

Online-Materialflusssimulationen zur Entscheidungsunterstützung in der PPS

Ein agentenbasierter Ansatz zur Vernetzung vorhandener IT-Systeme zum autonomen Datenaustausch

Christian Block, Bernd Kuhlenkötter, Timo Frank und Ulrich Burges

In diesem Artikel lesen Sie:

- ✓ wie Simulationen im Betrieb unterstützen können,
- ✓ wie Simulationsmodelle automatisch aktualisiert werden können,
- ✓ welches Datenmodell sich hierzu besonders gut eignet,
- ✓ welche Rolle ein MES hierbei spielt und
- ✓ wie MitarbeiterInnen Entscheidungen digital absichern können.

Simulationen werden heute in der Planungsphase und teilweise auch in der Betriebsphase vor dem Produktionsstart eingesetzt und ergänzen ERP sowie MES. Zur effizienten Unterstützung der Planung und Steuerung des laufenden Betriebs mittels Simulationen sind die Modelle mit den aktuellen Shopfloor-Daten zu aktualisieren und Alternativen zu definieren, die simulativ validiert werden können. Hierzu muss eine Kopplung der Simulation mit den Produktivsystemen erfolgen. Basis dieses neuen Ansatzes bildet ein Agentensystem auf Grundlage von JADE und das Datenmodell CMSD.

Die zunehmende Individualisierung sowie grundsätzliche Flexibilisierungsansätze steigern die Komplexität von Produktionssystemen, der eingesetzten IT-Systeme und die Entscheidungsfindung für alle Mitarbeiter. Softwaresysteme wie Enterprise Resource Planning (ERP) und Manufacturing Execution System (MES) sind Grundpfeiler der IT-Infrastruktur industriell produzierender Unternehmen und enthalten Werkzeuge zur Unterstützung der Produktionsplanung und -steuerung (PPS). Im ERP werden u. a. die Aufträge verwaltet und im Hinblick auf die PPS das Produktionsprogramm sowie die Produktionsprogrammplanung erstellt. Im Gegensatz hierzu werden im MES die Bearbeitungszeitpunkte, die Zuordnung zu den Ressourcen sowie die Reihenfolge gemanagt. Die Planungshorizonte sind somit unterschiedlich. Nach VDI 5600 sind ME-Systeme modulare IT-Systeme mit zehn Aufgaben. Eine dieser Aufgaben ist die Feinplanung und -steuerung. Basis hierfür ist das Modul Auftragsmanagement. Aufgrund diverser Faktoren wie z. B. der kürzeren Durchlaufzeiten und kurzzyklischen Anpassungen werden Teile des Auftragsmanagements aus dem ERP in das MES als die zentrale Informationsdrehscheibe übertragen. Darüber hinaus besitzt ein MES die Aufgabe der Datenerfassung [1].

Das MES als Fertigungsleitebene bildet somit das Bindeglied zwischen der Unternehmensleitebene mit dem Kundenauftrag sowie dem Rohmaterial bzw. Lagermanagement und der Fertigungsebene als reale physische Ferti-

gung. Es liefert bereits heute Ansätze zur produktionsnahen PPS. Heutige Anforderungen wie z. B. die kurzzyklischen Anpassungen lassen sich jedoch nicht mit allen MES umsetzen. Zusätzlich wird bei vielen älteren Systemen der Faktor Mensch vernachlässigt [1]. In der Produktion der Zukunft wird der Mensch als Entscheider jedoch weiterhin eine wichtige Funktion einnehmen. So charakterisiert das Referenz-Architekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0) den Menschen in der DIN SPEC 91345 folgendermaßen: „Er ist aufgrund seiner Intelligenz und Entscheidungsfreiheit etwas Besonderes“ [2].

Die PPS wird daher auch in Zukunft nicht digital, vollständig autonom und selbstorganisierend ablaufen, wobei diese Tatsache mit sinkender Losgröße aufgrund zunehmender Individualisierung der Kundenaufträge eine wachsende Herausforderung werden wird. Kleinere Lose und immer kürzere Reaktionszeiten fordern eine sehr detaillierte sowie kurzzyklische Planung. Die PPS muss daher weiter heruntergebrochen werden. Ein erster Ansatz hierfür ist es, jeden Mitarbeiter zu befähigen, im Rahmen seiner Aufgaben und in Kommunikation mit dem gesamten Produktionssystem selbstständig auf Ereignisse zu reagieren, Tätigkeiten sowie Prozesse zu planen und zu entscheiden. Um die Mitarbeiter vor dem Hintergrund der steigenden Planungskomplexität zu unterstützen, bedarf es einer digitalen Assistenz. Dies sichert langfristig die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen, da Entscheidungen auf einer breiteren Informati-

Christian Block, M. Sc. ist als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Produktionsmanagement am Lehrstuhl für Produktionssysteme (LPS) der Ruhr-Universität Bochum tätig.

Prof. Dr.-Ing. Bernd Kuhlenkötter leitet den Lehrstuhl für Produktionssysteme (LPS) an der Ruhr-Universität Bochum.

Dr.-Ing. Timo Frank ist stellvertretender Entwicklungsleiter der Gefasoft GmbH in München.

Dr. rer. nat. Ulrich Burges ist Vorstandsmitglied der SimPlan AG in Maintal.

www.lps.rub.de

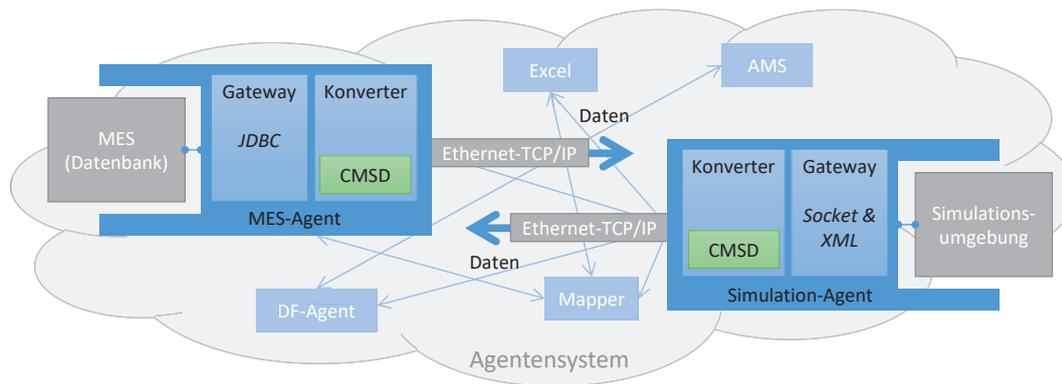


Bild 1: Agentenkonzept am Beispiel des MES- und Simulations-Agenten

onsbasis getroffen werden können und somit das Fehlerrisiko minimiert wird. Hier fehlt es im Portfolio der Fabriksoftware an ganzheitlichen Entscheidungsunterstützungen in der PPS.

Im Folgenden soll eine simulative Unterstützung bei planungsrelevanten Fragestellungen zur effektiven und effizienten Bearbeitung von Aufträgen dargestellt werden, mithilfe dieser der Mensch seine Alternativen validieren und Entscheidungen mit dem Fokus auf die Unternehmensziele treffen kann. Neben der planerischen Frage steht vor allem die Frage nach dem gezielten bidirektionalen Datenaustausch zwischen Systemen und Modulen der Systemlandschaft sowie dem Menschen im Fokus.

Ansatz

Die Digitale Fabrik, welche nach VDI 4499 als zusammenfassender Begriff für die durchgängige Nutzung von digitalen Modellen, Methoden sowie Werkzeugen mit dem Ziel einer ganzheitlichen Planung definiert ist, wird damit realistisch [3]. Eines dieser Werkzeuge sind Simulationen, deren Bedeutung und Nutzerakzeptanz stark zunehmen und die bereits heute in vielen Unternehmen zu etablierten Hilfsmitteln zählen. Eine Kategorie solcher Simulationen sind Materialflusssimulationen, mit denen Logistik- und Produktionsprozesse virtuell abgebildet werden und die in der VDI 3633 [4] genauer spezifiziert werden. Aktuelle Einsatzszenarien der Simulation fokussieren jedoch primär die Planungsphasen, die statische und stochastische Plandaten verwenden. Zur Unterstützung der PPS im laufenden Produktionsbetrieb mittels Materialflusssimulationen benötigen die Modelle jedoch aktuelle Shopfloor-Daten. Gleichzeitig müssen durch den Menschen definierte planungsrelevante Fragestellungen beantwortet werden.

Im Forschungsprojekt SOPHIE wird dieses Themenfeld bearbeitet. Grundlage des Konzeptes bildet, neben der Simulationssoftware, eine

Datenbasis, die die aktuellen Aufträge samt Arbeitsplänen für die jeweiligen Produkte, die echtzeitnahen Maschinendaten des Produktionssystems sowie organisatorische Informationen wie z. B. Schichtmodelle beinhaltet. Die Datenbasis wird durch das MES bereitgestellt, da hier bereits alle notwendigen Daten aus z. B. dem ERP und die Maschinendaten der Maschinendatenerfassung aggregiert werden. Auf Basis einer kommerziellen ereignisdiskreten Simulationssoftware wurde ein Bausteinkasten entwickelt, mit dem Produktionsprozesse schnell und benutzerfreundlich modelliert werden können. Ein besonderes Feature der Modelle ist der generische Modellierungsansatz, der eine automatisierte Modellerstellung beliebiger Fertigungsstrukturen sowie eine flexible Parametrierung der verschiedenen Prozesse erlaubt.

Für die Erweiterung zu Online-Materialflusssimulationen ist ein automatisches Modell-Update auf Basis eines aktuellen Prozessabbildes der Produktion notwendig. Realisiert wird dies durch einen agentenbasierten Ansatz zur Vernetzung der Simulation mit der produktiven IT-Infrastruktur. Agenten sind nach VDI/VDE 2653 definiert als „abgrenzbare (Hardware- oder Software-) Einheit mit definierten Zielen“. Diese Ziele erreicht ein Agent durch autonomes Handeln und durch Interaktion mit anderen Agenten. Mehrere Agenten bilden ein Agentensystem, in dem diese gemeinsam Aufgaben bearbeiten [5]. Agenten bilden somit die Möglichkeit einer flexiblen Architektur zur Vernetzung vorhandener IT-Systeme mit dem Ziel eines autonomen Datenaustausches, der den zeitaufwendigen Prozess des Datensammelns und des Übertragens in das Modell automatisiert.

Das Agentenkonzept des SOPHIE-Projekts ist in Bild 1 dargestellt. Die Agenten bilden wie in RAMI 4.0 eine Verwaltungsschale um die zu vernetzenden Systeme [2]. Da die Systeme unterschiedliche oder eigene Protokolle zum

Literatur

- [1] VDI 5600-1: Fertigungsmanagementsysteme (Manufacturing Execution Systems - MES). Beuth Verlag, 2016.
- [2] DIN SPEC 91345: Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0). Beuth Verlag, 2016.
- [3] VDI 4499-1: Digitale Fabrik Grundlagen. Beuth Verlag, 2008.
- [4] VDI 3633-1: Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen – Grundlagen. Beuth Verlag, 2014.
- [5] VDI/VDE 2653-1: Agentensysteme in der Automatisierungstechnik – Grundlagen. Beuth Verlag, 2010.
- [6] SISO: Core Manufacturing Simulation Data – XML Representation. 2012.
- [7] Frank, T.; Romero-López, M.; Block, C.; Morlock, F.; Kuhlenkötter, B.; Burges, U.; Steinmetz, W.: Agent-based communication to map and exchange shop floor data between MES and material flow simulation based on the open standard CMSD. IFAC-PapersOnLine 49 (2016) 12, S. 1526–1531.

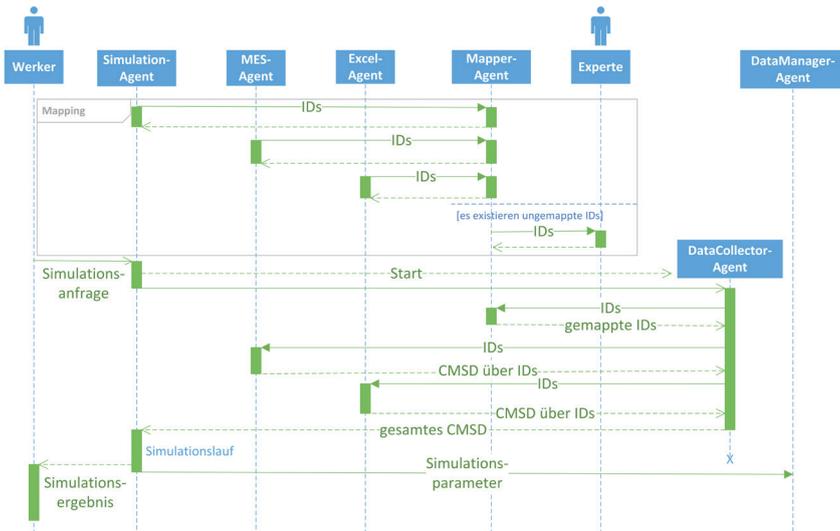


Bild 2: Agentenkommunikation als Sequenzdiagramm

Datenaustausch nutzen, wird ein systemspezifisches Gateway benötigt. Auf der Seite des MES wird im ersten Prototypen direkt auf die Datenbank zugegriffen. Für die Schnittstelle zur Simulation wurde im Simulator ein zusätzlicher Connector entwickelt, der über Socketverbindungen und XML-Dateien kommuniziert. Zusätzlich zum Übertragungskanal definieren die Systeme ihre Daten in proprietären Formaten. Daher ist auch ein Konverter zur Übersetzung in ein im Agentensystem spezifisches Format zu definieren. Als Datenformat wurde im Projekt CMSD (Core Manufacturing Simulation Data) als Austauschdatenformat definiert. Das Format wurde gewählt, da es sich besonders gut zur Definition von Simulationsmodellen und deren Input-Parametern eignet. CMSD ist eine frei verfügbare Spezifikation, die Daten in Form von UML und XML definiert [6]. In der entwickelten Simulationsbibliothek kann die Konvertierung bereits entfallen, da diese CMSD direkt interpretiert.

Die Implementierung des Agentensystems erfolgt auf Basis der Open-Source Software JADE (JAVA Agent Development Framework). Das Framework enthält spezifische Agenten zur Verwaltung und zum Ausführen bzw. Managen des Agentensystems. Mit Hilfe des Directory-Facilitator (DF)-Agenten ist es möglich, das System zu orchestrieren. Die Agenten können sich über diesen Service registrieren und finden. Darüber hinaus können mehrere Agentensysteme in einem Netzwerk zu einem großen System verbunden werden. Die Erweiterung der bestehenden Softwaresysteme um einen Agenten ermöglicht den Aufbau einer Serviceorientierten Architektur

(SOA). Durch die Offenheit der Lösung ist es möglich, weitere Informationsquellen wie z. B. Tabellenkalkulationen oder ERP und weitere Simulatoren zu integrieren.

Zur Integration des Menschen in den Datenaustausch und zum Zugriff auf die Simulation ist in den Agenten zusätzlich eine Web-Schnittstelle zur Datenerfassung, -manipulation und -visualisierung integriert. Die Mitarbeiter können beispielsweise über einen webbasierten Szenariogenerator Alternativen für Parameter und Fertigungsstrukturen definieren, die dann durch die Simulation geprüft werden. In Bild 2 ist der Ablauf der Agentenkommunikation zur einmaligen Durchführung einer Simulation dargestellt. Ein detaillierter Ablauf des Datenabgleichs wurde in [7] beschrieben. Das Mapping in Bild 2 hat die Aufgabe, die Kopplung von Datensätzen auf Basis von CMSD zu ermöglichen. Beispielsweise beschreibt das MES eine Maschine mit „1“ und die Simulation diese Ressource mit „A“. Damit die Systeme sich trotz eines einheitlichen Datenformates verstehen, ist dieser zusätzliche Service notwendig.

Ausblick

Die vorgestellte Lösung bildet sowohl ein eigenständiges MES-Modul bei der Feinplanungsunterstützung als auch ein zusätzliches simulationsgestütztes Validierungswerkzeug für bestehende Planungsmodul. Online-Simulationen können das Engineering und die Organisation von Produktionsprozessen ganzheitlich unterstützen. Die agentenbasierte SOA, durch die einzelne MES-Module vernetzt werden, bildet die Grundlage für eine Synchronisierung von realer und digitaler Welt. Des Weiteren bildet das Konzept einen ganzheitlichen Ansatz, mit Hilfe dessen jeder Zugriff auf Planungsfunktionalitäten erhält. Zusätzlich unterstützt das Konzept bereits etablierte Simulationen durch eine Synchronisierung mit dem Shopfloor und bildet so einen Enabler für Materialflusssimulationen im laufenden Produktionsbetrieb.

Schlüsselwörter:

Entscheidungsunterstützung, Produktionsplanung und -steuerung, Simulation, Online-Simulation, MES, Agentensystem

Danksagung

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Forschungsprojektes SOPHIE – Synchrone Produktion durch teilautonome Planung und humanzentrierte Entscheidungsunterstützung, gefördert vom BMBF unter dem Kennzeichen 01IM14005H und betreut vom DLR-Projekträger.

Online Material Flow Simulations for Decision Support in Production Planning and Control

Simulations are used before the start of production in many productions and complement ERP as well as MES. To support the planning and control efficiently by means of simulations, the models must be updated with the current shop floor data. The simulations are used to validate planning alternatives. For this purpose, a coupling of the simulation with the other IT systems must be carried out. A multi-agent-system on JADE and the data model CMSD forms the basis of this new approach.

Keywords:

Decision-Support, Production Planning and Support, Simulation, Online-Simulation, MES, Multi-Agent-System