

# Fabrik-Cockpit: Eine echtzeitfähige Planungsumgebung

Ralf Kapp, Tobias Weimer, Engelbert Westkämper

Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb  
Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen  
Universität Stuttgart  
Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart  
Ralf.Kapp@ipa.fhg.de  
Tobias.Weimer@isw.uni-stuttgart.de

**Abstract:** At present classical factory simulations are conducted only when serious changes occur, for example prior to the beginning of construction, prior to larger investments or with the start-up of new products. Only in very rare cases, minor changes in reality will be updated in real-time in the digital model. Thus the simulation model soon loses validity. The effort and hence the hurdle to use the simulation model grows. As its name suggests, the factory cockpit is used for object-oriented monitoring of current operational factory conditions. Each actual resource has its digital factory cockpit representative indicating the current conditions and enabling the supervision with traffic light logic. When there are challenges identified, short-term simulation runs, based on the current status quo of the factory, can be used to solve operative questions. Thus the worker in the operational workshop gets actively interested in updating even minor changes in real-time. The factory model will always have a high quality and the effort for simulation studies decreases dramatically: Enormous optimization and saving potentials can be realized.

## 1 Einleitung

Kurzfristig eingehende Kundenaufträge in Verbindung mit kurzen Lieferzeiten und eine explosionsartig gestiegene Anzahl kundenindividueller Produktvarianten sind alltägliche Anforderungen an mittelständische Unternehmen. Solchen Herausforderungen kann man mit einer Erhöhung der Flexibilität und wirtschaftlicher Wandlungsfähigkeit [Wi02] begegnen. Dies beinhaltet, den Anpassungsbedarf der Zukunft heute zu erkennen und die optimale Konfiguration einer Fabrik in kurzer Zeit umzusetzen. Das Reagieren auf kurzfristige Ereignisse und das langfristige Planen von Fabrikanlagen verschmelzen zunehmend zur Erhöhung der Flexibilität.

Zielgerichtete Entscheidungen sind auf Basis fundierter Daten sicher zu treffen und schnell umzusetzen. Dafür ist es notwendig, Vergangenheitswerte und aktuelle Daten aus der realen Fabrik sowie Prognosewerte aus dem Vertrieb oder der Produktion heranzuziehen.

Werkzeuge der Digitalen Fabrik dienen schon heute der konsistenten Datenhaltung, helfen beim Visualisieren und unterstützen das Ableiten von ganzheitlichen Handlungsalternativen. Bisher liegt der Schwerpunkt aber in der langfristigen Auslegung von Produktionen. Im SFB 467 „Wandlungsfähige Unternehmensstrukturen für variantenreiche Serienfertigung“ wurde eine Planungsumgebung prototypisch entwickelt, die auch operative Anforderungen berücksichtigt [Ka05]. Es ist geplant, das weiterentwickelte Werkzeug bei einem mittelständischen Pilotanwender, der Aloys F. Dornbracht GmbH & Co KG, im Realbetrieb zu testen.

## **2 Fabrik-Cockpit – das Konzept**

Das klassische Konzept der Digitalen Fabrik beinhaltet die vollständige, digitale Abbildung aller Produktionsstrukturen und -prozesse der Fabrik. Mittels IT-Unterstützung werden digitale Planungswerkzeuge und Planungsprozesse durch eine Integrationsplattform mit einem gemeinsamen Datenkern verbunden. Ziel ist es, die Planungsobjekte und die Planungsergebnisse für die Planungsbeteiligten transparent darzustellen.

Heutzutage sind digitale Planungswerkzeuge kommerziell erhältlich. Es gibt sie in einer Vielzahl von Ausprägungen, angepasst auf bestimmte Planungssituationen. Synergieeffekte zwischen den Werkzeugen lassen sich durch die Mehrfachnutzung der Unternehmensdaten erzielen. Allerdings sind die Anforderungen der einzelnen Werkzeuge bezüglich des Detailgehalts der Informationen unterschiedlich, sodass dem Datenmanagement und der Datenhaltung eine zentrale Rolle zukommt.

Diese Werkzeuge der Digitalen Fabrik werden derzeit typischerweise nur bei gravierenden Veränderungen, beispielsweise vor Baubeginn, vor größeren Investitionen oder bei einem Anlauf neuer Produkte, durchgeführt. Später werden Änderungen nur in den seltensten Fällen in das Modell eingepflegt. Dadurch verliert das Modell schnell an Validität, der Aufwand und damit die Hürde für einen erneuten Planungsseinsatz wachsen.

Im Fabrik-Cockpit wird die Digitale Fabrik um die Haltung von Echtzeitdaten und Kennzahlen aller planungsrelevanten Objekte erweitert. Hierdurch wird es möglich, ein Fabrik-Cockpit zum Monitoring des operativen Betriebs, basierend auf dem Unternehmensmodell der Digitalen Fabrik, aufzubauen. Jede reale Ressource hat ihren Fabrik-Cockpit-Repräsentanten, an dem die aktuellen Zustände angezeigt und über eine Ampelvisualisierung überwacht werden können.

Dieses Konzept ermöglicht es operativen Mitarbeitern Probleme schnell zu erkennen und im Anschluss durch ihre Praxiserfahrung mit den Werkzeugen der Digitalen Fabrik praktikable Lösungen zu erarbeiten. Somit hat auch der Mitarbeiter im operativen Betrieb ein aktives Interesse, das digitale Modell aktuell zu halten und ist motiviert, auch kleinere Veränderungen zeitnah nachzupflegen. Das Fabrikmodell hat dadurch immer eine hohe Qualität und der Aufwand für Planungsaktivitäten ist konstant niedrig.

## 3 Datenstruktur

Operative Unternehmensinformationen sind in den klassischen Werkzeugen der Digitalen Fabrik nicht vorgesehen und nur sehr schwer zu integrieren. Daher ergab sich die Notwendigkeit, einen eigenen Daten-Hub, den *P&P-Hub* (Planungs- & Produktions-Hub) zu entwickeln. Er gewährleistet die nötige Funktionalität um unterschiedliche Applikationen mit Hilfe eines digitalen Unternehmensmodells zu koppeln und stellt Daten für die Visualisierung bereit.

### 3.1 Anforderungen

Die Anforderungen an den P&P-Hub sind vielfältiger Art. Sie gehen sowohl von unterschiedlichen Nutzern als auch von unterschiedlichen zu integrierenden Tools aus. Schließlich muss der P&P-Hub in eine gewachsene heterogenen IT-Landschaft integriert werden. Die daraus abzuleitenden Anforderungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Applikationen sollen über den Daten-Hub neben Stammdaten auch Bewegungsdaten und Kennzahlen beziehen können.
- Daten sollen nicht nur im P&P-Hub speicherbar sein, sondern auch über Verweise aus anderen Applikationen gezogen werden können. Dies vermeidet Redundanzen zwischen zentraler und dezentraler Datenhaltung und somit potentielle Inkonsistenzen.
- Die Datenstruktur muss performant auf Anfragen reagieren, da eine flüssig zu bedienende Applikation Voraussetzung für die Akzeptanz ist.
- Um die Erweiterbarkeit der Datenstruktur für weitere Anwendungen zu sichern, muss die Abbildungssystematik die Modifizierung des Informationsmodells (Instanzen, Klassen und Metaklassen) zulassen.
- Aus der Modifizierbarkeit des Informationsmodells erwächst die Forderung nach einer Versionisierung des Informationsmodells und dessen Objekten.
- Nicht nur Objekte klassischer Fabrikplanungstools (Ressourcen-, Produkt- sowie Prozessstruktur) sind von Bedeutung, sondern auch solche Objekte, die weitere Bereiche eines Unternehmens betreffen. Beispiele hierfür sind Kostenstellen, Verantwortungsbereiche oder Kunden- und Produktionsaufträge.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, bietet sich ein objektorientiertes Unternehmensmodell an. Beim Entwurf wurde die Vision des *semantischen Netzes* aufgegriffen, um durch bedeutungsangereicherte Relationen die Planungsobjekte inhaltlich zu verbinden

### 3.2 Struktur des P&P-Hubs

Eine *dreigeteilte* Datenstruktur beherbergt das objektorientierte Unternehmensmodell, aktuelle Bewegungsdaten sowie aggregierte Daten zur langfristigen Speicherung von Kennzahlen.

Aus Gründen der Performanzoptimierung werden Daten, die einem stetigen Wandel unterliegen (Bewegungsdaten, Kennzahlen) nicht in der objektorientierten Datenbank, sondern in relationalen Datenbanken angesiedelt.

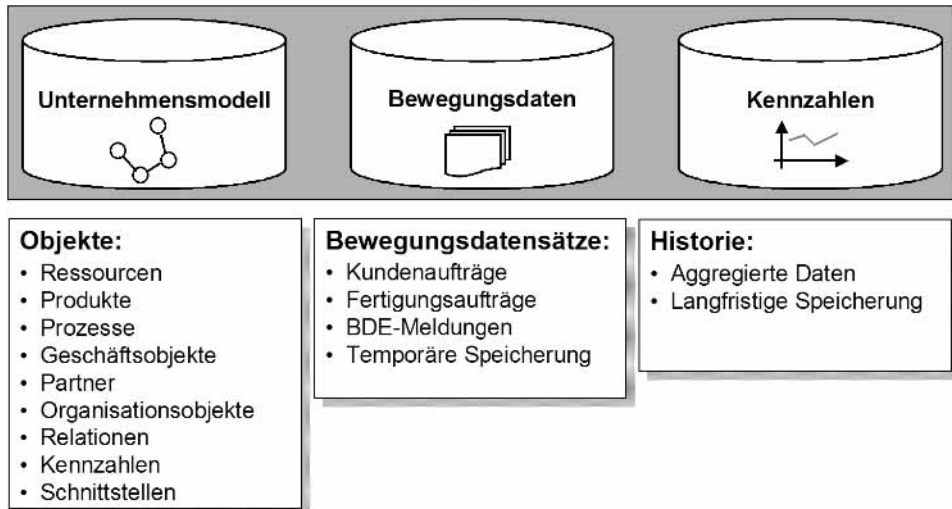


Abbildung 1: Der P&P-Hub gliedert sich in drei unterschiedliche Datenbereiche. Fremddaten operativer Legacy-Systemen werden durch Referenzen im Unternehmensmodell eingebunden.

### 3.3 Kopplung an bestehende IT-Systeme

Die Vision einer föderalen Datenhaltung mit einem zentralen Hub stützt sich auf [An00] und wird durch folgende Aufteilung der Informationen realisiert:

- Daten im Unternehmensmodell
- Verweise auf Daten innerhalb des P&P-Hubs
- Verweise auf Daten in externen Systemen

Die Kombination aus zentraler Modellpflege und dezentraler Datenhaltung hilft Redundanzen und Inkonsistenzen zu vermeiden, wie sie derzeit in den isolierten, heterogenen Systemen vorkommen. Der zentrale Datenhub mit dem Unternehmensmodell vereinfacht durch die enthaltenen Verweise den Zugriff auf benötigte Daten. Um einen schnellen Datenzugriff zu ermöglichen, sollen Caching-Mechanismen integriert werden.

### 3.4 Aus Bewegungsdaten werden Kennzahlen

Neben der Abbildung von Stammdaten durch das Unternehmensmodell sollen im P&P-Hub auch Bewegungsdaten und Kennzahlen sowie deren zeitliche Verläufe gespeichert werden.

Wie in Abbildung 2 zu sehen ist, stößt ein Objekt vom Typ Kennzahl die Berechnung des Wertes einer Kennzahl an. Das Kennzahlobjekt enthält dazu die Definition sowie Schwellwerte, abzuleitende Maßnahmen und Eskalationsmechanismen. Der Kennzahlwert wird der Definition folgend aus Bewegungsdaten berechnet und in der Kennzahlendatenbank gespeichert. Die Kennzahl wird dort über eine festgelegte Periode gespeichert (um bspw. den Verlauf einer Zahl über ein Quartal grafisch darstellen zu können) und nachfolgend gelöscht.

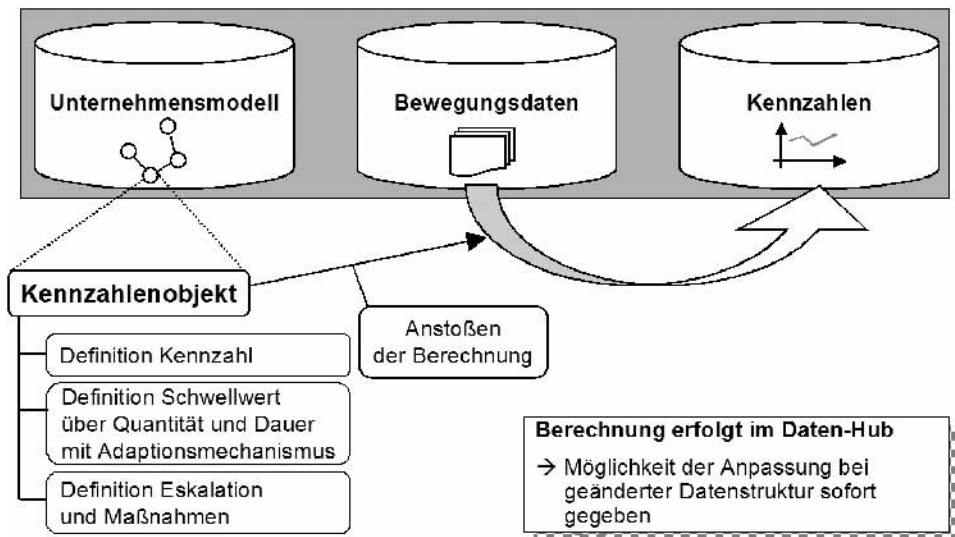


Abbildung 2: Kennzahlenberechnung nach den im Unternehmensmodell modellierten Regeln

### 3.5 Szenarien aus Datensicht

Im Planungsprozess spielen Szenarien eine besondere Rolle. Ein Szenario beinhaltet alle für die Planung notwendigen Informationen über das Unternehmen einschließlich Auftragslast, es beinhaltet also ein komplettes Unternehmensmodell. Während der Planung werden häufig Szenarien logisch voneinander abgeleitet und unterscheiden sich meist nur in wenigen Bereichen: beispielsweise eine zusätzliche Ressource, andere Arbeitspläne oder unterschiedliche Kundenanforderungen. Auch das aktuelle Modell des Unternehmens, das Realitätsmodell, wird im Datenhub als Szenario gespeichert, wobei es eine herausragende Rolle einnimmt, da es bspw. über BDE mit realen Objekten verknüpft ist. Aus datentechnischer Sicht stellt dies folgende Anforderungen an den P&P-Hub:

- In der Modell-Datenbank werden mehrere Unternehmensmodelle gleichzeitig abgelegt.
- Die Szenarien-Modelle müssen versionierbar und verwaltbar sein.
- Szenarien-Modelle müssen kopiert und anschließend verändert werden können.

Einfaches (tiefes) Kopieren von Szenarien würde aber zu vielen redundanten Daten führen. Um dies zu vermeiden und das Modellieren von Szenarien zu systematisieren, wurde ein *objektorientiertes Ableiten* von Szenarien konzipiert: Ein abgeleitetes Szenario (Kind) besitzt einen Verweis zum Mutterszenario. Ausschließlich modifizierte Parameter bzw. Objektstrukturen werden vom P&P-Hub im abgeleiteten Szenario angelegt, ansonsten werden die Daten aus dem Mutterobjekt verwendet.

## 4 Fabrik-Cockpit – Userinterface

Das Cockpit soll Entscheidungsträger aus verschiedenen Bereichen und Hierarchieebenen optimal mit den für Ihre Arbeit relevanten Informationen und Kennzahlen versorgen. Beispiele hierfür sind aggregierte Zahlen zum Auftragsingang für den Geschäftsführer, Informationen zur Gesamtauslastung für den Produktionsleiter sowie die aktuellen Rüstzustände von Ressourcen für die Meister.

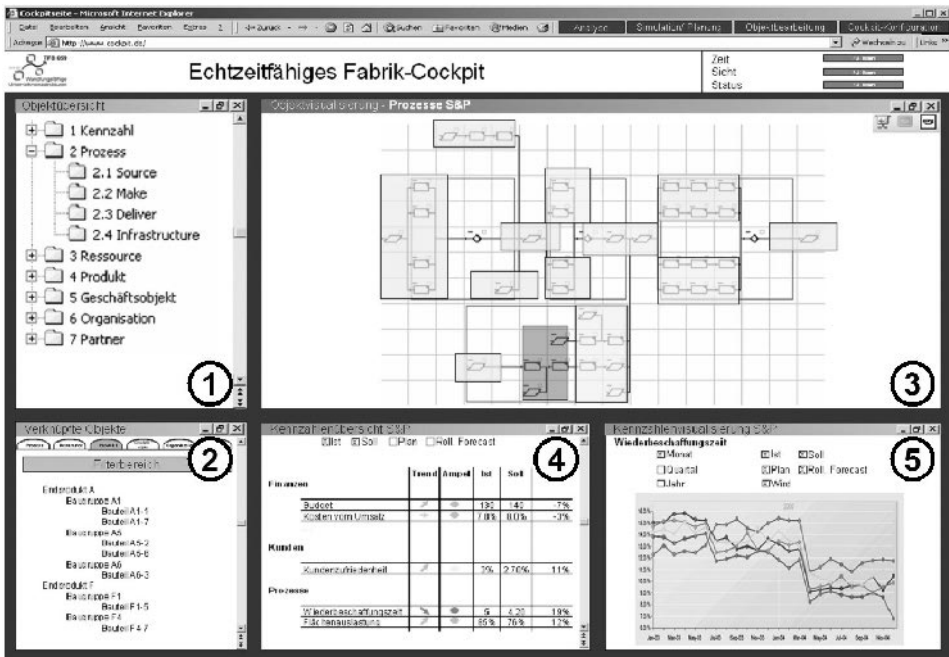


Abbildung 3: User-Interface-Konzept des Fabrik-Cockpits: (1) Objektauswahl, (2) Verknüpfte Objekte, (3) Objektvisualisierung, (4) Trends, Ampeln und Kennzahlen, (5) Zeitlicher Verlauf von Kennzahlen

Um dies zu erreichen, werden je Aufgabenstellung unterschiedlich aggregierte Kennzahlensets zur Verfügung gestellt. Der User kann darauf aufbauend weitere Kennzahlen auswählen bzw. im Szenarien-Modell eigene Kennzahlen definieren und schließlich seine Konfiguration in einem persönlichen Profil abspeichern.

Da das Fabrik-Cockpit im ganzen Unternehmen verwendet werden soll, erscheint eine internetfähige, browserbasierte Anwendung notwendig. Dies erleichtert die Installation und ermöglicht einen globalen Zugriff aus verteilten Unternehmensstandorten.

In Abbildung 3 ist das Cockpit-Konzept dargestellt. Der Anwender hat die Möglichkeit, über eine Baumstruktur durch die im Datenhub definierten Objekte (Kennzahlen, Prozesse, Ressourcen, Produkte, Geschäftsobjekte, Organisation und Partner) zu navigieren. Um die Anschaulichkeit zu erhöhen, kann jedes selektierte Objekt in 2D oder 3D dargestellt werden.

Zugehörige Kennzahlen und Kennzahlenverläufe können problemspezifisch angezeigt werden. Bei vorgegebenen Ziel-Intervallen können Abweichungen in Form von Ampeln dargestellt und Eskalationsmechanismen ausgelöst werden. Schließlich können auch alle über semantische Relationen verknüpfte Objekte übersichtlich angezeigt werden. Dies erleichtert die Navigation und vermittelt die Zusammenhänge.

#### **4.1 Zusammenspiel mit Planungswerkzeugen**

Im P&P-Hub gespeicherte Szenarien können über Planungswerkzeuge angezeigt und weiterentwickelt werden. Zunächst wird ein Logistiksimulationswerkzeug, ein Prozessdesigner, ein Montagekonfigurator, ein Kapazitätsplanungstool sowie ein Layoutplanungswerkzeug auf Basis der im SFB 467 entwickelten Werkzeuge [Ka06, We00, Ka03] realisiert. Aufgrund der service-orientierten Architektur und offenen APIs können auch weitere Anwendungen integriert werden.

Das Simulationswerkzeug nimmt eine herausragende Rolle ein. Unterschiedliche Szenarien können hinsichtlich zukünftiger Entwicklungen untersucht werden. Die durch Simulation generierten BDE-Daten werden entsprechend realer BDE-Daten im P&P-Hub gespeichert und daraus umgehend die im Szenario definierten Kennzahlen und deren Verläufe berechnet (vgl. 3.4). Diese können analog realer Kennzahlen im Fabrik-Cockpit angezeigt werden. Die Simulationsergebnisse sind somit nicht anwenderfremd sondern über das täglich benutzte Cockpit mit den bekannten Kennzahlen für alle Verantwortlichen zugänglich und somit auch für Entscheider verständlich.

#### **4.2 Simulation**

Für die Bewertung von möglichen Zukunftsszenarien im Fabrik-Cockpit ist eine integrierte Simulationstechnologie notwendig. Um eine möglichst große Flexibilität und einfache Bedienung zu ermöglichen, wurde ein generischer Ansatz gewählt. Generische Modellerstellung bedeutet in diesem Zusammenhang, dass das eigentliche Simulationsmodell automatisch, auf Basis des digitalen Unternehmensmodells, erzeugt wird. Ein so genannter Modellgenerator kombiniert Komponenten aus einer Bausteinbibliothek zu einem lauffähigen Simulationsmodell [Ka03, We04]. Hierzu ist keinerlei Simulations-Know-how notwendig. Welche Ausprägung von Bausteinen für die einzelnen logistischen Objekte verwendet werden, ist im Unternehmensmodell definiert.

Zur Auswahl stehen Standardbausteine, vom Benutzer anpassbare Bausteine sowie Proxy-Bausteine, über die detaillierte externe Simulationsmodelle in das Gesamtsystem integriert werden können. Auf Basis der im Datenhub vorhandenen Echtzeitdaten wird die Startkonfiguration festgelegt. D.h. aktuelle Lagerbestände, freigegebene Fertigungsaufträge, Position und Bearbeitungsstand von Losen werden entsprechend der Echtzeitdaten im Simulationsmodell gesetzt. Dadurch werden Einschwingeffekte vermieden, und die Simulation kann schon für die nahe Zukunft detaillierte Vorhersagen machen, operative Fragestellungen können so gelöst werden.

## 5 Zusammenfassung

Das wirtschaftliche Ziel eines Unternehmens, sich zeitnah und optimal an ein permanent verändertes Umfeld anzupassen, erfordert nicht nur wandelbare Fabrikstrukturen, sondern auch Werkzeuge zur Unterstützung der Menschen, die den kontinuierlichen Wandlungsprozess begleiten. Das Fabrik-Cockpit erfüllt diese Anforderung, indem es Handlungsnotwendigkeit aufzeigt, zeitnahe Modellpflege motiviert, damit den Planern eine aktuelle Datenbasis zur Verfügung stellt und schließlich Planungsergebnisse allen Beteiligten in verständlicher Form darstellt.

## Literaturverzeichnis

- [An00] Angerbauer, Ronald; Dreyer, Joachim; Lewek, Jörg: Software-Architektur zur flexiblen Unterstützung von baukastenorientierten Entwicklungsprozessen. In: Tagungsband zum IT & Automation Kongress, Nürnberg (2000), S. 147-155.
- [Ka03] Kapp, Ralf; Löffler, Benno; Wiendahl, Hans-Hermann; Westkämper, Engelbert: Der Logistik-Prüfstand: Skalierbare Logistiksimulation von der Lieferkette bis zum Arbeitsgang. In: wt Werkstatttechnik online 93 (2003), Nr. 1/2, S. 31-38
- [Ka05] Kapp, Ralf; Le Blond, Jan; Westkämper, Engelbert: Fabrikstruktur und Logistik integriert planen: Erweiterung eines kommerziellen Werkzeugs der Digitalen Fabrik für den Mittelstand. In: wt Werkstatttechnik online 95 (2005), Nr. 4, S. 191-196
- [Ka06] Kapp, Ralf; Le Blond, Jan; Schreiber, Stephan; Pfeffer, Matthias; Westkämper, Engelbert: Echtzeitfähiges Fabrik-Cockpit für den produzierenden Mittelstand. In: Industrie Management 22 (2006), Nr. 2, S. 49-52
- [We00] Westkämper, Engelbert: Kontinuierliche und partizipative Fabrikplanung. In: wt Werkstatttechnik online 90 (2000), Nr. 3, S. 92-95
- [We04] Westkämper, Engelbert; Wiendahl, Hans-Hermann; Löffler, Benno: The Order Management Bench: A Tool for Fast and Reliable Order Management Design in a Turbulent Environment. In: Manufacturing Systems 33 (2004), Nr. 2, S. 123-132
- [Wi02] Wiendahl, H.-P.: Wandlungsfähigkeit: . In: wt Werkstatttechnik online 92 (2002), Nr. 4, S. 122-127