

# Ein Metamodell als Grundlage zum Workflow-basierten Management von Produktionsprozessen

Christoph von Uthmann, Jörg Bergerfurth

Institut für Wirtschaftsinformatik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Informationsmanagement (Prof. Dr. Jörg Becker)

Steinfurter Str. 107, D-48149 Münster, E-Mail: ischut@wi.uni-muenster.de; bergerf@uni-muenster.de

## Abstract:

*Obwohl die durchgängige DV-Unterstützung der Planung und Steuerung von Geschäftsprozessen in der Produktion bereits vor 15 Jahren proklamiert wurde, ist deren heutiger Realisierungsstand unbefriedigend. Mit Workflowmanagement (WFM) findet sich hierzu ein vielversprechender Ansatz aus dem Office Management. WFM wird im Rahmen der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) allerdings nur wenig beachtet. Andererseits ist der Entwicklungskontext von WFM vor allem durch Verwaltungsprozesse bzw. von Dienstleistungsunternehmen wie Banken und Versicherungen geprägt. Obwohl der Betrachtungsgegenstand von WFM und PPS das Prozeßmanagement ist, erfolgte ihre Entwicklung bisher weitgehend unabhängig voneinander. Damit einhergehend wurden bisher kaum konzeptionelle Überlegungen zu Synergien von PPS- und Workflowmanagement-systemen (WFMS) und zur Anwendung von WFM in der industriellen Auftragsabwicklung unter-nommen.*

*Ausgehend von der Vision einer durchgängig Workflow-basierten PPS wird in diesem Beitrag ein Vorschlag für ein Metamodell unterbreitet, das die Datenstrukturen und Konzepte von PPS und WFM entsprechend integriert und damit als eine Grundlage für die Realisierung dieser Vision dienen kann. Hierzu werden WFM und PPS zunächst anhand von Metamodellen verglichen und in einem Beziehungs-Metamodell zusammengeführt. Darauf aufbauend wird untersucht, inwieweit WFMS Aufgaben wahrnehmen können, die bislang von traditionellen PPS-Systemen übernommen werden, und welche Systemfunktionen dem jeweils anderen Konzept im Hinblick auf dessen Einsatz-zeignung für das industrielle Geschäftsprozeßmanagement zugänglich sind. Der Beitrag schließt mit einer Zusammenfassung.*

## 1 Integration von PPS und WFM für ein durchgängiges Prozeßmanagement

Die rechnerintegrierte Unterstützung der gesamten industriellen Auftragsabwicklung ist - trotz des rapiden Popularitätsverlusts des damit verbundenen Begriffs "Computer Integrated Manufacturing (CIM)"<sup>1</sup> - dringlicher denn je. Die Produktionsplanung und -steuerung (PPS)<sup>2</sup> nimmt hierbei eine Schlüsselrolle ein,<sup>3</sup> da sie die "organisatorische Planung, Steuerung und Überwachung der Produk-  
ebotsbearbeitung bis zum Versand unter Mengen-, Termin- und Kapazitäts-  
<sup>4</sup> umfaßt. PPS-Systeme haben im Rahmen einer rechnerintegrierten Produktion neben einer integrierten Datenhaltung, auch dynamisch die Informationsflüsse entlang der Auftragsabwicklung zu  
h. sie müssen sich an Geschäftsprozessen orientieren.<sup>5</sup>

Die Prozeßorientierung innerhalb administrativer (indirekter) Bereiche (u. a. Beschaffung, Vertrieb, Rechnungswesen, Controlling, Außendienst und Personalwirtschaft) und deren Verbindung zu Engi-neering- und Werkstattbereichen (direkte Bereiche, u. a. Konstruktion, Arbeitsvorbereitung, Ferti-

---

<sup>1</sup> Vgl. z. B. Harrington (1973); Becker (1991).

<sup>2</sup> Zur PPS vgl. z.B. Glaser (1992); Kurbel (1998); Luczak, Eversheim, Schotten (1998).

<sup>3</sup> Vgl. Nedeß (1991), Vorwort, S. 1.

<sup>4</sup> Vgl. Ausschuß für Wirtschaftliche Fertigung (AWF) (1985).

<sup>5</sup> Zum Begriff der Prozeßorientierung vgl. z. B. Becker, Vossen (1996), S. 16ff..

gung, Montage) sowie zu Zulieferern, Logistikdienstleistern und Händlern wurde von der PPS bisher nur in Teilaspekten und vorwiegend konzeptuell betrachtet.<sup>6</sup> So konzentrieren sich heutige PPS-Systeme vor allem auf die Verwaltung der PPS-Daten und die Unterstützung der Material-, Zeit- und wirtschaft. Eine flexible prozeßorientierte Integration einzelner PPS-Funktionen sowie die Integration mit indirekten Bereichen sind hingegen nur unzureichend realisiert. In der Konsequenz sind die Möglichkeiten zur Definition und Steuerung der Geschäftsprozesse in der industriellen Auftragsabwicklung sowie die Transparenz über deren Strukturen und konkreten Bear gering. Dies führt wiederum zu einer mangelnden Flexibilität hinsichtlich neuer Marktanforderungen sowie eintretender Auftragsänderungen und Störungen. Zeit und Kosten für Prozeßanpassungen sind demzufolge oft zu hoch.

Ein vielversprechender Lösungsansatz zur Behebung dieser Defizite findet sich mit Workflowmanagementsystemen (WFMS) in der sog. Office Automation<sup>7</sup>. Workflowmanagement (WFM) bezeichnet die DV-gestützte, auf Prozeßmodellen basierende Steuerung von Geschäftsprozessen.<sup>8</sup> Dieser Ansatz wird im Rahmen der Produktionsplanung und -steuerung allerdings nur wenig beachtet. Andererseits ist der Entwicklungskontext von WFM vor allem durch Verwaltungsprozesse bzw. von Dienstleistungsunternehmen wie Banken und Versicherungen geprägt. Obwohl der Betrachtungsgegenstand von WFM und PPS das Prozeßmanagement ist, erfolgte ihre Entwicklung bisher weitgehend unabhängig voneinander. Damit einhergehend wurden bisher kaum konzeptionelle Überlegungen zu Synergien von PPS-Systemen und WFMS und zur Anwendung von WFM auf die industrielle Auftragsabwicklung unternommen. Da aber WFM die Integration funktional strukturierter Applikationen und Datenbestände in Geschäftsprozessen unterstützt und somit kongruent zum Gedanken der rechnerintegrierten Produktion (CIM) ist, bietet es auch für die PPS Optimierungspotential, das es auszuschöpfen gilt.<sup>9</sup> In diesem Zusammenhang sollte insbesondere überlegt werden, inwiefern mittels einer synergetischen Zusammenführung von PPS und WFM eine durchgängige DV-Unterstützung des Managements von Produktionsprozessen erreicht werden kann.

Hierzu entwickelte LOOS<sup>10</sup> die Vision einer administrations- und werkstattbereichsübergreifenden Workflow-basierten PPS (vgl. Abb. 1), bei der WFM die Integration einzelner zentraler (z. B. Vertrieb, Materialwirtschaft, Arbeitsvorbereitung) und dezentraler Dispositionsbereiche (z. B. Werkstätte oder Fertigungsinseln) unterstützt. WFM dient hierbei der Darstellung und der Koordination der anstehenden Dispositions- und Fertigungsaufgaben sowie einem zentralen, bzgl. der eingebundenen Organisationseinheiten und Anwendungssysteme übergreifenden Produktionscontrolling. Durch die Workflow-basierte Kopplung von PPS-Systemen mit peripheren Funktionsbereichen (z. B. Vertrieb oder Rechnungswesen) erfolgt somit eine umfassendere Prozeßunterstützung als bei einer Konzentration auf die PPS-Kernfunktionen. Ursprüngliche Funktionalitäten von PPS-Systemen sollten dabei z. T. auf WFMS übertragen werden. Damit können die bisherigen Grenzen zwischen dem Management von Verwaltungs- und Fertigungsprozessen aufgelöst und eine höhere Durchgängigkeit des Prozeßmanagement erreicht werden, was auch in der Verwendung einheitlicher Planungsverfahren zum Ausdruck kommt. Die Trennung zwischen direkten und indirekten Bereichen wird aufgehoben und die Verfolgung von Aufträgen erleichtert.

---

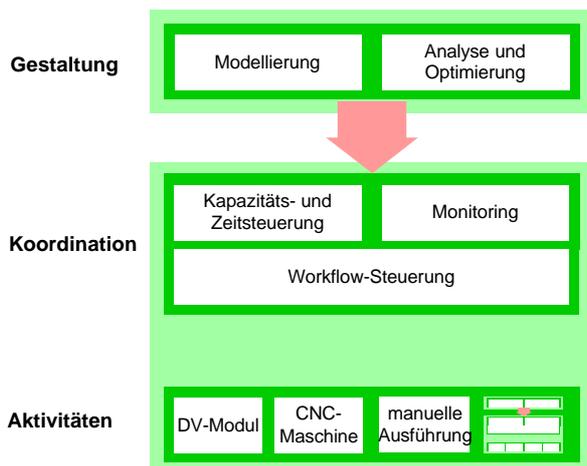
<sup>6</sup> Diese Auseinandersetzungen gehen mit zahlreichen prozeßorientierten Konzepten wie Computer Integrated Business, Lean Production, Total Quality Management, Supply Chain Management oder Business Process Reengineering einher. Vgl. auch Scheer (1990), S. 15f., der bereits Mitte der 80er Jahre das "Denken in smerkmal von CIM" proklamierte.

<sup>7</sup> Vgl. z. B. Ellis, Naffah (1987).

<sup>8</sup> Zu WFM vgl. z. B. Georgakopoulos, Hornick, Sheth (1995); Jablonski, Böhm, Schulze (1997); Workflow Management Coalition (1999).

<sup>9</sup> Vgl. v. Uthmann et. al. (1998).

<sup>10</sup> Loos (1998).



**Abb. 1:** Systemarchitektur für integriertes Geschäftsprozeßmanagement nach LOOS (1998)

## 2 Vergleich von PPS- und WFM

### 2.1 Planungs- und Steuerungskonzepte

Die PPS als Planung und Steuerung<sup>11</sup> von Prozessen der industriellen Auftragsabwicklung kann als domänenspezifisches Geschäftsprozessmanagement aufgefaßt werden. Ihr Betrachtungsgegenstand sind sowohl reine Informationsflüsse (z. B. Stücklisten, Fertigungsaufträge) als auch Material (z. B. Werkstücke, Montageteile, Paletten), mit denen entsprechende Informationsflüsse korrespondieren. WFM intendiert zwar allgemeiner - als konsequente Weiterführung der Geschäftsprozessmodellierung - die (Teil-) Automatisierung des Geschäftsprozessmanagements,<sup>12</sup> jedoch werden durch WFMS derzeit lediglich reine Informationsflüsse, insbesondere Dokumentenflüsse, unterstützt. Dies korrespondiert mit der o. g. Prägung des WFM durch die Verwaltungsdomäne. Spezifikum der industriellen Produktion sind die Fertigungsprozesse. Ihr vor- und nachgelagerte Verwaltungsprozesse weisen hinsichtlich der Workflow-Unterstützung prinzipiell die gleichen Merkmale wie in anderen Branchen auf. Daher wird für den Vergleich insbesondere die fertigungsbezogenen Prozesse (Fertigungsplanung und -steuerung) und deren Verbindung zur Verwaltung betrachtet.

Aufgabe von PPS und WFM ist die Unterstützung der Aktivitäten-, Ressourcen- und Regulierungskoordination.<sup>13</sup> Die **Aktivitätenkoordination** wird in der Ablaufplanung spezifiziert (s. u.). Während beim WFM mit vorwiegend graphischen Modelle einheitlich die Struktur der Aktivitätenkopplung methodisch einheitlich beschrieben wird, basieren PPS-Steuerungsmodelle i. a. auf tabellarisch beschriebenen Arbeitsplänen und Stücklisten. Letztere Diese beschreiben zusammen mit den Teilstammdaten die Struktur der Erzeugnisse und damit die Verflechtungen der von ihnen geprägten

<sup>11</sup> *Planung* umfaßt die Festlegung von Strategien und Prozeßzielgrößen wie Mengen, Qualitäten, Terminen und Kosten sowie die Ermittlung der zur Zielerreichung erforderlichen Aufgaben, Abläufe und Ressourcen. *Steuerung* (genauer Regelung) bezeichnet hingegen "das Veranlassen, Überwachen und Sichern der Aufgabendurchführung hinsichtlich der Prozeßzielgrößen". Steuern beginnt, wenn die geplanten Aufgaben ausgeführt werden. Die Steuerung veranlaßt dabei die Realisierung (*Durchsetzung*) der Planungsergebnisse, indem sie Aufträge zur Ausführung von Aufgaben erteilt (*Veranlassung*), dafür sorgt, daß alle benötigten Ressourcen rechtzeitig zur Verfügung stehen, die planmäßige Durchführung anhand von Soll-Ist-Abweichungen feststellt ( ) und zur *Sicherung* der Planerfüllung ggf. regulierende Maßnahmen ergreift. Vgl. Refa (1985) S 18ff..

<sup>12</sup> Vgl. Becker, Vossen (1996), S. 17ff..

<sup>13</sup> Vgl. v. Uthmann, Rosemann (1998).

Produktionsprozesse.<sup>14</sup> Die Strukturierung der Teilprozesse bzw. Teilprozeßmodelle ist kongruent zur Strukturierung der Erzeugnisse. In der PPS werden parallele Arbeitsgänge eines Arbeitsplans i. d. R. nur bei einer Fließfertigung im voraus festgelegt.<sup>15</sup> Ansonsten werden Arbeitsgänge eines Arbeitsplans meist erst nach der Auftragsfreigabe in der Feinsteuerung auf Werkstattebene parallelisiert. Alternative variantenabhängige Arbeitsgänge können in der PPS nur durch jeweils eigene Variantenarbeitspläne realisiert werden. In der PPS werden jedem Arbeitsgang Vorgabezeiten zugeordnet, die Grundlage für Terminierung und Kontrolle sind. In Workflowmodellen können den Aktivitäten ebenfalls relative und absolute Termine zugeordnet werden; eine Vorab-Terminierung wie in der PPS ist im WFM bisher allerdings nicht üblich.

**Ressourcenkoordination** beschränkt sich WFM auf Mitarbeiter, Daten/Dokumente und Anwendungssysteme (Invoked Applications), wobei lediglich Mitarbeiter als knappe Ressourcen behandelt werden. Im Gegensatz dazu werden in der PPS auch Material (s. o.) und Betriebsmittel als knappe Ressourcen gesehen und sind damit Gegenstand der Koordination. Bei der PPS wird versucht, durch die Material-, Zeit- und Kapazitätswirtschaft die Zuordnungen von Ressourcen vorzuziehen. Derartige Vorabplanungen existieren beim WFM derzeit nur in konzeptionellen Ansätzen,<sup>16</sup> Ressourcenzuordnungen werden i. d. R. erst zur Laufzeit vorgenommen. Dementsprechend werden Workflows i. a. durch das Eintreten von definierten Ereignissen (z. B. Kundenauftrag ist eingetroffen) direkt instanziiert. Prozesse zur Ausführung von Fertigungsaufträgen werden hingegen erst nach einer Auftragsfreigabe angestoßen, welche die Prüfung der Ausführbarkeit von Prozessen im Rahmen einer Ressourcen-Verfügbarkeitsprüfung enthält. Dies hat zur Folge, daß in der PPS beim Auftreten ressourcenbezogener Störungen neu geplant wird („kurzfristige PPS“). Das Rollenkonzept des WFM erlaubt demgegenüber, jeweils eine Aufgabe zunächst allen Mitarbeitern zuzuordnen, die diese ausführen können oder/und dürfen. Die Zuordnung wird dann a. noch durch Stellvertreter- und Delegations- und Abgabemechanismen erhöht.

Während demnach in der PPS explizit versucht wird, neben der Prozeß- auch die Ressourceneffizienz (Dilemma der Ablaufplanung) durch die Vorabfestlegung einer direkten Ressourcenbelegung zu optimieren und die Aufgabenverteilung somit nach dem Push-Prinzip erfolgt, wird die Ressourceneffizienz im WFM nur implizit betrachtet, indem im Rahmen der Rollenauflösung die Mitarbeiter sich belastungsorientiert nach dem Pull-Prinzip selbst der Aufgaben annehmen. Eine kapazitätseinbeziehende Planung von Terminen wird hierbei allerdings i. d. R. nur auf Basis intuitiver Schätzungen vorgenommen. Solche Schätzungen wären in der PPS aufgrund der Inflexibilität physisch-technischer Ressourcen (sind verfügbar oder nicht) sowie der Verflechtungen und damit verbundener Lagerkapazitätsbeschränkungen (insb. bei Just In Time) oft nicht ausreichend.

Die Produktionsplanung ist aufgrund der Interdependenzen in der Zeit- und Ressourcenplanung insbesondere in den Anfangsphasen durch eine hohe Unsicherheit gekennzeichnet.<sup>17</sup> Dieser Unsicherheit wird innerhalb der PPS im Rahmen eines mehrstufigen, iterativen Planungsprozesses mit abnehmendem Planungshorizont (MRPII-Ansatz: Programm- > Material- > Termin- > Belegungsplanung > Auftragsfreigabe) versucht zu begegnen. Eine zusätzliche Maßnahme ist die stufenweise Verfeinerung der Planung und Steuerung. Dabei werden in einer meist zentralen Planung zunächst lediglich Ecktermine auf Basis von aggregierten Kapazitäten (z. B. Werkstätten, Fertigungsinseln oder Arbeitsplatzgruppen) vorgegeben und dementsprechend in die untergeordneten Werkstattbereiche eingesteuert (eingelastet). Erst dort werden die Fertigungsaufträge meist

---

<sup>14</sup> Ein entsprechender Erzeugnis-Gozintograph kann als ein Top-Level-Modell des gesamten Prozeßmodells gesehen werden. Stücklisten können somit als analog zu einer Workflowobjektstruktur aufgefaßt werden.

<sup>15</sup> Vgl. z. B. Adam (1997), S. 18.

<sup>16</sup> Vgl. Schmidt (1996).

<sup>17</sup> Vgl. z. B. Luczak, Eversheim, Schotten (1998), S. 97ff..

dezentral-autonom mit genauen Maschinenbelegungszeiten eingeplant und feingesteuert. Die Planung im WFM bezieht sich auf die einstufige Festlegung der Prozeßstruktur, der Rollen und der Verbindung zu den Daten und Applikationen. Die Planung und Steuerung erfolgt i. d. R. zentral und getrennt nach Build- (Workflowmodellierung) und Runtime (Workflowausführung).

PPS-Systeme weisen i. d. R. keine derartige Unterteilung von Build- und Runtime auf. Gleichwohl können auch sie ebenfalls als steuernde Middleware (z. B. ein Leitstand als Steuerschicht für verschiedenen Maschinensteuerungsprozessoren) agieren. Einhergehend mit verschiedenen Planungshierarchien (s. o.) und Produktionsstufen (z. B. Teilefertigung, Vor- und Endmontage) werden bei der PPS verschiedene hierarchisch angeordnete Leitebenen, die durch einen Verbund entsprechend hierarchisch strukturierter dezidierter *Leitsysteme* unterstützt werden (Betriebs-, Fertigungs-, Prozeß- und Maschinenleitebene), unterschieden. Derartig dezentrale WFMS-Verbünde werden im WFM durch die Aktivitäten bezüglich des Interface Nr. 4 des WFMC-Referenzmodells<sup>18</sup> vorangetrieben, allerdings steht diese Arbeit erst am Anfang.

Eine Überwachung und Sicherung im Rahmen der **Regulierungskoordination** wird beim Workflowmanagement durch das Workflow-Monitoring unterstützt. Im Gegensatz zur PPS findet dabei i. d. R. keine Überwachung von Betriebsmitteln statt. Darüber hinaus werden bei der PPS Qualitätsdaten von Erzeugnissen - d. h. von Prozeßobjekten selbst - aufgezeichnet. Wichtiges spezifisches Element von PPS-Systemen ist daher die Betriebs- (BDE) und Maschinendatenerfassung (MDE). Demgegenüber weisen PPS-Systeme i. d. R. keine Funktionalitäten für das Monitoring von Dokumentenflüssen auf.

## 2.2 Datenstrukturen

**Ablaufplanung:** Die Planung von Workflows erfolgt über Workflowmodelle. Bei diesen handelt es sich i. d. R. um gerichtete, ggf. zyklische Graphen, deren Knoten (meist) *Aktivitäten* und die diese ausführenden Mitarbeiter bzw. die benötigten Applikationen, Daten und Dokumente enthalten, spezifizieren. *Sequenzen*, *Alternativen* und *Nebenläufigkeiten* sind graphisch durch die Modelltopologie spezifiziert. PPS-Steuerungsmodelle basieren i. a. auf Arbeitsplänen und Stücklisten.<sup>19</sup> Ausgehend von den geometrischen und technologischen Angaben der Konstruktion werden spezifische *Arbeitsgänge* (analog zu Workflow-Aktivitäten), die für die Herstellung von Teilen bzw. Erzeugnissen auszuführen sind, und deren möglichen *Reihenfolgen* ermittelt. *Arbeitspläne*<sup>20</sup> - analog zu Workflowmodellen - als tabellarische Prozeßmodelle legen die Reihenfolge der Arbeitsgänge, die für die Herstellung von Teilen bzw. Erzeugnissen auszuführen sind, sowie die Ressourcen, die dafür benötigt werden, fest. Das Potential zur Parallelisierung (Splittung, Überlappung) wird meistens über Netzpläne bestimmt.<sup>21</sup>

Workflowmodelle lassen sich über die Verfeinerung von Aktivitäten zu Subworkflowmodellen hierarchisieren. Analog dazu werden in der PPS bei komplexen Produkten detaillierte Arbeitspläne, die Bestandteil eines groben Übersichtsarbeitsplans sind, verwendet. Die Strukturierung erfolgt kongruent zu *Stücklisten* (Konstruktions-, Fertigungs- und Montagestücklisten) (s. o.).

**Ressourcenplanung:** Den einzelnen *Arbeitsgängen* werden im Arbeitsplan geeignete *Arbeitsplätze* bzw. *Maschinen* zugeordnet. Um die Planung möglichst flexibel zu halten, können Arbeitsgänge auf *Arbeitsplatzgruppen*, die ähnliche Arbeitsplätze zusammenfassen, eingeplant werden. Die genaue Arbeitsplatz- bzw. Maschinenauswahl erfolgt erst in der Feinplanung auf Werksbereichsebene (s. o.). Bei *manuellen Arbeitsgängen* müssen benötigte Betriebsmittel (z. B. *Werkzeuge*, Maschinen) bzw. Arbeitsplätze (inkl. Betriebsmittel) eingeplant werden. *Automatisierte Arbeitsgänge* werden über

<sup>18</sup> Vgl. Workflow Management Coalition (1996), S. 28ff..

<sup>19</sup> Zu Daten- und Prozeßmodellen der PPS vgl. Scheer (1997) und Luczak, Eversheim, Schotten (1998).

<sup>20</sup> Vgl. Scheer (1997), S. 93, 574ff..

<sup>21</sup> Vgl. z. B. Adam (1997), S. 593ff.; Dangelmaier, Warnecke (1997), S. 392-415.

*DNC- (oder SPS-) Programme* spezifiziert, die entsprechende Befehle für eine Maschinensteuerung enthalten. Aktivitäten können im WFM, so wie Arbeitsgänge in der PPS, entweder manuell oder automatisch durchgeführt werden. Bei *manuellen Aktivitäten* können *Invoked Applications* und Daten bzw. Dokumente Mitarbeiter bei der Durchführung von Aktivitäten unter <sup>22</sup> Diese sind entsprechend den Aktivitäten auszuwählen und werden dem Mitarbeiter über das sog. Invoking automatisch bereitgestellt, sobald dieser die entsprechenden Workitems aufruft. Die automatische Durchführung von Aktivitäten ist im WFM über *Programmaktivitäten* möglich, die über Remote Procedure Calls angestoßen werden. Die manuelle Fertigungsplanung wird ebenfalls durch *Anwendungssysteme* unterstützt, allerdings werden diese manuell herangezogen und nicht invoked.

Auch die Zuordnung des Personals zu Arbeitsplätzen erfolgt in der PPS erst in der Feinplanung auf Werksbereichsebene (s. o.). Informationen über die Qualifikation und Anwesenheitszeiten von Personal werden ebenfalls erst in der Feinplanung berücksichtigt. Im WFM wird für jede Aktivität eine Rolle definiert, welche die zur Ausführung der Aktivität notwendigen Qualifikationen oder/und Kompetenzen angibt. Den Mitarbeitern werden aufgrund ihrer Qualifikation und Stellenbesetzung Rollen zugewiesen. *Stellen* können dabei zu *Organisationseinheiten* mit gleichen oder ähnlichen Rollen aggregiert werden. Diese Planung ist - korrespondierend zum o. g. Pull-Prinzip - unabhängig von den Arbeitszeiten der Mitarbeiter (vgl. Abb. 2).

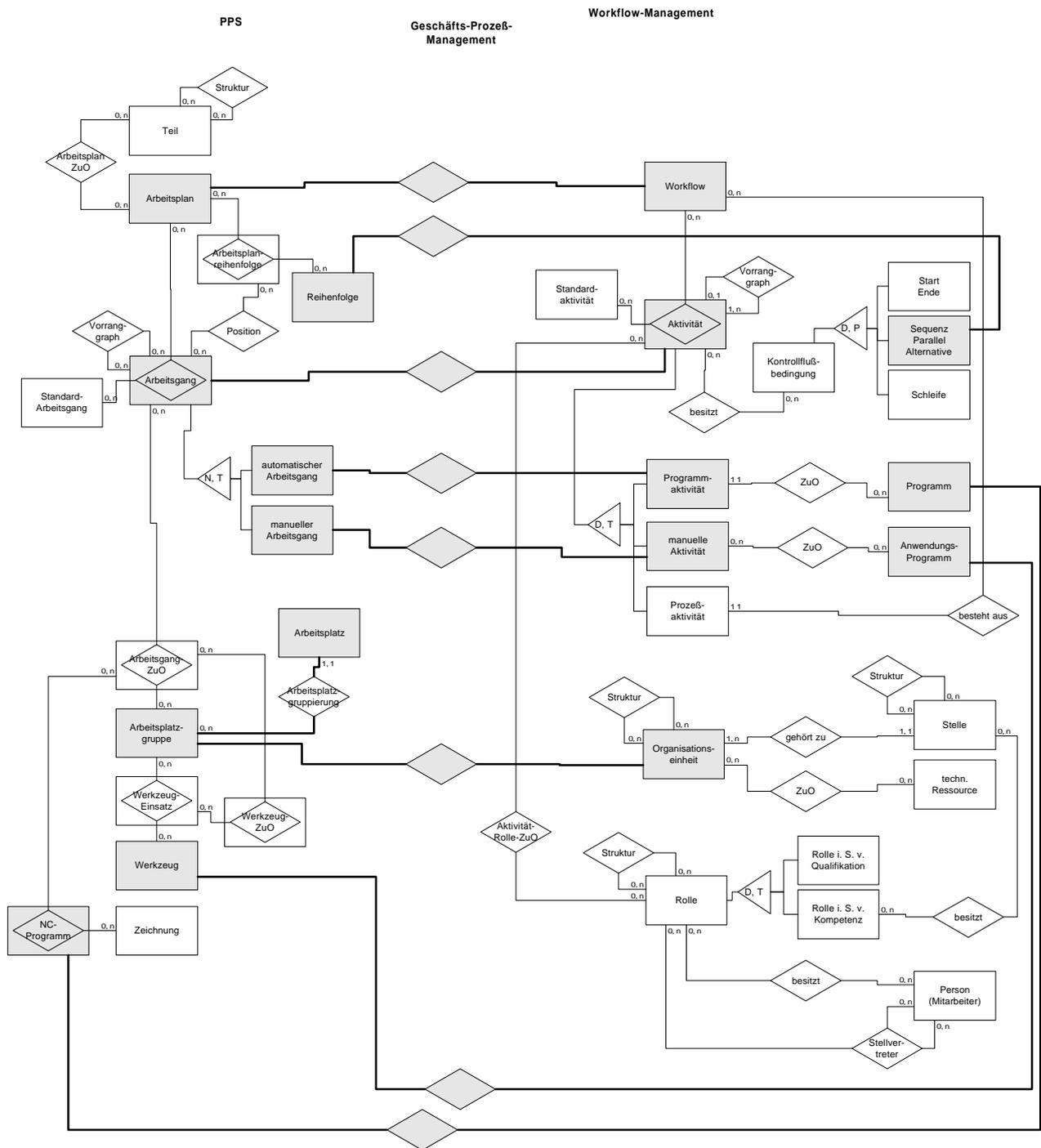
**Steuerung (inkl. Regulierung):** Die Erfassung der *Ist-Durchlaufzeiten* ist sehr wichtig für eine Fortschrittskontrolle, da regulierende Eingriffe hierdurch zeitnäher erfolgen können.<sup>23</sup> Ein Leitstand vereint planende und steuernde Aufgaben in der Fertigung, indem er bei Störungen oder Änderungen (z. B. Eilaufträge) im geplanten Ablauf eine Neueinplanung der Aufträge durch den Disponenten erlaubt. Eine Abstimmung von Bearbeitungsterminen der Arbeitsgänge eines Auftrages auf die Folgebearbeitung oder Montage (WFM: Synchronisation) wird dabei weitgehend manuell vorgenommen. Im WFM ist die Ablaufkoordination weitgehend automatisiert. Werden geplante Endzeiten von Aktivitäten nicht eingehalten, kann ein Prozeßverantwortlicher automatisch informiert werden, der regulierende Eingriffe in der Ablaufsteuerung vornimmt. Auch ungeplante Bearbeitungsreihenfolgen von Aktivitäten können vom Prozeßverantwortlichen durch interaktive Eingriffe berücksichtigt werden. Die Aufgaben eines Prozeßverantwortlichen sind mit den genannten Einschränkungen vergleichbar mit den Aufgaben eines Disponenten am Fertigungsleitstand. Die *Rollenbeschreibung (Akteur-Rolle-ZuO)*, die Qualifikation oder/und aufbauorganisatorische Kompetenzen des Rollenträgers (Mitarbeiter) beschreibt, ist vergleichbar mit der sog. *Mitarbeiter-Maschinen-Belegung* bzw. Mitarbeiter-Arbeitsplatz-Belegung, die neben der Qualifikation und Kompetenzen der Mitarbeiter die Eignung der (Fertigungs-) Technologie einbeziehen muß (vgl. Abb. 3).

In der PPS bestimmen die *Aufträge* die Planungs- und Steuerungsaufgaben. Für die Aufträge werden entsprechende Arbeitspläne (*Auftragsarbeitspläne*) mit zugehörigen Arbeitsgängen (*Auftragsarbeitsgänge*) zusammengestellt, die dann Grundlage für die Grobterminplanung, Kapazitätsplanung, Feinterminierung und Feinsteuerung sind. Nach einer groben Termin- und Kapazitätsplanung werden Aufträge über die Auftragsfreigabe (Statusänderung „freigegeben“) den Werksbereichen zur Feinplanung und -steuerung der Fertigung übergeben. Vor der Auftragsfreigabe müssen benötigte Ressourcen sowie Rohstoffe und Zukaufteile verfügbar (Verfügbarkeitsprüfung) und reserviert sein.

---

<sup>22</sup>

<sup>23</sup> Vgl. zur Ereignissteuerung in der PPS z. B. Much, Heiderich (1996).



**Abb. 2:** Vergleich der Ablauf- und Ressourcenplanung in PPS und WFM<sup>24</sup>

<sup>24</sup> Die Datenstrukturen der PPS in Abb. 2, Abb. 3 und Abb. 4 basieren z. T. auf den von SCHEER entwickelten Modellen [vgl. Scheer (1997), S. 216ff.]. Die PPS-Modelle von SCHEER wurden als Grundlage gewählt, da diese die Daten der PPS sehr umfassend und realitätsnah abbilden. Außerdem sind diese weitgehend branchenunabhängig und eignen sich damit besonders für eine konzeptionelle Betrachtung. Die Modelle wurden zur Gegenüberstellung zum WFM angepaßt. Erweitert wurden die Kardinalitäten von der max-Notation auf die exaktere (min, max)-Notation [Vgl. Becker, Schütte (1996), S. 31ff.; zu Vorteilen der (min, max)-Notation insbesondere Becker, Schütte (1996), S. 33]. Die Darstellung der Aufbauorganisation im WFM (Abb. 2, Abb. 4) ist angelehnt an das Modell von ROSEMANN und ZUR MÜHLEN (1997). Dieses Modell wurde ebenfalls leicht vereinfacht und für eine Gegenüberstellung zur

bzw.

Maschinen. Bei Personal- oder Maschinenausfall muß die Planung verworfen werden. Im WFM erlaubt das Rollenkonzept eine flexible Zuordnungen von Aktivitäten zu *organisatorischen Einheiten* oder Gruppen mit bestimmten *Qualifikationen*. Bei Personalausfall können Stellvertreterregelungen greifen und damit die Flexibilität erhöhen (s. o.).



### 3 Integration von PPS und WFM

#### 3.1 Integration der Datenstrukturen

Abb. 4 faßt die wichtigen Beziehungen zwischen Objekten und Aufgaben von PPS und WFM in einem Metamodell zusammen.

Um eine Grundlage für eine übergeordnete Workflow-basierte PPS zu schaffen, wird in Tab. 1 eine einheitliche Terminologie für die Datenstrukturen und Beziehungen vorgeschlagen, die sich entsprechend der Intention einer durchgängigen Workflowbasierung an Workflow-Terminologien der WFM orientiert.<sup>25</sup>

PPS	WF-basierte PPS	WFM
Stückliste	Stückliste als Top-Level-Fertigungs-Workflowmodell	Material-Workflowobjekthierarchie
Erzeugnis/Baugruppe/Teil/Stoff	Material-Workflowobjekt	-
Daten/Dokumente	Daten/Dokumente	Daten/Dokumente
Mitarbeiter	Workflow-Teilnehmer	Akteur, Workflow-Teilnehmer
Betriebsmittel	Betriebsmittel-Ressource	-
Anwendungssystem	Invoked Application	Invoked Application
DNC-Maschinensteuerung	Invoked DNC-Application	Invoked Application
Werkbereich /Arbeitsplatzgruppe /Arbeitsplatz	Rolle - „Werkbereich / Arbeitsplatzgruppe / Arbeitsplatz“	Rolle - Organisationseinheit
Qualifikation / Technologie	Rolle - Qualifikation / - Technologie	Rolle - Qualifikation
Kontrolldaten	WF-relevante Daten	WF-relevante Daten
Nutzdaten	Nutzdaten	Nutzdaten
(Fertigungs-)Auftrag	(Fertigungs-)Auftrag	Initialereignis
Arbeitsplan	Fertigungs-Workflowmodell (integriert)	Lineares Workflowmodell
Netzplan	Fertigungs-Workflowmodell (integriert)	Terminiertes Workflowmodell
Arbeitsgang	Aktivität	Aktivität
manueller Arbeitsgang	manuelle Aktivität	manuelle Aktivität
NC-Arbeitsgang	NC-Aktivität	-
Programmaktivität	Programmaktivität	Programmaktivität
Arbeitsgangfolge	Fertigungs-Sequenz	Sequenz
(mgl.) Parallelität/Zusammenführung	AND-Split / -Join	AND-Split / -Join
Alternative	XOR-/OR-Split /-Join	XOR-/OR-Split /-Join
Montage	Montage-Join	Synchronisation (AND-Join)
Durchlaufzeit	Bearbeitungszeit	Bearbeitungszeit
Terminschränke	Deadline	Deadline
Kapazitäten	Kapazitäten	-
Betriebsdaten/ Maschinendaten	Workflow-Monitoringdaten	Workflow-Monitoring
Mitarbeiter-/Arbeitsplatzgruppen-...Zuordnung	Rollenauflösung	Rollenauflösung
NC-Programmzuteilung	NC-Application Invoking	Invoked Application
Betriebsmittel-Zuordnung	Betriebsmittel Zuordnung	-

**Tab. 1:** Gegenüberstellung von Objekten der Planung und Steuerung in PPS und WFM<sup>26</sup>

#### 3.2 Integration der Konzepte

In der **Produktionsplanung** leisten heutige PPS-Systeme neben der Stammdaten-Verwaltung die Unterstützung der Material-, Zeit- und Kapazitätswirtschaft. Die Funktion von WFM könnte hier die d. R. starren Kopplung dieser umfassenden Anwendungen in kleinere, flexibel einsetzbarer Module (Components) unterstützen.<sup>27</sup> Dabei wird WFM zur effizienten Definition und Koordination von Funktionsabfolgen herangezogen, die nicht notwendigerweise konventionellen MRPII-Mustern entsprechen (z. B. flexible, individuell optimierte Funktionsabfolgen; in der Möbel-industrie wird beispielsweise zunächst eine Tourenplanung durchgeführt und erst anschließend die Kapazität geplant sowie der Materialbedarf bestimmt). Der Nutzen der Workflow-basierung

<sup>25</sup> Vgl. auch Loos (1998) bzw. Rosemann, v. Uthmann (1998).

<sup>26</sup> Zum Teil basieren die Ideen zur Gegenüberstellung in Tab. 1 auf Loos (1998), S. 28 bzw. Rosemann, v. Uthmann (1998), S. 10, 12.

<sup>27</sup> Vgl. Rosemann, v. Uthmann, Frinck (1999).

können als speziell auf die Charakteristika von Produktionssystemen zugeschnittene WFMS gesehen werden. Zudem kann WFM im Werkstattbereich zur Reduzierung der (Arbeits-)Papierflüsse beitragen.

Prinzipiell und von der zugrundeliegenden grundsätzlichen Steuerungsaufgabe her ist die Erweiterung des WFM um die Ermittlung eines den Ergebnissen der Durchlaufterminierung vergleichbaren Zeitgerüsts sowie um kapazitätsorientierte Planungsfunktionalitäten denkbar. Damit würde sich der Schwerpunkt des im wesentlichen auf die Ausführung der Prozesse ausgerichteten WFM stärker auch auf die planerische Durchdringung und Optimierung im Vorfeld der Workflowinstanziierung erstrecken. So könnte beispielsweise der kritische Pfad eines Workflows im Rahmen eines Workflowbasierten Prozeßcontrollings ermittelt werden, oder der Verbrauch der verfügbaren Pufferzeiten auf nicht-kritischen Workflowpfaden visualisiert werden. Hierdurch ergäbe sich eine Erhöhung der Qualität der Informationsaufarbeitung für den Prozeßmanager.

Kritischer als die Adaption dieser zeitwirtschaftlichen PPS-Funktionen für die Zwecke des WFM ist die Übernahme der erörterten kapazitätswirtschaftlichen Funktionen. In der Domäne der PPS-Planungsmittel als Planungsgegenstand der Kapazitätswirtschaft, eine Ausdehnung dieser Funktionen auf personelle Ressourcen findet sich auch in der PPS erst in Ansätzen und mit großen Vorbehalten. In der vorherrschenden Domäne des WFM sind demgegenüber vor allem gerade Humanressourcen und Anwendungssysteme relevant. Während letztere oftmals keinerlei relevanten Kapazitätsrestriktionen unterliegen, ist die stärkere kapazitative Durchdringung der Humanressourcen insbesondere in administrativen Bereichen zum einen personalpolitisch schwierig und zum anderen aufgrund der größeren Varianz menschlicher Arbeitsleistungen im Vergleich zu maschinellen mit größeren Ungenauigkeiten betroffen. Entsprechend wäre eine im Rahmen der Workfloweinführung angestrebte Kapazitätsplanung für (administratives) Personal unternehmensindividuell abzustimmen und ein beiderseits als angemessen empfundener Grad an Anonymität festzulegen. Gleichwohl kann die Übernahme grundsätzlicher Funktionalitäten der Kapazitätswirt-

verschiedensten Probleme der Workflow-basierten Steuerung. Beispielsweise ließen sich verschiedene ausgereifte Konzepte zur Betriebsdatenerfassung und zur dezentralen Steuerungen auf das WFM übertragen (s. o.). Darüber hinaus finden sich in der PPS zahlreiche Ausarbeitungen zu organisatorischen Aspekten der Einführung und des Betriebs automatisierter Steuerungssysteme.

#### **4 Resümee und Ausblick**

Derzeitige PPS-Systeme erreichen oftmals nicht das Ziel einer flexibel anpaßbaren Integration aller zum Produktionsbetrieb gehörenden Funktionen auf organisatorischer und informationstechnischer Ebene. WFMS, deren Einsatz derzeit vorrangig in administrativen Bereichen diskutiert wird, bieten hier einen vielversprechenden Lösungsansatz.

Ausgehend von der Vision einer durchgängig Workflow-basierten PPS wird in diesem Beitrag ein Vorschlag für ein Metamodell unterbreitet, das die Datenstrukturen und Konzepte von PPS und WFM entsprechend integriert und damit als eine Grundlage für die Realisierung dieser Vision dienen kann. WFM kann dabei als allgemeines, über die Grenzen von Verwaltungs- und Fertigungsprozessen reichendes Steuerungskonzept von Prozessen gesehen werden.

PPS und WFM basieren auf kompatiblen Konzepten und Datenstrukturen. Im Unterschied zum Verwaltungsbereich in dem WFM bislang vorwiegend eingesetzt wird, ist allerdings die Planungs- und Steuerungssituation im Fertigungsbereich wesentlich komplexer. Daher müssen diverse Konzepte der Produktionsplanung und -steuerung für die Zwecke des WFM adaptiert und insbesondere im Hinblick auf eine verbesserte Kapazitätsplanung genutzt werden. Umgekehrt bieten sich die anschaulichen Workflowmodelle als durchgängiges Darstellungsmittel an. Mit dem Rollenkonzept liegt überdies ein flexibles Koordinationsinstrument für einen effizienten Mitarbeiterinsatz vor.

Dabei sind die organisatorischen und informationstechnischen Rahmenbedingungen zu beachten. So setzt die erfolgreiche Nutzung von WFMS in der Produktion u. a. die Integration verschiedener WFM-, Engineering Data Management- und Leitsysteme einschließlich BDE- und MDE-Systeme voraus.

Mithin ergibt sich das Potential einer administrations- und werkstattbereichsintegrierenden Workflow-basierten PPS, bei der WFM der Integration einzelner zentraler (z. B. Vertrieb, Materialwirtschaft, Arbeitsvorbereitung) und dezentraler Dispositionsbereiche (z. B. Werkstätten

oder Fertigungsinseln) dient. Damit können die bisherigen Grenzen zwischen dem Management von Verwaltungs- und Fertigungsprozessen aufgelöst und eine höhere Durchgängigkeit des Prozeßmanagements erreicht werden. Produktionsabläufe werden - gemäß der PPS-Definition vom AWF - "von der Angebotsbearbeitung bis zum Versand"<sup>28</sup> geplant, gesteuert und verfolgt. Über eine derartig erweiterte Perspektive einer methodisch durchgängigen Geschäftsprozeßmodellierung und Anwendungssystemgestaltung kann sich die PPS von "allzu engstirnig detailversessenen und konkretistischen Auffassungen von Arbeitsplanung zugunsten einer ganzheitlichen Betrachtung von Arbeitsvorgängen befreien"<sup>29</sup>.

Als Vision wäre darauf aufbauend eine neuartige PPS-Philosophie jenseits des MRP-II-Konzepts denkbar, die auf ein durchgängiges allgemeines Geschäftsprozeßmanagement, die prozeßorientierte Modularisierung der Funktionen und die sehr flexible Kopplung dieser feineren PPS-Granulare zielt.

## Literatur

Adam, D.: Produktionsmanagement. 8. Aufl., Wiesbaden 1997.

AWF, Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung: Integrierter EDV-Einsatz in der Produktion - Begriffe, Definitionen, Funktionszuordnungen. Eschborn 1985.

Becker, J.; Rosemann, M.: Logistik und CIM. Die effiziente Material- und Informationsflüßgestaltung im Industriebetrieb. Berlin et al. 1993.

Becker, J.; Schütte, R.: Handelsinformationssysteme. Landsberg - Lech 1996.

Becker, J., Vossen, G.: Geschäftsprozeßmodellierung und Workflow-Management: Eine Einführung. In: Geschäftsprozeßmodellierung und Workflow-Management. Hrsg.: G. Vossen, J. Becker. Bonn et al. 1996, S. 17-26.

Becker, J.: CIM-Integrationsmodell - Die EDV-gestützte Verbindung betrieblicher Bereiche. Berlin et al. 1991.

Brödner, P.: PPS und Workflowmanagement - Anti- oder Synthesis? In: PPS meets Workflow. Proceedings zum Workshop vom 9. Juni 1998. Hrsg.: C. v. Uthmann u. a.. Gelsenkirchen 1998, S. 92-102.

Dangelmaier, W.; Warnecke, H.-J.: Fertigungslenkung - Planung und Steuerung des Ablaufs der diskreten Fertigung. Berlin u. a. 1997.

Ellis, C. A.; Naffah, N.: Design of Office Automation Systems. Berlin et al. 1987.

Georgakopoulos, D.; Hornick, M., Sheth, A.: An Overview of Workflow Management: From Process Modeling to Workflow Automation Infrastructure. Distributed and Parallel Databases, 3 (1995) 2, S. 1 Glaser, H.; Geiger, W.; Rohde, V.: PPS - Grundlagen, Konzepte, Anwendungen. 2. Aufl., Wiesbaden 1992.

Glaser, H.; Geiger, W.; Rohde, V.: PPS - Grundlagen, Konzepte, Anwendungen. 2. Aufl., Wiesbaden 1992.

Harrington, J.: Computer Integrated Manufacturing. New York 1973, 2. Aufl. 1979.

Jablonski, S.; Böhm, M.; Schulze, W.: WFM. Entwicklung von Anwendungen und Systemen - Facetten einer neuen Technologie. Heidelberg 1997.

Kurbel, K.: Produktionsplanung und -steuerung. 3. Aufl., München u. a. 1998.

---

<sup>28</sup> Vgl. Ausschuß für Wirtschaftliche Fertigung (AWF) (1985).

<sup>29</sup> Brödner (1998), S. 101.

- Loos, P.: Workflow-Tauglichkeit von PPS-Funktionen - Typologien und Einsatzszenarien. In: PPS meets Workflow. Proceedings zum Workshop vom 9. Juni 1998. Hrsg.: C. v. Uthmann u. a.. Gelsenkirchen 1998, S. 24-36.
- Luczak, H.; Eversheim, W.; Schotten, M.: Produktionsplanung und -steuerung: Grundlagen, Gestaltung und Konzepte. Berlin et al. 1998.
- Morschheuser, S.; Raufer, H.: Merkmale und Informationskategorien eines flexiblen und integrierten Workflow-Management-Systems (WMS). Arbeitspapier COI. Nürnberg 1993.
- Much, D.; Heiderich, T.: Ereignissteuerung für PPS-Systeme. In: ZWF, 91 (1996) 10, S. 471-474.
- Nedeß, C.: Von PPS zu CIM. CIM Fachmann. Köln 1991.
- REFA, Verb. für Arbeitsstudien u. Betriebsorganisation e.V.: Methodenlehre der Planung und Steuerung. 4. Aufl., München 1985.
- Rosemann, M. (Komplexitätsmanagement): Komplexitätsmanagement in Prozeßmodellen. Methodenspezifische Gestaltungsempfehlungen für die Informationsmodellierung. Wiesbaden 1996.
- Rosemann, M., v. Uthmann, C.: Integration von WFM und PPS: Potentiale und Problemlösungen. In: PPS meets Workflow. Proceedings zum Workshop vom 9. Juni 1998. Hrsg.: C. v. Uthmann u. a.. Gelsenkirchen 1998, S. 4-23.
- Rosemann, M.; zur Mühlen, M.: Modellierung der Aufbauorganisation in WFM-Systemen - Kritische Bestandsaufnahme und Gestaltungsvorschläge. In: Proceedings des EMISA Fachgruppentreffens 1997. Hrsg.: S. Jablonski. Darmstadt 1997.
- Rosemann, M.; v. Uthmann, C.; Frinck, D.: Enabling Process Integration in Production Management. In: Proceedings of the 7th International Conference on Advances in Production Management Systems: Global Production Management. Berlin, 6-10.9.99. Hrsg.: K. Mertins. Berlin 1999.
- Scheer, A.-W.: CIM. Der computergesteuerte Industriebetrieb. 4. Aufl., Berlin et al. 1990.
- Scheer, A.-W.: Wirtschaftsinformatik - Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse. 7. Aufl., Berlin u. a. 1997.
- Sheth, A.: From Contemporary Workflow Process Automation to Adaptive and Dynamic Work Activity Coordination and Collaboration. In: Proceedings of the Workshop on Workflow Management in Scientific and Engineering Applications, Toulouse, France, September 1997.
- Schmidt, G.: Scheduling Models for Workflow Management. In: Scholz-Reiter, B.; Stickel E. (Hrsg): Business Process Modelling. Berlin et al. 1996, S. 67-80.
- Siebert, R.; Weske, M.: Flexibilität und Kooperation in Workflow-Management-Systemen. In: Groupware und organisatorische Innovation (D-CSCW'98). Hrsg: Th. Herrmann, K. Just-Hahn. Stuttgart: Teubner 1998, S. 347-348.
- v. Uthmann, C.; Stolp, P; Meyer, G.: WFM in integrierten Anwendungssystemen. Ein Bericht über das Workflow-Projekt der ABB Turbinen Nürnberg GmbH. Theorie und Praxis der Wirtschaftsinformatik (HMD), 34 (1997) 198, S. 107-114.
- Workflow Management Coalition: Terminology & Glossary. Brüssel 1996; 2nd ed. Hampshire, UK 1999.