

## 8 Einsatzpotentiale und Systemarchitektur einer workflow-gestützten PPS

*Peter Loos,  
IDS Prof. Scheer GmbH, Saarbrücken*

### 8.1 Einführung

Workflow-Management gilt als erfolgversprechender Ansatz, Geschäftsprozesse mit Hilfe der Informationstechnik wirksam zu unterstützen. Allerdings werden bisher in erster Linie Büroabläufe betrachtet. Workflow-Management ist jedoch nicht beschränkt auf die indirekten Bereiche, sondern ist als ein allgemeines Konzept für die flexible Gestaltung und Umsetzung von Abläufen zu verstehen. Es wird der Frage nachgegangen, wie Workflow-Management fertigungsbezogene Aufgaben in der industriellen Produktion unterstützen [Lamb 94, Friedrich 94, Rosemann/Uthmann 97] und neue Impulse für die Ablaufgestaltung von produktionsbegleitenden Informationsverarbeitungsvorgängen und Implementierung von Anwendungssystemen setzen kann.

Nach einer kurzen Charakterisierung des Workflow-Managements wird gezeigt, welche Analogien zwischen industriellen Produktions- und Workflow-Beschreibungen bestehen. Anschließend wird die Eignung von Workflow-Management für einzelne Funktionen der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) aufgezeigt und anhand einiger betriebstypologischer Merkmale die Anwendbarkeit auf unterschiedliche Produktionstypen diskutiert. Der Entwurf einer Systemarchitektur, bei der Workflow-Management für PPS adaptiert wird, schließt den Beitrag.

### 8.2 Charakterisierung von Workflow-Management

Unter Workflow-Management wird die Unterstützung der Bearbeitung und Steuerung von Geschäftsvorgängen verstanden. Ein Workflow oder Geschäftsprozeß besteht aus einer Reihe von Aktivitäten zur Erreichung eines Prozeßziels (z.B. Erstellung einer Dienstleistung), die von Aufgabenträgern durchzuführen sind. Für die informationstechnische Umsetzung können Workflow-Management-Systeme (WFMS) eingesetzt werden [Jablonski/Böhm/Schulze 97].

Workflow-Management-Systeme stellen ein Forschungsgebiet innerhalb des Computer Supported Cooperative Work (CSCW) dar, das sich mit der Unterstützung von Gruppenarbeit durch Informationstechnik beschäftigt. Workflow-Management-Systeme sind geeignet für Anwendungen bei strukturierten, zeitlich versetzten Abläufen. Deren Lösungsweg ist im allgemeinen bekannt, und die Abläufe weisen eine gewisse Wiederholungsrate auf, so daß die Steuerung von Routineaufgaben größtenteils einem System übertragen werden kann. Jedoch soll hier nicht der strengen Trennung zwischen Workflow-Anwendungen für strukturierte Prozesse einerseits und Groupware-Anwendungen für nicht-strukturierte Gruppenarbeit andererseits gefolgt werden. Vielmehr wird davon ausgegangen, daß zwischen den Anwendungen ein fließender Übergang besteht und Workflow-Management-Systeme auch nicht-strukturierte Abläufe unterstützen sollen.

Für die operative Durchführung der Vorgangssteuerung können verschiedene Funktionsgruppen unterschieden werden, die ein Workflow-Management-System unterstützen sollte:

### 1. Ablaufsteuerung der Prozesse

Die Ablaufsteuerung, d.h. die Koordination der einzelnen Aktivitäten eines Prozesses, ist die primäre Aufgabe des Workflow-Management-Systems. Hierzu müssen die Aufgaben an die Aufgabenträger entsprechend dem Zustand der Prozeßbearbeitung und der Möglichkeiten der Aufgabenträger verteilt werden, die notwendigen Informationen und Dokumente müssen bereitgestellt werden, die Parallel- und Simultanbearbeitung von Vorgängen sollte unterstützt werden, Warteschlangen müssen gemanagt werden, etc.

### 2. Erweiterte Koordinationsaufgaben

Da ein Prozeßablauf nicht vollständig vorhersehbar ist und ein fließender Übergang zur Gruppenbearbeitung nicht-strukturierter Prozesse gegeben sein soll, sind z.B. Funktionen wie die Anlage von Notizen und Querverweisen, die Änderung der vorgegebenen Ablauffolge der einzelnen Vorgänge, die Aufnahme oder das Löschen von Bearbeitungsschritten in einem Prozeß, die Bearbeitung von Aktivitäten ohne vorherige Prozeßbeschreibung und die Ad-hoc-Kommunikation der Bearbeiter untereinander notwendig. Auch strukturierte Abläufe können durch erweiterte Funktionen unterstützt werden, z.B. für die Behandlung von Ausnahmefällen, für die Prozeßplanung und -terminierung, für die Handhabung von Vertretungs- und Ausweichstrategien, etc.

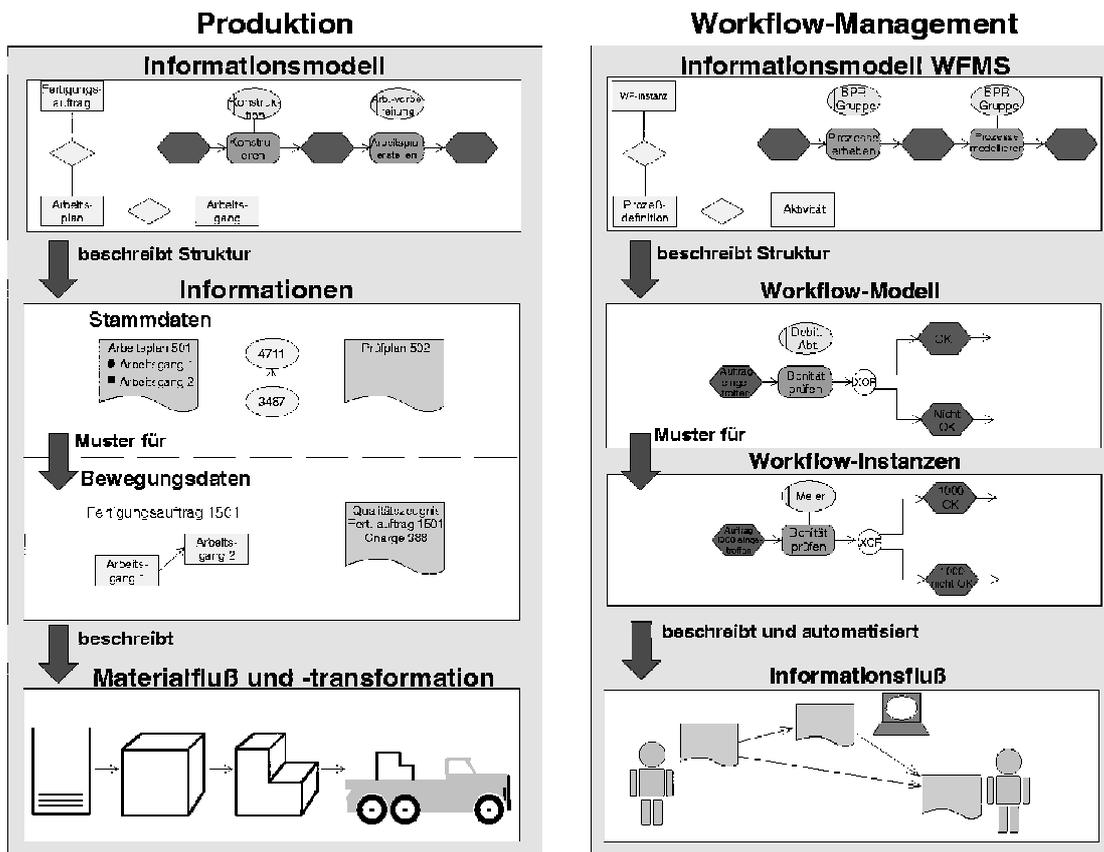
### 3. Bearbeitung der einzelnen Aktivitäten

Die eigentliche Bearbeitung der einzelnen Aktivitäten im Prozeß wird nicht direkt durch ein Workflow-Management-System durchgeführt. Die Durchführung erfolgt z.B. durch Fremdsysteme oder manuell. Das Workflow-Management-System muß jedoch die Bearbeitungsdurchführung durch eine Reihe von Funktionen unterstützen. So muß das Workflow-Management-System eine Schnittstelle für den Bearbeiter der Aktivität zur Verfügung stellen, die ihn mit den notwendigen Informationen für die Durchführung versorgt. Weiterhin muß es möglich sein, Fremdsysteme (wie z.B. Office-Anwendungen), die zur Durchführung notwendig sind, direkt einzubinden, um Datenintegration zwischen dem Workflow-Management-System und den Fremdsystemen zu gewährleisten.

Ein wesentlicher Vorteil von Workflow-Management-Systemen liegt in der flexiblen Anpassung an unternehmensspezifische Abläufe. Bei Workflow-Management-Systemen sind, im Gegensatz zu klassischen Anwendungssystemen, die Ablaufbeschreibungen nicht im System immanent verankert, sondern sie werden in separate Ablaufmodelle überführt. Dadurch kann die informationstechnische Unterstützung durch die Modifizierung der Ablaufmodelle relativ schnell an geänderte Geschäftsprozesse angepaßt werden. Die WFMS müssen neben der Runtime-Komponente für die Prozeßausführung auch eine Modellierungskomponente besitzen, die das Design der Abläufe gestattet. Die Ablaufmodelle stellen verfeinerte Geschäftsprozeßmodelle dar. Die Geschäftsprozeßmodelle dienen damit als Grundlage für die Workflow-Beschreibung.

Bedingt durch den Entwicklungshintergrund ist das Haupteinsatzgebiet von WFMS der Büro- und Verwaltungsbereich. Es gibt bisher erst einige Beispiele für den Einsatz in der Industrie. So beschreiben [Mertens/Morschheuser 94], [Kaczmarek 95] und [Ernst/Wolf/Viergutz 95] den WFMS-Einsatz für die Angebots- und Auftragsbearbeitung im Maschinenbau und einer

Abb. 1: Abstraktionsebenen der Fertigungs- und der Workflow-Modellierung



Gießerei, [Uthmann/Turowski 96] den Einsatz für industrielle Produktentwicklungsprozesse, [Borowsky et al. 97] den Einsatz für Prüfprozesse in der industriellen Qualitätssicherung, und [Hluchy/Höflinghoff 98] den Groupware-Einsatz in der Produktionssteuerung. Die Beispiele beziehen sich jedoch vorwiegend auf indirekte, also die der Fertigung vor- oder nachgelagerten Bereiche.

### 8.3 Produktionsprozesse und Workflow

Arbeitspläne sind seit langem das Hilfsmittel, um Fertigungsprozesse der industriellen Produktion zu beschreiben. Zusammen mit den Stücklisten definieren sie die notwendigen Produktionsschritte von den Rohmaterialien bis zu den Endprodukten und stellen die wichtigsten Grunddaten der Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme (PPS-Systeme) dar. Dabei können verschiedene Abstraktionsebenen unterschieden werden (Abbildung 1, linker Teil).

Die Produktionsdurchführung findet auf der Ebene des Materialflusses und der Materialtransformation statt. Diese Ebene stellt zwar den Gegenstand unseres Interesses dar, aus Sicht der Informationsverarbeitung ist allerdings erst die zweite Ebene, die Ebene der Information und Informationsflüsse, relevant. Diese Abstraktionsebene beschreibt die Ebene des Materialflusses und der Materialtransformation, insbesondere in Form von Stücklisten und Arbeitsplänen. Die Informationsebene wird einerseits unterteilt in Informationen, die Gegenstände oder Abläufe prinzipiell beschreiben, z.B. Materialart 4711, Arbeitsplan 501, und andererseits in

Informationen über konkrete Ausprägungen der allgemeinen Beschreibung, z.B. Charge 388 des Materials 4711, Fertigungsauftrag 1501 zum Arbeitsplan 501, der die Charge 388 hergestellt hat. Erstere sind meist Stammdaten, letztere Bewegungsdaten. Man kann die konkreten Ausprägungen auch als Instanzen der allgemeinen Stammdaten verstehen. Die Ebene der Informationsmodelle wiederum beschreibt die Strukturen der Informationsebene, z.B. wie die Struktur der Arbeitspläne aussieht und welche Funktionen zum Geschäftsprozeß Arbeitsplanerstellung gehören. Zur Beschreibung dieser Ebene werden verschiedene Modellierungsmethoden angeboten. Sie dient üblicherweise als Grundlage zur Implementierung von Anwendungssystemen [Loos/Scheer 95]. Wie bereits vorne beschrieben, dienen solche Modelle auch als Grundlage für Workflow-Beschreibungen (Abbildung 1, rechter Teil).

Vergleicht man die Methoden für die Modellierung von Arbeitsplänen und Stücklisten einerseits und für die Workflow-Modellierung andererseits, so zeigt sich, daß in beiden Bereichen auf gleiche Konstrukte zurückgegriffen wird, wobei allerdings das Material als Produktionsinput und -output durch Informationen als Workflow-Input und -Output ersetzt ist. Auch die Funktionen der Produktionsplanung und -steuerung bzw. des Workflow-Managements, die diese Informationen verarbeiten, zeigen entsprechende Analogien. Tabelle 1 verdeutlicht dies anhand einer Gegenüberstellung der zentralen Objekte und Funktionen, die typisch sind für die jeweiligen Anwendungen. Auf der linken Seite sind Begriffe der Produktion bzw. aus dem Fertigungsbereich abgebildet, denen die entsprechenden Termini des Workflow-Managements auf der rechten Seite zugeordnet sind.

Die aufgezeigten Analogien legen nahe, daß sich Methoden und Verfahren des Produktionsmanagements und des Workflow-Managements gegenseitig befruchten können und bei der Implementierung der jeweiligen Informationssysteme Synergien genutzt werden sollten. So kann das Workflow-Management sicherlich gewinnbringend auf die lange Erfahrung des Produktionsmanagements zur Beschreibung von Produktionsprozessen, z.B. auf bewährte Methoden zur Erfassung zeitlicher Vorgangsdauern wie MTM und REFA bei der Arbeitsplanerstellung und auf arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse zu Gestaltung von Abläufen [Scherer/Zölch 95] zurückgreifen. Aber auch die Fertigung kann das Konzept zur Steuerung von Geschäftsprozessen auf die Produktionsprozesse übertragen. Damit wird die Flexibilität gewonnen, Produktionsprozesse umzugestalten und beispielsweise bisher indirekt durchgeführte Tätigkeiten in den Produktionsprozeß zu integrieren, wie dies z.B. für kundenauftragsbezogene Fertigung sinnvoll ist.

Abbildung 1 verdeutlicht anhand der Abstraktionsebenen der Beschreibung die Zusammenhänge zwischen Workflow und Produktionsprozessen. Wie bei den Informationssystemen der Fertigung können beim Workflow-Management mehrere Abstraktionsebenen unterschieden werden. Die Prozeßbeschreibungen der Geschäftsvorfälle sind (z.B. mit der Methode der ereignisgesteuerten Prozeßkette) auf der Ebene der Workflow-Modelle beschrieben. Zur informationstechnischen Unterstützung der Ablaufsteuerung müssen die Geschäftsprozesse hinreichend präzisiert werden. Die Struktur der Workflow-Modelle ist im Informationsmodell des Workflow-Management-Systems festgelegt. Auf der unteren Ebene befinden sich die Workflow-Instanzen, die die konkreten durchzuführenden Prozesse darstellen. Ihnen dienen die Workflow-Modelle als Vorlage. Die Anordnungen der Ebenen verdeutlicht, daß die Workflow-Instanzen mit den Bewegungsdaten der Fertigungsinformationssysteme (z.B. Fertigungsaufträge) und die Workflow-Modelle mit den Stammdaten (Arbeitspläne) vergleichbar sind (vgl. auch Tabelle 1). Gleichzeitig ist aber auch erkennbar, daß die Geschäftsprozeßmodelle der Informationsmodellebene der Fertigungsinformationssysteme mit den gleichen Methoden dar-

**Tab. 1: Vergleich produktions- versus workflow-spezifische Begriffe**

<b>Produktion</b>	<b>Workflow</b>
Betriebsmittel, Arbeiter	Stelle, Workflow-Teilnehmer
Arbeitsgang	Funktion, Aktivität
manueller Arbeitsgang	manuelle Aktivität
CNC-Arbeitsgang	automatisierte Aktivität
Arbeitsplan	Prozeßdefinition
Arbeitsplanerstellung	Prozeßdefinitionsmodus
Arbeitsplanpflege	Prozeßdefinitionsänderung
Fertigungsauftrag	Workflow-Instanz
Betriebsmittelbelegung	Kontrollflußsteuerung
Arbeitsvorrat	ToDo-Liste
Auftrags- und Terminverfolgung	Überwachung, Monitoring
Betriebsdaten	Workflow-Kontrolldaten
Chargen, Qualitätsdokumentation	Audit-Daten

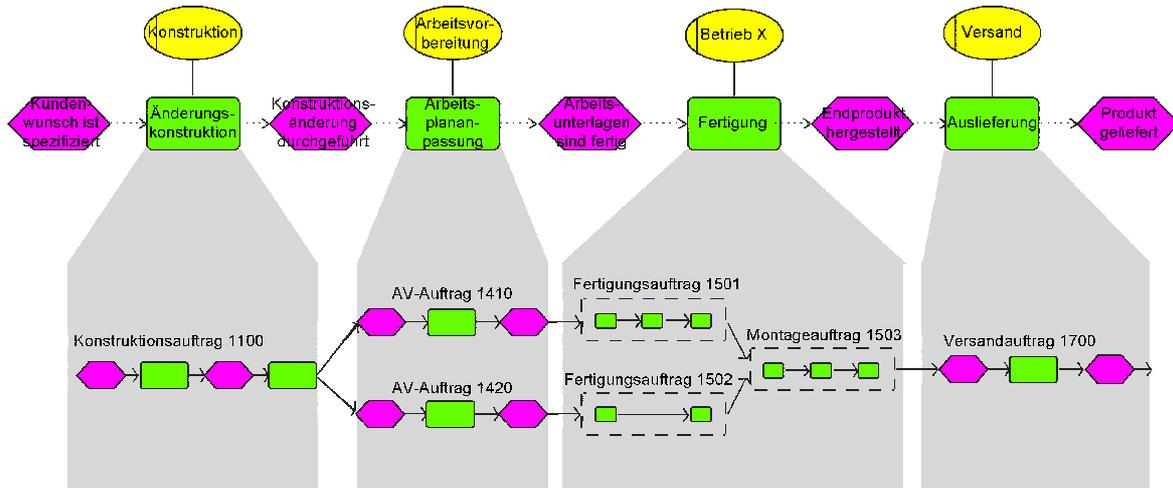
gestellt werden können, so daß eine gemeinsame Beschreibungssprache naheliegt. Abbildung 2 veranschaulicht den Zusammenhang der Prozeßbeschreibungen. Ein vereinfachter Geschäftsprozeß beschreibt auf grober Ebene den Ablauf eines Kundenauftrags über alle Bereiche hinweg mit Änderungskonstruktion, Arbeitsplananpassung, Fertigung und Auslieferung. Für die indirekten Bereiche sind die Abläufe durch Workflows weiter spezifiziert. Die Prozeßbeschreibungen der Aufträge im Fertigungsbereich stellen das Pendant zu den Workflow-Beschreibungen der indirekten Bereiche dar. Gemeinsam bilden sie die detaillierte Prozeßspezifikation des gesamten Ablaufs.

Für eine durchgängige Prozeßbetrachtung aller Bereiche ist es sinnvoll, eine einheitliche Prozeßdefinition zu verwenden und alle Prozesse mit gemeinsamen Mechanismen zu steuern. Da, wie in Abbildung 1 gezeigt, von der Material- und Papierebene abstrahiert wird bzw. diese automatisiert wird, ist es für die Geschäftsprozeßsteuerung unerheblich, ob sie sich auf Tätigkeiten der indirekten Bereiche oder auf Aufgaben der Fertigung bezieht. Die konkrete Art der Aktivitätenbeschreibung kann zwar je nach Bereich variieren, z.B. für Büroaktivität, manueller Arbeitsgang oder CNC-Arbeitsgang. Sie unterliegen jedoch einem gemeinsamen Schema, so daß bsw. für jede Art von Aktivität eine Bearbeitungszeit und die ausführenden Ressourcen angegeben werden können.

#### **8.4 Eignung von Workflow-Management für die Produktion**

Nachdem die Analogien zwischen Workflow und Produktion aufgezeigt wurden, soll im folgenden diskutiert werden, wie PPS-Funktionen und sonstige fertigungsnahe Aufgaben durch Workflow unterstützt werden können und welche Art von Produktionsbetrieben hierfür beson-

Abb. 2: Hierarchisierung der Prozeßbeschreibung



ders geeignet sind. Hierzu werden die Aufgaben der Produktionsplanung und -steuerung dahingehend untersucht, wie sie entsprechend der in Kapitel 8.2 vorgenommenen Differenzierung in Funktionsgruppen einzuordnen sind.

1. Ablaufsteuerung

Die Ablaufsteuerung ist dadurch charakterisiert, daß einzelne Aktivitäten den Aufgabenträgern zur Bearbeitung zugeführt werden. In der Fertigung werden derartige Aufgaben im Rahmen der Fertigungs- oder Werkstattsteuerung vorgenommen, wo Fertigungsaufträge bzw. einzelne Arbeitsgänge den Mitarbeitern zugeführt werden. Auch ein DNC-Betrieb hat derartige Aufgaben mit der Verteilung von NC-Programmen zu den einzelnen CNC-Maschinen zu übernehmen. Die Ablaufsteuerung benötigt Informationen über die jeweils aktuell laufenden Prozesse, weshalb die Betriebsdatenerfassung (BDE) ebenfalls in diese Funktionsgruppe einzuordnen ist.

2. Erweiterte Koordinationsaufgaben

Die in der Zeit- und Kapazitätswirtschaft durchgeführten Funktionen stellen erweiterte Koordinationsaufgaben dar, da sie eine Planung der Prozeßabläufe vornehmen. Diese Funktionen gehen über die übliche Koordinationsunterstützung von Workflow-Management-Systemen hinaus, stellen aber eine konsequente Weiterentwicklung der Ablaufsteuerung dar.

3. Einzelne Aktivitäten

Bei der Übertragung des Workflow-Managements auf die Fertigung stellen die Fertigungs- und Montagearbeitsgänge die einzelnen im Prozeß durchzuführenden Aktivitäten dar. Betrachtet man die Geschäftsprozesse eines Industrieunternehmens einschließlich der vor- und nachgelagerten Aufgaben der indirekten Bereiche, so sind auch einige PPS-Funktionen Aktivitäten im Sinne von Workflow, z.B. die Materialbedarfsplanung und die Losgrößenplanung. Derartige Funktionen sind daten- oder algorithmenintensiv und werden

in der Regel durch einen Aufgabenträger (bzw. durch entsprechende Programmmodule) erledigt, so daß innerhalb der Aktivität kein Koordinationsbedarf besteht.

Anhand einiger ausgewählter betriebstypologischer Merkmale [Schäfer 69, Loos 97] soll die Eignung der Workflow-Unterstützung für unterschiedliche Produktionstypen aufgezeigt werden:

- ❑ Organisationsform der Fertigung  
Die Organisationsform bestimmt die Fertigungsablaufart in der Produktion. Aufgrund des hohen Koordinationsaufwandes ist die Werkstattfertigung besonders gut geeignet. Auch bei der Gruppenfertigung existiert Koordinierungsaufwand für die Abstimmung der Gruppen untereinander. Bei Fließfertigung ist der Koordinationsaufwand hingegen eher gering.
- ❑ Produktionstiefe und -verflechtung  
Mit zunehmender Produktionstiefe (Anzahl der Stücklistenstufen und Anzahl der Arbeitsgänge) und zunehmender Produktionsverflechtung (Verbindungen und Abhängigkeiten zwischen den Produktionsstufen) nimmt der Koordinationsaufwand zu, so daß die Workflow-Konzeption besonders für tiefe und stark verflochtene Fertigung geeignet ist.
- ❑ Auftragsauslösung und Wiederholung/Produkttypisierung  
Die Auftragsauslösung bezieht sich auf die Entstehungsart der Aufträge, z.B. ob sie als Lageraufträge erzeugt werden oder aufgrund konkreter Kundenaufträge aufgelegt werden. Bei der Wiederholung bzw. Produkttypisierung wird danach unterschieden, wie stark die einzelnen Produkte voneinander abweichen und wie häufig die Produktion der einzelnen Produkte wiederholt wird, z.B. Einzel-, Serien- und Massenfertigung. Für die Workflow-Eignung sind diese Merkmale relevant, da sie bestimmen, ob einzelne Prozesse untereinander zugeordnet werden können. Bei Einzelfertigung mit kundenbezogenen Fertigungsaufträgen besteht die Möglichkeit, die Prozesse der indirekten Bereiche unmittelbar den Produktionsprozessen zuzuordnen. Damit wird die Ablaufsteuerung über alle Bereiche hinweg vereinfacht. Bei lagerorientierter Fertigung und größeren Stückzahlen sind die Zusammenhänge der Prozesse zwischen den indirekten und den direkten Bereichen sowie zwischen den Produktionsprozessen innerhalb der direkten Bereiche nicht unmittelbar gegeben. Ursache hierfür sind beispielsweise die Losgrößenbildung in der Materialbedarfsplanung und die Pufferung der Materialien zwischen den einzelnen Produktionsstufen über die Lager. Dies erschwert eine unternehmensweite Workflow-Steuerung.
- ❑ Betriebsmittel-/Prozeßsubstitution und Ablaufvariabilität  
Durch die Substitutionsmöglichkeit von Betriebsmitteln (Austausch von Maschinen) und Prozeßschritten (Austausch von Arbeitsgängen, andere Technologien) sowie die Ablaufvariabilität (Vertauschen der Bearbeitungsreihenfolge von Arbeitsgängen) wird die Anzahl der Alternativen für die Fertigungsdurchführung erhöht. Damit steigt einerseits die Komplexität der Pla-

**Tab. 2: Workflow-Eignung betriebstypologischer Merkmale**

Merkmal	Workflow-Eignung der Ausprägungen			
	<i>weniger</i>	<i>neutral</i>		<i>besser</i>
Organisationsform	Fließfertigung	Gruppenfertigung	Werkstattfertigung	
Produktionstiefe	flach		tief	
Produktionsverflechtung	wenig		stark	
Auftragsauslösung	Lager	Kunde		
Wiederholung / Typisierung	Massen	Serie	Kleinserie	Einzel
Betriebsmittelsubstitution	wenig		stark	
Prozeßsubstitution	wenig		stark	
Ablaufvariabilität	nicht-variabel		variabel	

nung, andererseits erhöht sich aber auch die Flexibilität, kurzfristig auf Störungen in der Fertigung reagieren zu können. Workflow-Management eignet sich gut für die Steuerung von Abläufen mit derartigen Alternativen.

Tabelle 2 faßt die Workflow-Eignung der betriebstypologischen Merkmale und ihrer Ausprägungen zusammen.

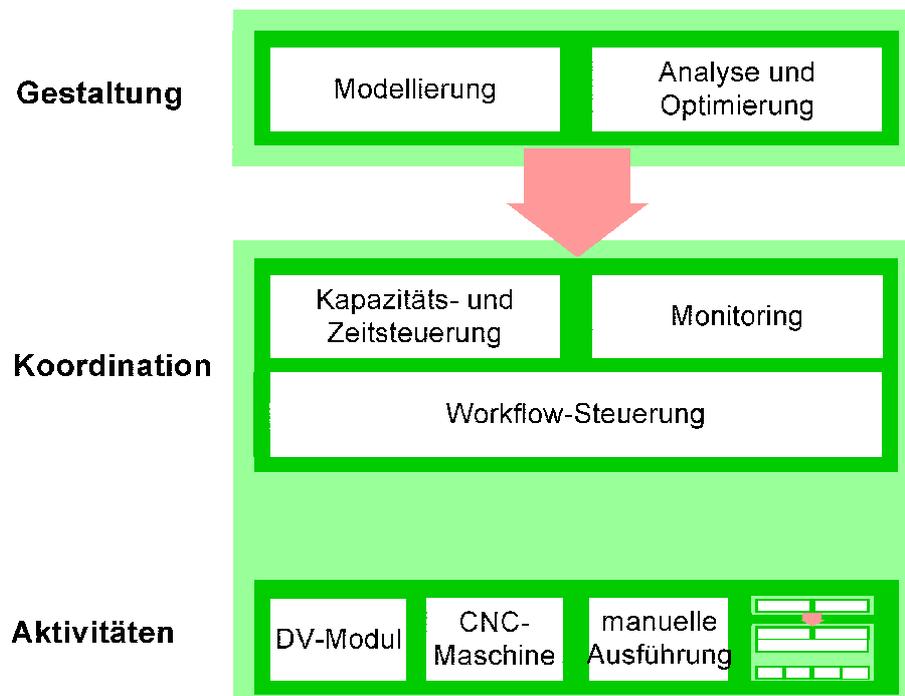
### 8.5 Systemarchitektur einer Workflow-Integration

Nachdem die Eignung von Workflow-Management zur Durchführung von PPS-Funktionen diskutiert wurde, soll abschließend eine Systemarchitektur vorgestellt werden, in der Workflow-Management zur Produktionsplanung und -steuerung eingesetzt wird. Neben der Ausführung der einzelnen Aktivitäten und der Abstimmung der Prozesse werden auch die Aktivitäten des Prozeßentwurfs unterstützt. Eine entsprechende Systemarchitektur, die ein integriertes Geschäftsprozeßmanagement sowohl von indirekten Prozessen als auch von Produktionsprozessen erlaubt, ist in Abbildung 3 dargestellt [Scheer et al. 94, Galler 95, Loos 96].

Die Ebene der *Gestaltung* legt die Prozeßdefinitionen fest. Da diese Definitionen Prozeßtypen betreffen, entsprechen sie den Abstraktionsebenen Informationsmodelle und Informationen / Stammdaten bzw. Workflow-Modelle in Abbildung 1. Für die direkten Bereiche sind die Prozeßdefinitionen die Informationen, die normalerweise in Arbeitsplänen hinterlegt werden. Die Definitionsaufgaben werden üblicherweise durch die Abteilung der Arbeitsvorbereitung wahrgenommen. Eine derartige Institutionalisierung ist auch auf die Prozeßgestaltung der indirekten Bereiche auszuweiten. Damit kann sichergestellt werden, daß nicht nur die Abläufe der Fertigung, sondern die der gesamten Geschäftsprozesse an die Erfordernisse neuer Produkte oder kundenindividueller Auftragsabwicklungen angepaßt werden können.

Die *Koordination* der Prozesse hat die Aufgabe, die instantiierten Prozesse zu planen und zu terminieren. Die Instantiierung erfolgt z.B. durch Generierung von Fertigungsaufträgen mit

Abb. 3: Systemarchitektur für integriertes Geschäftsprozeßmanagement

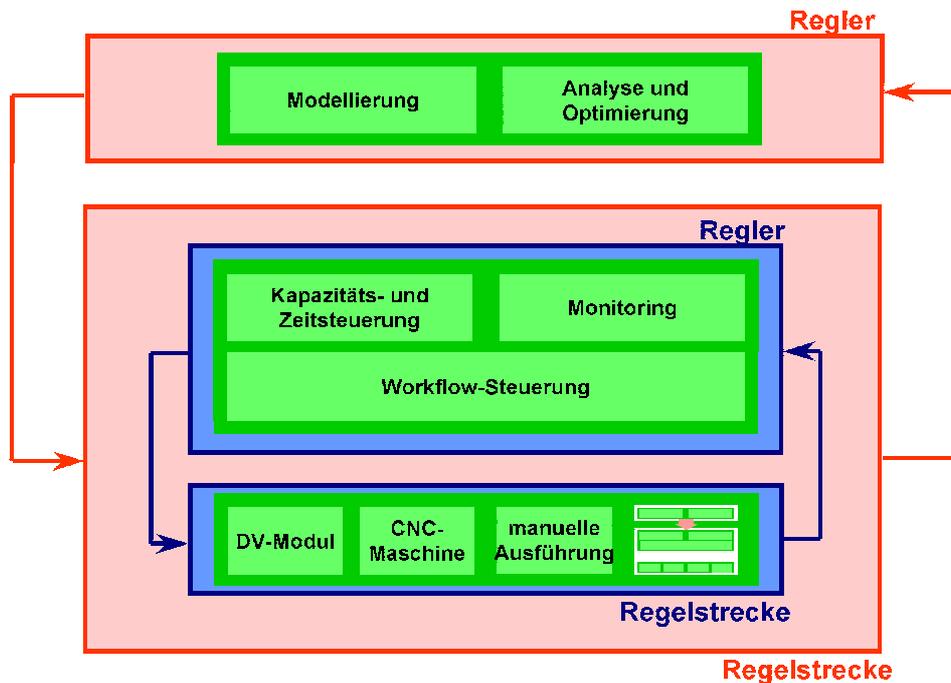


Hilfe von Arbeitsplandaten (Zeit- und Kapazitätswirtschaft). Weiterhin sind durch Soll-Ist-Vergleiche ein Monitoring sicherzustellen und laufende oder abgeschlossene Prozesse zu bewerten, z.B. monetäre Bewertung durch Kalkulationsverfahren. Auch wenn aufgrund der schlecht determinierbaren Bearbeitungszeiten für Aktivitäten der indirekten Bereiche nur eine weniger exakte Planung als von Fertigungsabläufen möglich ist, kann die Funktionalität des Leitstands auch auf die indirekten Bereiche ausgedehnt werden [Scheer/Loos 95]. Des Weiteren übernimmt die Koordination die Zuteilung der Tätigkeiten zu den durchführenden Stellen. Diese Steuerungsaufgaben werden in der konventionellen Fertigung durch die Arbeitsvorbereitung oder durch Leitstände wahrgenommen, bei DV-technischer Umsetzung mit Workflow-Management-Systemen wird die Steuerung durch eine Workflow-Engine ausgeführt. Die Workflow-Steuerung übernimmt auch Aufgaben des DNC-Betriebs, da sie mit der Ansteuerung der Aktivitäten die NC-Programme übertragen kann.

Die durchführenden Stellen zur Realisierung der einzelnen *Aktivitäten* sind im Produktionsbereich z.B. Maschinen und Handarbeitsplätze, es können allgemein aber auch Anwendungssysteme, Office-Programme oder manuelle Vorgänge sein. Weiterhin ist in Abbildung 3 das Architekturmodell selbst als potentieller Aktivitätenbaustein dargestellt. Damit wird ausgedrückt, daß entsprechend implementierte Informationssysteme hierarchisch aufeinander aufbauen können.

Die Komponenten der Systemarchitektur können als verschachtelter Regelkreis aufgefaßt werden. Der äußere Regelkreis in Abbildung 4 bezieht sich auf die Typebene der Prozesse. Dies bedeutet, daß die Stellgrößen dieser Regelkreise Prozeßmodelltypen darstellen, also Arbeitsplanstammdaten bzw. Workflow-Prozeßdefinitionen. Die Regelgrößen sind die auf Typebene verdichteten Informationen über abgeschlossene Prozesse, deren Analyse eine Ver-

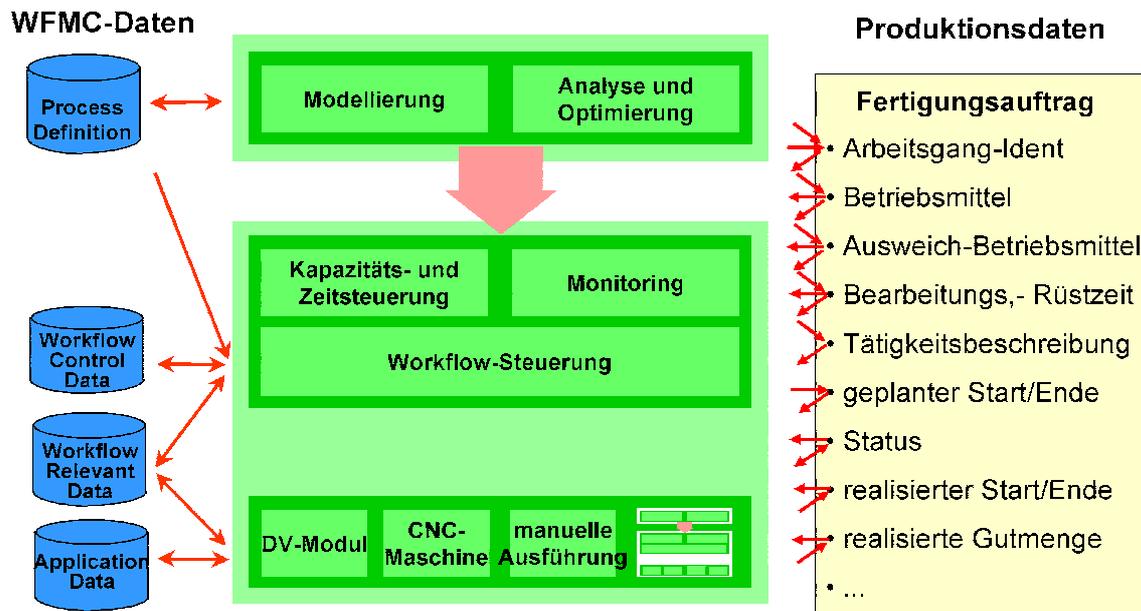
Abb. 4: Regelkreise in der Systemarchitektur



besserung der Prozeßdefinitionen ermöglicht, was auch als CPI (Continuous Process Improvement) oder KVP (Kontinuierliche Prozeßverbesserung) bezeichnet wird. Die Regelstrecke des äußeren Regelkreises stellt die operativen Systeme dar. Sie selbst beinhaltet wiederum einen Regelkreis, den klassischen Regelkreis des Fertigungsprozesses [Zäpfel 89]. Hier bilden die konkreten Workflow-Instanzen bzw. Fertigungsaufträge die Stellgrößen, die Systeme zur Planung der Produktionsdurchführung sind der Regler, die Systeme zur Produktionsdurchführung die Regelstrecke.

Informationen über die Produktion sind auf den unterschiedlichen Ebenen der Architektur vorhanden, so daß sich die Frage nach der Datenverteilung stellt. Dies gilt vor allem für die Anwendung der Workflow-Technologie als entscheidendes Konstruktionselement. Abbildung 5 veranschaulicht dies. Auf der linken Seite sind die Datenarten nach der Spezifikation der Workflow Management Coalition [WFMC 96] dargestellt. Die Daten zur Process Definition werden in der oberen Ebene der Systemarchitektur (Gestaltung) erzeugt und in der mittleren Ebene (Koordination) weiterverarbeitet. Daten zum Workflow Control werden nur von der Koordinationsebene verwendet, da sie lediglich die Steuerung betreffen. Daten, die ausschließlich von den Anwendungen verwendet werden (Ebene Aktivitäten in der Systemarchitektur), werden als Application Data bezeichnet. Sie sind transparent für ein domänenneutrales Workflow-System. Daten, die sowohl von der Workflow-Steuerung als auch von den Anwendungen verwendet werden, werden als Workflow Relevant Data bezeichnet. Auf der rechten Seite der Abbildung 5 ist ein Fertigungsauftrag abgebildet. Die Pfeile an den beispielhaften Attributen des Fertigungsauftrags deuten an, für welche der drei Ebenen der Systemarchitektur die Informationen relevant sind. Es zeigt sich, daß kein Datum allein einer einzigen Ebene zugeordnet werden kann, vielmehr werden die Daten eines Fertigungsauftrags auf mehreren Ebenen benötigt. Daher kann eine Aufteilung in ebenenspezifische Daten nicht

Abb. 5: Daten- und Datenstrukturintegration in der Systemarchitektur



konsequent durchgeführt werden. Hier bietet sich beispielsweise eine Daten- und Datenstrukturintegration an, wie sie bereits für CIM-Systeme entwickelt wurde [Becker 91].

Die Vorteile einer derartigen mehrstufigen Systemarchitektur für Informationssysteme sind u. a.:

- Durchgängige Steuerung von Geschäftsprozessen  
 Bei der Planung und operativen Steuerung von Geschäftsprozessen wird die Trennung zwischen direkten und indirekten Bereichen aufgehoben. So wird die Verfolgung von Aufträgen vom Auftragseingang bis zum Versand erleichtert, was insbesondere bei kundenbezogener Fertigung notwendig ist. Auch die Aufnahme von indirekten Aktivitäten in den Fertigungsablauf wird erleichtert, z. B. Konstruktions- und Arbeitsvorbereitungsaktivitäten bei laufendem Kundenauftrag.
- Einfache Übertragung von Verfahren und Methoden  
 Bei einheitlichem Aufbau können einmal implementierte Verfahren und Methoden bei Bedarf in anderen Anwendungsbereichen angewandt werden. So können bsw. Terminierungsverfahren in indirekten Bereichen genutzt und organisatorische Rollenkonzepte von Workflow-Management auf die Fertigungstechnologien der direkten Bereiche übertragen werden. Auch wird eine Mehrfachverwendung von informationstechnischer Anwendungsfunktionalität erleichtert.
- Flexibilität bezüglich Geschäftsprozeßänderungen  
 Durch die Workflow-Integration ist die Architektur flexibel gegenüber Geschäftsprozeßänderungen. So wie heute durch die Modifikation von Arbeits-

plänen die Prozesse der direkten Bereiche geändert werden können, können auch die Abläufe der indirekten Bereiche durch Änderungen der Workflow-Beschreibungen variiert werden, ohne daß die zugrundeliegenden Informationssysteme angepaßt werden müssen. Mit der Flexibilität der Informationssysteme bezüglich der Ablaufgestaltung und der Institutionalisierung der Änderungsaufgaben wird ein Instrumentarium zur Implementierung kontinuierlicher Verbesserungsprozesse gegeben, die über singuläre Business-Process-Reengineering-Projekte hinausgehen [Allweyer 98].

□ **Fraktaler Aufbau der Informationssysteme**

Durch die Systemarchitektur wird die Implementierung kleiner Anwendungsbausteine, auch als Componentware bezeichnet, unterstützt. Dadurch kann einerseits die für eine spezielle Anwendung adäquate Funktionalität individuell zusammengesetzt werden, was zu schlankeren Informationssystemen führt. Andererseits können die Bausteine fraktal geschachtelt werden (vgl. Abbildung 3), was den Aufbau vernetzter, dezentraler Strukturen erleichtert. So können in dezentrale Organisationseinheiten wie z.B. Produktbereiche, Planungs- und Fertigungsinseln mit Hilfe der Systemarchitektur neben einer Ausführungs- auch eine Koordinations- und eine Gestaltungsautonomie implementiert werden [Loos/Allweyer 97].

□ **Überbetriebliche Prozesse und virtuelle Organisationen**

Das Workflow-Management-Konzept läßt sich nicht nur auf die innerbetriebliche Koordination verteilter Aufgaben, sondern auch auf überbetriebliche Prozesse anwenden. Für die Fertigung ist dies z.B. im Rahmen einer Fremdvergabe bzw. eines Werksvertrages, bei dem einzelne Arbeitsgänge extern durchgeführt werden, von Bedeutung. In diesem Fall stellt ein Arbeitsplan gleichzeitig einen überbetrieblichen Geschäftsprozeß dar. Besonders deutlich wird die Notwendigkeit einer effizienten Prozeßdurchführung über Unternehmensgrenzen hinweg bei verteilter Produktion in virtuellen Unternehmen [Picot/Reichwald/Wigand 96]. Da virtuelle Unternehmen ohne langfristige, feste Zusammenarbeit agieren und deshalb die informationstechnische Infrastruktur der beteiligten Firmen nur schwer zu harmonisieren ist, ergibt sich die Forderung, daß heterogene Workflow-Management-Systeme zusammenwirken können.

## Literatur

Allweyer, Th.: Adaptive Geschäftsprozesse, Gabler, Wiesbaden 1998.

Becker, J.: CIM-Integrationsmodell, Springer, Berlin et al. 1991.

Borowsky, R.; Busch, H.; Falter, T.; Heimig, I.; Kodweiß, A.: Einführung von Workflow-Management für produktionsnahe Prozesse, in: IM – Information Management & Consulting, 12 (1997), Sonderausgabe GiPP.

Ernst, W.; Wolf, M.; Viergutz, B.: ‚Time-to-market‘ erfordert die Automatisierung komplexer Geschäftsprozesse, in: VDI-Z 137 (1995) 1-2, S. 39-41.

Friedrich, J.: CSCW in der Produktion, in: Hasenkamp, U. (Hrsg.): Einführung von CSCW-Systemen in Organisationen, Vieweg, Braunschweig-Wiesbaden, 1994 S. 235-243.

Galler, J.: Metamodelle des Workflow-Managements, in: Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Heft 121, Saarbrücken 1995.

Hluchy, R.; Höflinghoff, J.: Einsatz von Groupware in der Produktionssteuerung einer mittelständigen Gießerei, in: Wirtschaftsinformatik 40 (1998) 3, S. 252-254.

Jablonski, S.; Böhm, M.; Schulze, W.: Workflow-Management: Entwicklung von Anwendungen und Systemen, dpunkt, Heidelberg 1997.

Kaczmarek, H.: Beumer Maschinenfabrik: Projektverwaltung für die Auftragsfertigung, in: Götzer, K. (Hrsg.): Workflow: Unternehmenserfolg durch effizientere Arbeitsabläufe, CW-Edition, München 1995, S. 171-174.

Lamb, P.: The Role of Workflow – Lessons from Manufacturing, in: Biermann, B. (ed.): Proceedings of the Workflow '94 Conference (August 10-12, 1994), San Jose 1994, S. 47-49.

Loos, P.: Produktionslogistik in der chemischen Industrie – Betriebstypologische Merkmale und Informationsstrukturen, Gabler, Wiesbaden 1997.

Loos, P.: Workflow-Management in der dezentralen Produktion. in: Scherer, E.; Schönsleben, P.; Ulich, E. (Hrsg.): Werkstattmanagement, VDF Verlag, Zürich 1996, S. 291-309.

Loos, P.; Allweyer, Th.: Dezentrale Planung und Steuerung in der Fertigung – quo vadis?, in: Scheer, A.-W. (Hrsg.): Organisationsstrukturen und Informationssysteme auf dem Prüfstand, Physica, Heidelberg 1997, S. 83-99.

Mertens, P.; Morschheuser, S.: Stufen der Integration von Daten- und Dokumentenverarbeitung – dargestellt am Beispiel eines Maschinenbauunternehmens, in: Wirtschaftsinformatik 36 (1994) 5, S. 444-454.

Picot, A.; Reichwald, R.; Wigand, R.T.: Die grenzenlose Unternehmung – Information, Organisation und Management, Gabler, Wiesbaden 1996.

Rosemann, M.; Uthmann, Ch. von: Workflowmanagement in der industriellen Produktion, in: ZWF 92 (1997) 7-8, S. 351-354.

Schäfer, E.: Der Industriebetrieb: Betriebswirtschaftslehre der Industrie auf typologischer Grundlage, Westdeutscher Verlag, Köln-Opladen 1969 (Band 1) und 1971 (Band 2).

Scheer, A.-W.; Loos, P.; Allweyer, Th.; Klabunde, S.; Kraus, M.; Zimmermann, V.: Modellbasiertes Geschäftsprozeßmanagement, in: m&c-Management & Computer 2 (1994) 4, S. 287-292.

Scheer, A.-W.; Loos, P.: Fertigungsleitstände – Vorhut eines generellen Organisationstrends, in: VDI-Z 137 (1995) 5, S. 62-68.

Scherer, E.; Zölch, M.: Nutzung humanorientierter Potentiale bei der Gestaltung von Geschäftsprozessen, in: m&c-Management & Computer 3 (1995) 1, S. 35-42.

Uthmann, Ch. von; Turowski, K.: Workflow-basierte Geschäftsprozeßregelung als Konzept für das Management industrieller Produktionsentwicklungsprozesse, Arbeitsbericht des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Nr. 50, Münster, Oktober 1996.

Zäpfel, G.: Taktisches Produktionsmanagement, Springer, Berlin et al. 1998.

WFMC (ed.): Terminology & Glossary, A Workflow Management Coalition Specification, Workflow Management Coalition, WFMC-TC-1011, Brüssel 1996.