

Engelbert Westkämper und Thomas Bauernhansl

---

## 2.1 Einführung

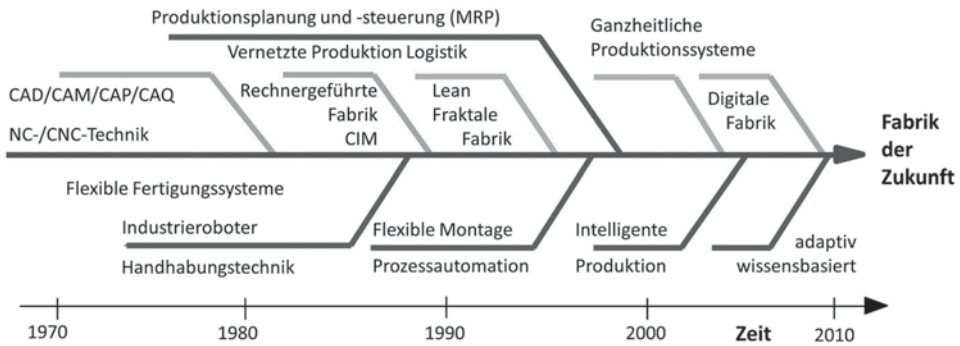
Die Produktionsplanung und -steuerung oder neuer, das Auftragsmanagement, ist ein fester Bestandteil des Managements der Organisation industrieller Unternehmen. Ihr Ziel ist die termin-, mengen- und qualitätsgerechte Lieferung von Produkten an die jeweiligen Kunden mit minimalen Beständen und Vorräten an Material, unfertigen und fertigen Erzeugnissen und zugleich der Maximierung der Nutzung vorhandener personeller und technischer Ressourcen. Die Lösung der Zielkonflikte aus Auslastung und Termintreue bestimmt die eingesetzten Methoden zur Optimierung. Voraussetzung für die effiziente Anwendung rechnergestützter Verfahren zur Produktionssteuerung ist bis heute eine detaillierte und vollständige Planung aller Operationen in Bezug auf die betrieblichen Ressourcen und Operationszeiten. Gerade daran hapert es zurzeit. Eine steigende Komplexität und Variantenvielfalt und der Druck aus kürzeren Lieferzeiten sind Herausforderungen der Zukunft, die von heutigen umfassenden bzw. hochintegrierten Systemen kaum noch zu beherrschen sind.

---

E. Westkämper (✉) · T. Bauernhansl  
Fraunhofer – Institut für Produktionstechnik u. Automatisierung – IPA, Nobelstraße 12,  
70569 Stuttgart, Deutschland  
E-Mail: Engelbert.Westkaemper@ipa.fraunhofer.de

T. Bauernhansl  
E-Mail: Thomas.Bauernhansl@ipa.fraunhofer.de

G. Schuh, V. Stich (Hrsg.), *Enterprise -Integration*,  
DOI 10.1007/978-3-642-41891-4\_2, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013



**Abb. 2.1** Entwicklungslinien der Produktion

## 2.2 Forschung am FIR auf dem Gebiet der Produktionssteuerung

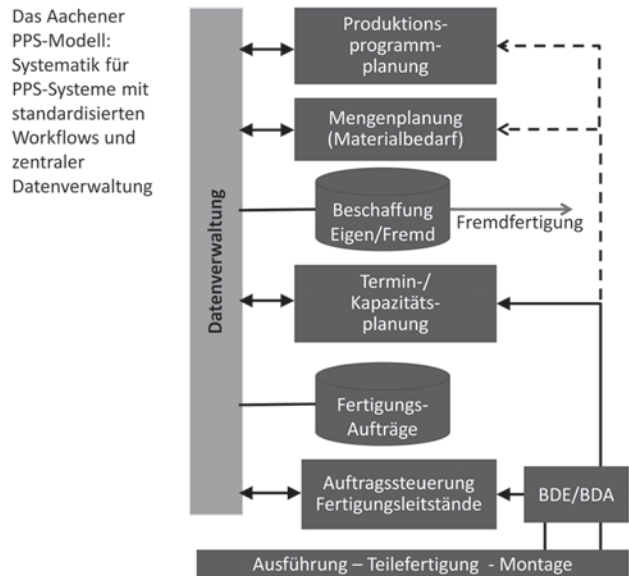
In den 80er Jahren gab es die Visionen einer vollständig rechnergeführten Fabrik, deren wesentliche Elemente in der Anwendung der Massendatenverarbeitung für administrative Prozesse, der grafischen Datenverarbeitung für Entwicklung und Konstruktion und der Prozessleittechnik für die flexible Automation lagen.

Ein Bruch entstand zu Beginn der 90er Jahre, als klar wurde, dass die vollständige Integration zu aufwendig ist und der Faktor Mensch zu wenig berücksichtigt wurde. Ferner wurde bekannt, dass ganzheitliche Produktionssysteme hohe Potenziale aktivieren können, wenn eine Wertstromorientierung (Lean) und permanente Verbesserungen in den Unternehmen verankert werden. CIM verlor seine Bedeutung als Vision der Zukunft. Hans-Jürgen Warnecke formulierte Anfang der 90er Jahre das Modell einer fraktalen Fabrik als Antwort auf die fernöstlichen Konzepte des Lean Manufacturings (Abb. 2.1).

Bereits Anfang der 70er Jahre begann der Einzug computerisierter Methoden zur Arbeits- und Terminplanung. Große Datenmengen waren ein ideales Feld für die Anwendung rechnergesteuerter Produktionsplanungssysteme (PPS). Die rechnerunterstützte Planung begann mit der Verarbeitung von Stücklisten und Arbeitsplänen einerseits und Ressourcendaten über Kostenstellen und Arbeitsplätze andererseits. Die Terminsteuerung setzte auf den Produktions- und Absatzprogrammen sowie einer Bestandsverwaltung auf. Erst Ende der 70er Jahre gelang es, auch die Kapazitätsterminplanung zu integrieren. In den Werkstätten wurden Fertigungsleitstände eingerichtet, welche die kurzfristigen Aktionen steuerten. Obwohl hohe Rechenleistungen für Massendaten zur Verfügung standen, konnten die Termine und Kapazitätsbelegung meist nur einmal pro Woche gerechnet werden. Große Stapel Papier mit terminierten Operationen wurden einmal in der Woche in die Fabriken gebracht und mussten infolge der Trägheit des Systems häufig erst manuell korrigiert werden.

Dennoch enthielten sie die methodisch grundlegenden Ansätze und trugen bereits maßgeblich zur Beherrschung der Terminsteuerung in den Fabriken bei. Die Listen wurden Zug um Zug durch papierlose Kommunikation ersetzt. Die Aktualisierung der Bestän-

**Abb. 2.2** Auftragsmanagement nach dem Aachener PPS-Modell



de war allerdings Quelle steter Unzufriedenheit mit den Systemen. Unternehmen lernten aber, ihre Daten und insbesondere die Stammdaten zu standardisieren. Dies ist bis heute eine Voraussetzung für das Auftragsmanagement.

Standardisierte Masken kennzeichneten die Interaktion zwischen den Menschen und den Maschinen. Die Verarbeitung der Daten und die Berechnung fanden in zentralen Großrechnern statt. Sie wurden vielfach als das Herz der Organisation angesehen.

Das FIR hat mit der Formulierung des sogenannten „Aachener PPS-Modells“ die für die Entwicklung einer ganzen Palette von EDV-Systemen notwendigen Grundlagen gelegt (Abb. 2.2). Es beschrieb die Kernfunktionen im Arbeitsablauf ab der Programmplanung über die Mengen- und Terminplanung bis in die Auftragsfreigabe für die Fertigung und Montage. Bei noch hohem Eigenfertigungsanteil vieler Unternehmen zu dieser Zeit war die Steuerung der Fremdvergabe noch nicht sehr weit entwickelt.

Das Modell wurde mit immer weiteren Funktionen für das Bestandsmanagement und mit Methoden der Optimierung ergänzt. Es prägt bis in die heutige Zeit die PPS-Systeme. Innovationen in der Informations- und Kommunikationstechnik änderten den Einsatz der PPS-Systeme in vielfacher Hinsicht. Hardwarearchitekturen und Rechenleistung stiegen exponentiell und eröffneten die Möglichkeiten zur Integration zusätzlicher Funktionen und Systeme. Aus dem PPS wurden komplexe MRP-Systeme, deren Anwendung nicht auf einzelne Werke begrenzt blieb, sondern den Prozessketten der vernetzten und verteilten Produktion folgte. Die gesamte Logistik und Materialwirtschaft erhielt eine Eigenständigkeit und prägte die Just-in-time-Logistik nachhaltig.

Sehr schnell zeigte sich, dass die Anwendung von PPS- bzw. MRP-Systemen die Ablauforganisation drastisch veränderte. Neue Workflows und Prozesse mussten modelliert und implementiert werden. Datenerfassung und Datenmanagement verlangten nicht nur

Standards, sondern auch eine hohe Qualität und Aktualität. Das FIR leistete auch dazu herausragende Beiträge und half vielen Unternehmen bei der Implementierung und Adaption. Man kann heute feststellen, dass PPS- und MRP-Systeme fester Bestandteil der Organisation industrieller Fertigungen sind.

PPS- und MRP-Systeme waren in der Vergangenheit wichtige Elemente einer Produktionsorganisation, die durch die Systeme des Auftragsmanagements und der Logistik maßgeblich bestimmt wurden. Die Logistik wurde zum tragenden Element des Managements von „Supply-Chains“ und Ressourcen (Bullinger et al. 2003; Bullinger et al. 2009).

CIM wurde als Leitbild aufgegeben. Dennoch blieben die drei Kernbereiche im Fokus der strukturellen Veränderungen bis in die heutige Zeit (Wiendahl 2012), was in der IT- und Ausrüstungsindustrie für die Produktion zu außerordentlichem Wachstum beitrug, z. B. durch die Entwicklungen der SAP AG.

---

## 2.3 Neue Herausforderungen durch Wechsel der Paradigmen

Viele Einflussfaktoren auf die Organisation haben sich in den vergangenen Jahren geändert. Man kann von einer turbulenten Umgebung in Bezug auf die Änderungsdynamik der Märkte, Produkte und Technologien sprechen. Das „Customizing“ ließ die Varianten ebenso steigen wie die Zahl der Änderungen auch nach Auftragserteilung. In der Folge stiegen die Aufwendungen für die Planung und Steuerung. Viele Unternehmen reduzierten ihre Arbeitsplanungsressourcen durch Rücknahme des Detaillierungsgrades und weitere Dezentralisierung der Planungskompetenzen im Sinne des Lean Manufacturings. In der Folge stieg die Ungenauigkeit und Aktualität der Daten, die für eine sichere Festlegung von Terminen bei minimalen Durchlaufzeiten und Beständen erforderlich ist. In Untersuchungen stellten wir fest, dass bis zu 30 % der Prozessdaten falsch waren. Die Fertigungsbereiche reagierten mit Selbststeuerung in ihren Segmenten oder halfen sich mit MES-Systemen im kurzfristigen Bereich der Terminsteuerung. „Last-Minute-Change of Orders“, der im Maschinenbau zur Normalität wurde, kann allein mit kurzfristigen ungeplanten Aktionen aufgefangen werden. Herkömmliche PPS-Methoden setzten auf detaillierte Planung, die hier jedoch an die Grenzen stieß.

Neue Formen der Produktion wie „Ganzheitliche Produktionssysteme“ (Bullinger et al. 2009) waren Antworten, um im turbulenten Umfeld mit Methoden der Selbstorganisation zu überleben. In einer grundlegenden Forschung haben wir hier in Stuttgart ein neues Modell für Unternehmen, das sogenannte „Stuttgarter Unternehmensmodell“, entwickelt, das von grundlegenden Prinzipien der Wandlungsfähigkeit ausgeht (Wiendahl 2012). Es unterstellt, dass Unternehmen in einer turbulenten Umgebung nur dann überlebensfähig sind, wenn sie ihre Strukturen und Organisationen permanent und effizient anpassen können. Die Basis hierfür bilden die Ansätze von Warnecke, die das Ziel hatten, dezentrale Fraktale mit hoher Autonomie und einem hohen Grad an Selbstorganisation zu schaffen und gleichzeitig über Selbstähnlichkeit und Verhaltenskonvergenz dieser Einheiten Synergie in Gesamtkontext des Unternehmens zu ermöglichen (Warnecke 1995).

Ein typisches Beispiel für Turbulenzen in den Unternehmen ist die zeitliche Entwicklung der Auftragseingänge. Geht man davon aus, dass Unternehmen immer näher auf die Bedürfnisse der Märkte und die Anforderungen der Kunden reagieren und die Produkte in immer kürzerer Frist mit niedrigsten Beständen produzieren und liefern müssen, dann können Auftragsschwankungen nicht mehr zeitlich ausgeglichen werden (Westkämper et al. 2002).

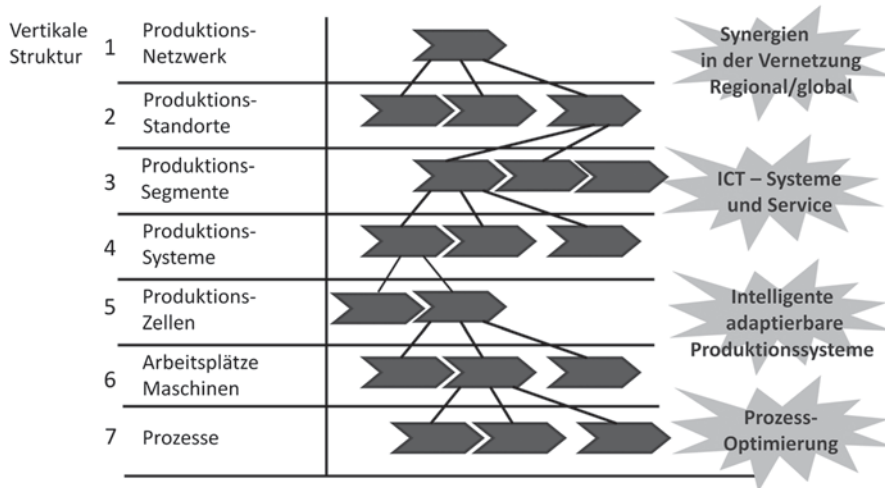
Lieferfristen sind ein wichtiges Wettbewerbskriterium in heutigen Käufermärkten. Kunden erwarten nicht nur eine perfekte Qualität zu niedrigen Preisen, sondern auch eine pünktliche Lieferung der bestellten Menge zum zugesagten Termin. Kundenbindung und Kundenorientierung erweitern die Vielfalt der Lösungen, sie treiben die indirekten Kosten und reduzieren die Stückzahlen und Losgrößen. Damit wird es für Unternehmen immer schwieriger, Kapazitäten zu glätten und mehrere Aufträge zu größeren Losen oder zur Nutzung von Skaleneffekten durch höhere Stückzahlen zusammenzufassen. Die Herstellung der Produkte erfolgt in Netzwerken bzw. in verteilten und dislozierten Strukturen. Kurzfristige Veränderungen der Aufträge schlagen bis zur untersten Lieferstufe in den gesamten Netzwerken durch und verstärken die Turbulenzen.

Weitere Keime für Turbulenzen liegen in den innerbetrieblichen Prozessen. Verbesserungen und Änderungen der Produkte, laufende Verbesserungen oder Änderungen in den Produktionsprozessen, Fehler und Abweichungen aus instabilen Prozessen, Verfügbarkeit und Leistungsschwankungen der personellen und maschinellen Ressourcen sind wesentliche dynamische Einflussfaktoren auf die betrieblichen Operationen. Eine Kompensation all dieser dynamischen Faktoren erfordert Strukturen in den komplexen Produktionssystemen, die eine ausreichende Fähigkeit zur Veränderung (Flexibilität) und Wandlung besitzen.

Dies gilt auch für den Bereich der IT-Infrastruktur – mit dem Kern der MRP-Systeme – der als einer der beharrenden und wenig wandlungsfähigen Elemente identifiziert wurde. Starre, fast bürokratische Workflows, der Zwang zur Vollständigkeit der Daten und neue Architekturen vernetzter, dezentraler IT-Systeme erfordern auch von der IT Wandlungsfähigkeit und Flexibilität. Dies wurde im „Stuttgarter Modell wandlungsfähiger Unternehmen“ postuliert (Abb. 2.3).

Veränderungen an Ressourcen und Prozessen finden auf allen Ebenen der Skalen vom Netzwerk bis zu den Prozessen gleichzeitig statt. Sie fordern eine permanente und aktuelle Information, sowohl in den horizontalen Prozessketten als auch in der vertikalen Struktur. Die vernetzte skalenübergreifende Kommunikation zwischen den Prozessen wird zur Basis der Organisation wandlungsfähiger Unternehmen. Für die Prozesse wurden Grundprinzipien formuliert: Selbstorganisation, Selbstoptimierung, Selbstcontrolling, Methodenkompetenz, Nutzung dezentraler aber vernetzter IT-Systeme.

Produktionen werden als ganzheitliche sozio-technische Systeme verstanden, die auf allen Ebenen permanent adaptiert werden müssen. Kontinuierliche Planung und flexible Ressourcen sind ebenso Bestandteil der Ablauforganisation wie Nutzung technischer Intelligenz (kognitive Methoden) und Wissensbausteine. Letztere beruhen auf wissenschaftlich begründeten Prozessmodellen und der Anwendung von Simulationsverfahren. Effi-



**Abb. 2.3** Skalen der Produktion im „Stuttgarter Unternehmensmodell“/5/

zienz wird durch die Optimierung der Prozesse und durch Synergie-Effekte des Systems Produktion erzielt.

Die Managementsysteme beziehen zur Optimierung auch Nachhaltigkeit als Kriterium ein. Das bedeutet, dass auch die Ziele der Produktionssteuerung um Kriterien der Energie- und Materialeffizienz sowie der sozialen Effizienz erweitert werden müssen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Produktionssteuerung liegt in der Einbeziehung der After-Sales-Operationen und der produktbegleitenden Dienstleistungen in den gesamten Prozessketten im Lebenslauf technischer Produkte. Die Steuerung von Operationen beginnt bei der Entstehung der Produkte und endet mit dem Lebensende bzw. geht nahtlos in die Recyclingprozesse über. Zeitliche Skalen hängen von der physischen Lebensdauer der Produkte ab. Damit kann es gelingen, Wertschöpfungspotenziale im Leben der Produkte zu aktivieren und neue Geschäftsmodelle zu unterstützen. Viele Unternehmen nutzen dies bereits heute, indem sie ihren Kunden einen vollen Service rund um die Produktnutzung anbieten.

Für die Produktionssteuerung hat dies grundlegende Konsequenzen:

- Produktorientiertes Management mit allen lebenslaufbezogenen Daten und Informationen, d. h. Einbeziehung des Produktdatenmanagements (PDM),
- flexibles Ressourcenmanagement mit Bezugnahme auf aktuelle Verfügbarkeiten und flexible Arbeitszeitmodelle,
- dynamische Workflows, die situationsbedingt verändert werden können,
- flexibler Einsatz von Informationsverarbeitungs(IV)-Werkzeugen mit temporärer Nutzung individueller und funktionsorientierter Systeme (Apps),
- Nutzung intelligenter und lernfähiger Systeme zur Gewinnung von Wissen aus der Vergangenheit (Historiendaten),

- föderative Plattformen zur situationsbedingten Recherche von Daten und Informationen aus allen im internen und externen Netzwerk verfügbaren Quellen,
- Mechanismen zum Schutz von Know-how und Unternehmensdaten.

Grundlegende neue Ansätze sind auch notwendig, um Synergie-Effekte verteilter und vernetzter Standorte zu gewinnen. Die Netzwerke der Produktion haben mittlerweile eine globale Dimension. Viele Unternehmen versuchen, ihre Prozesse einschließlich der Prozesse in den „Supply-Chains“ zu harmonisieren und auf einem hohen Standard zu halten. Voraussetzung dafür ist eine Methodik, um Best Practices unmittelbar auf alle involvierten Standorte zu übertragen und Veränderungen in allen Ebenen durchzuziehen. Ferner können die Flexibilitätsspielräume in Bezug auf Kapazitätsspitzen in Netzwerken genutzt werden, wenn aktuelle Informationen hierüber vorliegen.

Eine der größten Herausforderungen in dieser durch die Internettechnologie geöffneten Welt bleibt jedoch die Sicherung gegenüber unbefugtem Eindringen in die operativen Systeme. Unterstellt man eine arbeitsteilige und kooperative Arbeitsweise in allen Abschnitten des Produktlebens, so ist es erforderlich, allen Beteiligten jederzeit und an jedem Ort der Welt die benötigten Informationen zur Verfügung zu stellen. Kritische und zu schützende Informationen sind zum Beispiel Auftragsspezifikationen in Angebots und Entwicklungsphasen, Daten zu Produkteigenschaften, Ressourcendaten, Kundendaten, Qualitätsdaten, Felddaten aus der Nutzung sowie Daten zur Effizienz der Operationen. Der umfassendere Ansatz einer zukünftigen Produktionssteuerung entlang dem Produktlebenslauf in einer global vernetzten Produktion braucht einen umfassenden Datenschutz.

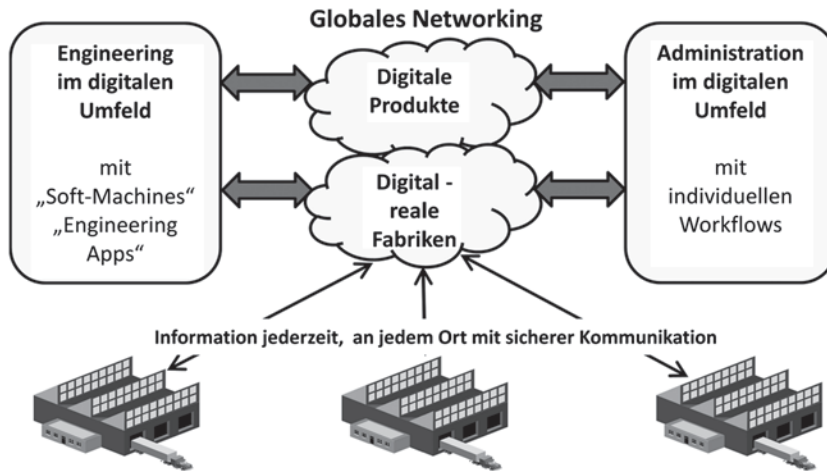
---

## **2.4 Produktionssteuerung in der cyber-physischen Welt - Industrie 4.0**

Alle Entwicklungslinien in der Informations- und Kommunikationstechnik laufen auf eine Infrastruktur hinaus, die Informationen jederzeit und an jedem Ort verfügbar macht. Sie wird ergänzt durch eine exponentielle Zunahme von Softwareapplikationen, in der die Integration zu komplexeren, geschlossenen Systemen wie beispielsweise den MRP-Systemen zugunsten offener Systeme aufgegeben wird. Kommunikation ersetzt hier Integration. Vor diesem Hintergrund entstand die Initiative Industrie 4.0, deren Vision durch cyber-physische Systeme geprägt sind. Industrie 4.0 unterstellt eine offene Zugriffsmöglichkeit auf dezentrale Sensoren, wobei Sensoren alle technischen Objekte umfassen, in denen elektronische Komponenten enthalten sind, und Informationsspeicher für Daten und IT-Tools, die jederzeit an jedem Ort verfügbar sind. Das „Internet der Dinge“ macht es möglich, Produkten in ihrem Lebenslauf zu folgen und einen Bezug zu ergänzenden Informationen wie beispielsweise Dokumenten oder Orten, an denen sie sich befinden, herzustellen.

In der Produktion eröffnen die Visionen von Industrie 4.0 die Chance zur Überwindung der Grenze zwischen digitaler und realer Welt. Einige Experten sprechen von einer neuen industriellen Revolution. In den laufenden Diskussionen um die Produktion der





**Abb. 2.4** Verteilt, vernetzt in digitaler Umgebung mit einem Link zu allen Objekten der Produktion

Zukunft (Manufacturing 2030) haben IT-getriebene Fabriken einen hohen Stellenwert. Unter den zuvor angeführten Aspekten neuer Herausforderungen wird deutlich, dass es dabei vor allem um eine Nutzung moderner Kommunikationstechniken in den Prozessen und Prozessketten sowie in den Skalen der Produktion geht, um die Wandlungsfähigkeit und Effizienz des Systems Produktion insgesamt sprunghaft zu verbessern. Die Vision einer neuen cyber-physischen Produktion in globaler Dimension zeigt (Abb. 2.4).

Die große strukturelle Bedeutung der Kommunikationstechnik für die industrielle Fertigung liegt zweifellos in:

1. der Integration der drei Bereiche Engineering, Administration und physische Produktion
2. der föderativen Plattformen für die Kooperation

Das verteilte Engineering von Produkten und Dienstleistungen, die Administration im digitalen Umfeld und die Anwendung kooperativer Systemtechniken in der Produktion lassen sich durch IT-Dienstleistungen mit Systemfamilien der digitalen Produkte und digitalen Produktion unterstützen. Dies kommt dem Customizing und der Individualisierung ebenso zu Hilfe wie der zeitgerechten Adaption des gesamten Systems Produktion (*smart factory*).

Föderative Plattformen (Abb. 2.4) sind IV-Architekturen für die Versorgung von Arbeitsplätzen und Prozessen entlang des Produktlebens mit Informationen und Werkzeugen. Sie verknüpfen Quellen und Senken in variablen Workflows. Föderative Plattformen können in der Zukunft auf reale und realitätsnahe Quellen zurückgreifen (siehe auch Internet der Dinge).

Plattformen nutzen IT-Services in einer Cloud und sichern die Kommunikation. Sie können die Kooperation in dislozierten Arbeitsgruppen unterstützen und Rechen- und Speicherleistungen bereitstellen. Zu den Diensten gehören auch Apps für Tätigkeiten der



Ingenieure und Techniker sowie der Administration, in denen die benötigte Software temporär bereitgestellt wird. Wir haben solche Kommunikationszentren mit dem Begriff *Virtual Fort Knox* versehen, um herauszustellen, dass hier ein extrem hoher Sicherheitsschutz gewährleistet werden muss (Westkämper 2012).

Das virtuelle Fort Knox ist eine Drehscheibe für die informations- und kommunikationstechnische Vernetzung von Unternehmen (Bauernhansl und Holtewert 2013). Es bietet die Standards für eine sichere Kommunikation auf der Basis von Vertrauen in die Sicherheit und den Schutz von Daten, auf die Kooperationspartner zugreifen können. Darin lassen sich Cloud-Technologien einrichten, welche den Unternehmen digitale Informationen zu den internen wie externen Operationen (z. B. im Service) jederzeit zur Verfügung stellen. Sie enthalten einen Software-Service für Anwendungssysteme, zum Beispiel für das Engineering oder für das Auftragsmanagement, und Apps – auf die Prozessunterstützung funktional zugeschnittene Software-Applikationen, die eigen- oder fremdentwickelt sein können –, die beliebig downloadbar sind. Apps als Werkzeuge könnte man auch als „Soft-Maschinen“ bezeichnen, die z. B. für Methoden zur Berechnung und Optimierung, zur Datenanalyse oder zur Diagnose genutzt werden können. Auch in diesen steckt zu schützendes Wissen, aber auch das Potenzial, Prozesswissen und dessen Management auf ein bisher nie dagewesenes Niveau zu heben. Das Fort Knox kann darüber hinaus Hochleistungsrechentechnik, z. B. für Zwecke der Simulation oder Berechnung, anbieten.

Die Produktionssteuerung als Element des administrativen Systems gewinnt neue Handlungsfelder. Sie kann alle Operationen im Produktlebenslauf umfassen und dabei auf reale Situationen und Events flexibel reagieren. Die eingesetzten Werkzeuge unterstützen spezifische Aufgaben wie zum Beispiel die Optimierung in Logistik und Beschaffung oder Reaktionen auf Störungen im System. Sie kann mit variablen Workflows den Bürokratismus überwinden und mit kontextbezogenen Informationen Managementprozesse unterstützen. Sie folgt dem variablen Informationsbedarf einer kundengetriebenen Auftragsabwicklung. Orts- und situationsbezogene Informationen (sentient computing) und Recherchen sind in der Kommunikation wichtige Elemente für Handlungsanweisungen an das operative System der flexibel automatisierten Produktion. Der Vorteil zukünftiger Konzepte liegt darin, dass die früher postulierte Integration über standardisierte Schnittstellen und feste Workflows zugunsten einer hohen Flexibilität und offenen Kommunikation aufgegeben werden können. Ein noch höherer Grad der Dezentralisierung sowie Informationen in Echtzeit, getrieben durch den Einsatz cyber-physischer Systeme, bilden die Basis für eine massive Veränderung der Produktionsplanung und Steuerung.

---

## 2.5 Zusammenfassung

Dieser Beitrag stellt aktuelle Diskussionen um die Informationstechnik in der Wirtschaft in den Kontext der Historie der Produktionssteuerung und der heutigen Herausforderungen. Die Produktionssteuerung mittels computergestützter Informationsverarbeitung ist ein zentrales Element des administrativen Systems der verarbeitenden Industrie und ins-

besondere der Stückgutfertigung. Bisher folgten die Systeme einer methodischen Linie, die durch das FIR maßgeblich beeinflusst wurde. Zur Überwindung heutiger Defizite in Bezug auf die Planungsqualität und die Realitätsnähe digitaler Systeme sind neue Orientierungen erforderlich, welche Wandlungsfähigkeit und Effizienz des Systems Produktion einerseits und die Operationen im Lebenslauf aller technischen Produkte in den Mittelpunkt stellen. Die moderne Informations- und Kommunikationstechnik bietet nun Chancen zur Überwindung der Lücke zwischen einer digitalen (Schein-)Welt und der Realität. Wir sind sicher, dass das FIR auch hier einen grundlegenden Beitrag zur weiteren Entwicklung liefern wird.

---

## Literatur

- Bauernhansl T, Holtewert P (2013) Eine flexible und sichere Plattform für Engineering-Anwendungen in Fabrikplanung und -betrieb. *wt Werkstattstechnik online* 103(2):146–151
- Bullinger H-J et al (Hrsg) (2009) *Handbuch Unternehmensorganisation. Strategien, Planung, Umsetzung*, 3 Aufl. VDI Springer, Berlin
- Bullinger H-J, Warnecke H-J, Westkämper E (Hrsg) (2003) *Neue Organisationsformen im Unternehmen. Ein Handbuch für das moderne Management*, 2 Aufl. VDI-Buch Springer, Berlin
- Warnecke H-J (1995) *Aufbruch zum fraktalen Unternehmen. Praxisbeispiele für neues Denken und Handeln*. Springer, Berlin
- Westkämper E (2012) Engineering Apps. Eine Plattform für das Engineering in der Produktion. *wt Werkstattstechnik online* 102(10):718–722
- Westkämper E, Kirchner S, Wiendahl H-H (2002) Dynamische Logistikstrategien: Situationsangepasste Gestaltung der Bevorratungsebene. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 97(1–2):57–61
- Wiendahl H-H (2012) *Auftragsmanagement der industriellen Produktion. Grundlagen, Konfiguration, Einführung*. Springer, Berlin – Zugl.: Stuttgart, Univ., Habil.-Schr., 2010

Enterprise -Integration

Auf dem Weg zum kollaborativen Unternehmen

Schuh, G.; Stich, V. (Hrsg.)

2014, XXI, 213 S. 52 Abb., Hardcover

ISBN: 978-3-642-41890-7