

## 7 Ereignisgesteuerte Vorgangsbearbeitung – Ein Ansatz zur situationsspezifischen Weiterleitung von Störungsinformationen auf der Basis von PPS-Systemen

*Thorsten Heiderich,  
Forschungsinstitut für Rationalisierung an der RWTH Aachen, Aachen*

### 7.1 Abstract

Ungeplante Ereignisse beeinträchtigen die Auftragsabwicklung in Produktionsunternehmen zum Teil erheblich und lassen dadurch die damit verbundenen Prozesse stochastisch werden. Hierbei besteht die Forderung nach einer reaktionsschnellen Informationsweiterleitung zur Kompensation unerwünschter Ursachen und Wirkungen. In diesem Beitrag wird dazu das Modell der Ereignissteuerung vorgestellt, welches einen Ansatz zur situationsangepaßten, stellungsspezifischen Informationsweiterleitung aufzeigt und damit eine Grundlage für den Einsatz hochdynamischer Workflows bietet.

### 7.2 Ausgangssituation

Ein zentrales Problem im Rahmen der unternehmensinternen und -übergreifenden Auftragsabwicklung eines Produktionsunternehmens ist im Auftreten von Störungen zu sehen. Diese Störungen (im folgenden als „ungeplante Ereignisse“ bezeichnet) führen dazu, daß der geplante, physische Prozeß der Auftragsabwicklung stochastisch wird. Somit wird der ursprünglich klar strukturierbare „Workflow“, in dem die Kommunikationsbeziehungen zwischen einzelnen Stellen in einer definierten Reihenfolge erfolgen, zu einem hochdynamischen Workflow, in dem die Stellen zur Kompensation der negativen Wirkungen ungeplanter Ereignisse in einer nicht strukturierbaren Reihenfolge miteinander kommunizieren müssen. Aber gerade diese Kommunikationsbeziehungen sind, nicht zuletzt durch die zunehmende Flexibilisierung der Ressourceneinsätze (insbesondere Maschinen und Personal), durch eine unzureichende Transparenz gekennzeichnet.

Die unzureichende Transparenz hat zur Folge, daß Informationen zu einem ungeplanten Ereignis nicht reaktionsschnell an unmittelbar und mittelbar betroffene Stellen transferiert werden. Stellen erhalten Informationen über eine (Plan-)Änderung häufig verspätet oder im Extremum gar nicht. Ebenfalls entsprechen Art bzw. Umfang der Information häufig nicht der für eine Maßnahmenbildung erforderlichen Form. Dieses hängt zumeist nicht damit zusammen, daß eine Stelle, die ein ungeplantes Ereignis erkennt und identifiziert, die entsprechende Information unzureichend weiterleitet. Vielmehr ist für eine Stelle der komplexe Gesamtwirkungsumfang eines ungeplanten Ereignisses i. d. R. intransparent, so daß die Stelle Informationen lediglich an die nächste ihr bekannte Stelle übermittelt.

Die Notwendigkeit einer Informationsübermittlung ist in großem Maße von den Randbedingungen, zu denen ein Unternehmen produziert, also dem „Unternehmenszustand“, abhängig. Dieser Unternehmenszustand unterliegt verständlicherweise einer permanenten Änderung: Neue Kundenaufträge erfordern die Erzeugung von internen Aufträgen wie beispielsweise dem Erstellen einer Konstruktion, dem Bestellen von Materialien, dem Fertigen und Montieren von Teilen und Baugruppen, aber auch dem Kommissionieren bzw. internen dem Transportieren von Materialien. Jedoch führt die permanente Änderung des Unternehmenszustands

dazu, daß immer wieder unterschiedliche Stellen über den Eintritt eines ungeplanten Ereignisses informiert werden müssen. Hierfür fehlt den informierenden Stellen größtenteils die Übersicht. Neben der permanenten Änderung der zu informierenden Stellen kommt der Umstand hinzu, daß ungeplante Ereignisse, die den Workflow der Auftragsabwicklung nicht vernachlässigbar beeinträchtigen, an jeder Stelle eines Unternehmens auftreten können.

Somit erfordern ungeplante Ereignisse eine situationsadäquate Reaktion zur Wirkungskompensation. Dieses kann neben der eigenständigen Behebung durch die wahrnehmende Stelle auch die stellenspezifische Informationsweiterleitung erfordern.

Ziel eines am Forschungsinstitut für Rationalisierung an der RWTH Aachen (FIR) verfolgten Forschungsvorhabens<sup>1</sup> ist die Entwicklung und Erprobung einer ereignisorientierten Modellierung für PPS-Systeme [MuHei96, MuHei97]. Hierzu wird das Konzept für eine ereignisorientierte Steuerung entwickelt, mit der PPS-relevante Informationen nach definierten Regeln als Folge eines ungeplanten Ereignisses zu Stellen gesteuert werden können. Dabei sollen PPS-Systeme aufgrund des in ihnen vorgehaltenen Datenbestandes als Grundlage für die Informationsbeschaffung dienen.

### 7.3 Gesamtmodell der Ereignissteuerung

Unter dem Gesamtmodell der Ereignissteuerung wird das Modell zur Behandlung ungeplanter Ereignisse verstanden. Zur Modellentwicklung wird die PPS in einen „präskriptiven“ und einen „reaktiven“ Bestandteil unterteilt (vgl. Abbildung 1-1). Innerhalb einer präskriptiven PPS werden auf der Basis von Primärbedarfen (Kundenaufträge, Planaufträge) Plandaten erzeugt. Die Plandaten beschreiben geplante Ereignisse innerhalb des physischen Produktionsprozesses (z.B. die Zuordnung eines Fertigungsauftrags zu einer Maschine und den Starttermin des Prozesses oder eine geplante Warenentnahme aus einem bestimmten Lager zu einem Zeitpunkt). Pläne sind damit die Summe geplanter Ereignisse.

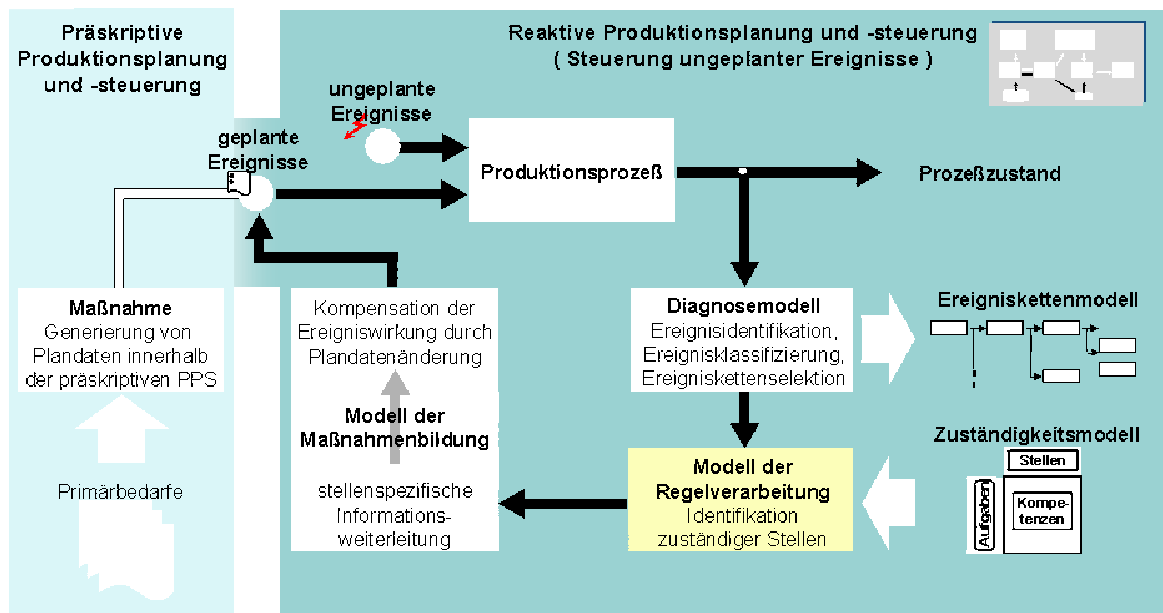
Innerhalb einer reaktiven PPS werden diese Plandaten auf der Basis von Informationen über ungeplante Ereignisse verändert. Initialplanungen (Präskriptionen) und Planänderungen (Reaktionen) werden durch Stellen einer Organisation vorgenommen.

Auf den Produktionsprozeß wirken geplante Ereignisse in Form von Plänen und ungeplante Ereignisse in Form von Störungen. Alle Ereignisse wirken jeweils auf einzelne Elemente des Produktionsprozesses. Im Gegensatz z.B. zu einem Regelkreismodell bewirken ungeplante Ereignisse hier aufgrund von Interdependenzen zwischen den Elementen des Produktionsprozesses, daß weitere ungeplante Ereignisse aus einem ersten ungeplanten Ereignis folgen können, die sich auf gleiche oder andere Elemente des Produktionsprozesses beziehen. Bei einer sequentiellen Interdependenz zwischen zwei Maschinen im Produktionsprozeß bewirkt z.B. das ungeplante Ereignis „Maschinenausfall“ an der ersten Maschine, das ungeplante Ereignis „Materialfehlmenge“ an der Nachfolgemaschine. Ungeplante Ereignisse führen daher zu einer Menge ungeplanter Folgeereignisse, die als Ereignisketten bezeichnet werden sollen. Ohne Eingriff in die Ereigniskette in Form kompensierender Maßnahmen ist deren Struktur abhängig von folgenden Situationsvariablen:

---

<sup>1</sup> Das Forschungsvorhaben wird unter dem Titel „Ereignisorientierte Modellierung für PPS-Systeme“ von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert. Förderkennzeichen Lu373/20.

Abb. 1: Modell der Ereignissteuerung



- Ausprägung des Ereignisses und
- Interdependenzstruktur des Produktionsprozesses. (Die Interdependenzstruktur des Produktionsprozesses ist bestimmt durch die Pläne der PPS. Dabei sind geplante Arbeitsgangfolgen Beispiele für sequentielle Interdependenzen. Die Interdependenzstruktur kann je nach Planung zu jedem Zeitpunkt anders sein und ist damit situationsabhängig.)

Ausgangspunkt der Überlegungen bei der Entwicklung des Modells war, daß der Produktionsprozeß zum einen durch geplante Ereignisse (Pläne) vorherbestimmt ist, zum anderen durch ungeplante Ereignisse (Störungen) beeinflusst wird. Die negative Wirkung des Auftretens ungeplanter Ereignisse kann dabei in diesem Zusammenhang damit beschrieben werden, daß die zum Zweck der Koordination innerhalb einer präskriptiven PPS aufgestellten Pläne – bestehend aus geplanten Ereignissen, die sich auf einzelne Elemente des Produktionsprozesses beziehen – aufgrund der zwischen den Elementen des Produktionsprozesses bestehenden Interdependenzen ihre Gültigkeit teilweise verlieren. Da die Wirkung ungeplanter Ereignisse zu minimieren war, sind Maßnahmen in Form geplanter Ereignisse erforderlich, die die negative Wirkung ungeplanter Ereignisse auf alle Elemente des Produktionsprozesses in größtmöglichem Maße kompensieren.

Erster Schritt der Ereignissteuerung ist daher die Diagnose des Prozeßzustandes hinsichtlich der Identifikation ungeplanter Ereignisse sowie die situative, hinreichend genaue Bestimmung der Merkmale und Merkmalsausprägungen der Ereignisse und der zugehörigen Ereignisketten. Die nachfolgende Regelverarbeitung dient der Zuordnung von zu informierenden Stellen innerhalb einer Organisation zum Zweck der Definition von Kompensationsmaßnahmen. Den identifizierten Stellen werden Informationen gezielt zugeleitet (stellenspezifische Informationsweiterleitung). Insgesamt besteht das Gesamtmodell damit aus den Partialmodellen:

- Diagnosemodell,
- Ereigniskettenmodell,
- Zuständigkeitsmodell,
- Modell der Regelverarbeitung zur Identifikation zu informierender Stellen und
- Modell der Maßnahmenbildung (Informationsweiterleitung und Kompensation).

### 7.3.1 Partialmodell der Diagnose

Im Partialmodell der Diagnose wird zwischen qualitativ und quantitativ erfaßbaren Merkmalen unterschieden. Die Ausprägungen qualitativer Merkmale können lediglich mittels vorgegebener, beschreibender Ausprägungen erfaßt werden, wohingegen die quantitativen Merkmale mittels exakter Werte oder Wertebereiche angegeben werden können.

Für die Darstellung der qualitativen Merkmale und ihrer Ausprägungen wird ein morphologisches Merkmalschema eingesetzt. Mittels dieses Merkmalschemas kann die in der realen Erscheinungsform vorkommende Vielzahl ungeplanter Ereignisse durch die Auswahl relevanter Merkmale und Merkmalsausprägungen charakterisiert werden. Das vorgestellte Schema versteht sich als Referenzschema und kann im spezifischen Fall individuell adaptiert werden. Dabei muß allerdings gewährleistet sein, daß die ausgewählten Merkmale zur Differenzierung aller realen Erscheinungsformen ungeplanter Ereignisse im Sinne des Betrachtungsbereiches ausreichen. Weiterhin sollen die Merkmale einen objektiven Charakter haben und mit einer hinreichend hohen Genauigkeit erfaßbar sein [Bü91].

Die quantitativen Merkmale sind in einer strukturierten Liste dargestellt, in der die weiteren zur Störungskompensation eines ungeplanten Ereignisses erforderlichen Daten beschrieben werden. Während die qualitativen Merkmalsausprägungen zur Ereignisklassifizierung herangezogen werden, konkretisieren die zu den quantitativen Merkmalen erfaßten Daten das ungeplante Ereignis. Damit ist die hinreichend genaue Kenntnis des ungeplanten Ereignisses ein Zwischenergebnis der Diagnose, welches zur nachfolgenden Identifikation einer sich auf das ungeplante Ereignis beziehenden Ereigniskette dient. Das Ergebnis läßt somit die Filterung eines Startereignisses aus einem Gesamtmodell der Ereignisbeziehungen und damit verbunden die Selektion der entsprechenden Ereigniskette zu.

### 7.3.2 Partialmodell der Ereignisketten

Die zeitlich-logische Verknüpfung von Ereignissen kann mittels einer Ereigniskette beschrieben werden, die somit die Beziehungen zwischen diesen Ereignissen verdeutlicht. Da jedes Ereignis mindestens eine Wirkung besitzt, die als Zustandsänderung mindestens ein Ereignis zur Folge hat, sind diese Beziehungen immer durch Zustandsänderungen (Ursachen/Wirkungen) der betrachteten Systeme (hier des Produktionsprozesses) gekennzeichnet.

Eine Ereigniskette wird hier nur als ein Auszug aus einem Gesamtmodell aller im System möglichen Ereignisbeziehungen verstanden. Das in einer Ereigniskette zuerst aufgeführte Ereignis soll im folgenden als Startereignis, die nachfolgenden Ereignisse als Folgeereignisse bezeichnet werden.

Abhängig von der Wahl des Genauigkeitsgrades der Beschreibung kann eine Ereigniskette nahezu beliebig detailliert werden. Die Detaillierung ergibt sich aus der spezifischen Betrachtung der jeweils zu berücksichtigenden Arbeitssysteme. Es ist hierbei möglich, ein Referenzmodell der Ereignisketten zu erstellen, welches im Anwendungsfall an die betrachtete Organisation anzupassen ist. So führt z. B. ein Maschinenausfall nicht in jedem Unternehmen mittelbar zum Verzug eines Kundenauftrags, da eventuell kurzfristig keine Kompensationsmaßnahmen ergriffen werden müssen. Für die Darstellung der Ereignisketten wurde hier ein Genauigkeitsgrad gewählt, mit dem eine Ereigniskette so abgebildet werden kann, daß diese eine ausreichende Transparenz besitzt.

Da mit der Ereignissteuerung die Beseitigung bzw. Milderung von Ursachen bzw. Wirkungen ungeplanter Ereignisse angestrebt wird, muß das Ziel sein, ungeplante Folgeereignisse zu verhindern. Daraus läßt sich ableiten, daß eine Kette ungeplanter Ereignisse so schnell wie möglich zu unterbrechen ist, indem die negativen Wirkungen ungeplanter Ereignisse durch die Wirkung geplanter Ereignisse kompensiert werden.

Eine Ereigniskette wird im folgenden verwendet, um im Rahmen der Regelverarbeitung diejenigen Stellen zu ermitteln, die die Wirkungen dieses ungeplanten Ereignisses aber auch ggf. die negative Wirkung von Folgeereignissen kompensieren können, um den Produktionsprozeß schnellstmöglich wieder zu stabilisieren.

### **7.3.3 Partialmodell der Zuständigkeiten**

Im entscheidungslogischen Kontext wird eine Organisation durch die Zuordnung von Zuständigkeiten und die Festlegung von Kommunikationsbeziehungen beschrieben. Bei der Einführung einer Ereignissteuerung kann die Zuordnung von Zuständigkeiten als konstante Bestimmungsgröße angesehen werden. Die Zuordnung geht als Zuständigkeitsmodell in die Regelverarbeitung ein. Hingegen sollen die Kommunikationsbeziehungen bei Einführung einer Ereignissteuerung gezielt so verändert werden, daß eine schnelle und effektive Kompensation der Wirkungen ungeplanter Ereignisse möglich wird.

In dem Zuständigkeitsmodell werden Aufgaben und Stellen einander gegenübergestellt. Die Darstellung erfolgt in Form einer Matrix. Dabei soll eine Stelle die Befugnis zum Ausführen einer Aufgabe verbunden mit allen hierbei notwendigen Entscheidungen besitzen. Das Zuständigkeitsmodell unterstützt die Ermittlung der Stellen, die auf die Wirkungen eines ungeplanten Ereignisses im Rahmen der Ereignissteuerung kompetent und kurzfristig reagieren können.

Eine Ereigniskette ist mit dem Zuständigkeitsmodell derart verknüpft, daß zu jeder dargestellten, nicht näher spezifizierten Wirkung eines ungeplanten Ereignisses genau die im Zuständigkeitsmodell aufgeführten Stellen Maßnahmen zur Wirkungskompensation ergreifen können. Da jede Wirkung ein anderes Folgeereignis auslösen kann, sind zur Verhinderung eines jeden Folgeereignisses ggf. unterschiedliche Stellen über den Eintritt des Startereignisses zu informieren. Es soll jedoch immer versucht werden, das Eintreten von dem Startereignis unmittelbar folgender Ereignisse durch geeignete Kompensationsmaßnahmen zu verhindern. Das Partialmodell der Zuständigkeiten bildet zusammen mit dem Ereigniskettenmodell die Grundlage für die Identifikation der zur Wirkungskompensation befähigten Stellen. Anhand der Verknüpfung der Ereigniskette mit dem Kompetenzmodell wird deutlich, welche Stellen informiert werden müssen.

### 7.3.4 Partialmodell der Regelverarbeitung

Mittels der Regelverarbeitung wird die Verknüpfung der Ereigniskette mit dem Zuständigkeitsmodell operativ umgesetzt. Eingangsgrößen der Regelverarbeitung sind die aus dem Diagnosemodell stammenden qualitativen und quantitativen Daten vom Ort der Ereignisidentifikation sowie die quantitativen Daten aus dem aktuellen Datenbestand des PPS-Systems.

In der Regelverarbeitung werden die aus der Diagnose gewonnenen Daten auf der Grundlage boolescher Operatoren miteinander verknüpft. Dabei fließen die aus dem Zuständigkeitsmodell ableitbaren Informationen in die Regelverarbeitung ein. Hier wird der Ansatz verfolgt, das Regelwerk in qualitative und quantitative Teilregelsysteme sowie in ein diese Teilsysteme zusammenführendes Gesamtregelsystem zu unterteilen. Die Teilregelsysteme setzen sich jeweils aus den im Diagnosemodell ermittelten qualitativen Daten („Qualitative“ Regeln) oder quantitativen Daten („Quantitative“ Regeln) zusammen. Damit verbunden wird eine dreistufige Vorgehensweise der Regelverarbeitung gewählt. In der ersten Stufe werden zunächst diejenigen Teilregeln vorselektiert, die durch die qualitativen Daten erfüllt werden. Dem folgt in der zweiten Stufe die Validitätsprüfung des Teilregelsystems der quantitativen Daten. In der dritten Stufe werden diejenigen Regeln aus der Menge der vorliegenden Regeln herausgefiltert, die als aus Ergebnissen der Teilregelsysteme zusammengesetzte Gesamtregeln gültig sind.

Das quantitative Teilregelsystem definiert darüber hinaus Ansprechschwellen der Informationsweiterleitung an eine Stelle. Dabei wird hier unter einer Ansprechschwelle ein Wert (z.B. Auftragsnummer) oder ein Wertebereich (z.B. Mengenbereich) verstanden, ab dem die Informationen zu einem ungeplanten Ereignis an die im Zuständigkeitsmodell hinterlegte Stelle weitergeleitet wird. Die Ansprechschwellen sind in Verbindung mit den arbeitssystemspezifischen Randbedingungen definiert und können bei Bedarf zu jeder Stelle individuell festgelegt werden.

### 7.3.5 Partialmodell der Maßnahmenbildung

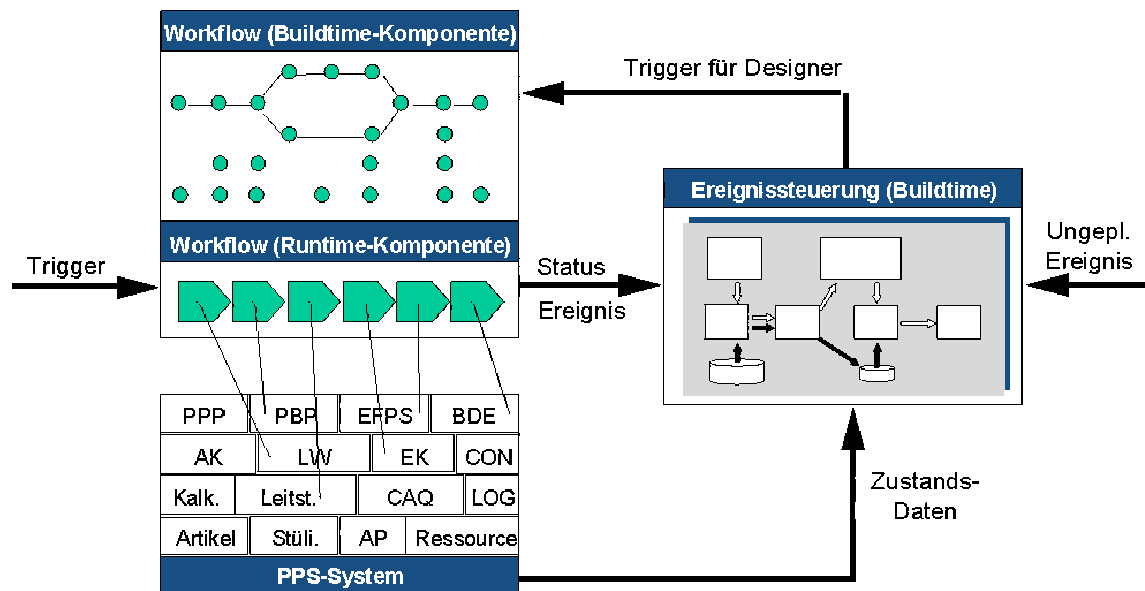
Die Maßnahmenbildung wird in zwei Komponenten unterteilt:

- Informationsweiterleitung und
- Kompensation durch Plandatenmanipulation.

Bei der Bildung von Maßnahmen steht zunächst die Informationsweiterleitung, d. h. die Form der Benachrichtigung von Stellen, im Vordergrund. Dabei ist vorgesehen, daß jede zu informierende Stelle diejenigen Informationen erhält, die für diese Stelle mit dem ungeplanten Ereignis verbunden sind. Diese Informationen setzen sich aus den qualitativen und quantitativen Daten zusammen, die zu einem ungeplanten Ereignis aufgenommen wurden bzw. aus dem PPS-System zur Verfügung stehen.

Das Partialmodell der Maßnahmenbildung wird derzeit durch exemplarisch ermittelte Maßnahmen zur voll- bzw. halbautomatischen Kompensation der negativen Wirkung ungeplanter Ereignisse vervollständigt.

Abb. 2: Einbindung der Ereignissteuerung in ein integriertes Workflowkonzept



#### 7.4 Umsetzung und Einsatzmöglichkeiten

Das Modell der Ereignissteuerung ist derzeit über eine Programmierung mit Visual Basic auf der Basis der Datenbank MS-Access 8.0 konzeptionell umgesetzt. Dabei sind zur Zeit mehrere Bereiche (Masken und Funktionen) realisiert: Definition der qualitativen Regeln bzw. der quantitativen Regeln, Definition der Gesamtregeln sowie Erfassung der Ereignisse selbst. Das Tool ermittelt auf der Basis der stellenbezogenen Regeln diejenigen Stellen, die über das durch die eingegebenen qualitativen und quantitativen Daten ungeplante Ereignis informiert werden. Dabei werden an eine Stelle nur diejenigen Informationen transferiert, die von dieser im Falle eines entsprechenden Ereigniseintritts angefordert wurden.

Zukünftig ist eine Erweiterung eines PPS-Systems um ein Workflowsystem vorstellbar, wobei die Workflows (Buildtime-Komponente) mittels der Ereignissteuerung definiert bzw. initialisiert werden (vgl. Abbildung 1-2). Dazu wird entweder über die Runtime-Komponente des Workflowsystems oder über eine manuelle Eingabe der Eintritt eines ungeplanten Ereignisses gemeldet. Die Ereignissteuerung initialisiert daraufhin die nächsten einzuleitenden Aufgaben (process steps), die zur Kompensation der Wirkungen erforderlich sind. Dazu werden der Buildtime-Komponente des Workflowsystems die jeweils erforderlichen Daten zur Verfügung gestellt. Dieses kann einerseits durch die manuelle Eingabe von Informationen zu einem Ereignis erfolgen, andererseits werden Daten aus dem PPS-System (bzw. integrierten oder gekoppelten Systemen) herangezogen.

**Literatur**

[Bü91]

Ganzheitliche Produktionsplanung und -steuerung. Dissertation RWTH Aachen, 1991.

[MuHei96]

Ereignissteuerung für PPS-Systeme. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 91(1996)10, S. 471-474. Carl Hanser Verlag, München.

[MuHei97]

Ereignisorientiertes Konzept für Produktionsunternehmen. In: Planung und Produktion, 45(1997)1, S. 16-20. Planung und Produktion Verlags AG, Winterthur.