

# Informationsmodelle für die Produktions- und Logistikplanung – Eine Literaturanalyse des aktuellen Referenzmodellbestands

Alexander Schubel, Christian Seel und Markus Schneider

Hochschule für angewandte Wissenschaften Landshut, Deutschland  
{schubel|seel|mschneid}@haw-landshut.de

**Abstract.** Als Maßstäbe für die effiziente Gestaltung moderner Produktionssysteme gelten die Prinzipien und Methoden der Lean Production. In der Literatur zum Thema Lean Production bestehen jedoch drei Defizite: ein niedriger Formalisierungsgrad, das Fehlen einer konsistenten, vernetzten und aufeinander bezogenen Darstellung sowie ein sehr unterschiedlicher und nicht genau definierter Reifegrad bei der Implementierung in Unternehmen einer Supply Chain. An dieser Stelle bietet das Arbeitsgebiet der Referenzmodellierung eine Möglichkeit, um in der Wissenschaft und Praxis ein eindeutigeres und intersubjektiv nachvollziehbares Verständnis von der Thematik zu schaffen. Daher trägt der vorliegende Beitrag in Form einer Literaturanalyse den aktuellen Referenzmodellbestand im Bereich der Produktions- und Logistikplanung zusammen und klassifiziert diesen in Bezug auf seinen Beitrag zur Lean Production.

**Keywords:** Produktionsplanung, Logistikplanung, Referenzmodell, Literaturanalyse, Lean Production

## 1 Potentiale der Referenzmodellierung in der Produktions- und Logistikplanung

Die einem Produktionssystemen zugrunde liegenden Prinzipien haben seit Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts einen rasanten Wandel erfahren [1]. Aus Sicht der Wirtschaftsinformatik sind dadurch sowohl neue Herausforderungen in der Organisationsgestaltung in Bezug auf Aufbau- und Ablauforganisation sowie deren IT-Unterstützung entstanden. Als aktueller Stand der Technik können die Prinzipien und Methoden der Lean Production und damit als Maßstäbe für die effiziente Gestaltung moderner Produktionssysteme angesehen werden [2], [3]. Allerdings lassen sich aktuell bei der Gestaltung einer Lean Production im Unternehmen drei Defizite feststellen:

Die Fachliteratur zur Lean Production [4], [5], [6] weist ein Defizit in der *konsistenten, vernetzten und aufeinander bezogenen Darstellung*, der in ihr postulierten Thesen auf. Vielmehr werden die einzelnen Elemente eines Lean Production Systems häufig nur isoliert betrachtet und somit sind die Zusammenhänge bei der Gestaltung nicht deutlich genug herausgearbeitet. Unter anderem schlägt sich diese fehlende

systemische Betrachtungsweise in nicht abgestimmten lokalen Optima nieder, welche wiederum zum nicht zufriedenstellenden Erfolg des Gesamtsystems führen [6], [3].

Ein weiteres Defizit lässt sich im *niedrigen Formalisierungsgrad* in den Abhandlungen rund um das Thema Lean Production erkennen. Dieser führte vor allem in den 90er Jahren dazu, dass in Großunternehmen jeweils eigene Interpretationen der Lean Production umgesetzt wurden. Daraus folgte der oft unsystematische Einsatz von Lean-Methoden und -Prinzipien und bewegte mit Beginn des 21. Jahrhunderts vor allem Original Equipment Manufacturer (OEMs) zur Einführung eines Ganzheitlichen Produktionssystems (GPS). Dabei werden die Lean-Methoden und -Prinzipien in einem Unternehmen aufeinander abgestimmt und systematisch implementiert [7], [8], [9].

Ferner ist der aktuelle Entwicklungsstand der Produktions- und Logistikplanung insgesamt von einer großen Ungleichzeitigkeit und Ungleichheit zwischen den einzelnen Unternehmen geprägt. Einerseits ergibt sich vor allem durch die Automobilhersteller und die großen OEMs anderer Branchen (z.B. Siemens, Bosch, Airbus) eine Unternehmensgruppe an sogenannten Early Adopters, bezogen auf die innovative Planung und Gestaltung ihrer Produktionssysteme. Andererseits stehen viele produzierende Unternehmen, vor allem kleine und mittelständische (KMUs), noch am Anfang der Entwicklung hin zu eigens systematisch gestalteten Produktions- und Logistikabläufen. Diese Nachzügler beschäftigen sich noch mit grundsätzlichen Fragen, beispielsweise ob und welche Lean-Methoden und -Prinzipien zur Gestaltung ihrer Produktions- und Logistikabläufe geeignet sind. Somit ergibt sich ein weiteres Defizit aus dem über alle Branchen und Unternehmensgrößen hinweg *sehr unterschiedlichen Reifegrad* der Implementierung eines ganzheitlich gestalteten Produktionssystems, wodurch die Umsetzung unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse wesentlich erschwert werden kann [2], [7], [9].

Insgesamt ist somit festzustellen, dass bei den Ausarbeitungen zum Thema Lean Production drei Defizite bestehen. Es fehlt an einer konsistenten, vernetzten und aufeinander bezogenen Darstellung des Themas, an einer ausreichenden Formalisierung in Form von Informationsmodellen sowie an einer unternehmensübergreifenden neutralen Darstellung, die auch von KMUs genutzt werden kann.

An dieser Stelle bietet die Referenzmodellierung eine Möglichkeit, um in der Wissenschaft und Praxis ein eindeutigeres und intersubjektiv nachvollziehbares Verständnis der Thematik zu schaffen. Die Potentiale und der Nutzen der Referenzmodellierung im Bereich der Produktions- und Logistikplanung sind sehr hoch einzuschätzen, da einerseits die Effektivität und Effizienz von praktischen Planungsvorhaben gesteigert werden können. Andererseits wird die Lean-Philosophie als Ingenieursdisziplin weiterentwickelt, indem die Potentiale der Wiederverwendbarkeit anhand von Referenzmodellen erhöht werden [10]. Ferner wird durch die Verwendung semi-formaler Informationsmodellierungssprachen der Formalisierungsgrad der häufig nur textuell vorliegenden Lean Production-Ansätze gesteigert.

Aufgrund des hohen Potentials des Einsatzes von Referenzmodellen im Bereich Lean Production, gilt es zu klären, wie sich der derzeitige Stand an Referenzmodellen in der Produktions- und Logistikplanung darstellt. Somit wird in einer von Ungleichzeitigkeit und Ungleichheit geprägten Domäne, ein klares Bild über die aktuell forma-

lisierten Referenzen und Leitbilder im Gestaltungsbereich von Produktionssystemen geschaffen. Gegenstand der Untersuchung ist dabei, ob die Referenzmodellierung grundsätzlich als Werkzeug in der Produktion- und Logistikplanung genutzt wird und welche Ausarbeitungen bereits als Referenzmodelle geeignet sind.

Dementsprechend liegen diesem Beitrag folgende Forschungsfragen zu Grunde: *Welche Referenzmodelle beschreiben den aktuellen Stand der betrieblichen Praxis von produzierenden Unternehmen in der Produktions- und Logistikplanung und welche Lücken bzw. Entwicklungspotentiale lassen sich am aktuellen Referenzmodellbestand identifizieren?*

## 2 Forschungsmethodik

Die Auswahl der Forschungsmethodik hängt unmittelbar mit den aufgeworfenen Forschungsfragen und den daraus abgeleiteten Zielen zusammen. Sie ist nicht a priori determiniert, sondern stellt im Sinne eines kritisch reflektierten Methodenpluralismus eine Entscheidung dar, die individuell für jedes Forschungsvorhaben getroffen werden muss [11].

Es lassen sich in der Wirtschaftsinformatik zwei Gruppen von Forschungsfragen unterscheiden. Die erste Gruppe umfasst Forschungsfragen, welche darauf abzielen den gegenwertigen Einsatz und die Entwicklung von Informationssystemen sowie die dazu eingesetzten Methoden zu untersuchen. Die zweite Gruppe bilden Forschungsfragen, welche die Entwicklung neuer Lösungen, im Sinne einer Design Science [12], zum Ziel haben [11].

Da die Forschungsfragen auf den gegenwärtigen Einsatz von Informationssystemen und die dazu eingesetzten Methoden abzielen, gilt die Literaturanalyse als geeignete Forschungsmethode [11]. Um Anforderungen an eine methodisch saubere und wissenschaftlich angemessene Arbeitsweise bei Literaturanalysen zu erfüllen, wird nach dem Rahmenkonzept von VOM BROCKE et al. [13] vorgegangen, das in Abb. 1 dargestellt ist.



**Abb. 1.** Rahmenkonzept für Literaturanalysen (in Anlehnung an [13], [14])

Die grundlegenden Phasen I/II/III des Rahmenkonzeptes sind im Kapitel 3.3 *Literaturanalyse als Erhebungsmethode: Dokumentation* beschrieben. Daraufhin erfolgt die eigentliche Analyse der Suchergebnisse im Kapitel 4 *Ergebnisse der Literaturanalyse*. Abschließend werden im Kapitel 5 *Fazit und Ausblick* die Forschungsergebnisse reflektiert und ein Ausblick auf zukünftige Forschungsarbeiten gegeben.

### **3 Grundlagen für die systematische Erhebung des Referenzmodellbestands**

In diesem Kapitel ist die durchgeführte Erhebung des Referenzmodellbestandes im Bereich der Produktions- und Logistikplanung erläutert und dokumentiert. Durch die folgende Beschreibung der Rahmenbedingungen für die Literaturanalyse werden die Anforderungen an eine systematische Vorgehensweise erfüllt [15].

#### **3.1 Abgrenzung der Grundgesamtheit**

Eine Abgrenzung der Grundgesamtheit ist durchzuführen, indem die speziellen Merkmale beschrieben werden, welche Objekte vorweisen müssen, um zur Grundgesamtheit zu zählen. Da die Forschungsfragen auf den aktuellen Stand der betrieblichen Praxis in der Produktions- und Logistikplanung abzielen, sind nur Modelle für die Grundgesamtheit zu berücksichtigen, welche tatsächlich in der betrieblichen Praxis verwendet werden. Somit lässt sich anhand des nutzungsorientierten Referenzmodellbegriffs nach THOMAS [16] eine klare Eingrenzung der zur Grundgesamtheit zu zählenden Informationsmodelle vornehmen.

Durch den nutzungsorientierten Referenzmodellbegriff ergeben sich folgende Schwierigkeiten bei der Recherche von Referenzmodellen. Einerseits ist bei der Auffindung von Referenzmodellen deren Deklaration als solches kein hinreichendes Kriterium, um zur Grundgesamtheit zu zählen. Dafür ist die Dokumentation mindestens eines Anwendungsfalls notwendig. Somit ist die Orientierung an der Bezeichnung „Referenzmodell“ nur mit Einschränkung hilfreich. Andererseits ist die Erfassung aller Arten von Modellen, welche einmalig als Referenz verwendet wurden und somit als nutzungsorientiertes Referenzmodell gelten, praktisch nicht umsetzbar. Diese Teilmenge umfasst nämlich Referenzmodelle mit verschiedensten Eigenschaften, von nicht formalisierten bis hin zu öffentlich nicht zugänglichen unternehmenseigenen Referenzmodellen [16]. Beim identifizierten Referenzmodellbestand kann deshalb nur von einem repräsentativen aber niemals vollständigen Umfang ausgegangen werden.

#### **3.2 Festlegung des geplanten Stichprobenumfangs**

Im Sinne der Forschungsziele und zur Optimierung des Nutzen-Aufwand-Verhältnisses im Rahmen der Untersuchung sind neben der Orientierung am nutzungsorientierten Referenzmodellbegriff weitere Einschränkungen der Grundgesamtheit vorzunehmen:

**Sachliche Einschränkung (Anwendungsdomäne).** Die Untersuchung konzentriert sich auf die Produktions- und Logistikplanung produzierender Unternehmen und im Speziellen auf Modelle, welche zur Gestaltung der Prozesse des unternehmenseigenen Produktionssystems gezählt werden können (vgl. Kapitel 1).

**Zeitliche Einschränkung.** Der Terminus „Lean Production“ ist durch die im Jahr 1990 erschienene Studie „The machine that changed the world“ von WOMACK, JONES und ROSS [17] geprägt. Darin wird vor allem die erhöhte Wettbewerbsfähigkeit von Toyota durch Lean Production beschrieben. Deshalb werden in der folgenden Untersuchung nur Referenzmodelle berücksichtigt, deren Anwendung in der betrieblichen Praxis im Jahre 1990 oder später erfolgte. Als Zeitpunkt ist das dokumentierte Anwendungsjahr des Referenzmodells heranzuziehen. Folglich sind die verwendeten Referenzmodelle ausgeschlossen, welche mit Sicherheit nicht unter Berücksichtigung der Lean Production-Prinzipien und -Methoden angewendet wurden. Somit ist die Untersuchung gleichzeitig auf aktuelle Modelle konzentriert und ein gewisser Reifegrad kann durch den Einfluss moderner Produktions- und Logistikplanungsmaßstäbe erwartet werden.

### 3.3 Literaturanalyse als Erhebungsmethode: Dokumentation

Wie im Kapitel 2 bereits erläutert, wird als Erhebungsmethode die Literaturanalyse gewählt. Entsprechend der beschriebenen Forschungsmethodik nach VOM BROCKE et al. [13] ist die Erhebung im Folgenden dokumentiert.

**Definition des Untersuchungsrahmens.** Laut VOM BROCKE et al. [13] ist das Klassifikationsschema von Literaturrecherchen nach COOPER [18] geeignet für die Definition des Untersuchungsrahmens. Tabelle 1 zeigt die wesentlichen Eigenschaften der durchgeführten Literaturanalyse. Der Fokus liegt auf der Identifikation bisher angewandter Referenzmodelle im Bereich der Produktions- und Logistikplanung.

**Tabelle 1.** Klassifikationsschema von Literaturrecherchen (nach [18])

Charakteristika	Kategorien			
	Forschungsergebnisse	Forschungsmethoden	Theorien	Anwendungen
1   Fokus	Integration	Kritik	Zentrale Fragen	
2   Ziel	Historisch	Konzeptionell	Methodologisch	
3   Organisation	Neutrale Betrachtung		Stellungnahme	
4   Blickwinkel	Wissenschaft (Fachspezifisch)	Wissenschaft (Generell)	Praktiker/Politiker	Generelles Publikum
5   Zielergruppe	Vollständig	Vollständig und selektierend	Repräsentativ	Zentriert
6   Abdeckung				

Der recherchierte Referenzmodellbestand wird anschließend kritisch und stellungnehmend durch die Autoren bewertet. Aufgrund der Schwierigkeit nutzungsorientierte Referenzmodelle zu identifizieren, ist von der Bewertung eines repräsentativen aber nicht vollständigen Referenzmodellbestandes auszugehen (vgl. Kapitel 3.1). Aufgrund der Nutzenorientierung sind die Forschungsergebnisse für Praktiker im Bereich der Produktions- und Logistikplanung relevant. Außerdem sind durch die Beschreibung eines aktuellen Forschungsstandes die Ergebnisse für die Wissenschaft im Allgemeinen von Bedeutung.

**Recherchekonzept.** Nach der Klassifizierung des Forschungsrahmens gilt es, das Recherchekonzept genauer zu beschreiben. Dafür werden zuerst die für die Suche verwendeten Schlüsselwörter benannt, anschließend wird die Wahl der verwendeten

Literaturbasis begründet. Schließlich werden die quantitativen Ergebnisse der Literatursuche dargestellt.

Der Fokus der Recherche liegt auf der Identifikation von Referenzmodellen im Bereich der Produktions- und Logistikplanung produzierender Unternehmen. Da nach dem Begriffsverständnis der nutzungsorientierten Referenzmodelle nicht alle existierenden Referenzmodelle als solche deklariert sind (vgl. Kapitel 3.1), gilt es neben dem Begriff „Referenzmodell“ auch die gebräuchlichen Termini „best practice“ und „common practice“ zu verwenden. Somit werden auch die Anwendungsfälle von Modellen erfasst, bei welchen die Referenzmodelle nicht als solche deklariert wurden, trotzdem aber einen nutzungsorientierten Referenzmodellcharakter aufweisen. Die drei genannten Begriffe gilt es jeweils konjungierend mit den domänenspezifischen Bezeichnungen „Logistikplanung“, „Produktionsplanung“ und „Fabrikplanung“ bei der Schlüsselwörtersuche zu verwenden.

Die Schlüsselwörtersuche wurde in den Datenbanken *Bibliotheksverbund Bayern* (deu/eng), *SpringerLink* (deu/eng) und *EBSCOhost* (eng) durchgeführt. Aufgrund der Recherche von nutzungsorientierten Referenzmodellen ist auch die spezifische Suche in anwendungsnahen Fachzeitschriften der Wirtschaftsinformatik (*HMD, Wirtschaftsinformatik*) und der Produktions- und Logistikplanung (*ZWF, Industrie Management*) zielführend.

**Tabelle 2.** Literaturbasis und Suchergebnisse

Datenbanken	Summe Suchtreffer unter jeweiliger Verwendung aller Schlüsselwörter	Als relevant identifizierte Beiträge
EBSCOhost	68	7
Bibliotheksverbund Bayern	126	37
SpringerLink	3736	59
HMD-Praxis der Wirtschaftsinformatik (WISO-Datenbank)	6	0
Wirtschaftsinformatik (Springer Link)	6	0
ZWF-Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (WISO-Datenbank)	77	9
Industrie Management (WISO-Datenbank)	27	8
Summe relevante Beiträge (ohne redundante Suchergebnisse):		108

Tabelle 2 stellt die Suchergebnisse unter Verwendung aller Schlüsselwörter-Kombinationen in den jeweiligen Quellenbeständen dar. Beiträge sind als relevant identifiziert, falls eine modellartige Beschreibung im Umfeld der Produktion und Logistik sowie die zumindest einmalige Umsetzung der Referenz ersichtlich sind. Die Überprüfung erfolgte, indem der Reihenfolge nach Titel, Inhaltsangabe und Abstract gesichtet wurden. Sollte bereits der Titel bzw. die Inhaltsangabe der Publikation eine Berücksichtigung für weitere Analysen ausschließen, so wurde das Suchergebnis an dieser Stelle ohne Sichtung der Inhaltsangabe bzw. des Abstracts verworfen. Insgesamt wurden 108 Beiträge als relevant identifiziert und genauer analysiert.

## 4 Ergebnisse der Literaturanalyse

Die 108 als relevant identifizierten Beiträge bilden ein breites und heterogenes Spektrum im Bereich der Produktions- und Logistikplanung von produzierenden Unter-

nehmen ab. Im Folgenden sind die Publikationen themenspezifischen Clustern zugeordnet und gruppenspezifisch analysiert.

#### 4.1 Themencluster der identifizierten Publikationen

Die identifizierten Publikationen zeigen ein sehr heterogenes Bild bezogen auf den jeweiligen Anwendungsschwerpunkt der Referenzmodelle in der Produktions- und Logistikplanung produzierender Unternehmen. Das Bilden von Clustern ermöglicht eine systematische Aufbereitung der heterogenen Ergebnisse im Sinne der Synthese.

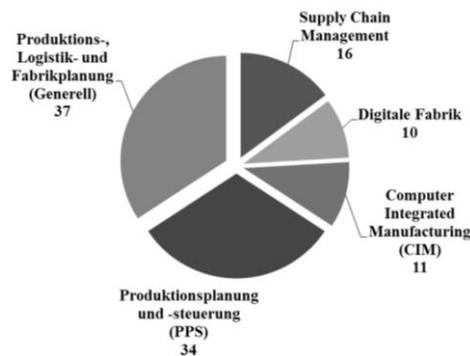


Abb. 2. Themenbereiche der identifizierten Publikationen

Abb. 2 veranschaulicht die gebildeten Cluster aus der Gesamtmenge der identifizierten Beiträge. Nutzungsorientierte Modelle und Konzepte, welche generell der Produktions-, Logistik- und Fabrikplanung zuzuordnen sind, bilden die größte Teilmenge. In diesem ersten Schritt der Systematisierung ist eine genauere Unterscheidung der Beiträge dieses Clusters nicht sinnvoll, da eine Übersicht auf einem entsprechend hohen Aggregationslevel zielführender ist. Abgesehen von dieser noch sehr generell gehaltenen Modelgruppe, konnten themenspezifischere Cluster, welche die Produktionsplanung und -steuerung (PPS), das Computer Integrated Manufacturing (CIM), die Digitale Fabrik und das Supply Chain Management betreffen, gebildet werden.

Bevor die definierten Referenzmodell-Cluster genauer erläutert werden, sei darauf hingewiesen, dass die einzelnen Beiträge nicht immer eindeutig einem Cluster zuordenbar waren, da sich die Informationsmodelle teilweise auf mehrere Aspekte verschiedener Cluster beziehen. Ausschlaggebend für die letztendliche Einordnung des jeweiligen Beitrags war der thematische Schwerpunkt der Publikation.

**Computer Integrated Manufacturing (CIM).** Der Kerngedanke des CIM-Konzepts entstand bereits Mitte der siebziger Jahre und ist die Integration von Informationen, Methoden und Werkzeugen aus verschiedenen (IT-)Teilsystemen eines Unternehmens mit Fokus auf die Produktion. Die hochgradige Vernetzung von der Produktentwicklung bis hin zur Fertigung und den logistischen Abläufen ermöglicht die flexibel automatisierte und hochproduktive Bearbeitung von Kundenaufträgen. Die Hochzeit der

CIM-Philosophie ist Anfang der neunziger Jahre erreicht. Heutzutage sind die Ideen des CIM-Ansatzes beispielsweise im Produktlebenszyklusmanagement wiederzufinden. Grundsätzlich schließen sich das CIM-Konzept und die modernen Ansichten der Lean Production nicht aus. Jedoch ist der Anwendungsschwerpunkt der Lean Production die Gestaltung der Aufbau- und Ablauforganisation in der Produktion, dagegen stellt das CIM-Konzept informationstechnische Methoden und Werkzeuge in den Vordergrund [19].

Der Referenzmodellbestand im Bereich CIM behandelt deshalb vor allem Lösungen und Konzepte zur Integration von Informationen, Daten und Abläufen des Auftragsabwicklungs- und Produktentstehungsprozesses [20–24]. Die tatsächliche Gestaltung, Planung und Festlegung der Produktions- und Logistikprozesse nach Effizienzkriterien bleibt dabei außen vor. Repräsentativ für die Beiträge im Bereich CIM werden mit dem Y-CIM-Modell und der CIM-OSA-Systemarchitektur zwei für die CIM-Entwicklung sehr bedeutende Referenzmodelle kurz vorgestellt.

Das *Y-CIM-Modell* bildet den Rahmen für ein CIM-Konzept, indem es die primär betriebswirtschaftlichen orientierten Prozesse der Logistik (PPS) mit denen der Leistungsgestaltung (Produktplanung und -realisierung) integriert. Das Y-CIM-Modell beinhaltet unter anderem eine Menge von definierten Aufgaben für die einzelnen Funktionsbereiche und ein Datenmodell. Vor allem dient es jedoch als graphischer Anhaltspunkt für eine CIM-Integration [22].

Das *CIM-OSA-Konzept*<sup>1</sup> wurde im Rahmen eines EU-Förderprojekts zur Standardisierung der CIM-Schnittstellen entwickelt. Als Systemarchitektur dient CIM-OSA nicht der Spezifikation von CIM-Aufgaben, sondern bietet einen Gestaltungsrahmen für die Beschreibung von CIM-Aufgaben und den dazugehörigen Schnittstellen [25].

**Produktionsplanung und -steuerung (PPS).** Der Fokus der identifizierten Beiträge im Bereich der PPS liegt auf dem gesamten technischen Auftragsabwicklungsprozess. Dieser erstreckt sich von der Angebotsbearbeitung bis hin zum Versand eines produzierenden Unternehmens [26]. Aus diesem Blickwinkel ist unter der Produktionsplanung nicht die materielle Ausgestaltung der Produktionsprozesse durch beispielsweise Regaltechnik oder Maschinen an sich zu verstehen, sondern die Planungsschritte im Rahmen der Auftragsabwicklung. Für die PPS ist es typisch von bestehenden Rahmenbedingungen, wie beispielweise einem Produktionssystem, auszugehen. Die eigentliche Gestaltung der Produktions- und Logistikabläufe des Systems bleibt außen vor. Mit insgesamt 34 Beiträgen sind zum Thema PPS die zweitmeisten dokumentiert. Die auffällige Häufigkeit ist darauf zurückzuführen, dass der Begriff der PPS bereits seit Anfang der 1980er-Jahre<sup>2</sup> geprägt wurde und Forschung und Entwicklungen in diesem Bereich bis heute<sup>3</sup> anhalten. Repräsentativ für die Publikationen im Bereich PPS wird mit dem Aachener PPS-Modell ein wissenschaftlich und praktisch sehr einflussreiches Referenzmodell kurz vorgestellt.

---

<sup>1</sup> CIM-OSA: Computer Integrated Manufacturing-Open System Architecture

<sup>2</sup> Zu den frühen Beiträgen im Stichprobeumfang zählen u.a.: [27], [28], [29], [30], [31]

<sup>3</sup> Ein Auszug identifizierter Beiträge aus den Jahren 2011-2013: [32], [33], [34], [35], [36]

Das *Aachener PPS-Modell* ist ein Referenzmodell zur Analyse, Entwicklung und Gestaltung von PPS-Prozessen und -Systemen. Mit dem Aachener PPS-Modell werden verschiedene Blickwinkel auf die technische Auftragsabwicklung durch vier Referenzsichten bereitgestellt. Diese bilden die Basis für die Gestaltung und Optimierung der Prozesse und Strukturen der PPS bei produzierenden Unternehmen. Die Aufgaben-, Prozessarchitektur-, Funktions- und Prozesssicht stehen in direktem Zusammenhang und besitzen jeweils unterschiedliche Anwendungsschwerpunkte [26], [37].

**Digitale Fabrik.** Der Oberbegriff „Digitale Fabrik“ entstand aus den Entwicklungsfortschritten im Bereich des CIM. Durch die rasant steigenden Rechnerkapazitäten nahm ebenfalls die Anzahl an digitalisierten Planungstätigkeiten und -objekten zu [38]. Eine allgemeingültige Begriffsfindung der Digitalen Fabrik gilt aufgrund der derzeit bestehenden Vielfältigkeit an in diesem Themenfeld bearbeiteten Anwendungs- und Forschungsbereichen als nicht abgeschlossen. Als grundsätzliche Gemeinsamkeiten in der Zielvorstellung gelten die durchgängige Integration und Standardisierung der Methoden und Werkzeuge bzw. deren Schnittstellen im Rahmen der Fabrikplanung. Ebenfalls wird die Kommunikation (Schnittstellenmanagement) entlang des Fabriklebenszyklus zur Unterstützung des Produktentwicklungs- sowie des Fabrikplanungsprozesses betrachtet [39]. Letztendlich soll ein durchgängiges, redundanzfreies und effizientes Datenmanagement ermöglicht werden [40], [41]. Die Digitale Fabrik gilt somit als Bindeglied zwischen den verschiedenen Planungsprozessen der Produktions-, Logistik- und Fabrikplanung und umfasst sowohl den Produktentstehungsprozess als auch den Kundenauftragsabwicklungsprozess [42]. Die tatsächliche Ausgestaltung der Leistungserstellungsprozesse nach den jeweiligen Rahmenbedingungen steht dabei nicht im Fokus. Der Referenzmodellbestand der Digitalen Fabrik umfasst vor allem Datenmodelle, Planungsmethoden und grundsätzliche Ordnungsrahmen [38], [40–46]. Als Repräsentant für diese Modellgruppe ist das DiFOR-Referenzmodell kurz beschrieben.

Das *DiFOR-Referenzmodell* beschreibt einen durchgängigen digitalen Planungsprozess bei einem Automobilhersteller. Zentrales Ziel der beschriebenen Planungsmethodik ist die Nutzung der Werkzeuge der Digitalen Fabrik in allen am Produktionsplanungsprozess beteiligten Disziplinen [38], [46]. Auch bei diesem Referenzmodell liegt die Anwendung im Bereich des Planungsvorgehens aber nicht auf der eigentlichen Gestaltung der Planungsobjekte im Sinne schlanker Produktionssysteme.

**Supply Chain Management.** Das Supply Chain Management (SCM) richtet seinen Fokus auf die überbetrieblichen Informations- und Materialflüsse [47]. Somit behandelt der Referenzmodellbestand des SCM die optimale Integration der gesamten (globalen) Wertschöpfungskette von den Lieferanten über den OEM bis hin zum Kunden. Im Vergleich zu den bereits vorgestellten Modellclustern verändert sich der Blickwinkel von der Betrachtung eines in sich geschlossenen unternehmensspezifischen Produktionssystems hin zu betriebsübergreifenden Logistik- und Produktionsnetzwerken. Nicht die Gestaltung der Prozesse eines einzelnen Produktionssystems steht

im Vordergrund, sondern die Informationssysteme innerhalb eines Unternehmensverbands. Der identifizierte Referenzmodellbestand beschreibt unter anderem mathematische Modelle<sup>4</sup>, Planungsmethoden und Ordnungsrahmen [47–58]. Das Supply Chain Operations Reference (SCOR)-Modell hat dabei besondere Bedeutung erlangt [47], [49].

Das *SCOR-Modell* definiert die Kernprozesse der betriebsübergreifenden Abläufe von der Urproduktion bis hin zum Endverbrauch. Das Prozessreferenzmodell ist hierarchisch aufgebaut und in vier Ebenen gegliedert, wodurch eine schrittweise Verfeinerung des Modells ermöglicht wird. Die Definition von möglichst allgemein gehalten Kernprozessen auf der obersten Ebene soll vor allem die Integration des unternehmensübergreifenden Material- und Informationsflusses fördern. Auf eine Modellierung der Prozesse unterhalb der Unternehmensschnittstellen wird verzichtet, da diese unternehmensspezifisch auszugestalten sind [47], [49].

**Produktions-, Logistik- und Fabrikplanung (Generell).** Die Beiträge im Bereich der Produktions-, Logistik- und Fabrikplanung sind von einem sehr niedrigen Formalisierungsgrad geprägt. Der Großteil der Publikationen beschreibt fundiert und umfassend Konzepte der Anwendungsdomäne, dies aber in uneinheitlicher Form [4], [39], [59–63] bis hin zu rein textlich ausformulierten Ausarbeitungen [64]. Durch die verschiedenen Konzepte sind zwar eine Vielzahl an Lösungsmöglichkeiten zur Prozessgestaltung aufgezeigt, eine Unterstützung bei der Konstruktion eines situativ optimalen Modells, durch beispielsweise ausreichend formalisierte Referenzmodelle oder konkrete Adaptionsmechanismen, besteht jedoch nicht. Die Adaption ist oft nur insoweit unterstützt, dass grobe Empfehlungen ausgesprochen werden, beispielsweise in Form von Vor- und Nachteilen der jeweiligen Lösungsalternative. Als eine der wenigen Ausnahmen stellt das *Production Authorization Card (PAC)-Konzept* [65] ein Metakonzept zur Materialflusssteuerung bereit und weist dabei einen verhältnismäßig hohen Formalisierungsgrad auf. Das Modell beschränkt sich aber nur auf den Materialfluss zwischen einzelnen Produktionsstufen und nicht auf gesamte Produktionssysteme. Ähnlich limitiert ist in GÜNTHER et al. [66] nur ein einzelner Produktionsschritt für die RFID Implementierung modelliert. Das Referenzmodell von RABE/MERTINS [67] weist ebenfalls einen hohen Formalisierungsgrad auf, bezieht sich aber auf die Entwicklung einheitlicher Simulationsmodelle für Fertigungssysteme.

Neben einer ausreichenden Formalisierung fehlt es auch an einer konsistenten, vernetzten und aufeinander bezogenen Darstellung der einzelnen Modelle und Konzepte. Die einzelnen Lösungsmöglichkeiten sind oft ohne Interdependenzen und gemeinsame Schnittstellen erläutert [49], [59], [60]. Bezogen auf diese Problematik bieten SCHNEIDER/ETTL [68] und WIERMEIER/HABERFELLNER [69] Ansätze für einen Ordnungsrahmen der einzelnen Planungsbausteine.

Eine Vielzahl von Beiträgen behandelt tiefgehend und umfassend das Vorgehen und die Interdependenzen im Rahmen der Produktions-, Logistik- und Fabrikplanung [62], [70–75]. Die eigentliche Prozessgestaltung steht dabei nicht im Fokus. Stattdessen sind die Planungstätigkeiten und dazugehörigen Methoden beschrieben. Die Fra-

---

<sup>4</sup> V. a. Modelle des Operations Research mit Schwerpunkt Produktion und Logistik

ge, wie das jeweilige Planungsobjekt mit Hilfe eines Adaptionmechanismus tatsächlich situativ auszugestalten ist, wird nicht ausreichend beantwortet. Beispielsweise stellen GÜNTNER [76] und MOTUS/SCHEUCHL [75] adaptive Planungsvorgehen bereit, dabei wird aber nicht genauer auf den eigentlichen Adaptionmechanismus und die zugehörigen Planungsalternativen eingegangen.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Beschreibungen von Vorgehensmodellen einen höheren Formalisierungsgrad aufweisen als die Darstellungen von grundsätzlichen Methoden und Konzepten der Produktions-, Logistik- und Fabrikplanung.

## 5 Fazit und Ausblick

Mit Bezug auf die Forschungsfragen lässt sich festhalten, dass der identifizierte Referenzmodellbestand in fünf verschiedene Themencluster klassifiziert werden kann. Jedes Cluster ist durch spezifische Merkmale und Zielvorstellungen gekennzeichnet. Die Themenschwerpunkte der Cluster CIM, PPS, Digitale Fabrik und SCM liegen in der System- und Datenintegration (CIM, Digitale Fabrik), der Planung und Steuerung des technischen Auftragsabwicklungsprozesses (PPS) und der überbetrieblichen Prozessgestaltung (SCM). Referenzprozessmodelle für moderne Produktionssysteme werden nicht beschrieben. Der Bestand der generellen Modelle zur Produktions-, Logistik- und Fabrikplanung beschreibt vor allem Vorgehensmodelle. Allerdings sind die Konzepte, welche die eigentliche Ausgestaltung der Prozesse beschreiben, von einem *niedrigen Formalisierungsgrad* und der *fehlenden konsistenten, vernetzten und aufeinander bezogenen Darstellung* geprägt.

Dieser Mangel an geeigneten Referenzprozessmodellen bei der Gestaltung von Produktion und Logistik schlägt sich in *sehr unterschiedlichen Reifegraden* der implementierten Produktionssysteme nieder. Der Reifegrad der Produktionssysteme entspricht deshalb vor allem dem Implementierungswissen der jeweiligen Unternehmen. Das Wissen über die Anwendung der unternehmensspezifisch und situativ geeigneten Methoden und Prinzipien „[...] beruht überwiegend auf praktischen Erfahrungen, die noch wenig systematisiert und methodisch standardisiert sind.“ [7]

Beachtet man zudem noch, dass beispielsweise die PPS „[...] von vorgegebenen Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel von verfügbaren Kapazitäten oder existierenden Produktionssystemen ausgeht“ [77], so wird die Problematik eines unzureichenden Referenzmodellbestandes an Prozessmodellen nach Maßstäben moderner Produktionssysteme noch weiter verstärkt. Da eine fundierte Grundlage in Form von effizienten Prozessen fehlt, wirkt sich dies negativ auf weitere Disziplinen, wie die Ingenieurwissenschaften, aus.

Ferner adressieren die Anwendungsfälle der identifizierten Referenzmodelle häufig Automobilhersteller. Referenzprozessmodelle zur Ausgestaltung von Produktionssystemen von KMUs wurden nicht identifiziert.

Die Aussagekraft der Ergebnisse ist durch die Literaturlage limitiert. Aus diesem Befund lässt sich aufgrund der hohen Anzahl an Suchtreffern dennoch folgende Forschungsagenda für Referenzmodelle im Bereich Produktions- und Logistikplanung ableiten: Es gilt einen *Ordnungsrahmen für Prozessbeschreibungen effizienter Pro-*

*duktions- und Logistikprozesse zu entwickeln, welcher ausreichend formalisierte Referenzprozessmodelle zur Gestaltung moderner Produktionssysteme beinhaltet und auch zur Organisations- und Anwendungssystemgestaltung in KMUs geeignet ist.*

## References

1. Westkämper, E.: Struktureller Wandel durch Megatrends. In: Westkämper, E., Spath, D., Constantinescu, C., Lentjes, J. (eds.) Digitale Produktion, pp. 7–9. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2013)
2. Günthner, W.A., Boppert, J.: Lean Logistics. Methodisches Vorgehen und praktische Anwendung in der Automobilindustrie. Lean Logistics (2013)
3. Nad, T.: Systematisches Lean Management. Six Sigma-Methoden ergänzen das Lean Production-System. ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 105, 299–302 (2010)
4. Dickmann, P. (ed.): Schlanker Materialfluss mit Lean-production, Kanban und Innovationen. Springer, Berlin, Heidelberg (2009)
5. Liker, J.K., Meier, D.P.: Praxisbuch Der Toyota Weg. Für jedes Unternehmen. FinanzBuch Verlag, s.l. (2011)
6. Spath, D.: Ganzheitlich produzieren. Innovative Organisation und Führung. Logis, Stuttgart (2003)
7. Barthel, J., Feggeler, A., Nussbaum, M.: Ganzheitliche Produktionssysteme. Gestaltungsprinzipien und deren Verknüpfung. Wirtschaftsverl. Bachem, Stuttgart (2004)
8. Neuhaus, R.: Produktionssysteme. Entstehung-Aufbau-Implementierung. Heider, Berlin (2007)
9. Dombrowski, U., Schmidtchen, K.: Ganzheitliche Produktionssysteme. KMU-spezifische Konzeption und Implementierung. ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 105, 914–918 (2010)
10. Fettke, P., Loos Peter: Der Beitrag der Referenzmodellierung zum Business Engineering. HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik 42, 18–26 (2005)
11. Seel, C.: Reverse Method Engineering. Methode und Softwareunterstützung zur Konstruktion und Adaption semiformaler Informationsmodellierungstechniken. Logos, Berlin (2010)
12. Hevner, A.R., March, S.T., Park, J., Ram, S.: Design Science in Information Systems Research. MIS Quarterly 28, 75–105 (2004)
13. Vom Brocke, J., Simons, A., Niehaves, B., Reimer, K., Plattfaut, R., Cleven, A.: Reconstructing the Giant. On the Importance of Rigour in Documenting the Literature Search Process. ECIS 2009 Proceedings (2009)
14. Klima, C., Pfarr, F., Hösselbarth, M., Winkelmann, A.: Geschäftsprozessintegration – eine Literaturanalyse. In: Kundisch, D., Suhl, L., Beckmann, L. (eds.) MKWI 2014 - Multikonferenz Wirtschaftsinformatik. 26. - 28. Februar 2014 in Paderborn ; Tagungsband, pp. 1160–1172. Univ, Paderborn (2014)
15. Fettke, P., Loos Peter: Systematische Erhebung von Referenzmodellen. Ergebnisse der Voruntersuchung. Working Papers of the Research Group ISYM (2004)
16. Thomas, O.: Das Referenzmodellverständnis in der Wirtschaftsinformatik. Historie, Literaturanalyse und Begriffsexplikation. Institut für Wirtschaftsinformatik (IWi) (2006)
17. Womack, J.P., Jones, D.T., Roos, D.: The machine that changed the world. The story of lean production--Toyota's secret weapon in the global car wars that is revolutionizing world industry. Free Press, Toronto (2007)

18. Cooper, H.M.: Organizing knowledge syntheses: A taxonomy of literature reviews. *Knowledge in Society* 1, 104–126 (1988)
19. Jacobi, H.-F.: Computer Integrated Manufacturing (CIM). In: Westkämper, E., Spath, D., Constantinescu, C., Lentens, J. (eds.) *Digitale Produktion*, pp. 51–92. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2013)
20. Grabot, B., Huguët, P.: Reference Models for an Object Oriented Design of Production Activity Control Systems. In: Camarinha-Matos, L., Afsarmanesh, H. (eds.) *Balanced Automation Systems*, pp. 311–318. Springer US, Boston, MA (1995)
21. Mertens, P.: *Integrierte Informationsverarbeitung 1*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden (2013)
22. Scheer, A.-W.: *Wirtschaftsinformatik Studienausgabe*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (1995)
23. Hsu, C.: *Enterprise Integration and Modeling: The Metadatabase Approach*. Springer US, Boston, MA (1996)
24. Zülch, G., Brinkmeier, B.: Object-oriented Product/Production Model — Integration Concept and Application in Production Management. In: Bititci, U.S., Carrie, A.S. (eds.) *Strategic Management of the Manufacturing Value Chain*, pp. 577–584. Springer US, Boston, MA (1998)
25. CIMOSA: *Open System Architecture for CIM*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (1993)
26. Schuh, G.: *Produktionsplanung und -steuerung*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2006)
27. Schotten, M., Luczak, H., Eversheim, W.: *Produktionsplanung und -steuerung*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (1998)
28. Biemans, Frank P. M.: *Manufacturing planning and control. A reference model*. Elsevier; Distributors for the United States and Canada, Elsevier Science Pub. Co., Amsterdam, New York, New York, NY, U.S.A. (1990)
29. Geitner, U.W., Veckenstedt, M.: Vorbildlich. Ein Referenzmodell für die Produktionsplanung und -steuerung. *Die Arbeitsvorbereitung* 32, 177–181 (1995)
30. Kuhn, A.: *Referenzmodelle für Produktionsprozesse zur Untersuchung und Gestaltung von PPS-Aufgaben*. HNI, Paderborn (1999)
31. Kees, A.: *Ein Verfahren zur objektorientierten Modellierung der Produktionsplanung und -steuerung*. Shaker, Aachen (1998)
32. Hering, N., Brandenburg, U., Kropp, S.: Energieeffiziente Produktionsplanung und -regelung. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 108, 783–787 (2013)
33. Engelhardt, P., Weidner, M., Einsank, W., Reinhart, G.: Situationsbasierte Steuerung modularisierter Produktionsabläufe. Ein RFID-basierter Ansatz für die synchrone Auftragsfreigabe. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 108, 987–991 (2013)
34. Schuh, G., Stich, V.: *Produktionsplanung und -steuerung 2. Evolution der PPS. Produktionsplanung und -steuerung 2* (2012)
35. Marques, Dani Marcelo Nonato, Guerrini, F.M.: Reference model for implementing an MRP system in a highly diverse component and seasonal lean production environment. *Production Planning & Control* 23, 609–623 (2012)
36. Brosze, T.: *Kybernetisches Management wandlungsfähiger Produktionssysteme*. Apprimus-Verl., Aachen (2011)
37. Schuh, G.: *Effiziente Auftragsabwicklung mit myOpenFactory*. Hanser, München [u.a.] (2008)
38. Engel, M.: *Digitale Fabrik Operating Reference (DiFOR). Integrierte digitale Planungsmethode in global verteilten Planungsbereichen*. Steinbeis-Edition, Stuttgart (2012)

39. Schenk, M., Wirth, S., Müller, E.: *Fabrikplanung und Fabrikbetrieb*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2014)
40. Landherr, M., Neumann, M., Volkmann, J., Constantinescu, C.: *Digitale Fabrik*. In: Westkämper, E., Spath, D., Constantinescu, C., Lentjes, J. (eds.) *Digitale Produktion*, pp. 107–131. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2013)
41. Bracht, U., Geckler, D., Wenzel, S.: *Digitale Fabrik*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2011)
42. Schneider, M.: *Logistikplanung in der Automobilindustrie*. Gabler, Wiesbaden (2008)
43. Klauke, S.: *Methoden und Datenmodell der "Offenen virtuellen Fabrik" zur Optimierung simultaner Produktionsprozesse*. VDI-Verl, Düsseldorf (2002)
44. Zäh, M.F., Müller, S.: *Referenzmodelle für die Virtuelle Produktion*. *Industrie Management* 20, 52–55 (2004)
45. Gausemeier, J.: *Systematik der Fertigungsplanung im Kontext virtueller Produktion*. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 99, 327–334 (2004)
46. Engel, M., Buerkner, S., Günther, U.: *Referenzmodell zur durchgängigen digitalen Planung komplexer Produktionssysteme. Ein Drei-Säulen-Konzept: Modell – Methode – System*. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 105, 173–177 (2010)
47. Holten, R., Melchert, F.: *Das Supply Chain Operations Reference (SCOR)-Modell*. In: Becker, J. (ed.) *Wissensmanagement mit Referenzmodellen. Konzepte für die Anwendungssystem- und Organisationsgestaltung ; mit 13 Tab*, pp. 207–226. Physica-Verl., Heidelberg (2002)
48. Wagenknecht, C., Kaiser, S., Aurich, J.C.: *Modelle unternehmensübergreifender Prozesse. Potenzialerschließung in Produktentwicklung und Produktion*. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 97, 623–626 (2002)
49. Röder, A., Tibken, B.: *Modellierung unternehmensinterner und -übergreifender Lieferketten*. *Industrie Management* 20, 44–47 (2004)
50. Pape, U.: *Agentenbasierte Umsetzung eines SCM-Konzeptes zum Liefermanagement in Liefernetzwerken der Serienfertigung*. HNI, Paderborn (2006)
51. Klingebiel, K.: *A BTO Reference Model for High-Level Supply Chain Design*. In: Parry, G., Graves, A. (eds.) *Build To Order*, pp. 257–276. Springer London, London (2008)
52. Seidel, T.: *Rapid Supply Chain Design by Integrating Modelling Methods*. In: Parry, G., Graves, A. (eds.) *Build To Order*, pp. 277–295. Springer London, London (2008)
53. Abele, E., Meyer, T., Näher, U., Strube, G., Sykes, R.: *Global Production*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2008)
54. Eickemeyer, S.C., Doroudian, S., Schäfer, S., Nyhuis, P.: *Ein generisches Prozessmodell für die Regeneration komplexer Investitionsgüter*. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 106, 861–865 (2011)
55. Verdouw, C.N., Beulens, A., Trienekens, J.H., van der Vorst, J.G.A.J.: *A framework for modelling business processes in demand-driven supply chains*. *Production Planning & Control* 22, 365–388 (2011)
56. Goetschalckx, M.: *Supply Chain Engineering*. Springer US, Boston, MA (2011)
57. Salman, M., Iqbal, S.A., Khalid, R.: *Implementing Supply Chain Operation Reference (SCOR) Model in Manufacturing Firm of a Developing Country*. In: Qi, E., Shen, J., Dou, R. (eds.) *International Asia Conference on Industrial Engineering and Management Innovation (IEMI2012) Proceedings*, pp. 1045–1055. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2013)
58. Kocaoğlu, B., Gülsün, B., Tanyaş, M.: *A SCOR based approach for measuring a benchmarkable supply chain performance*. *J Intell Manuf* 24, 113–132 (2013)

59. Klug, F.: Logistikmanagement in der Automobilindustrie. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2010)
60. Arnold, D., Isermann, H., Kuhn, A., Tempelmeier, H., Furmans, K.: Handbuch Logistik. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2008)
61. Göpfert, I., Braun, D., Schulz, M.: Automobillogistik. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden (2013)
62. Schönsleben, P.: Integrales Logistikmanagement. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2011)
63. Pawellek, G.: Ganzheitliche Fabrikplanung. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2014)
64. Ōno, T.: Das Toyota-Produktionssystem. [das Standardwerk zur Lean Production]. Campus, Frankfurt [u.a.] (2013)
65. Dickmann, E., Dickmann, P., Lödding, H., Möller, N., Rücker, T., Schneider, H.M., Zäh, M.F.: Grundlegende Steuerungsverfahren im heterogenen Logistiknetz mit Kanban. In: Dickmann, P. (ed.) Schlanker Materialfluss, pp. 139–226. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2009)
66. Günther, O.P., Kletti, W., Kubach, U.: RFID in Manufacturing. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2008)
67. Rabe, M., Mertins, K.: Fraunhofer Simulation Reference Models. In: Bernus, P., Mertins, K., Schmidt, G. (eds.) Handbook on Architectures of Information Systems, pp. 693–704. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg (1998)
68. Schneider, M., Ettl, M.: Referenz-Produktionssystem für die systematische Einführung von Lean Production. Das Landshuter Produktionssystem (LPS): CLean Production Teil 1. Industrie Management 29, 33–38 (2013)
69. Wiermeier, B., Haberfellner, R.: Referenzmodelle in der Automobilindustrie. Industrie Management 23, 47–50 (2007)
70. Heeg, F.J., Gühring, T.: Design of logistic processes by the Factor-Indicator-Model. In: Bititci, U.S., Carrie, A.S. (eds.) Strategic Management of the Manufacturing Value Chain, pp. 517–525. Springer US, Boston, MA (1998)
71. Schraft, R.D., Bierschenk, S., Kuhlmann, T.: PI@net plus. Mit wissensbasierter Prozessgestaltung zur effizienteren Produktion. ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 99, 59–62 (2004)
72. Schenk, M., Wirth, S., Müller, E.: The 0 + 5 + X Planning Model. In: Schenk, M., Wirth, S., Müller, E. (eds.) Factory Planning Manual, pp. 29–222. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2010)
73. Bader, A., Heisel, U.: Wissensbasierte Konfiguration von Transferzentren. Entwicklung eines Organisationsmodells. ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 108, 330–335 (2013)
74. Schneider, M., Ettl, M., Kaspar, S., Stülpnagel, N. von: Lean Factory Design. Das Landshuter Produktionssystem (LPS): CLean Production - Teil 3. Industrie Management 30, 15–21 (2014)
75. Motus, D., Scheuchl, M.: Produktionsplanung der Zukunft. Flexible und adaptive Planung als Basis der Supply and Production Network Collaboration (SPNC). Industrie Management 22, 63–66 (2006)
76. Günthner, W.A.: Neue Wege in der Automobillogistik. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2007)
77. Kiener, S.: Produktions-Management. Grundlagen der Produktionsplanung und -steuerung. Produktions-Management (2012)