



Universität Potsdam  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Norbert Gronau  
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik  
und Electronic Government  
Universität Potsdam  
August-Bebel-Str. 89; 14482 Potsdam  
Tel. ++49 331/ 977-3322, Fax -3406  
<http://wi.uni-potsdam.de>  
E-Mail: [ngronau@wi.uni-potsdam.de](mailto:ngronau@wi.uni-potsdam.de)

## Arbeitsbericht WI - 2011 - 07

Lass, S.; Fohrholz, C.; Theuer, H.

# Hybride Simulation - Neuer Ansatz zum Produktionsmanagement

Zitierhinweis: Lass, S.; Fohrholz, C.; Theuer, H.: Hybride Simulation - Neuer  
Ansatz zum Produktionsmanagement. In: Industrie  
Management (Ausgabe 1/2011), S. 13ff.

# Hybride Simulation

## *Neuer Ansatz zum Produktionsmanagement*

Corinna Fohrholz, Sander Lass und Hanna Theuer, Universität Potsdam

**Die Welt befindet sich im Wandel. Davon sind auch produzierende Unternehmen betroffen, welche auf immer individuellere Kundenwünsche sowie einen verstärkten Wettbewerb reagieren müssen. Durch neue Technologien und Organisationsformen wie AutoID oder dezentrale und echtzeitfähige Produktionssteuerung kann dem erfolgreich begegnet werden. Auswahl und Bestimmung der konkreten Umsetzung für die jeweiligen Fertigungsprozesse des Unternehmens erweisen sich jedoch häufig als schwierig und kostenintensiv. Bisherige Simulationsansätze sind oft mit hohem Aufwand verbunden, um belastbare Aussagen zur Eignung und Wirtschaftlichkeit zu treffen. Diese Anstrengungen scheuen insbesondere kleine- und mittelständische Unternehmen, weshalb in diesem Bereich die neuen Technologien unterdurchschnittlich verbreitet sind. Der vorliegende Beitrag zeigt eine neue Möglichkeit auf, diesen Nachteilen zu begegnen. Dazu werden die Vorteile der computerbasierten Simulationen mit denen der Modellfabrik kombiniert. Eine schnelle und flexible Abbildung und Bewertung der zu analysierenden Produktionsprozesse wird erreicht.**

Wandlungsfähigkeit – die Fähigkeit eines Systems veränderte Anforderungen aus der Umwelt effizient und effektiv wahrzunehmen und handzuhaben [1] – ist aufgrund der oft zitierten Dynamik des Marktes eine wichtige Eigenschaft für Fertigungsunternehmen, um im globalen Wettbewerb bestehen zu können. Essenziell ist sowohl die Nutzung neuer Technologien als auch neuer Planungsstrategien, wie AutoID oder die dezentrale Produktionssteuerung. Entscheidungen über deren Einsatz müssen dabei auf die spezifischen Anforderungen der jeweiligen Szenarios abgestimmt sein. So muss beispielsweise analysiert werden, welcher Grad an Dezentralität unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten für spezifische Prozesse den größten Nutzen bringt. Allgemeine Regeln und Vorgehensmodelle können dies nicht vollständig leisten und stoßen an ihre Grenzen. Unverzichtbar ist die umfassende Betrachtung von Prozessen. Eine Fokussierung auf einzelne Teilaspekte birgt die Gefahr des Misserfolgs. Beispielsweise ist der Einsatz von RFID ein Mittel, um im Bereich der Identifikation Potenziale nutzbar zu machen. Ohne eine Anpassung von Prozessumgebung und -anbindungen ergibt sich häufig keine wesentliche Verbesserung des Gesamtprozesses, sodass die meisten Projekte nach einer ausschließlichen Einführung in den Teilprozess gestoppt werden und RFID als nicht nutzbar deklariert wird. Das eigentliche Potenzial wurde dabei nicht vollständig aufgezeigt.

## **Die Lösung**

Das Projekt „Leistungsfähigkeitsbeurteilung unabhängiger Produktionsobjekte“ des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik und Electronic Government der Universität Potsdam entwickelt gemeinsam mit IT- und Fertigungsunternehmen ein hybrides Simulationslabor. Mögliche Organisationsvarianten und der Einsatz neuer Technologien für Produktionsanlagen können durch die Abbildung der konkreten Unternehmensprozesse im Simulator dargestellt werden. Als Ergebnis der Simulation ergeben sich fundierte Aussagen zum wirtschaftlichen Nutzen.

Im hybriden Simulator werden die Vorteile der computerbasierten Simulationen mit denen der Modellfabrik kombiniert, um eine schnelle und flexible Abbildung der zu analysierenden Produktionsprozesse zu ermöglichen. Ein weiterer Vorteil des hybriden Simulators ist die Möglichkeit der aufwandsarmen Überprüfung physikalischer Effekte wie Erkennungsrate, Feldstärke und Antennenausrichtung der Auto-ID-Elemente.

## **Abgrenzung des hybriden Ansatzes**

Der hybride Ansatz verbindet die softwarebasierte Simulation – die Digitale Fabrik – sowie die durch Hardware realisierte Variante – die Modellfabrik. Zur Abgrenzung soll ein kurzer Überblick über die beiden Formen gegeben werden.

### **Digitale Fabrik**

Die "Digitale Fabrik" ist ein Planungsansatz, mit dem bereits bei der Produktentwicklung ein möglichst realistisches digitales Abbild des zukünftigen Gesamtsystems modelliert, visualisiert und analysiert werden kann. Das Ziel besteht in der Optimierung produktrelevanter Strukturen, Prozesse und Ressourcen [2, 3].

Sowohl Softwarewerkzeuge zur geometrischen Darstellung des Aufbaus aller Anlagen als auch Simulationssysteme zur Abbildung des dynamischen Produktionsgeschehens kommen hier zum Einsatz. Echtzeit-Monitoring und Planungsunterstützung sind zu einem Gesamtsystem verbunden [4] und bilden eine durchgehende Datenbasis für alle produktrelevanten Softwaresysteme. Zusätzlich wird das gesamte Engineering-Know-How des zu analysierenden Unternehmensbereichs in der Software abgebildet.

Die Modellierung der Digitalen Fabrik ist mit einem hohen Zeit- und Kostenaufwand verbunden. Trotz sinkender IT-Kosten verzichten insbesondere mittelständische Unternehmen auf die Durchführung dieser Planungsmöglichkeit. Höhere Verbreitung hingegen findet sie bei Automobilproduzenten [6].

Physische Systeme kommen nur als zu steuernde Objekte und Datenlieferanten vor. Sie stellen die sich im Einsatz befindlichen Produktionsanlagen dar. Da die Simulation nur an digitalen Modellen erfolgt, wird der Rahmen für mögliche Experimente, vor allem bzgl. des Einsatzes neuer Technologien, verkleinert.

Der Fokus der digitalen Fabrik liegt auf dem Einsatz als Steuerungskonzept. Die Bewertung von alternativen technischen Realisierungen erweist sich konzeptbedingt als schwierig, da diese entweder an den realen Anlagen installiert werden müssen oder ein zugehöriges Software-Modell erstellt werden muss. Gerade bei der Software-Variante bedeutet dieses einen großen Aufwand.

### **Modellfabrik**

In einem Modell wird ein geplantes oder ein real existierendes Originalsystem mit seinen Prozessen vereinfacht nachgebildet, um die Komplexität des Originalsystems zu verringern [7]. Eine Modellfabrik kann daher als eine vereinfachte Darstellung einer realen Fabrik verstanden werden. Für den Begriff Modellfabrik existiert keine einheitliche oder allgemeingültige Definition. Im Wesentlichen werden Modellfabriken in der Ausbildung und Lehre eingesetzt, z.B. an der RWTH Aachen, der Ruhruniversität Bochum oder der FHTW Berlin, sodass sich auch der Begriff der Lernfabrik durchgesetzt hat. Für den Aufbau werden einzelne Komponenten, beispielsweise Maschinen oder Fertigungsinseln, nachgebildet.

Die Untersuchung von neuen Ideen und Konzepten ist wegen der Starrheit von Modellfabriken auf sehr ähnliche Anwendungsfälle beschränkt und verhindert die Anwendung des Modells für andersgeartete Abläufe.

Eine Bewertung von Alternativszenarien sowie Auswirkungen neuer Technologien ist nur nach sehr aufwendigen Erweiterungen des Modells möglich. Stattdessen werden die Erkenntnisse übertragen, wodurch die Gefahr besteht, dass spezielle Anforderungen nicht berücksichtigt werden.

## **Der hybride Ansatz**

Die Hauptelemente des hybriden Simulators bilden die Demonstratoren, die die relevanten Produktionsobjekte zur Verfügung stellen: Maschinen und Werkzeuge, Werkstücke und Werkstückträger sowie Förderstrecken.

Ein Demonstrator besteht aus einer Box, die über entsprechende Parameter als ein konkretes Produktionsobjekt konfiguriert werden kann. Durch das Zusammenspiel mehrerer Demonstratoren können Fertigungsabläufe simuliert werden. Weiterhin müssen für adäquate Reaktionen die relevanten Umweltinformationen als Eingabeparameter zur Verfügung stehen. Ergänzend sind Kommunikationsfähigkeiten zur Abstimmung mit dem Gesamtsystem sowie zur ergänzenden Informationsaufnahme von anderen Systemelementen, notwendig.

Zur Steuerung beinhaltet jeder Demonstrator einen Mikrocontroller. So werden die Implementierung von Entscheidungsalgorithmen (Simulationsebene) und die Steuerung des Demonstrators selbst (Steuerungsebene) realisiert. Interfacebausteine erlauben den Anschluss diverser Sensortypen und Kommunikationsmodule. Verschiedene Technologien können ins System integriert werden, beispielsweise RFID-Lesegeräte. Es stehen diverse Schnittstellenstandards bereit. Etablierte Schnittstellen wie Profibus etc. können genutzt werden. Jeder Demonstrator kann damit konfiguriert und typische Hardware angebunden werden. Bild 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Demonstrators. Gemäß den genannten Produktionsobjekten werden fünf Typen von Demonstratoren eingesetzt.

Bild 1: Konzeption des Werkzeugmaschinen-demonstrators.

*Werkstück*

Die Darstellung des zu bearbeitenden Werkstückes wird als 2D- oder 3D-Modell auf den beiden Seitenbildschirmen des Werkstückdemonstrators dargestellt. An der Oberfläche des Demonstrators befindet sich der Monitoringbildschirm, der aktuelle und relevante Produkt-, Prozess- und Auftragsdaten zeigt.

### *Werkzeugmaschine*

Die Werkzeugmaschinendemonstratoren sind analog zu den Werkstückdemonstratoren aufgebaut. Auf der Oberfläche befindet sich das Cockpit für das Produktionsmanagement in Form eines Touchscreens. Hier können Kennwerte angezeigt und überwacht oder die Maschinenbedienung bzw. BDE-Terminals simuliert werden.

### *Förderstrecke*

Die Werkzeugmaschinendemonstratoren sind über eine Förderstrecke miteinander verbunden. Dabei werden auch Weichen bzw. Drehpunkte und Ein- sowie Ausschleusungspunkte realisiert, um unterschiedliche Fertigungslayouts mit Sequenz, Parallelität und Wiederholung abbilden zu können. Die Kombination der Basislayouts ermöglicht die Zusammensetzung beliebiger realer Fabriklayouts. Ein mögliches Produktionsszenario ist in Bild 2 zu sehen.

### *Werkzeuge und Werkstückträger*

Ladungsträger werden als flache Derivate der Werkstückdemonstratoren realisiert, während Werkzeugdemonstratoren als Einschübe in die Maschinendemonstratoren erstellt werden.

Bild 2: Schematische Darstellung eines Produktionsszenarios in LUPO.

## **Bestimmung wesentlicher Eigenschaften der Produktionsobjekte**

Zur Durchführung von Simulationen wird ein adäquates Modell des Originalsystems benötigt. Ausgehend von der Zielstellung eine Fertigungssituation mit ihren relevanten Parametern modellieren zu können, erfolgt zurzeit die Ermittlung relevanter Eigenschaften.

Mithilfe von Fragebögen werden diese in den mitwirkenden Praxisunternehmen auf ihre Relevanz untersucht und klassifiziert. Durch ein iteratives Vorgehen werden gewonnene Erkenntnisse in den weiteren Ablauf mit einbezogen und verifiziert. Ergebnis sind die wesentlichen Parameter der Produktionsobjekte mit ihren Wertebereichen bzw. Ausprägungen, die als Eigenschaften im Simulator zur Abbildung von Szenarios der Fertigung berücksichtigt werden müssen. Die aufgenommenen Daten werden zur Erstellung einer Bibliothek von Produktionsobjekten genutzt. Diese Zusammenstellung lässt eine schnelle Modellierung von Standardsituationen zu, da beispielsweise eine Maschine des zu

simulierenden Ablaufs mit einer weniger umfangreichen Ist-Analyse und nur wenigen Modifizierungen der Parameter praxisgerecht modelliert werden kann.

Bild 3 zeigt die Aufteilung des Fragebogens in seine einzelnen Bestandteile. Ein einführender allgemeiner Teil wird durch jeden Praxispartner einmalig ausgefüllt. Die Erfassung der verwendeten Informationssysteme dient dem Überblick über die Ausgestaltung der betrieblichen IKT-Struktur. Wichtige Aspekte sind hierbei die verwendeten Anwendungssysteme für die Auftragssteuerung, wie beispielsweise ERP-Systeme oder spezielle Systeme für die Qualitätssicherung oder Maschinensteuerung, sowie die Kommunikationswege zwischen den einzelnen Akteuren.

Bild 3: Struktur des Fragebogens zur Aufnahme der wesentlichen Eigenschaften der Produktionsobjekte.

Der weitere Aufbau des Fragebogens erfolgt in hierarchischer Form. Für jede Maschine, deren Eigenschaften erhoben werden sollen, wird in einem ersten Schritt ein separater Fragebogen ausgefüllt. Dieser dient der Erhebung der physischen Maschineneigenschaften wie beispielsweise Gewicht oder Größe und Angaben zu Randbedingungen, die für den reibungslosen Betrieb der Maschine notwendig sind. Neben der Beschreibung der reinen Maschineneigenschaften sind auch die verwendeten Werkzeuge für die Gestaltung der Demonstratoren relevant. Zur Reduzierung der Komplexität wird die Anzahl der zu beschreibenden Werkzeuge auf die Hauptwerkzeuge beschränkt. Auch die Möglichkeit, dass Fertigungsmaschinen unterschiedliche Typen von Werkstücken fertigen können, muss berücksichtigt werden. Daher wird für jedes Werkstück eine separate Abfrage der Eigenschaften vorgenommen. Unter einem Werkstück kann ein einzeln abgegrenztes Teil verstanden werden, das in einer bestimmten Form und unter Zuhilfenahme von Fertigungsverfahren und weiteren Materialien bearbeitet wird. Die Beschreibung des Werkstückes erfolgt in einem ersten Schritt analog zur Maschine. Eine wesentliche Komponente ist die Beschreibung der physischen Eigenschaften. Da das Werkstück eine sich verändernde Komponente darstellt, muss an dieser Stelle berücksichtigt werden, wie sich die physischen Eigenschaften durch die Bearbeitung an der Maschine ändern. Die weiteren Abfragen beziehen sich auf die Voraussetzungen, die für einen reibungslosen Fertigungsbetrieb erfüllt sein müssen und die angewendeten Fertigungsverfahren nach DIN 8580. Neben dem Werkstück können auch weitere Komponenten in den Fertigungsprozess an der Maschine mit einfließen. Auf der dritten Fragebogenstufe werden die verwendeten Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe erfasst. Die Ergebnisse aus der Erhebung zum Werkstück und verwendeten Material werden für den Aufbau des Werkstückdemonstrators benötigt.

Die zweite Stufe stellt die Erfassung von Prozessdaten dar. Hierzu gehören die Beschreibung der Förderwege zwischen einzelnen Maschinen, Lagerung, Kommunikation und Informationsaustausch im Prozess sowie der Einfluss von Fertigungsstrategien und Fertigungsprinzipien.

Der Vorteil in der Verwendung von hybriden Demonstratoren liegt in der flexiblen Anpassung auf unterschiedliche Maschinentypen und Produktionsabläufe. Um diese Flexibilität zu sichern, müssen die erhobenen Eigenschaften aus der Maschinen- und Prozesssicht sinnvoll in Cluster aufgeteilt werden, um sie anschließend den einzelnen Demonstratoren zuzuordnen.

Sämtliche Eigenschaften werden zwei Ebenen zugeordnet. Die erste Ebene fasst die Anwenderparameter zusammen. Es handelt sich hierbei um die Parameter, die der Nutzer der Maschine beispielsweise über ein Bedienfeld ablesen oder verändern kann. Die zweite Gruppe der Parameter stellen die Simulationsebene dar. Sie bilden physische Eigenschaften der Maschine nach und dienen zur Steuerung des Demonstrators. Durch Kennfelder und Algorithmen werden für Simulation wesentliche Parameter realisiert. Sie sind die Basis für die Anwenderparameter. Simulationsparameter können im späteren Verlauf im Rahmen der Analysen verändert werden. Als Ergebnis liegen klassifizierte Eigenschaften vor, welche die Grundlage für den Aufbau des hybriden Simulators mit seinen Bestandteilen bilden.

Zur Validierung ist eine permanente Verifikation und der Daten, des Modells und seines Verhaltens sowie der Simulationsergebnisse zwingend erforderlich [8].

Durch die Abbildung typischer Szenarios für existierende Produktionsprozesse im bestehenden System, der Simulation und dem Vergleich der Ergebnisse mit denen aus dem realen Vorbild können Aussagen zur Abbildungsqualität getroffen werden.

#### *Aufbau der Informationssysteme in der Fabrik*

Für die Abbildung der Fertigungssteuerung eines Produktionsprozesses ist die Verwendung koordinierender Softwarekomponenten, wie Manufacturing Execution Systemen (MES), notwendig. Eine realistische Darstellung der verwendeten IT in dem zu simulierenden Unternehmen wird möglich. Durch ein Customizing des Systems mit den wesentlichen Angaben der Anwenderunternehmen sowie die Kommunikationsfähigkeit von MES und Demonstratoren ist die Abbildung des Ist-Zustandes und die experimentelle Erprobung von Produktionsstrategien und alternativer Technologieeinsatz möglich.

## **Literatur**

- [1] Gronau, N.; Weber, E.: Arbeitsbericht WI – 2009 -07: Wandlungsfähigkeit: Generische Strategien zur Handhabung von Veränderungen in der Umwelt. URL: <http://www.wi.uni-potsdam.de>, Abrufdatum 07.12.2010.
- [2] Muhs, D. u.a.: Roloff/Matek - Maschinenelemente. Wiesbaden 2007, S. 9.
- [3] Verein Deutscher Ingenieure (VDI): VDI-Richtlinie 4499 - Digitale Fabrik - Grundlagen. Berlin 2008.
- [4] Westkämper, E.: Management der Produktion im turbulenten Umfeld. In: PPS Management 12 (2007) 2, S. 70ff.
- [5] Syska, A.: Produktionsmanagement: Das A-Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute, 1. Auflage. Wiesbaden 2006.
- [6] Scholz-Reiter, B.; Lütjen, M.: Digital Factory - Ansätze integrierter Produkt- und Prozessgestaltung. In: Industrie Management 25 (2009) 1, S. 19ff.
- [7] Krallmann, H.; Frank, H.; Gronau, N.: Systemanalyse im Unternehmen, 3. Auflage. München 1999, S. 32ff.

- [8] Rabe, M.; Spieckermann, S.; Wenzel, S.: Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik – Vorgehensmodelle und Techniken. Berlin 2007, S. 14ff.

*Schlüsselwörter:*

Fabrikplanung, Simulation, Produktionsmanagement, Hybrider Simulator, RFID

*Das Projekt „Leistungsfähigkeitsbeurteilung unabhängiger Produktionsobjekte“ (LUPO) ist Teil des Technologieprogramms „Autonomik: Autonome und simulationsbasierte Systeme für den Mittelstand“, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) im Rahmen des IT Gipfel Leuchtturmprojekts „Internet der Dinge“ gefördert wird.*

### **Hybrid Simulator – A New Production Management Approach**

In a world of steady change, manufacturing companies face major challenges. They have to react quickly to an increasing competition and more and more individual customer requests. New technologies and organisational structures like RFID or decentralised and real-time based production control can deal with this issue successfully. The specific realization of selection and analysis of each production process of the company approves to be often difficult and cost intensive. Previous simulation approaches are frequently combined with high efforts in order to state credible propositions regarding suitability and economic efficiency. The present paper shows a new opportunity towards managing these disadvantages. Additionally, the advantages are combined with computer-based simulations of the model factory. A fast and flexible illustration of the analysed production processes is achieved.

*Keywords:*

factory planning, simulation, production management, hybrid simulation environment, RFID