

*Integrationsaspekte der Simulation:  
Technik, Organisation und Personal*  
Gert Zülch & Patricia Stock (Hrsg.)  
Karlsruhe, KIT Scientific Publishing 2010

# **Wertstromorientierte Konfiguration der Produktionssteuerung mit Enterprise Dynamics**

## ***Value Stream Oriented Configuration of Production Control with Enterprise Dynamics***

Günther Schuh, Achim Kampker, Till Potente, Astrid Stollwerk, Christiane Müller  
Werkzeugmaschinenlabor (WZL), RWTH Aachen, Aachen (Germany)  
g.schuh@wzl.rwth-aachen.de, a.kampker@wzl.rwth-aachen.de,  
t.potente@wzl.rwth-aachen.de, a.stollwerk@wzl.rwth-aachen.de,  
ch.mueller@wzl.rwth-aachen.de

**Abstract:** The dilemma of production planning and control is to achieve high process efficiency, low throughput times and good planning confidence in spite of a turbulent environment with short product-lifecycles, an increasing variety and a growing individualization of demands. Today's solutions in production control are numerous and leave the decision maker with an vast amount of choices. Therefore the basic framework for the value stream oriented configuration of production control is a generic simulation model in Enterprise Dynamics which consists of three layers. They represent the value stream of the production process to be configured, the production control logic fulfilled via different mechanisms (e.g. Kanban, MRP, etc.) and basic information such as operation charts, workplans and Master Production Schedule. Via defining control sections within the value stream a differentiated control strategy can be implemented. The concept of this new approach will be introduced in this paper.

## **1 Einführung**

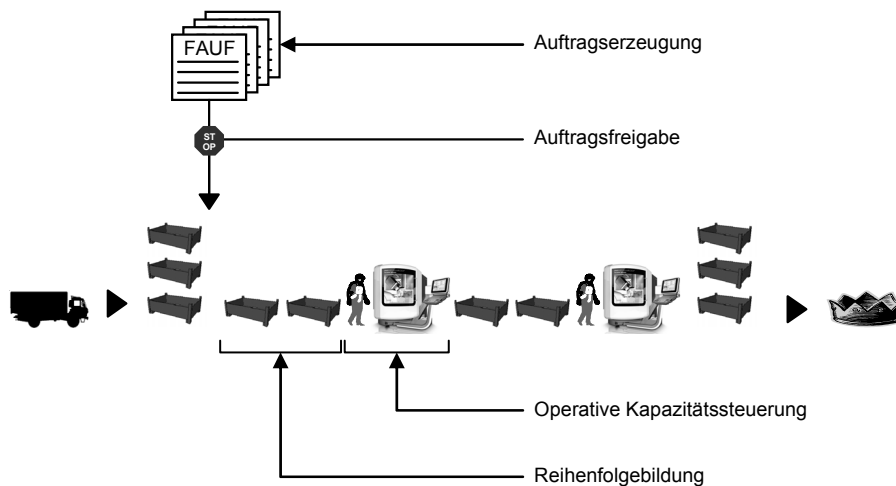
Das derzeit in Deutschland und den meisten industrialisierten Ländern herrschende Marktumfeld ist von einer verstärkten Marktvolatilität geprägt, die unter anderem in kurzfristigen Absatzschwankungen, Konsumentenwanderungen, Technologiever-schiebungen und Überkapazitäten zum Ausdruck kommt. Gerade mittelständische Unternehmen müssen auf rasant ändernde Konsumentenwünsche immer schneller reagieren (SCHUH 2004 S. 123 ff.). Damit sind Fertigungsunternehmen auch gezwungen, kontinuierlich die Leistungsfähigkeit ihrer Produktionsplanung und -steuerung (PPS) zu steigern.

Dort müssen dem Planer Entscheidungshilfsmittel zu Verfügung gestellt werden, mit deren Hilfe die Komplexität und Dynamik der aktuellen Planungssituation dargestellt und analysiert werden können.

Die Produktionssteuerung übernimmt die Aufgaben der Auftragserzeugung, Auftragsfreigabe, Reihenfolgebildung und operativen Kapazitätssteuerung. LÖDDING (2005; vgl. Abb. 1) Diese Aufgaben müssen konsistent für einzelne Produktionsabschnitte festgelegt werden. Somit ist die Produktionssteuerung der zentrale Stellhebel für die Erreichung der logistischen Zielgrößen und determiniert die Produktionsperformance.

Im Rahmen des Excellenceclusters wird am WZL der RWTH-Aachen ein Simulationsbaukasten zur Evaluierung von Steuerungsregeln der Produktionssteuerung insbesondere für den Maschinen- und Anlagenbau entwickelt.

Die Methodik der "Wertstromorientierten Produktionssteuerung" (WoPs) kombiniert erfolgreich Lean Prinzipien mit den klassischen Steuerungsmethoden eines ERP- oder MES-Systems (beispielsweise MRP, Kanban, CONWIP). Die Bedürfnisse der variantenreichen Einzel- und Kleinserienfertigung werden dabei berücksichtigt



*Abbildung 1: Zuordnung der Aufgaben der Produktionssteuerung*

## 2 Herausforderung und Zielsetzung der Produktionssteuerung

Es existieren viele Verfahren der Produktionssteuerung (vgl. z.B. LÖDDING 2005). Die Verbreitung und der Einsatz dieser Verfahren sind jedoch sehr unterschiedlich. Erfahrungen aus der Industrie zeigen, dass es sowohl bei der Auswahl der einzelnen Verfahren als auch bei der Interaktion der verschiedenen Funktionen Verbesserungspotenzial gibt. Somit stellt sich die Herausforderung, die beste eine gute Kombination der Planungsmethoden für bestimmte Einflussfaktoren zu bestimmen. Simulation ermöglicht verschiedene Szenarien zur Auftragserzeugung, Auftragsfreigabe

und Reihenfolgebildungen vor Maschinen oder Maschinengruppen zu testen, um so die geeignetste Kombination für die aktuellen Anforderungen einer Firma zu bestimmen. Dies wurde in vielen Projekten gezeigt. Da sich aber sowohl die Kunden mit ihrem Bestellverhalten, wie auch die Lieferanten mit ihren Lieferbedingungen ändern, kann eine auf die heutige Situation abgestimmte Steuerung morgen schon nicht mehr passend sein (SCHUH 2006). Die Produktionssteuerung unterliegt sich ständig ändernden Anforderungen und bedarf somit regelmäßiger Überprüfungen und Anpassungen. Simulation bietet die Möglichkeit, vorausschauend die Grenzen der Steuerungslogiken zu untersuchen.

Oft wird der Fokus nur auf die Abbildung der Produktion und ihrer Steuerung gelegt. Hierdurch allein wird nicht die Frage beantwortet, wie die logistischen Ziele erreicht werden können. Dabei wirken Auftragsfreigabe, Auftragsfreigabe, Reihenfolgebildung und Kapazitätssteuerung auf die zu optimierenden Kennzahlen Termintreue, Bestand, Durchsatz, Durchlaufzeit, Betriebskosten und Auslastung. Nicht jede Einflussgröße wirkt auf alle Kennzahlen in gleichem Maße. Hier gilt es im Rahmen des Projektes zu untersuchen, in welchem Maße welche Parameter wie auf die Kennzahlen wirken (SCHUH 2007).

Es gilt demnach, die Steuerungsregeln entsprechend der logistischen Ziele anzuwenden.

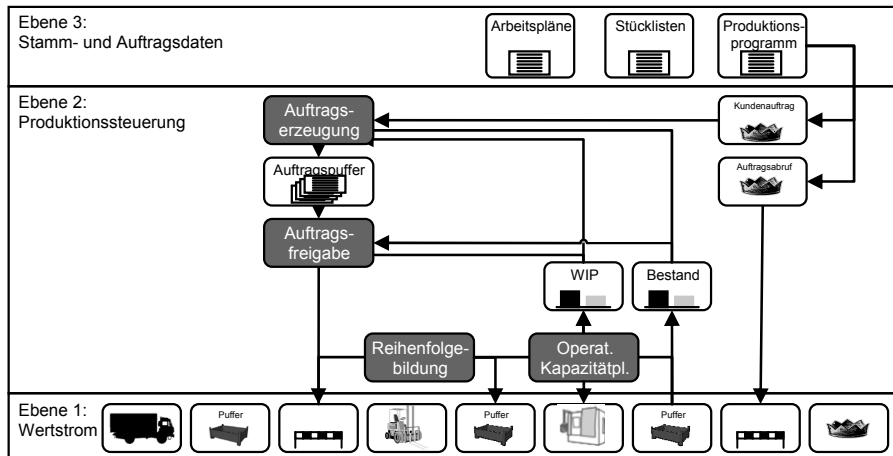
### 3 Bestehende Ansätze

Das Konzept der Wertstromorientierten Produktionssteuerung (WoPS) baut auf den Ideen des Forschungsprojektes DIGIPRO (Digitales Wertstromdesign; Projekt der Fachhochschule und TU Braunschweig mit der Siemens PLM Solutions GmbH und zwei Pilotfirmen) auf. In DIGIPRO liegt der Schwerpunkt auf der Kopplung des Wertstromdesigns mit dem Ansatz der Digitalen Fabrik (BRÜGGEMANN 2008 S. 575 ff.). Der WoPS-Ansatz integriert darüber hinaus die Logik der Produktionssteuerung von LÖDDING (2005). WoPS umfasst nicht nur, wie die meisten Ansätze, die Steuerungsmethoden zur Auftragsfreigabe und Reihenfolgebildung an den Maschinen, sondern auch die zur Auftragsfreigabe.

Dieser Ansatz wird bisher noch nicht verfolgt, obwohl der Einfluss aller Steuerungsfunktionen unbestritten ist. Bisherige Studien greifen meist nur Teilaspekte der oben genannten Einflussgrößen ab. In den Studien von GERAGHTY (2005) beispielsweise findet hauptsächlich der Vergleich zwischen CONWIP, Kanban und Basestock statt, während JODLBAUER (2008) die MRP-, CONWIP-, Kanban- und Engpasssteuerung betrachtet. PETERSEN (2009) z.B. vergleicht ausschließlich CONWIP und Kanban. Allen gemeinsam ist, dass der Parameter Losgröße aus der Auftragsfreigabe keinen Raum erhält, obwohl er großen Einfluss hat (ZÜLCH 1989). Nur durch das Einbeziehen aller Einflussgrößen der Produktionssteuerung kann aber eine für die Firma individuell optimierte Konfiguration gefunden werden. Aus diesem Grund verfolgt WoPS den Ansatz, den Einfluss der Konfiguration der Produktionssteuerung auf die logistische Leistung (Bestand, Termintreue, Durchlaufzeit, Auslastung) in der Gesamtheit zu ermitteln.

## 4 Wertstromorientierte Simulation der Produktionssteuerung

Zur konfigurationsbasierten Simulation der Produktionssteuerung wird am Lehrstuhl Produktionsmanagement des WZL's der RWTH-Aachen eine Bausteinbibliothek, basierend auf einem drei Ebenenmodell, unter Verwendung des Simulationswerkzeugs ED (Enterprise Dynamics) der Firma incontrol Simulation Solutions entwickelt (vgl. Abb. 2).



**Abbildung 2:** Drei Ebenen der wertstromorientierten Produktionssteuerung

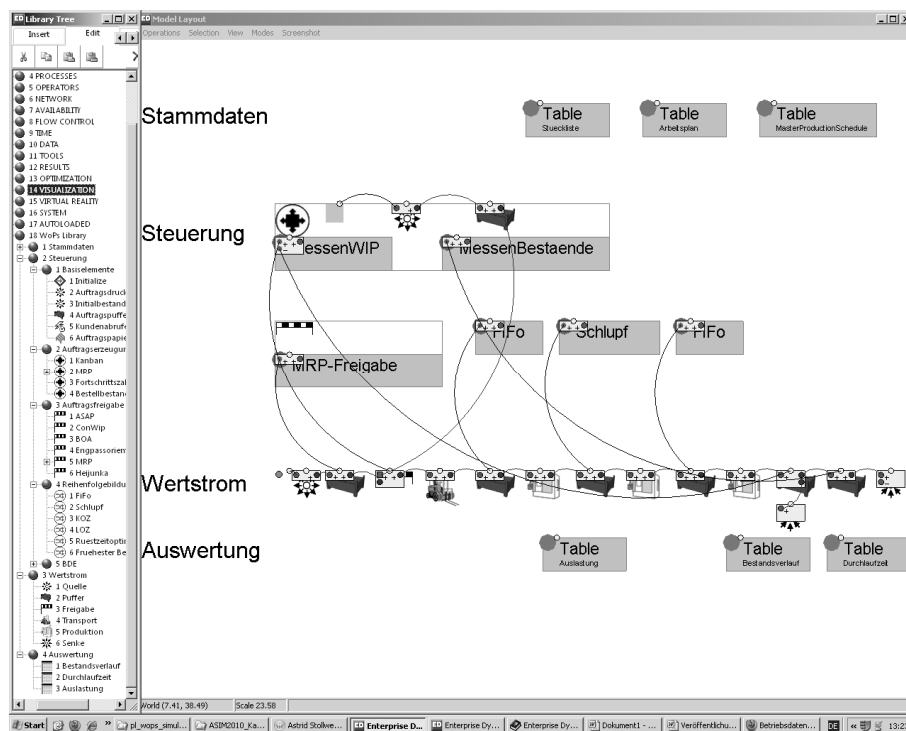
Dabei kann der Nutzer zu Beginn den Wertstrom für den zu betrachtenden Bereich (vgl. Ebene 1 in Abb. 2) aus einer Bibliothek steuerungsneutral aufbauen. Als nächstes erfolgt die Eingabe bzw. das Einlesen der Stammdaten (Ebene 3). Sind diese Vorbereitungen getroffen, so können die Steuerungsregeln (Ebene 2) an die Wirkstellen (wie Puffer oder Freigabe) gebunden werden.

Der Bausteinkasten zum Ebenenmodell zeichnet sich durch eine einfache Bedienbarkeit aus. Alle Elemente können in das Modell gezogen werden. Auf die einfache Austauschbarkeit von Steuerungsfunktionen, die ebenfalls im Baukasten abgebildet sind, wurde besonderer Wert gelegt. Dies gilt ebenso für die Möglichkeit der Kombination von Funktionen. Dabei wurde besonderer Wert darauf gelegt, dass nicht nur Steuerungsfunktionen zur Reihenfolgebildung und Auftragsfreigabe zur Verfügung stehen, sondern auch zur Auftragserzeugung.

Im Folgenden wird der Aufbau der Ebenen näher erläutert. Die Arbeitsplan-, die Auftragsdaten und die Stückliste werden auf der Stammdatenebene (Ebene 3) aus Dateien mit standardisierten Schnittstellen eingelesen. Im Arbeitsplan sind die Artikelnummer, die Arbeitsgangnummer, die zu belegende Ressource, die Bearbeitungs- und Rüstzeiten, die Losgröße und zur Bewertung die Plandurchlaufzeit abgelegt. Zu den Auftragsdaten sind die Artikelnummer, eine Menge und der Bedarfstermin anzugeben. In der Stückliste wird der Aufbau der Baugruppen abgebildet.

Aus der WoPS-Bibliothek zieht der Benutzer die Tabellen in das Modell. Dabei wird über das Ereignis "Creation" eine Eingabemaske geöffnet, über die die Datenpfade zu den Input-Daten eingelesen werden.

Die Steuerungsebene (Ebene 2) enthält die austauschbaren Module für die Auftrags-erzeugung, die Auftragsfreigabe und die Reihenfolgebildung. Sie sind vom Benutzer den Anforderungen entsprechend beliebig kombinierbar. So kann beispielsweise als Auftragsfreigabe BOA (belastungsorientierte Auftragsfreigabe) mit der Auftrags-erzeugung MRP und einer FIFO-Regel (First In First Out) bei der Abarbeitung der Warteschlange vor einer Maschine kombiniert werden. Die Reihenfolgeregeln werden immer an einem "Puffer/Lager" vor einem Produktionsprozess angewendet.



**Abbildung 3:** WoPS-Bibliothek und Modell mit Auftrags-erzeugung und -freigabe über MRP sowie unterschiedliche Reihenfolgebildungsmethoden

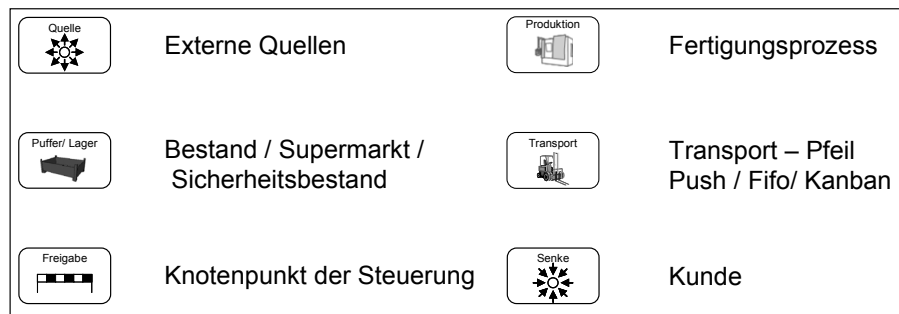
Bei der Entwicklung der Bibliothek wurde besonderer Wert auf die Austauschbarkeit der einzelnen Module geachtet. Im Wertstrom selbst wird daher keine Steuerungslogik abgebildet. Da nicht sofort alle Funktionen gleichzeitig programmiert werden konnten, wurden für WoPS zuerst die Bekanntesten erstellt:

- Zur Auftrags-erzeugung stehen bisher folgende Module zur Verfügung: Kanban, MRP, Fortschrittszahlen und das Bestellbestandsverfahren.
- Die Aufträge können über diese Regeln freigegeben werden: ASAP, CON-WIP, BOA, Engpassorientierte Auftragsfreigabe, MRP-Termin, und Heijunka (SCHUH 2006).

- Eine weitere wichtige Komponente ist die Reihenfolgebildung in Puffern vor Bereichen bzw. Maschinen. Die Aufträge in Puffern lassen sich nach folgenden Prioritätsregeln sortiert auf die nachfolgende Maschine umlagern: FIFO, Schlupf, KOZ, LOZ, Rüstzeitoptimiert und nach frühestem Bedarfstermin (SCHUH, HÖHNE 2006 S. 233 ff.).

Jede dieser Steuerungselemente liegt vorbereitet in der WoPs-Bibliothek und kann in das Modell gezogen werden. Sollten Benutzereinstellungen nötig sein, so werden diese über einen entsprechenden Benutzerdialog abgefragt. Um den Bezug der Steuerungselemente zum Wertstrom abzubilden, müssen diese Elemente über Kanäle (Verbindungslinien) mit den Wertstromkomponenten verbunden werden. Soll beispielsweise ein Puffer über die Schlupf-Regel sortiert werden, so muss das Steuerungselement Schlupf (Eingangskanal 1) mit dem Puffer (Informationskanal) verknüpft werden.

In der Wertstromebene (Ebene 1) wird der Wertstrom (wertbildender Strom in der Produktion) des zu untersuchenden Steuerungsabschnittes abgebildet. Dabei werden als Symbole nicht die originalen Wertstromelemente genutzt, sondern durch folgende ersetzt bzw. ergänzt. (siehe Abbildung 4)



**Abbildung 4:** Elemente des Wertstroms in WoPS

Die ursprünglichen Wertstromelemente wurden bewusst nicht als Symbole genutzt, um die klare Trennung zwischen der Steuerung und der Produktion (Maschinen, Puffer, Transportmittel) sichtbar zu machen. Die originalen Wertstromelemente lassen zwar eine transparente Beschreibung einer Serienproduktion zu, nicht aber die eines chaotischen Materialflusses einer Werkstattfertigung. Mit den hier dargestellten Elementen, kann der Wertstrom auch im Maschinen- und Anlagenbau korrekt und übersichtlich abgebildet werden.

Bei der Modellierung der Produktion (Wertstrom) müssen lediglich alle Maschinen(-gruppen), Lager und Transporte abgebildet werden. Dieser "Ressourcenpool" verändert sich nur noch, wenn beispielsweise eine neue Maschine gekauft wird. Lediglich bei der Pufferdimensionierung ergibt sich noch ein Stellhebel zur Auslegung des Systems.

Die Regelung des Systems findet hauptsächlich durch die leicht austauschbaren Steuerungsmodule statt. Im Rahmen des Exzellenzclusters "Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer" werden Kriterien zur sinnvollen Auswahl der Steuerungen hergeleitet (SCHUH 2010).

Beim Start der Simulation erzeugt die Quelle die zu produzierenden Artikel (aus der Auftragsstabelle in Ebene 3), die anschließend in einem Puffer/Lager auf die Freigabe warten. Erst wenn die Auftragsfreigabe entsprechend der gewählten Strategie (Steuerungslayer in Ebene 2) erfolgt, werden die Artikel mit der entsprechenden Losgröße zur "Bearbeitung" freigegeben. Sie werden durch ein Transportmodul (fakultativ) entsprechend des Arbeitsplans zur Bearbeitungskomponente befördert. Jeder Bearbeitungsschritt besteht aus einem Puffer/Lager-Atom (Element in der Simulationssprache ED) und dem Produktionsprozess-Atom. Zuerst gelangen die Teile in den vorgelagerten Puffer, der gegebenenfalls eine Reihenfolgeregelberechnung (vgl. Ebene 2), anstößt. Danach wird auf die Bearbeitungsstation umgelagert. Nach der Bearbeitung müssen die Lose im "UnPack-Atom" (einem Baustein zum Entpacken) wieder vereinzelt werden, um anschließend für die nächste Bearbeitung wieder zu neuen Losen, die dann einer erneuten Freigabe bedürfen, gepackt zu werden.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Anwendung der Simulationsplattform zielt auf zwei Anwendungsbereiche. Zum einen ermöglicht die Plattform eine systematische Bewertung der Kombination von Steuerungslogiken. Zum anderen können bestehende Konfigurationen bei Unternehmen auf einfache Weise abgebildet werden und alternativen und deren Auswirkung auf die logistische Leistung bewertet werden. Gerade die Bewertung der Auswirkungen der Konfiguration auf die logistische Leistung birgt großes Potenzial zu einem besseren Verständnis der Zusammenhänge und Stellhebel der einzelnen Bausteine der Produktionssteuerung.

Der Ansatz zur wertstromorientierten Konfiguration der Produktionssteuerung mit Enterprise Dynamics wird vom Werkzeugmaschinenlabor (WZL) der RWTH-Aachen im Rahmen der Exzellenzcluster Initiative "Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer" (gefördert von der DFG) entwickelt. Ziel ist es, den Einfluss der Konfiguration der Produktionssteuerung auf die logistische Leistung (Bestand, Termintreue, Durchlaufzeit, Auslastung) zu ermitteln.

## 6 Literatur

- BRÜGGEMANN, H.: Digitales Wertstromdesign. In: *Advances in Simulation for Production and Logistics Applications*. Hrsg.: RABE, Markus. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2008, S. 575- 584.
- GERAGHTY, J.; HEAVEY C.: A review and comparison of hybrid and pull-type production control strategies. In: *OR Spectrum*, Berlin u.a., 27(2005)2-3, S. 435-457.
- JODLBAUER, H.; HUBER A.: Service-level performance of MRP, KANBAN, CONWIP and DBR due to parameter stability and environmental robustness. In: *International Journal of Production Research*, London, 46(2008)8, S. 2179-2195.

- LÖDDING, H.: Verfahren der Produktionssteuerung. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2005.
- PETTERSEN, J.-A.; SEGERSTEDT A.: Restricted work-in-process: A study of differences between Kanban and CONWIP. In: International Journal of Production Economics, Amsterdam, 118(2009)1, S. 199-207.
- SCHUH, G.; HÖHNE, T.; CLOOTS, M.: Parametrierung einer Schlupfregelung in der simulativen Produktionsplanung, in: Simulation in Produktion und Logistik 2006, Kassel, S. 233-242
- SCHUH, G.: Produktionsplanung und -steuerung. Grundlagen, Gestaltung und Konzepte. Berlin: Springer-Verlag, 3. Auflage 2006.
- SCHUH, G.; KLOCKE, F.; BRECHER, C.; SCHMITT, R.: Excellence in Production. Aachen: Apprimus-Verlag, 2007.
- SCHUH, G.; NARR, C.; MÜLLER, C.; MERTINS, K.; KAMPKER, A.: Simulationsgestützte Produktionsplanung- und Steuerung - Ein Erfahrungsbericht. In: Experiences from the Future - New Methods and Applications in Simulation for Production and Logistics. Hrsg.: MERTINS, K.; RABE, M. Stuttgart: IRB Verlag, 2004, S. 123-132.
- SCHUH, G.; FRANZKOCH, B.; POTENTE, T.; FUCHS, S.: Simulation based configuration of value stream oriented production control Conference Proceedings "POM 21st Annual Conference", POM 2010 Conference program bulletin, Vancouver, 2010. S 144
- ZÜLCH, G.: Der strategische Steuerungsraum - Ein Ansatz zur Systematisierung von Strategien der Fertigungssteuerung. In: VDI-Z, Düsseldorf, 131(1989)5, S. 58-65.