

## Die Zukunft der IT-Systemlandschaft

Von der Automatisierungspyramide zum Automatisierungsnetzwerk // Industrie 4.0 im Mittelstand // Heute schon die Grundlagen für morgen legen // IT-Architektur als Rückgrat für effiziente Prozesse und maximale Kundenorientierung // Integriertes Management von Prozessen



**Michael Leupold**  
PROTEMA Unternehmensberatung GmbH



**Dr. Jörg Pirron**  
PROTEMA Unternehmensberatung GmbH

War Industrie 4.0 noch vor wenigen Jahren nichts mehr als ein Schlagwort, so kommen bereits jetzt erste Lösungen zum praktischen Einsatz. Oft handelt es sich dabei jedoch um Insellösungen, die zwar innovative Technologien einsetzen, aber nur einzelne Teilaspekte der Industrie 4.0 realisieren. Basis einer umfassenden Umsetzung von Industrie 4.0 in Produktion und Logistik stellt eine darauf zugeschnittene IT-Infrastruktur und Systemlandschaft aus Business-Software dar, beispielsweise ERP, PPS, WMS oder MES. Es gilt bereits jetzt die richtigen Weichen für die Zukunft der betrieblichen Informationstechnik zu stellen, weil Einführungsprojekte kosten- und zeitintensiv sind, die einmal eingeführte Software hingegen langlebig ist. Wer heute die falschen Entscheidungen trifft, verliert dadurch entweder den Anschluss oder kann diesen später nur unter erheblichem Geld- und Zeiteinsatz sichern.

Aber welche Technologien sind wirklich zukunftssträftig? Der vorliegende Beitrag zeigt den aktuellen Stand der Integration von Informations- und Automatisierungstechnik auf und beschreibt, wie sich diese in den kommenden Jahren immer mehr von der klassischen Automatisierungspyramide hin zu einem Automatisierungsnetzwerk, basierend auf Cyber-physischen und cloudbasierten Systemen, entwickeln wird. Des Weiteren wird veranschaulicht, wie Entscheidungen bezüglich der Unternehmens-IT bereits heute für die Zukunft getroffen werden können.

### Die Digitalisierung aus Sicht von KMU

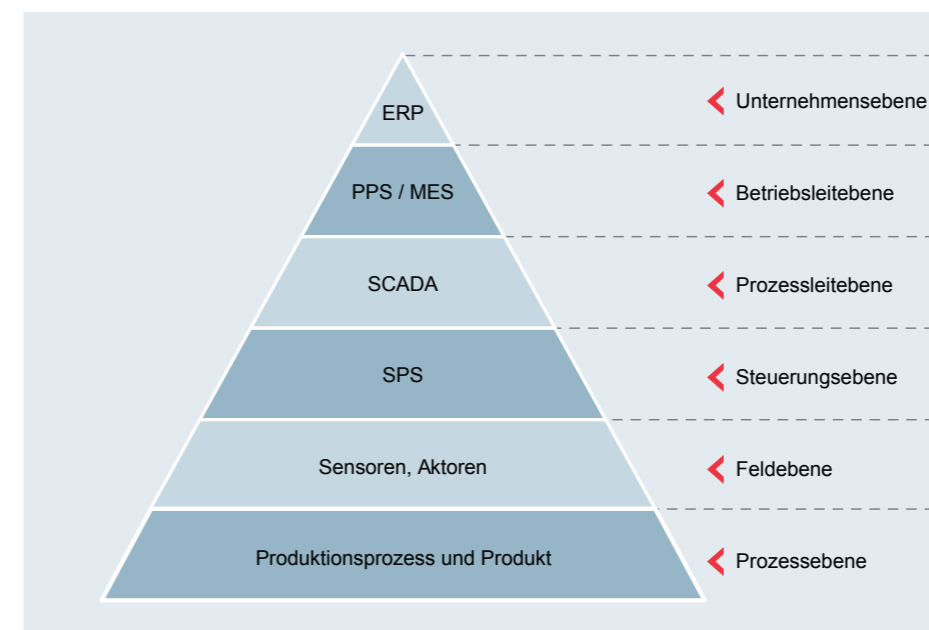
War Industrie 4.0 noch vor wenigen Jahren nichts mehr als ein Schlagwort, so kommen bereits jetzt erste Lösungen zum praktischen Einsatz. Oft spielen dabei Großunternehmen die Vorreiterrolle. Für kleine und mittlere Unternehmen stellt sich hingegen häufig die Frage, wie sie auf den Trend der Digitalisierung reagieren sollen, zumal innovative Lösungen häufig auch mit hohen Investitionen verbunden sind. Doch auch wenn man sich unter diesen Umständen dafür entscheidet, noch nicht in neue Technologien zu investieren, gilt es einiges zu beachten, um sich durch heutige Entscheidungen nicht den Weg in die Industrie 4.0 zu verbauen. Dies ist insbesondere bei langlebigen Investitionsgütern wie beispielsweise Anlagen oder betrieblicher Standardsoftware relevant, da diese bei einer zukünftigen betriebli-

chen Digitalisierung nicht immer einfach integriert werden können. Der vorliegende Beitrag konzentriert sich hierbei auf betriebliche Software zur Automatisierung von Produktion und Logistik und geht der Frage nach, welche Einflüsse zwischen den Trends der Digitalisierung der Produktion und der Automatisierungspyramide bestehen.

### Wie sieht die Automatisierungspyramide heutzutage aus?

Die Automatisierungspyramide gilt als Sinnbild der hierarchischen Gliederung in der Unternehmens- und Produktions-IT. Ausgehend von der Unternehmensebene in Form eines ERP-Systems an der Spitze der Pyramide, werden Daten und Steuerungsinformationen über die Betriebsleitebene mit ihrem PPS- bzw. ME-System (Manufacturing Execution System), die Prozessleite-

ABB. 1:  
DARSTELLUNG DER  
AUTOMATISIERUNGSPYRAMIDE



bene (SCADA) bis zur Steuerung in Form einer SPS und den mit dieser verbundenen Aktoren und Sensoren auf der Feldebene weitergereicht. Dies ist in Abbildung 1 veranschaulicht. Im gleichen Atemzug müssen die auf unterer Ebene anfallenden Informationen in geeigneter Form aggregiert werden, um die so kondensierten Daten in Gegenrichtung zurückreichen zu können.

Viele der beteiligten Systeme in der Automatisierungspyramide eines Unternehmens sind in der Regel historisch gewachsen. Informationen können daher nicht immer problemlos durchgereicht werden, es kommt zu Informationsverlusten durch Medienbrüche – von selbstentwickelten Tools zur Übertragung von Daten aus einer Software in eine andere Software bis hin zum Ausdruck fertigungs-

relevanter Steuerungsinformationen auf verschiedenfarbigen Zetteln.

Außerdem ist die Architektur in der Regel nicht durchgängig. Nur wenige KMU setzen heute beispielsweise MES ein, die ERP- und Produktionssysteme verbinden. Daher können kurzfristige Planänderungen nicht unmittelbar an die davon betroffenen Produktionssysteme weitergegeben werden. Durch das Fehlen von Systemen zur Betriebs- und Maschinendatenerfassung findet im Gegenzug auch keine Rückübertragung von Informationen an die übergeordneten Systeme statt. Entscheidungs- und steuerungsrelevante Informationen stehen damit gar nicht, nur teilweise oder erst zu spät zur Verfügung. Zudem kommt es durch Übertragung und Reduktion von Informationen zu Fehlern und Fehlinterpretationen.

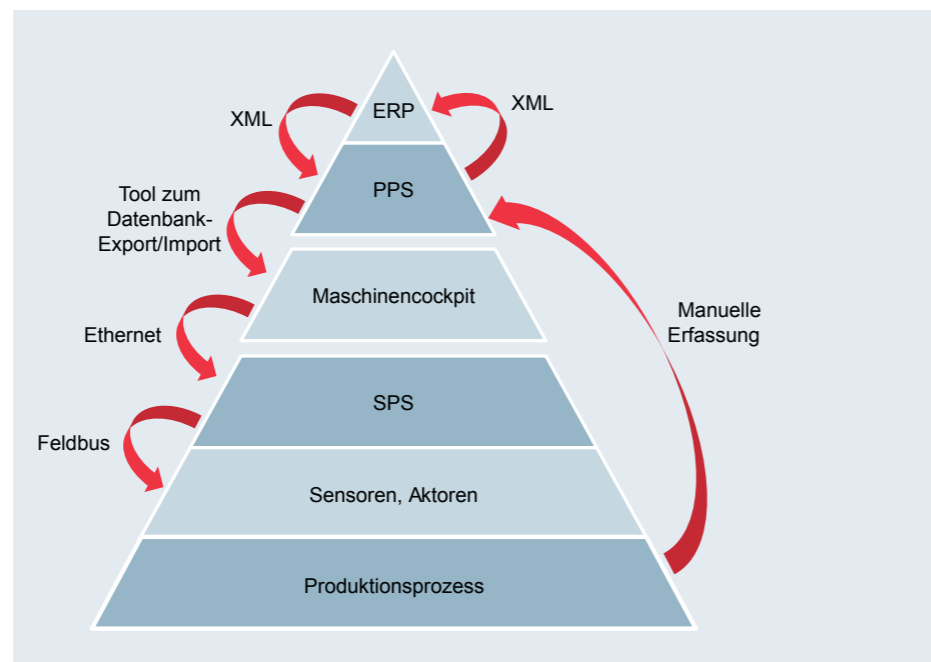
Dies soll in Abb. 2 am imaginären Beispiel der Anbindung einer Sondermaschine in die Automatisierungspyramide eines Unternehmens veranschaulicht werden. Die von der Sondermaschine zu bearbeitenden Aufträge starten im ERP-System des Unternehmens. Nach Auftragsfreigabe werden die Aufträge via Telegramme im XML-Format an das PPS-System des Unternehmens weitergegeben.

Da für unterschiedliche Aufträge unterschiedliche Varianten eines Arbeitsplans an der Sondermaschine durchgeführt werden, müssen der Sondermaschine auftragspezifische Parameter übergeben werden. In Ermangelung einer standardisierten Schnittstelle, werden die Daten aus dem Datenbankserver des PPS exportiert, aufbereitet und in das Maschin Cockpit der Sondermaschine importiert, das auf einem in der Maschine verbauten Industrie-PC läuft. Die Sensoren und Aktoren der Maschine selbst werden über eine SPS gesteuert. Diese kommuniziert über ein internes Maschinennetzwerk mit dem Cockpit und bekommt die von diesem aufbereiteten Parameter, für den aktuell zu bearbeitenden Auftrag, übergeben.

Im Prozess entstehende Informationen werden aufgrund der Komplexität der Interaktionen jedoch nicht auf gleichem Wege zurückgemeldet, zumal im Beispiel keine Software Betriebs- oder Maschinendatenerfassung (BDE/MDE) vorhanden ist. Stattdessen werden die Fertigmeldung und der Status für den jeweiligen Auftrag nach Bearbeitung manuell im PPS erfasst.

Diese Art der Einbindung bietet folgende Nachteile: →

ABB. 2:  
BEISPIEL FÜR DIE EINBINDUNG  
EINER SONDERMASCHINE IN DIE  
AUTOMATISIERUNGSPYRAMIDE  
EINES UNTERNEHMENS



#### Welche Aspekte von Industrie 4.0 sind diesbezüglich relevant?

Unter dem Begriff „Industrie 4.0“ wird landläufig die Verbindung von Produktion und Logistik mit der Informations- und Kommunikationstechnologie verstanden. Ziele dieser Verbindung sind Effizienzsteigerungen, Kostensenkungen und die Einsparung von Ressourcen.

Außerdem sollen produzierende Unternehmen durch den Einsatz von IT-Systemen einerseits flexibler auf sich verändernde Bedingungen reagieren können, andererseits sollen sie noch individueller auf Kundenanforderungen eingehen können. Erreicht werden soll dies durch zentrale Paradigmen. Relevant erscheinen dabei im Kontext der Automatisierungs-

pyramide die folgenden Paradigmen, da sie eine wesentliche Rolle für die IT-Landschaft eines produzierenden Betriebs spielen:

- Vertikale Integration
- Horizontale Integration über Wertschöpfungsnetzwerke
- Vernetzte Produktionssysteme
- Dezentrale Steuerung und Intelligenz
- Identifikationstechnik (RFID)
- Cloud-Systeme

Weitere Aspekte, die im Kontext der Automatisierung keine oder nur eine untergeordnete Rolle spielen, sind die Durchgängigkeit des Engineering über den gesamten Lebenszyklus und neue durch Industrie 4.0 entstehende soziale Infrastrukturen der Arbeit.

Im Rahmen der vertikalen Integration soll eine völlige Vernetzung entlang der Automatisierungspyramide erfolgen. Die bestehende Systemlandschaft soll harmonisiert werden, wobei Softwareprodukte mit standardisierten Schnittstellen eingesetzt werden, um den Datentransport zwischen den einzelnen Hierarchieebenen umfassend zu ermöglichen. Die unterste Ebene eines solchen vernetzten Produktionssystems besteht aus netzwerkfähigen Sensoren, Aktoren und Steuerungssystemen, die herstellerunabhängig miteinander und mit übergeordneten Systemen Daten austauschen können. Mithilfe der Verfügbarkeit dieser Daten und derer auf höheren Automatisierungsebenen in Echtzeit sowie der heute vorhandenen Rechenkapazität wird es möglich, auf allen Unternehmensebenen intelligent Entscheidungen zu unterstützen oder sogar völlig automatisiert zu treffen.

Durch die horizontale Integration der IT-Systeme eines Produktionsunternehmens mit den Systemen von Kunden, Lieferanten, anderen Standorten und externen Dienstleistern soll ein effektiver Datenaustausch entlang der Wertschöpfungskette erfolgen.

Dies ermöglicht es, die Planung und Steuerung eines Produktionsprozesses durch Einbeziehung externer Informationen zu verbessern und so bislang unabhängige Prozesse zu einem Wertschöpfungsnetzwerk zu verbinden. Dabei können auch neue Geschäftsmodelle entstehen, z. B. der bedarfsabhängige Weiterverkauf ungenutzter Produktionskapazität an Partnerunternehmen, vorausschauende Wartung oder kundenindividuelle Fertigung.

Eng verbunden mit der Industrie 4.0 sind die Begriffe der „Cyber-physischen Produktionssysteme“ und der „Smarten Fabrik“. In diesen soll das reale Produktionssystem mit seinem virtuellen Abbild so verbunden werden, dass durch völlige und ständige Verfügbarkeit von Informationen besser und schneller Entscheidungen getroffen werden können. Weiterhin wird postuliert, dass zur besseren Beherrschung der Komplexität in solchen Produktionssystemen künftig Entscheidungen von den einzelnen Produktionseinheiten selbst mittels dezentraler Intelligenz getroffen werden können. So könnte sich eine Maschine zukünftig selbst eine rüstoptimierte Auftragsreihenfolge bilden oder ein Eilauftrag könnte sich einen eigenen, Durchlaufzeit-optimierten Weg durch die Fertigung auswählen und diesen mit den benötigten Betriebsmitteln abstimmen.

Durch Identifikationstechniken wie z. B. RFID wird es ermöglicht, jedem Objekt eine eindeutige Identität zuzuweisen, die dann berührungslos ausgelesen werden kann. Somit ist es möglich, relevante Auftrags- und Steuerungsparameter direkt mit dem Objekt zu verknüpfen und dann dort zur Verfügung zu stellen, wo diese Informationen benötigt werden.

Ein genereller Trend in der Informationstechnik ist, Systeme zunehmend in die Cloud, das bedeutet auf IT-Infrastruktur, die über das Internet als Dienstleistung angeboten wird, zu verlagern. Der Betrieb von IT-Infrastruktur ist somit zu großen Teilen ohne die Bereitstellung eigener Hardware möglich. Die Vorteile gegenüber selbst gehosteter Softwarelösungen sind

neben einer besseren Skalierbarkeit durch Virtualisierung von Serversystemen auch ein geringerer eigener Wartungsaufwand. Es ist damit zu rechnen, dass zukünftig auch ein Teil der Automatisierungspyramide eines Unternehmens aus der Cloud bezogen wird. Insbesondere die „zentrale Datenhaltung“ und die „Effizienz bei der Nutzung von Speicher und Rechenkapazitäten“ sind laut einer Umfrage der GMA für 50 % oder mehr der befragten 275 Mitglieder die wesentlichen Treiber [1]. Dabei gilt es darauf zu achten, dass bei Cloud-Lösungen oftmals geringere Netzwerkbandbreiten und höhere Latenzen vorliegen, weshalb insbesondere die Verlagerung von Anwendungen, die datenintensiv sind und Echtzeitanforderungen haben, nur schwer in die Cloud verlagerbar sein dürften.

#### Wie könnte die Automatisierungspyramide der Zukunft aussehen?

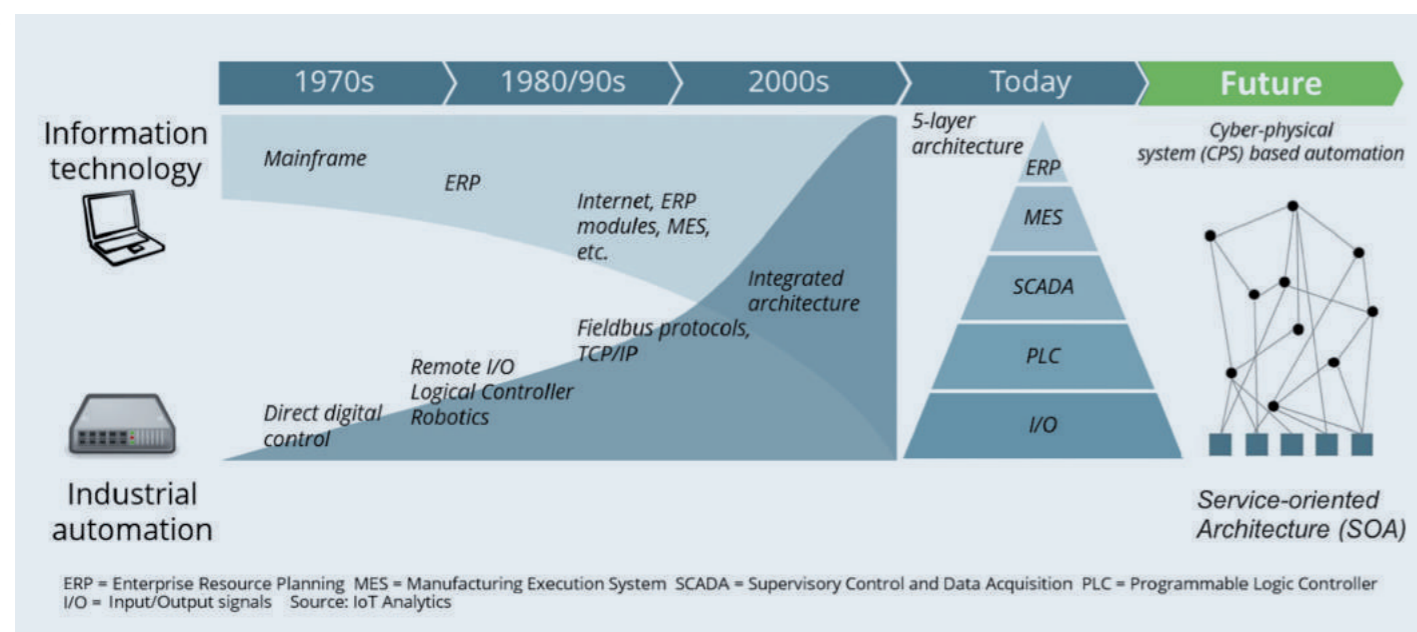
In der Literatur werden derzeit viele Trends propagiert, wie die Automatisierungspyramide der Zukunft aussehen oder was sie ablösen könnte. Einige Autoren sprechen in Anlehnung an das Cloud-Computing von der Automatisierungs-Cloud [1], andere nennen gar das Automatisierungs-Diablo [2]. Der im vorigen Abschnitt genannten Strategie folgend soll nun im konkreten Szenario – bei der Einbindung der Sondermaschine – der Frage nachgegangen werden, welche Verbesserungen durch Industrie 4.0 möglich sind.

Ein möglicher Trend ist, dass ERP- und MES-/PPS-Systeme zukünftig zusammenwachsen, sodass keine einheitliche Tren-

- 1. Durch wiederholte Medienbrüche steigt die Wahrscheinlichkeit von Übertragungs- oder Konvertierungsfehlern.
2. Datenänderungen auf oberer Ebene stehen nicht unmittelbar auf den unteren Ebenen zur Verfügung, stattdessen müssen geänderte Informationen Schritt für Schritt weiterpropagiert werden. Dadurch bestehen unter Umständen zum gleichen Zeitpunkt mehrere in Konflikt stehende Daten (z. B. könnte ein bereits im ERP stornierter Auftrag im Maschinencockpit noch aktiv und damit auf der Maschine bearbeitbar sein).
3. Benötigte Daten (z. B. Artikelstammdaten) müssen an mehreren Stellen redundant aufbewahrt werden.
4. Nicht auf jeder Ebene stehen alle relevanten Informationen zur Verfügung, so erhält z. B. das PPS nicht automatisch Informationen über Maschinenausfälle oder Qualitätsprobleme im Prozess.
5. Die Einbindung ist komplex und unflexibel. Werden an einer Stelle Veränderungen vorgenommen, sind oft mehrere Ebenen der Automatisierungspyramide betroffen. Änderungen müssen in mehreren Softwareprogrammen und an mehreren Schnittstellen vorgenommen werden. Da jede Software ihre eigenen Experten hat, dauert es lange, bis die Änderungen abschließend abgestimmt und durchgeführt sind.

Doch wie kann Industrie 4.0 diese Einbindung verbessern und helfen, Probleme zu vermeiden?

ABB. 3:  
KONVERGENZ VON AUTOMATISIERUNG  
UND IT (NACH [3])



nung mehr zwischen Unternehmens- und Betriebsleitebene besteht. Dies würde dazu führen, dass eine Ebene der Automatisierungspyramide entfällt und damit auch kein Medienbruch entstehen kann.

Ein weiterer Trend ist die Vereinheitlichung von Schnittstellen zur Kommunikation zwischen Maschinen oder zwischen Maschinen und Softwaresystemen. Dabei kommen Standards wie beispielsweise OPC UA oder MTConnect zum Einsatz. Durch sie könnten Informationen künftig einfacher und ohne Konversion zwischen den Ebenen weitergereicht werden.

Es wäre sogar denkbar, dass die SPS der Maschine künftig Auftragsdaten auch ohne ein vorgeschaltetes Maschinencockpit direkt auftragsbezogen aus ERP und

MES/PPS abrufen könnte. Dies wäre dann möglich, wenn das zu bearbeitende Produkt eindeutig identifizierbar wäre und die Maschine die auf einem RFID-Chip enthaltene Auftragsnummer nutzen könnte, um über eine standardisierte Schnittstelle die zur Bearbeitung benötigten Daten abzurufen und auf gleichem Wege Rückmeldungen über den Auftragsstatus zu geben. In der Endausbaustufe könnten Sensoren und Aktoren direkt mit den cloud-basierten Services heutiger MES-/ERP- oder sogar SCM-Funktionalität kommunizieren.

Außerdem könnte die Maschine über eine Standard-Schnittstelle auch weitere betriebsrelevante Informationen weitergeben, so z. B. über den aktuellen Status, etwaige Störungen oder den Füllstand von Verbrauchsmaterialien. Diese Informa-

tionen könnten dann in einem Leitstand oder für die Instandhaltung genutzt werden. Außerdem stehen sie gesammelt für Datenauswertungen im Rahmen von Verbesserungsprojekten zur Verfügung. Die dazu notwendige Architektur besteht aus cyber-physischen Systemen und Services, die durch eine serviceorientierte Architektur integriert werden (Abb. 3).

Darüber hinaus bieten sich jedoch noch weitere Potenziale. So wird das Gesamtsystem durch Einsatz von standardisierten Schnittstellen und durch die Reduktion der an der Automatisierung beteiligten Ebenen deutlich flexibler. Bei Veränderung der äußeren Gegebenheiten sind daher wesentlich weniger Modifikationen an den beteiligten Systemen nötig. So könnten bei richtiger Gestaltung schneller zusätzliche Produktvarianten

eingeführt werden oder die vorhandene Produktionskapazität könnte durch einfache Anbindung paralleler Ressourcen leichter skaliert werden.

#### Eine Umsetzungsstrategie für Industrie 4.0

Wie zu sehen ist, ist Industrie 4.0 eine breite Strömung, in der viele Ideen und Themenfelder rund um Produktion und Informationstechnologie gemischt werden. Daher gibt es auch keine einheitliche Umsetzungsempfehlung, mit der sich ein Unternehmen von Industrie 3.0 auf Industrie 4.0 „updaten“ lässt.

Industrie 4.0 ist stattdessen als mögliche Schlüsselstrategie zu verstehen, für die sich ein Unternehmen bewusst entscheiden sollte. Als erster Schritt dieser Strategie sollte eine Zukunftsvision, ein „Big Picture“ entwickelt werden. Anhand dieser Vision können dann bei jeder Um- oder Neugestaltung mögliche innovative Lösungen bewusst in Betracht gezogen werden. So entsteht nach und nach ein Geflecht von Einzellösungen, die nicht nur für sich alleine einen hohen Nutzen bieten, sondern im Zusammenwirken weitere Synergieeffekte bieten.

In Ermangelung einheitlicher Standards ist jedoch Vorsicht geboten. Um Wildwuchs und zukünftige Interoperabilitätsprobleme zu vermeiden, ist ein guter Überblick über aktuelle Quasi-Standards nötig! Bei Investitionen in neue Systeme der heutigen SCM-/ERP-/MES-Ebene muss neben der reinen Funktionalität der Zukunftsfähigkeit besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Eine innova-

tive und modular aufgebaute Struktur ist den monolithischen Systemen alter Prägung klar vorzuziehen. Erfolgsfaktoren für den Aufbau einer zukunftsfähigen IT-Systemlandschaft umfassen vielerlei Aspekte [4]:

- Serviceorientierte Architektur (SOA)
- Flexible on-site oder cloud-basierte Implementierung
- Vertikale Integration zur Auflösung von Medienbrüchen und Kommunikationsbarrieren
- Horizontale Integration entlang der Wertschöpfungskette auch über Unternehmensgrenzen hinweg
- Echtzeit-Datenverfügbarkeit mit hoher Datenqualität
- Nutzung von In-Memory-Datenbanken
- Verfügbarkeit von Social Collaboration-Werkzeugen
- Einbindung mobiler Endgeräte
- Integration von Business Intelligence und Analytics -Anwendungen
- Integriertes Prozessmanagement bis hin zu Workflow Management-Fähigkeiten
- Nutzung dezentraler Intelligenz zur Komplexitätsreduktion und Selbstoptimierung

Um die moderne IT-Infrastruktur nicht nur effektiv zu gestalten, sondern auch effizient zu managen, bietet das Enterprise Architecture Management die geeigneten Werkzeuge. So ist es möglich, die richtigen Prozesse für die Umsetzung der Geschäftsmodelle zu gestalten sowie geeignete IT-Komponenten für die bestmögliche Unterstützung der Prozesse auszuwählen, zu implementieren und zu betreiben.

Zusammengefasst sind es somit drei zentrale Elemente, aus denen eine zukunftsorientierte Umsetzungsstrategie besteht:

- Entwicklung einer Strategie mit einem unternehmensspezifischen Zielbild für die Geschäftsmodelle, Prozesse und Industrie 4.0-Szenarien
- Priorisierung von Umsetzungsprojekten unter Berücksichtigung der Erfolgsfaktoren für eine zukunftsfähige IT-Systemlandschaft
- Aktives Management der Unternehmensarchitektur von den Geschäftsmodellen über die Prozesse bis hin zur IT-Architektur

Diese Umsetzungsstrategie legt die Basis für eine konsequente Ausrichtung der IT-Systemlandschaft auf Agilität in Richtung zukünftiger Marktanforderungen sowie eine hohe Effizienz im Hinblick auf die Weiterentwicklung des Unternehmens und seiner Infrastruktur.

#### LITERATUR

[1] VDI/VDE GESELLSCHAFT MESS- UND AUTOMATISIERUNGSTECHNIK (HRSG.): UMFRAGE „AUTOMATION (IN THE CLOUD)“, 2013.

[2] VOGEL-HEUSER B, DIEDRICH C, BROY M: ANFORDERUNGEN AN CPS AUS SICHT DER AUTOMATISIERUNGSTECHNIK. AUTOMATISIERUNGSTECHNIK (AT) 61(10): 669-676, 2013.

[3] LUETH, KNUD LASSE: WILL THE INDUSTRIAL INTERNET DISRUPT THE SMART FACTORY OF THE FUTURE?. [HTTPS:// IOT-ANALYTICS.COM/INDUSTRIAL-INTERNET-DISRUPT-SMART-FACTORY/](https://iot-analytics.com/industrial-internet-disrupt-smart-factory/) (16.10.2017).

[4] PIRRON, JÖRG: SMART FACTORY - THE HEART OF THE DIGITAL TRANSFORMATION ERA. VORTRAG AUF EPICOR MOMENTUM 2017, DUBAI.