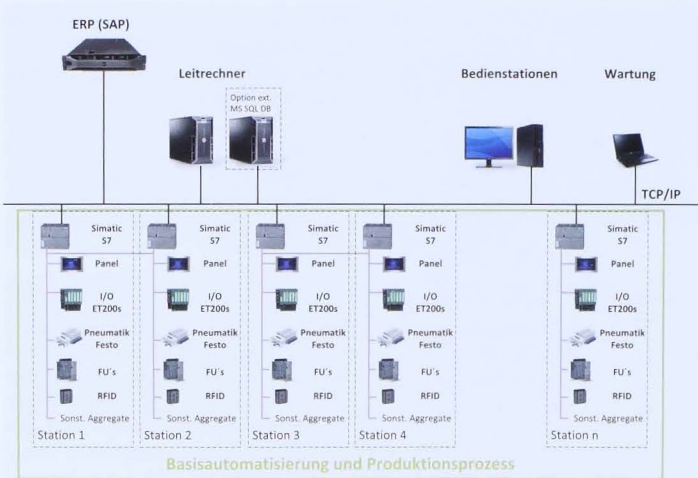


ABB. 3: TOPOLOGIE MIT DEZENTRALEN, QUERKOMMUNIZIERENDEN STEUERUNGSEINHEITEN

d. h. produkt- bzw. produktionsprozessrelevante Teile werden auf dieser Ebene eliminiert. Der übergeordneten Produktionsleitebene stellt das System eine standardisierte, serviceorientierte Phasenschnittstelle zur Verfügung, welche im Wesentlichen aus Befehlen mit Parametern und Rückmeldungen über den Anlagenstatus bestehen.

Der Produktionsprozess kann damit auf höherer Ebene abstrakt gegen die vom Shopfloor über die Phasenschnittstelle zur Verfügung gestellten Funktionen definiert werden, ohne die Details der Anlagenautomatisierung zu berücksichtigen. So kann beispielsweise in einer Getriebemontagelinie die Ölfüllstation simpel den Befehl „Ölfüllen“ mit den Parametern Menge und Ölspezifikation zur Verfügung stellen – wie dies auf Anlagenebene bewerkstelligt wird, obliegt natürlich dem Anlagenbauer bzw. dem Automatisierungsspezialisten.

Da in diesem Ansatz lediglich die funktionelle Basisautomatisierung auf Steuerungsebene abgebildet wird, besteht die resultierende Architektur (siehe Abbildung 4) aus schlankeren, kostengünstigeren Steuerungseinheiten, die eine flexible Topologie ermöglichen.

Zentrale prozessabhängige Befehle kommen ausschließlich vom übergeordneten Manufacturing Execution System (MES), so dass es keiner Querkommunikation zwischen den dezentralen Steuerungseinheiten bedarf. Standardisierte Phasenschnittstellen ermöglichen

dem Anlagenbauer, Funktionen und Befehle der Anlage unabhängig vom Produkt bzw. Produktionsprozess zu entwickeln und testen.

Besteht nun die Notwendigkeit einer Prozessänderung, so wird diese gänzlich ohne Veränderung funktioneller SPS-Programme in der Produktionsleitebene einfach umgesetzt.

Die zentralen Produktionsleitebene, die für die Befehlsübergabe an die Steuerungsebene mit der Prozessebene verschmilzt, bildet die gesamte Anlage für den Anlagenbetreiber ab (siehe Abbildung 5). Dies erlaubt sogar oftmals eine Weiterentwicklung durch den Kunden selbst.

Darüber hinaus steigert die Modularität des Ansatzes die Wiederverwendbarkeit von Steuerungsbausteinen und fördert Standardisierungen, die wiederum zu einer erheblichen Qualitätssteigerung führen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass durch diese Entflechtung eine klare Trennung zwischen der zeitzyklisch orientierten Anlagensteuerung im Fokus der Automatisierungstechniker und der prozessorientierten Produktionsprozessdefinition im Fokus der Produktions- bzw. Verfahrenstechniker erfolgt, womit sich jeder seine eigenen Stärken zuwenden kann. Für den Kunden resultiert der Ansatz in einer effektiveren und auch effizienteren Automatisierungslösung, welcher geringere Anschaffungskosten, vor allem aber einen ökonomischeren Betrieb versichert.

Darüber hinaus wird erst mit dieser Entflechtung eine individuelle automatisierte Produktionsabfolge von Produkten mit kleiner Losgröße möglich. Aus dem reinen Prozessleitsystem entsteht ein voll integriertes Produktionsleitsystem völlig ohne Medienbrüche, das alle betrieblichen Abläufe zukünftig vielleicht sogar nach Anmeldung des Produktes in Echtzeit steuern, überwachen und führen kann – wichtige Schritte hin zu einer Fertigung nach dem Industrie-4.0-Ideal.

### 5. Realisierung

Die Firma evon konnte diesen Unbundling Ansatz bereits industriell erfolgreich im Auftrag der Firma vostalpine Special Wire realisieren. Für den Drahthersteller wurde innerhalb von sechs Monaten ein von Ebene 1-3 integriertes und variables System aufgesetzt. Derzeit wird bereits an einer Erweiterung zur Kopplung an SAP gearbeitet: Damit sollen künftig Auftragsdaten aus SAP in die Steuerung

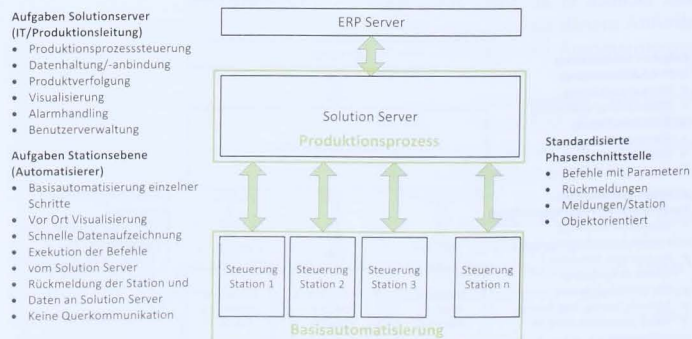


ABB. 4: ENTFLECHUNG VON PRODUKTIONSPROZESS UND BASISAUTOMATISIERUNG MIT UNBUNDLING

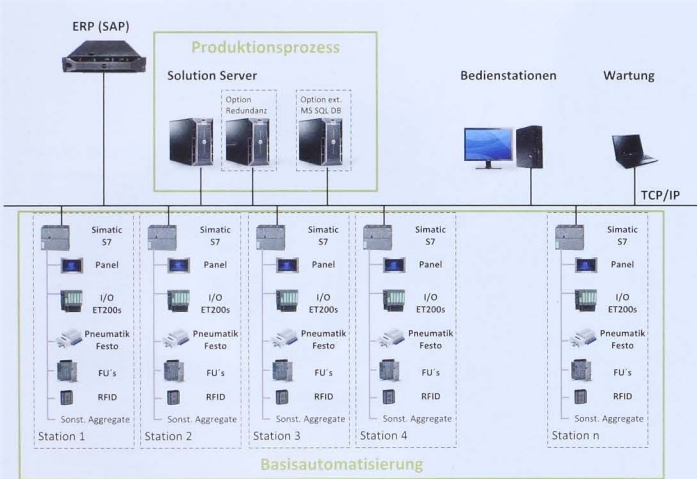


Abb. 5: TOPOLOGIE MIT UNBUNDLING-ANSATZ. DEZENTRALE STEUERUNGSEINHEITEN KOMMUNIZIEREN INDIVIDUELL MIT PRODUKTIONSLEITEBENE.

und Informationen aus der Produktion in SAP eingespeist werden können.

Die integrierte XAMControl-Lösung bietet darüber hinaus auch ein modulares Benutzeroberflächenkonzept, das die Darstellungen und die abrufbaren Daten je nach Nutzer individualisiert: So benötigt der Verfahrenstechniker etwa mehr Informationen zu den Abläufen als der Chemiker, der eher Materialwerte abrufen.

Dieses Produktionsleitsystem wird auch im Industrie-4.0-Labor des Instituts für Industriewirtschaft (IWI) in Kapfenberg realisiert. Das modulare Produktionssystem (MPS) von Festo wird voll vertikal integriert. So können Studierende bereits in naher Zukunft einerseits die Aufgaben und Facetten eines integrierten Produktionsleitsystems von der E/A bis zur Produktionsleitebene direkt an einer Mikrofabrik erleben, andererseits auch die Auswirkungen etwaiger Programmänderungen in Automatisierungsübungen analysieren, erkennen und optimieren – ein weiterer Schritt zur Bereicherung der Lehraktivitäten am Institut um Industrie-4.0-Inhalte bereits im Bachelorstudium.

Referenzen:

Ganschar, O., et al. (2013) in D. Spath (Hrsg.). Produktionsarbeit der Zukunft-Industrie 4.0. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.

Kleinemeier, M. (2017). Von der Automatisierungspyramide zu Unternehmenssteuerungsnetzwerken. Handbuch Industrie 4.0 Bd. 1. Springer Berlin Heidelberg, S.219-226.

Schlick, J., et al. (2017) Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung. Handbuch Industrie 4.0 Bd. 2. Springer Berlin Heidelberg, S.3-29.

VDI/VDE-Gesellschaft Automatisierungstechnik (2013) Cyber-Physical Systems: Chancen und Nutzen

aus Sicht der Automation. [http://www.vdi.de/uploads/media/Stellungnahme\\_Cyber-Physical\\_Systems.pdf](http://www.vdi.de/uploads/media/Stellungnahme_Cyber-Physical_Systems.pdf) Zugegriffen am 10.02.2017

Autoren:

**Dipl.-Ing. Barbara Mayer** ist Lehrende am Wirtschaftsingenieur-Institut Industrial Management an der FH JOANNEUM in Kapfenberg. Ihre Lehr- und Forschungsschwerpunkte beinhalten Automatisierung, prädiktive Regelung, Optimierung und Industrie 4.0.

**Dipl.-Ing. Andreas Leitner** ist Geschäftsführer der evon GmbH in Gleisdorf. Seine Aufgabenschwerpunkte: Vertrieb, Marketing, Finanzen, Strategische Unternehmensentwicklung, Human Resources.



**Dipl.-Ing. Barbara Mayer**

Lehrende am Wirtschaftsingenieur-Institut Industrial Management, FH JOANNEUM, Kapfenberg



**Dipl.-Ing. Andreas Leitner**

Geschäftsführer der evon GmbH, Gleisdorf