

White Paper

## **Was hat Industrie 4.0 mit ERP zu tun?**

– PPS ist das Bindeglied –

Karl Kurbel

Autor: Prof. Dr. Karl Kurbel  
fidetis GmbH & Co. KG  
Heidsieker Heide 114, 33739 Bielefeld  
+49 5206 969 200, kurbel@fidetis.de

## Einleitung

Das Schlagwort Industrie 4.0 (I4.0) ist in vieler Munde. Je nach Wortführer verstecken sich Zukunftsvisionen, Utopien, Marktversprechen oder auch "harte" Technologien dahinter. Demgegenüber wirkt der Begriff Enterprise Resource Planning (ERP) heute schon fast hausbacken. ERP-Systeme sind in den meisten Unternehmen – ausgenommen nur Kleinbetriebe – im Einsatz. Das heißt, unter ERP-Anwendern gibt es eine gefestigte Vorstellung, wozu ein ERP-System dient.

Angesichts der perceptiven Kluft zwischen der Vision Industrie 4.0 und dem ERP-gestützten operativen Geschäft stellt sich die Frage, was der "normale" ERP-Nutzer in einem Industrieunternehmen mit Industrie 4.0 zu tun hat oder zukünftig zu tun haben wird. Mit anderen Worten: Was sind die Beziehungen zwischen I4.0 und ERP?

Zur Beantwortung dieser Frage stellen wir zunächst die Kernanliegen der beiden Begriffe heraus. Anschließend wird auf die wichtigsten Berührungspunkte eingegangen. Das offensichtliche Bindeglied zwischen I4.0 und ERP ist die Produktionsplanung und -steuerung (PPS). In der Produktion treffen die technisch dominierten I4.0-Themen und die betriebswirtschaftlich orientierten ERP-Ansätze aufeinander.

## Industrie 4.0

Dass Industrie 4.0 ein Schlagwort ist, zeigt sich nicht zuletzt daran, dass es an einer eindeutigen Definition mangelt. Selbst die Erfinder des Begriffs belassen es bei Umschreibungen. Ein Grund dafür mag sein, dass der Begriff in der Politik geboren wurde.

Im Rahmen der High-Tech-Strategie der deutschen Bundesregierung wurden im Zeitraum 2011-2013 Überlegungen angestellt, wie die Produktivität und Innovationskraft deutscher Industrieunternehmen und deren Stellung im internationalen Wettbewerb gefestigt und verbessert werden kann. Expertengremien erarbeiteten Vorschläge, die zuerst als "Zukunftsbild Industrie 4.0" [1] und dann als "Zukunftsprojekt Industrie 4.0" [2] präsentiert wurden.

Als wichtige Bestandteile von I4.0 werden Technologien angesehen, die für sich genommen teilweise auch schon vor der Erfindung des Dachbegriffs Industrie 4.0 existierten:

- 1) *Internet der Dinge (Internet of Things, IoT)*: Das Internet der Dinge, gestützt auf die Basistechnologie RFID (Radio Frequency Identification), ist ein globales Netzwerk physischer Objekte, die mittels Sensoren und Aktoren in ihrer Umgebung agieren und mit anderen Objekten oder Computern kommunizieren. Man spricht auch von *intelligenten Objekten* (z.B. Maschinen, Werkstücke, Produkte – "Smart Products").
- 2) *Internet der Dienste (Internet of Services, IoS)*: Im Internet der Dienste werden intelligente Dienstleistungen ("Smart Services") – oft um die intelligenten Objekte herum – angeboten.
- 3) *CPS (Cyber-Physical Systems)*: Dies sind "... vernetzte softwareintensive physische Systeme (z.B. Maschinen), die grundsätzlich ortsunabhängig Dienste erbringen können. CPS arbeiten kontextspezifisch, adaptiv, autonom, automatisiert und multifunktional" [3]. Die Fähigkeit zur Informationsverarbeitung ist in die physischen Systeme integriert ("eingebettet"). Software initiiert und steuert physische Handlungen. Die einzelnen Systeme sind vernetzt (über lokale Netze und/oder das Internet). Sie stellen ihre Dienste über definierte Schnittstellen bereit, die von anderen CPS, intelligenten Objekten oder Menschen in Anspruch genommen werden können.
- 4) *Intelligente Fabrik ("Smart Factory")*: In der intelligenten Fabrik wirken cyber-physische Systeme und intelligente Objekte zusammen. Die Objekte kennen ihre Historie, ihren aktuellen Zustand sowie alternative Wege zum Zielzustand und kommunizieren mit den integrierten Produktionssystemen (CPS).
- 5) *Vernetzte Unternehmen*: Durch Produktionsnetzwerke, virtuelle Unternehmen, Betreibermodelle u.a. wird die horizontale und vertikale Vernetzung von Unternehmen realisiert.

6) *Big Data*: Dies sind sehr große Datenmengen, die im Kontext von I4.0 insbesondere von CPS und anderen Maschinen, Transporteinrichtungen, Werkstücken, Produkten etc. erzeugt werden. Meist handelt es sich um Mess- oder Sensordaten, die automatisch erfasst werden und gezielt ausgewertet werden könnten.

Mit Industrie 4.0 gehen neue Geschäftsmodelle und Geschäftsprozesse einher. Während die häufig propagierten "völlig neuen" Geschäftsmodelle erst vereinzelt den Weg in die Praxis finden, trifft man neue oder veränderte Geschäftsprozesse schon häufiger an. Sie sind offensichtlich notwendig, wenn die I4.0-Technologien andere Wege der Geschäftsabwicklung als die bisherigen nahelegen. Darauf wird weiter unten eingegangen.

Als Quintessenz lässt sich festhalten, dass bei Industrie 4.0 "intelligente" Maschinen, Werkstücke, Produkte und andere Objekte im Fokus stehen. CPS werden oft als das Kernstück von Industrie 4.0 angesehen, wie auch eine bekannte Grafik zu den "industriellen Revolutionen" zum Ausdruck bringt (vgl. Abbildung 1). Die intelligenten Objekte wissen selbst, was sie können (z.B. Eignungsprofile von Maschinen), wie sie sich verhalten müssen (z.B. Umrüsten, Werkzeugwechsel) oder welchen Weg durch die Fertigung und Logistik sie nehmen müssen.



Abb. 1: Sogenannte industrielle Revolutionen [4]

## Enterprise Resource Planning (ERP)

Beim Enterprise Resource Planning stehen demgegenüber die täglichen Geschäftsprozesse und Geschäftsregeln im Vordergrund, d.h. die operativen Transaktionen im Tagesgeschäft.

Die Wurzeln von ERP gehen auf die 60er und 70er Jahre zurück, als die ersten Systeme für die Materialwirtschaft (*MRP – Material Requirements Planning*) entstanden. Da MRP-Systeme nur Mengen (Endprodukte, Baugruppen, Einzelteile, Rohmaterial etc.) plant, stießen sie schnell an ihre Grenzen. Ein Produktionsunternehmen konnte nicht sicher sein, dass die mit viel Aufwand geplanten Mengen kapazitätsmäßig und zu den gewünschten Terminen auch hergestellt werden konnten.

Dieser Mangel führte in den 80er Jahren zu *MRP II (Manufacturing Resource Planning)*, einem Ansatz, der auch die kapazitätsmäßige und terminliche Machbarkeit der MRP-Mengen einbezog. MRP II (bzw. MRP II-Systeme) wurde im deutschsprachigen Raum gemeinhin als Produktionsplanung und -steuerung (bzw. PPS-Systeme) bezeichnet.

In den 90er und 00er Jahren erweiterte sich die Sichtweise dahingehend, dass nicht nur die für die Produktion erforderlichen ("Manufacturing ..."), sondern alle für den Unternehmenserfolg ("*Enterprise Resource Planning*") wichtigen Ressourcen einer sorgfältigen Planung und Steuerung bedürfen. Es entstanden umfassendere ERP-Systeme, in denen die früheren MRP II- bzw. PPS-Systeme aufgingen.

Obwohl die Wurzeln von Enterprise Resource Planning also in produktionswirtschaftlichen Systemen liegen, hat sich der Fokus stark verschoben. Bei den heutigen ERP-Systemen steht nicht mehr die Produktionsplanung und -steuerung im Vordergrund, sondern das Verbuchen von Geschäftstransaktionen jeder Art. Da letztere im Rahmen der Geschäftsprozesse eines Unternehmens stattfinden, werden ERP-Systeme heute primär als Systeme zur Durchführung bzw. Unterstützung von Geschäftsprozessen gesehen. Von besonderer Bedeutung ist bei vielen Unternehmen eine effektive Abwicklung der Kundenaufträge. Deshalb dominiert häufig der Auftragsabwicklungsprozess ("Order-to-Cash"-Prozess). In einem ERP-System für Auftragsfertiger ist ein Großteil der Funktionalität an diesen Prozess gebunden.

Kundenauftragsorientierte Produktion bedeutet weiterhin, dass je nach Kunde unterschiedliche Produktspezifikationen und/oder Fertigungsverfahren berücksichtigt werden müssen. Das ERP-System sollte also in der Lage sein, diese abzubilden. Abbildung 2 zeigt dazu ein Beispiel aus dem ERP-System DIAS [5]. Bei den Kundenstammdaten, die im Hintergrund zu sehen sind, können kundenbezogene Spezifikationen mitgeführt werden. Im Beispiel ist dies etwa die Ressourcenliste (Material und Arbeitsgänge) [6], die anzuwenden ist, wenn für den Kunden GTS Wellpappe eine Stanzform "Bandstahlschnitt 2Pt" mit der Maschine "Wupa 6.3" gefertigt werden soll. Das Fenster "Spezifikationen für Kunde Nr. 110 – GTS Wellpappe" wurde eingeblendet, weil der Reiter "Spezifikationen" in dem Kundenstammformular im Hintergrund gedrückt wurde.

The screenshot displays the 'Kunden' (Customer) data entry window in the DIAS ERP system. The main window shows customer data for '110 GTS Wellpappe'. A secondary window titled 'Spezifikationen für Kunde Nr. 110 - GTS Wellpappe' is open, showing a list of specifications for 'Bandstahlschnitt 2Pt'. The specifications include:

| Gruppe        | Produkt / Leistung   | Menge | Einheit | MwSt | EK    | VK    | BSS | NTZ     | B |
|---------------|----------------------|-------|---------|------|-------|-------|-----|---------|---|
| Stanzformen   | Bandstahlschnitt 2Pt | 1     | Stk     | 19   |       |       |     | BSS NTZ | D |
| Unter-Brett   | Unter-Brett          | 1     | Stk     | 19   |       |       |     |         | D |
| Ober-Brett    | Ober-Brett           | 1     | Stk     | 19   |       |       |     |         | D |
| Abschlagbrett | Abschlagbrett        | 1     | Stk     | 19   |       |       |     |         | D |
| Zurichtebogen | Zurichtebogen        | 1     | Stk     | 19   | 10,00 | 20,00 |     |         | D |

Below this, a detailed resource list for 'Bandstahlschnitt 2Pt' is shown:

| Artikel | L-Art             | Manuell | L-Art | Maschine                      | L-Art | Kombi | Fremdleistung         | Warenzukauf | Produkt | Einheit | Sollmenge | B |
|---------|-------------------|---------|-------|-------------------------------|-------|-------|-----------------------|-------------|---------|---------|-----------|---|
| A 10071 | Holz              |         |       | 18mm Multiplex A70 Laser Film |       |       | 1250x2500 / 1500x3000 |             |         | qm      | 1,45      | B |
| A 20641 | M-Messer          |         |       | 0,71 x 23,8 UNI CF            |       |       | Autoflex Ring         |             |         | m       | 0,00      | B |
| A 21031 | M-Roller          |         |       | 0,71 x 20,8 mm                |       |       | Rilllinien            |             |         | m       | 0,00      | B |
| A 22082 | M-Ritzer          |         |       | 0,70 x 22,56 mm UNI           |       |       | Ritzlinien            |             |         | m       | 0,00      | B |
| A 50125 | Gummi - Moosgummi |         |       | 07x07 mm 35'grau              |       |       | Streifen m. SK        |             |         | m       | 0,00      | B |
| L 10    |                   |         |       | Programmieren                 |       |       |                       |             |         | min     | 20,00     | B |
| M 115   |                   |         |       | ServiForm Biegemaschine       |       |       |                       |             |         | min     | 0,00      | B |
| L 20    |                   |         |       | Bauen                         |       |       |                       |             |         | min     | 0,00      | B |

Abb. 2: Kundenbezogene Spezifikation (Ressourcenliste) im ERP-System DIAS [7]

## **Produktionsplanung und -steuerung (PPS)**

Angesichts der unterschiedlichen Schwerpunkte scheinen Industrie 4.0 und Enterprise Resource Planning zunächst wenig miteinander zu tun zu haben. Industrie 4.0 fokussiert auf "intelligente" Maschinen, Werkstücke, Produkte etc., ERP auf Geschäftsprozesse und Dokumente wie Angebote, Kundenaufträge, Rechnungen u.a.

Bei genauerer Betrachtung erkennt man jedoch die Schnittstelle sehr schnell: Die physischen Objekte, die in Industrie 4.0 die intelligenten Anlagen durchlaufen, haben ihr Gegenstück in abstrakten Objekten, die im ERP-System geführt werden. Das Aufeinandertreffen findet in der Produktion statt, d.h. dort, wo "Aufträge" auf "Maschinen" treffen. In Form der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) bildete die Produktion früher einen Schwerpunkt im Enterprise Resource Planning bzw. seinen Vorläufern. Heute ist die eigentliche PPS-Funktionalität oft auf dedizierte Systeme ausgelagert (z.B. MES – Manufacturing Execution Systems).

Als Kernaufgaben der Produktionsplanung und -steuerung werden traditionell die folgenden angesehen:

- Mengenplanung – welche Mengen an End-, Zwischen- und Vorprodukten sollen im Planungshorizont hergestellt (Blickrichtung auf Serienfertigung) bzw. welche Kundenaufträge können erwartet werden (Blickrichtung auf Auftragsfertigung)
- Termingrobplanung (Auftragsterminierung) – zu welchen Start- und Endterminen sollen die Fertigungsaufträge (bzw. genauer alle Arbeitsgänge aller Fertigungsaufträge im Planungshorizont) durchgeführt werden
- Kapazitätsplanung – steht an allen Arbeitsplätzen die für die Fertigungsaufträge benötigte Kapazität zur Verfügung bzw. wie kann die Machbarkeit hergestellt werden
- Fertigungssteuerung – Kurzfristplanung, Feinterminierung und Maschinenbelegung (tages-, stunden- oder ggf. minutengenau) sowie Anpassungsmaßnahmen

Je intelligenter die Maschinen sind, umso besser die Ergebnisse der Produktionsplanung und -steuerung. Dies gilt insbesondere für die Fertigungssteuerung, die sehr kurzfristigen Charakter hat, denn die Möglichkeiten einer tages-, stunden- oder minutenaktuellen Einplanung und Umsteuerung hängen unmittelbar von Echtzeit-Daten aus der Produktion ab (z.B. Auftragsstände, Maschinenzustände u.a.).

In Industrie 4.0 würden die Daten, die zur Aktualisierung der Kapazitäten und Maschinenbelegungen benötigt werden, automatisch an das Fertigungssteuerungsmodul übermittelt. Heute ist jedoch der Normalfall, dass sie, wenn überhaupt, manuell eingegeben oder bestenfalls teilautomatisch ermittelt werden. Typischerweise wird die Fertigstellung eines Arbeitsgangs manuell rückgemeldet, woraufhin die Auftrags-, Maschinen- und Personalzeiten automatisch fortgeschrieben werden. Wären die Maschinen und/oder Werkstücke mit Intelligenz ausgestattet, könnten sie sich selbst rückmelden, und die Kapazitätsbelegungen bzw. die Kapazitätsverfügbarkeit, Auftragsstatus u.a. würden kontinuierlich automatisch aktualisiert.

## **Weitere Berührungspunkte zwischen Industrie 4.0 und ERP**

Neben diesen unmittelbaren Berührungspunkten mit der "konventionellen" Produktionsplanung und -steuerung gibt es zahlreiche weitere Schnittstellen zwischen Industrie 4.0 und ERP. Ausgewählte Schnittstellen werden im Folgenden diskutiert.

### **RFID**

Grundsätzlich stellt sich bei allen RFID-Anwendungen die Frage: Was passiert mit den ausgelesenen Daten? Technologisch gesehen werden sie von der RFID-Middleware an andere Systeme weitergeleitet, wo die Interpretation und Nutzung erfolgt. In der Produktion erfasste Daten sind zunächst einmal für PPS-Module von Interesse, darüber hinaus aber auch für andere ERP-Module und benachbarte Anwendungssysteme. Man denke beispielsweise an den Transport einer Palette von Baugruppen oder Endprodukten aus der Montage

durch ein RFID-Portal. Die Daten können für die Auftragsfortschrittskontrolle, die Materialwirtschaft/Lagerbestandsführung oder für den Versand genutzt werden. Voraussetzung ist in allen Fällen, dass das PPS- oder ERP-Modul in der Lage ist, die RFID-Daten entgegenzunehmen, zu interpretieren und mit den ERP-Daten abzugleichen. Dafür sind geeignete Schnittstellen zwischen der RFID-Anwendung und dem PPS- bzw. ERP-System sowie funktionale Erweiterungen erforderlich.

### CPS/Smart Factory

Aus Sicht der Planung und Steuerung ist der Hauptunterschied zwischen einer konventionell organisierten und einer intelligenten Fabrik eine weitgehende Dezentralisierung der Entscheidungen. Während konventionelle Fertigungsanlagen von einem mehr oder weniger zentralen System gesteuert werden, erlauben cyber-physische Systeme die Umsetzung von Planungsentscheidungen zur Laufzeit. Dies setzt sich fort bis hin zu Entscheidungen, die üblicherweise im ERP-System getroffen werden. Der "Automatisierungspyramide" bei konventioneller Fertigungstechnologie steht eine netzartige Struktur bei der Smart Factory gegenüber. Das heißt, auch Entscheidungen höherer Ebenen (einschließlich betriebswirtschaftlicher Planungsentscheidungen) können automatisiert werden.

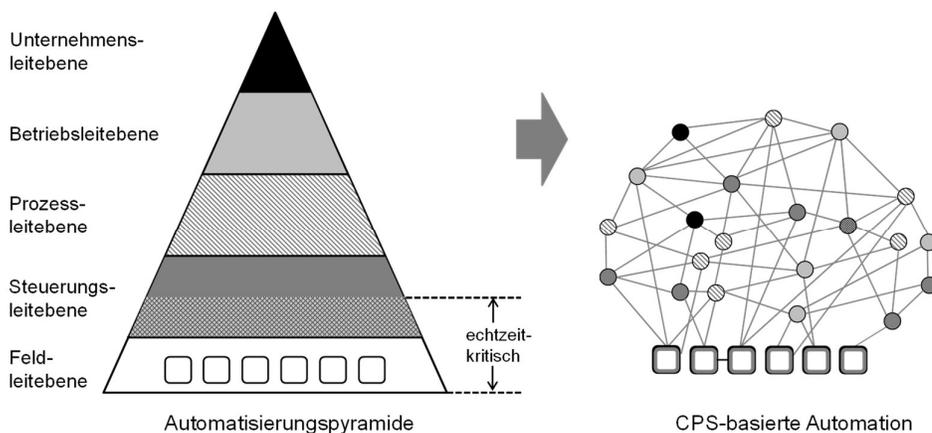


Abb. 2: Dezentralisierung von Entscheidungen durch CPS-basierte Automation [8]

Cyber Physical Systems und die Smart Factory bieten eine Fülle von Potentialen. Beispielsweise können individuelle Kundenwünsche bzw. Änderungen derselben unmittelbar in die Produktion umgesetzt werden. Im Idealfall würde das ERP-System die kundenindividuelle Spezifikation an das CPS (bzw. an das Steuerungssystem der Smart Factory mit den CPS) weiterleiten, und die notwendigen Einstellungen und Informationen für das/die CPS würden automatisch erzeugt bzw. angepasst. Bei einer Störung, die buchungsmäßig im ERP-System registriert und an die Smart Factory übermittelt wird, würde diese den Produktionsablauf automatisch anpassen. Man denke etwa an den Ausfall eines wichtigen Zulieferers und die Auswahl eines anderen, der Baugruppen ähnlicher, aber nicht identischer Spezifikation liefern kann. Das ERP-System gibt die geänderte Spezifikation an die intelligente Fabrik, welche daraufhin die Produktionsanlagen flexibel umstellt.

### Produktionsplanung und -steuerung in der Smart Factory

Die Fähigkeiten von CPS/Smart Factory bewirken insbesondere, dass klassische Aufgaben der Fertigungssteuerung (z.B. Auftragsreihenfolge-/Maschinenbelegungsplanung) an Bedeutung verlieren. Die intelligenten Werkstücke und Maschinen übernehmen einen Großteil dieser Aufgaben selbst und lösen sie autonom.

Andere Aufgaben wie die Kapazitätsfeinplanung können mit erheblich höherer Genauigkeit durchgeführt werden, da die cyber-physischen Systeme kontinuierlich Rückmeldungen aus der Fertigung geben. Voraussetzung ist, dass das ERP-System diese Rückmeldungen auch tatsächlich zielführend verarbeiten kann.

Die Bedeutung der Produktionsgrobplanung und der Zulieferer-Abnehmer-Beziehungen nimmt zu [9]. Es stellen sich Koordinationsaufgaben, die bereits aus dem Supply Chain Management bekannt sind [10]. Bei

vernetzten Unternehmen in einem virtuellen Produktionssystem sind die Beziehungen jedoch noch enger als bei einer "konventionellen" Lieferkette im Supply Chain Management.

### **Instandhaltungsmanagement**

Beim Instandhaltungsmanagement zeigt sich der betriebswirtschaftliche Nutzen einer engen Verbindung von I4.0-Technologien und Enterprise Resource Planning unmittelbar. Maschinen, die nicht laufen, verursachen Kosten. Ungeplanter Maschinenstillstand führt zu erhöhten Produktionskosten und kann signifikante Umsatzeinbrüche zur Folge haben, wenn etwa Aufträge liegen bleiben oder von den Kunden storniert werden.

Geeignet terminierte Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten helfen, solche Ausfälle zu vermeiden ("wäre die Maschine ein paar Tage früher gewartet worden, wäre sie nicht ausgefallen"). Die Bestimmung des "optimalen" Wartungszeitpunkts (oder Wartungsintervalls) ist jedoch schwierig, da sie von gegenläufigen Erwägungen getragen wird: Je früher (bzw. je häufiger) gewartet wird, umso geringer ist die verfügbare Maschinenkapazität. Je später (bzw. seltener) gewartet wird, umso höher ist das Risiko eines ungeplanten Ausfalls.

Letztlich hängt der ideale Wartungszeitpunkt vom Zustand der Maschine ab. In der Industrie 4.0-Konzeption sind Maschinen mit Sensoren und automatischen Messeinrichtungen versehen, die kontinuierlich Daten über Maschinenlast und -zustände erfassen. Eine zeitnahe Auswertung der Daten erlaubt es, Verschleiß und andere Veränderungen einer Fertigungsanlage frühzeitig zu erkennen. Darauf aufbauend kann das Unternehmen vorausschauend eine Wartung zwecks Reparatur oder Austausch problematischer Komponenten terminieren und ggf. die Beschaffung von Spezialteilen rechtzeitig anstoßen. Das Unternehmen vermeidet einen ungeplanten Ausfall der Anlage oder eine Verschlechterung der Produktqualität (z.B. durch allmähliches Überschreiten von Toleranzen). Der Anlagenhersteller oder -betreiber kann den Einsatz seiner Servicetechniker nach Optimalitätsgesichtspunkten planen.

Fortgeschrittene Ansätze zur vorausschauenden Planung von Wartungsintervallen und -zeitpunkten werden im Forschungsgebiet "Predictive Maintenance" entwickelt, z.B. intelligente Algorithmen, die mathematische und statistische Verfahren implementieren. Ziel ist es, aus Echtzeitdaten frühzeitig zu erkennen, wann ein technisches Gerät Abweichungen vom Sollzustand zeigt und evtl. auf einen Ausfall zusteuert. Damit kann zum Beispiel die Gefahr, dass einer der vielen Motoren einer Produktionslinie ausfällt und das Fließband zum Stillstand bringt, abgemildert werden [11].

Die anfallenden Datenmengen sind in den meisten Fällen sehr groß. Im Fall eines Kompressorherstellers wird berichtet, dass die Zahl der pro Tag für einen Kompressor anfallenden Messdaten ca. 1 Million beträgt [12]. Auf Basis der gemessenen Daten, lastabhängiger Zuverlässigkeitsanalysen und Verschleißmodellen können geeignete Algorithmen dann detaillierte Prognosen über das Ausfallverhalten der konkreten Maschine, des Maschinentyps oder kritischer Komponenten erstellen. Grundlage bilden nicht die Daten eines einzelnen Kompressors, sondern vieler tausend Kompressoren, die sich weltweit im Einsatz befinden ("Big Data").

### **Neue oder veränderte Geschäftsprozesse**

Mit der Nutzung von I4.0-Technologien gehen neue Geschäftsprozesse einher, und existierende Prozesse müssen verändert werden. Dies wird in Abbildung 3 am Beispiel des Instandhaltungsmanagements veranschaulicht [13]. Instandhaltungsmanagement (einschließlich Planung und Steuerung des Servicepersonaleinsatzes) ist eine Aufgabe im Rahmen des Enterprise Resource Planning.

Die Abbildung zeigt ein vereinfachtes Modell des Geschäftsprozesses "Sensorgesteuerte Anlagenüberwachung und Instandhaltung" in Form einer ereignisgesteuerten Prozesskette (EPK). Der Prozess ist nicht von Grund auf neu, aber um wesentliche Bestandteile gegenüber einem nicht mess-/sensordatengetriebenen Prozess erweitert.

Die Mess- oder Sensordaten werden von der Fertigungsanlage erfasst und an den MDE-Rechner (MDE = Maschinendatenerfassung) gesendet. Das Monitoringsystem auf dem MDE-Rechner prüft die empfangenen Daten auf Plausibilität, Konformität mit Normalverläufen und -profilen und andere Abweichungen. Es speichert die Zustandsinformationen in der Datenbank für spätere Analysen. Wenn die erfassten Daten auf

Probleme beim laufenden Betrieb hindeuten, muss der Maschinenbediener eingreifen und die Probleme beheben.

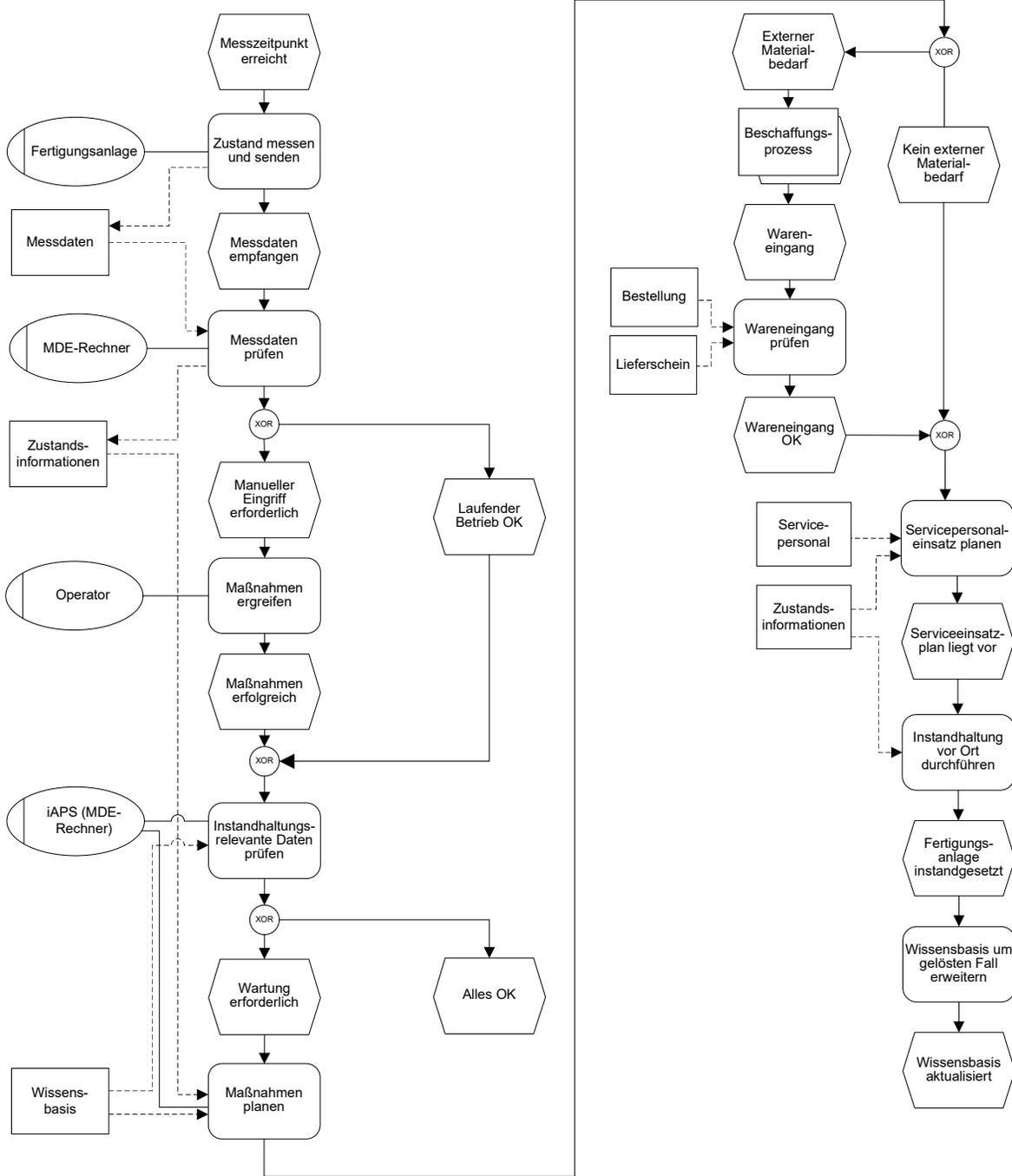


Abb. 3: Prozess "Sensorgesteuerte Anlagenüberwachung und Instandhaltung" [14]

Ob die gewonnenen Zustandsinformationen auf Instandhaltungsbedarf hinweisen, wird von einem *intelligenten Analyse- und Planungssystem (iAPS)* auf dem MDE-Rechner unter Rückgriff auf eine Wissensbasis ermittelt. In der *Wissensbasis* kann z.B. Expertenwissen über Maschinenprofile/-verläufe, Ausfallursachen oder fallbasiertes Wissen aus früheren Instandhaltungsfällen gespeichert sein. Wenn die Auswertung der instandhaltungsrelevanten Daten ergibt, dass eine Anlagenwartung zweckmäßig wäre, plant das iAPS die erforderlichen Maßnahmen. Dabei kann es sein, dass nicht nur Handlungen, sondern auch Materialien benötigt werden, die der Anlagenhersteller erst beschaffen muss. Handlungen werden durch Servicetechniker vor

Ort oder durch Software über Fernwartung (in der EPK ausgeklammert) durchgeführt, d.h., sie müssen geplant werden.

Nach der Einsatzplanung für das Servicepersonal wird die Instandhaltung vor Ort durchgeführt. Der Servicetechniker kann dabei auf die Zustandsinformationen der Anlage zugreifen, die den Anstoß zu der vorausschauenden Wartung geben. Zum Abschluss des Prozesses wird die Wissensbasis um den gelösten Fall und ggf. daraus extrahierte Informationen erweitert, die für zukünftige Wartungsfälle beim gleichen Anlagentyp von Bedeutung sein können.

## **Grundlegende Anforderungen an ERP-Systeme**

ERP-Systeme sind die zentralen Informationssysteme eines Unternehmens, auf denen die Geschäftstätigkeit beruht. Sie enthalten alle für die Geschäftsprozesse und damit für die Wertschöpfung des Unternehmens wichtigen Daten: Kunden, Lieferanten, Produkte, Betriebsmittel, Personal u.v.a. Man kann erwarten, dass die ERP-Systeme auch im Industrie 4.0-Zeitalter ihre zentrale Rolle nicht nur behalten, sondern weiter ausbauen werden. Der Hauptgrund ist, dass die wertschöpfenden Prozesse (wie Auftragsabwicklung, Produktentwicklung, Produktion, Marktentwicklung) im ERP-System abgebildet werden. Die I4.0-Potentiale aufgrund neuer Technologien und Produktionsparadigmen führen möglicherweise zu neuen oder veränderten Geschäftsprozessen, die dann aber ebenfalls im ERP-System geführt werden.

Damit kommen neben den oben diskutierten, spezifischen Anforderungen weitere grundlegende Anforderungen an ERP-Systeme hinzu. Diese beziehen sich insbesondere auf die Datenhaltung und die Integrationsfähigkeit.

### **Datenhaltung**

Bezüglich der Datenhaltung ist zu berücksichtigen, dass die Daten, die im Industrie 4.0-Ansatz anfallen, erstens anders geartet und zweitens umfangreicher als die klassischen ERP-Daten sind. Während es sich bei ERP-Daten i.d.R. um strukturierte Daten handelt (z.B. Kundendaten), fallen bei Industrie 4.0 Transponder-, Sensor-, Video- und Social-Media-Daten sowie weitere Formate an. Bei Mess- und Sensordatenerfassung ist der Umfang durch "Big Data" charakterisiert.

Wie soll das ERP-System mit diesen Daten umgehen? Grundsätzlich sind zwei Wege denkbar: 1) Die Daten werden im ERP-System geführt und ausgewertet. 2) Die Daten werden in dedizierten Systemen (z.B. einer um Administrationfähigkeiten angereicherten Maschinensteuerung) geführt, ggf. aufbereitet und dem ERP-System zur Auswertung übergeben.

Zu beiden Fällen ist anzumerken, dass heutige ERP-Systeme diesen Anforderungen i.d.R. nicht gewachsen sind. Die Hersteller der ERP-Systeme stehen vor der Herausforderung, ihre Systeme dahingehend weiterzuentwickeln, dass sie mit den Industrie 4.0-Daten zielgerichtet umgehen können. Dabei dürfte der erste Weg eher Zukunftsmusik darstellen, beinhaltet er doch, dass das ERP-System zu einem umfassenden, I4.0-fähigen Informationssystem ausgebaut wird. Realistischer, wenn auch immer noch sehr anspruchsvoll, scheint der zweite Weg. Dazu wird eine Form der softwaremäßigen Kopplung zwischen ERP- und I4.0-Systemen benötigt.

### **Integration**

Bereits heute sind ERP-Systeme mit verschiedenen anderen Systemen verbunden, z.B. mit SCM (Supply Chain Management), CRM (Customer Relationship Management) oder MES (Manufacturing Execution Systems). Je nachdem, ob das andere System vom selben Hersteller stammt oder nicht, ist die Kopplung enger oder loser. Lose bedeutet hier, dass Daten über bilaterale Schnittstellen, die systemspezifisch gestaltet sind, ausgetauscht werden.

Wenn man davon ausgeht, dass die Komponenten der "Smart Factory" von spezifischer Software (d.h. nicht vom ERP-System) gesteuert werden, die i.d.R. von anderen Herstellern als dem des ERP-Systems stammt, wird eine Kopplung zwischen dem ERP-System und den Fremdsystemen benötigt. Der "Idealfall" wäre, dass

alle zu koppelnden Systeme Schnittstellen nach einem allgemein akzeptierten Standard bereitstellen. Davon ist die Realität aber weit entfernt.

Mangels Schnittstellenstandards sieht der Weg der Praxis meist so aus, dass bilaterale Schnittstellen für den Datenaustausch entwickelt werden. Mit der zunehmenden Zahl an Fremdsystemen und Beteiligten in der Wertschöpfungskette steigen die Anforderungen an die Ausgestaltung der Schnittstellen deutlich an [15].

Als Mittelweg zwischen allgemeinen Schnittstellenstandards und einer Vielzahl bilateraler Schnittstellen kommen hersteller- oder anwenderspezifische Integrationsplattformen in Betracht. Diese helfen, redundante Parallelimplementierungen von Schnittstellensoftware zu reduzieren. Den Entwicklungsaufwand dürften eher größere Unternehmen als lohnend ansehen.

Ähnliche Integrationsprobleme wie zwischen ERP und CPS stellen sich im übrigen auch, wenn zwischen dem ERP-System und den CPS ein MES (Manufacturing Execution System) steht. Die Integrationsaufgaben müssen dann zwischen den Systemen der Smart Factory und dem MES gelöst werden.

## **Zusammenfassung**

Industrie 4.0 einerseits, mit Fokus auf intelligenten Maschinen und Werkstücken, und Enterprise Resource Planning andererseits, mit Fokus auf Geschäftsprozessen und Dokumenten, weisen zahlreiche Berührungspunkte auf. Einige Beispiele wurden in diesem Paper skizziert. Damit die versprochenen oder erwarteten Potentiale von Industrie 4.0 ausgeschöpft werden können, müssen I4.0-Systeme und ERP-Systeme miteinander verbunden werden, denn ERP-Systeme werden auch weiterhin das Rückgrat der Geschäftsabwicklung bilden.

Die meisten Berührungspunkte zwischen Industrie 4.0 und Enterprise Resource Planning gibt es im Produktionsbereich. Deshalb kommt der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) die Rolle eines wichtigen Bindeglieds zwischen Industrie 4.0 und ERP zu.

Die Hersteller von ERP-Systemen stehen vor der Herausforderung, ihre Systeme "Industrie 4.0-fähig" zu machen. Das heißt vor allem, dass das ERP-System in der Lage sein muss, mit I4.0-Daten umzugehen und diese geeignet zu verarbeiten und zu interpretieren. In umgekehrter Richtung müssen produktionsrelevante Sachverhalte (z.B. Materialwechsel wegen Lieferantenausfalls) nahtlos vom ERP-System an die Smart Factory übermittelt werden.

## **Literatur**

- [acatech 2012] acatech Deutsche Akademie der Technikwissenschaften: Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems – Was sind Cyber-Physical Systems?; <http://www.acatech.de/?id=1405> (Abruf 20.10.2016).
- [BMBF o.J.] Bundesministerium für Bildung und Forschung: Zukunftsbild "Industrie 4.0"; Bonn: Bundesministerium für Bildung und Forschung o.J.
- [Feike 2016] Interview mit Thomas Feike, in: Zieblo, K., Industrie 4.0 braucht ERP; IT-zoom, 30.3.2016; <http://www.it-zoom.de/it-mittelstand/e/industrie-40-braucht-erp-13135/> (Abruf 17.10.2016).
- [fidetis 2016] fidetis: ERP-System – Stammdaten – Spezifikationen; fidetis GmbH & Co. KG, Bielefeld 2016; <http://fidetis.de/index.php?id=3> (Abruf 20.10.2016).
- [Hilt 2015] Hilt, B., Martens, R.: Wenn der Motor leise flüstert ...; IM+io 30 (2015) 2, S. 28-32.
- [Kagermann 2013] Kagermann, H., Wahlster, W., Helbig, J. (Hrsg.): Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0; Frankfurt am Main: acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. 2013.
- [Kuprat 2015] Kuprat, T., Mayer, J., Nyhuis, P.: Aufgaben der Produktionsplanung im Kontext von Industrie 4.0; Industrie 4.0 Management 31 (2015) 2, S. 11-14.
- [Kurbel 2016] Kurbel, K.: Enterprise Resource Planning und Supply Chain Management in der Industrie – Von MRP bis Industrie 4.0, 8. Auflage; de Gruyter-Verlag, Berlin 2016.

- [Lameter 2014] Lameter, F.: Kaeser Kompressoren: Customer Testimonial; Videobeitrag, September 2014; abrufbar unter: <http://www.sap.com/germany/asset/detail.2014-09-sep.kaeser-sap-hana-ctv-mp4.html> (Abruf: 21.8.2015).
- [Promotorengruppe 2012] Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft (Hrsg.): Bericht der Promotorengruppe Kommunikation – Im Fokus: Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0; Handlungsempfehlungen zur Umsetzung; Berlin: Forschungsunion im Stifterverband für die deutsche Wissenschaft e.V. 2012.
- [VDI 2013] Verein Deutscher Ingenieure e.V.: Cyber-Physical Systems: Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation – Thesen und Handlungsfelder; Verein Deutscher Ingenieure 2013; [https://www.vdi.de/uploads/media/Stellungnahme\\_Cyber-Physical\\_Systems.pdf](https://www.vdi.de/uploads/media/Stellungnahme_Cyber-Physical_Systems.pdf) (Abruf 22.10.2016).

## **Anmerkungen**

- [1] Vgl. BMBF o.J.
- [2] Vgl. Kagermann 2013
- [3] acatech 2012
- [4] Vgl. Promotorengruppe 2012
- [5] Vgl. Kurbel 2016, S. 292 ff.
- [6] Vgl. Kurbel 2016, S. 111 f.
- [7] Vgl. fidetis 2016
- [8] Vgl. VDI 2013, S. 4
- [9] Vgl. Kuprat 2015, S. 13
- [10] Vgl. Kurbel 2016, S. 410 ff.
- [11] Vgl. Hilt 2015, S. 29
- [12] Vgl. Lameter 2014
- [13] Die Beschreibung des Beispiels ist Kurbel 2016, S. 559 ff., entnommen. Dort findet man auch eine ausführlichere Darstellung des Geschäftsprozesses.
- [14] Vgl. Kurbel 2016, S. 560
- [15] Vgl. Feike 2016