

Fertigungssteuerung, Materialfluss, MES (Manufacturing Execution System)

Materialflussoptimierung mittels agentenbasiertem MES *

Intelligente Analyse und Optimierung von Produktionssystemen

Ro. Patzke, Re. Patzke, B. Dengler

Der Fachartikel stellt das methodische Vorgehen sowie die Umsetzung einer Materialflussaufnahme, -überwachung und -steuerung für kleine und mittlere Unternehmen mittels eines "agentenbasierten Manufacturing Execution Systems" (A-MES) vor. Die Datenaufnahme erfolgt mittels RFID (Radio Frequency Identification)-Technologie. Die Daten werden innerhalb des A-MES zur echtzeitfähigen Auftragsterminierung unter Berücksichtigung der aktuellen Fertigungssituation eingesetzt. Durch diese Methode werden Möglichkeiten der Produktionssystemoptimierung evaluiert.

Material flow optimization through agent-based MES - Intelligent analysis and optimization of production systems

This technical article presents the methodical approach and the implementation of a material flow recording, monitoring and control for small and medium-sized enterprises using an "agent-based Manu-

facturing Execution System" (A-MES). The data collection is performed by RFID (Radio Frequency Identification) technology. Within the A-MES the data is processed for a real-time capable order scheduling considering the current production situation. Using this method it is possible to evaluate the chances for optimizing production systems.

1 Einleitung

Im Hinblick auf sich ständig ändernde Marktbedingungen, unter anderem durch die zunehmende Globalisierung, einen hohen Marktsättigungsgrad sowie demografische Entwicklungen, stehen produzierende Unternehmen heute vor der Herausforderung, ihre Wettbewerbsfähigkeit zu sichern, um sich nachhaltig im Gesamtmarkt behaupten zu können. Hierdurch steigt der Bedarf an der Gestaltung kundenspezifischer Lösungen zum Erlangen einer hohen Flexibilität bei der Herstellung kundenindividueller Produkte. Um diesen Herausforderungen wirtschaftlich effizient zu begegnen, sind systematische Ansätze nötig, welche Unternehmen bei der effizienten Planung und Steuerung ihrer Aufträge unterstützen [1].

Zur effizienten Planung und Steuerung eines Produktionssystems ist eine systematische Datenaufnahme notwendig. Dies ist mit bestehenden Ansätzen und Methoden, die bislang hauptsächlich für eine Serienfertigung ausgelegt wurden, für kleine und mittlere produzierende Unternehmen (KMU) aufgrund des hohen finanziellen, personellen sowie zeitlichen Aufwands oftmals nicht rentabel. Das gilt insbesondere für die Werkstattfertigung, die vor folgenden Herausforderungen steht:

- hohe Variantenvielfalt zur Abdeckung individueller Kundenwünsche und zur Erhöhung der Kundenzufriedenheit;
- Flexibilität in der Auftragseinlastung, um Änderungen im Fertigungsablauf (beispielsweise Ausfallzeiten von Maschinen) in Betracht zu ziehen oder auch
- das exakte Orten von Halb- und Fertigfabrikaten zur Produktionsablaufkontrolle.

Diesen Herausforderungen lässt sich – unter anderem aufgrund der benötigten Echtzeit-Teilverfolgung – nicht allein durch Planungssysteme, etwa ERP (Enterprise Resource Planning)-Systeme, begegnen [2]. Um den Bedarf einer für die Werkstattfertigung angepassten Fertigungssteuerung zu erfüllen, wurde im Rahmen eines Verbundvorhabens ein agentenbasiertes Manufacturing Execution System (A-MES) entwickelt, welches aktuell in einer Pilotanwendung zum Einsatz kommt. Im Folgenden werden das methodische Vorgehen sowie die Umsetzung einer Materialflussaufnahme, -überwachung und -steuerung für kleine und mittlere Unternehmen mit Werkstattfertigung dargestellt.

Dr.-Ing. Robert Patzke
Dipl.-WirtschaftsIng. (FH) Regina Patzke
MFP GmbH – Messtechnik und Fertigungstechnologie
An der Corvinskirche 22-26, D-31515 Wunstorf
Tel. +49 (0)5031 / 13790, Fax +49 (0)5031 / 15687
E-Mail: robert.patzke@mfp-online.de
oder regina.patzke@mfp-online.de
Internet: www.mfp-online.de

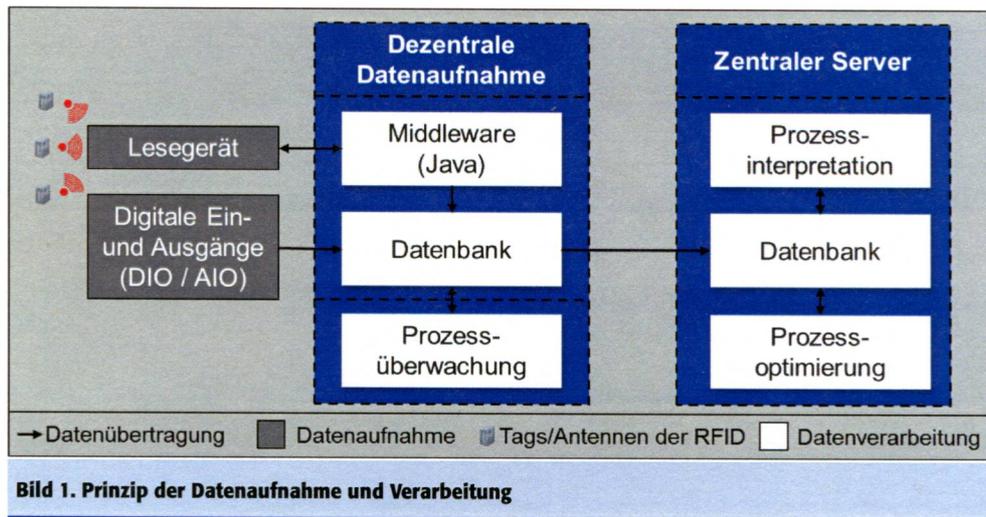
Dipl.-WirtschaftsIng. (FH) Barbara Dengler
Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW)
Leibniz Universität Hannover
An der Universität 2, D-30823 Garbsen
Tel. +49 (0)511 / 762-2553 oder -18003
Fax +49 (0)511 / 762-5115
E-Mail: dengler@ifw.uni-hannover.de
Internet: www.ifw.uni-hannover.de

Danksagung

Die vorgestellten Ergebnisse wurden im Rahmen des durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) geförderten Projektes „Agilita – Agile Produktionslogistik und Transportanlagen“ (Förderkennzeichen: 01MA09005) sowie des durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in der Fördermaßnahme „KMU-innovativ: Produktionsforschung“ geförderten Projekts „OptiBox – Optimierung von Produktionssystemen durch mobile und selbstlernende Analyseinheiten“ (Förderkennzeichen: 02PK3029) erarbeitet. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Info

* Bei diesem Beitrag handelt es sich um einen wissenschaftlich begutachteten und freigegebenen Fachaufsatz („Peer-Review“).



2 Datenaufnahme mittels RFID

Solange der tatsächliche Fertigungsablauf mit dem geplanten weitgehend konform verläuft, reicht ein angepasstes Planungssystem (beispielsweise ERP) aus, damit der Produktionsablauf nachhaltig gesichert ist. Allerdings zeigen zeitliche Verzögerungen durch ungeplante Stillstände (etwa bei Werkzeugbruch, Störungen im Materialfluss oder flexiblen Änderungen der Auftragslage), durch teilweise geliefertes Material oder fehlende Werk- und Hilfszeuge, dass im Fertigungsablauf auftretende Störungen in aller Regel nicht mithilfe vorhandener Planungssysteme ausgeglichen werden können. In den meisten Fällen können diese Planungssysteme weder die genaue Dauer der Verzögerung noch deren Auswirkungen auf die Gesamtproduktion berechnen, da hierzu die entsprechenden aktuellen Daten aus der Fertigung fehlen.

Um eine Echtzeitsteuerung zu realisieren, müssen aus der Fertigung Ist-Daten des Standorts der einzelnen Teile mit den Auftrags- und Plandaten verknüpft werden. Hier bietet sich der Einsatz von Radio Frequency Identification (RFID)-Technologie an, um eine autarke sowie verlässliche Materialverfolgung zu erreichen. RFID erlaubt das berührungslose, elektronische Lesen und Speichern von Daten auf einem RFID-Transponder. Dieser ist mit einem Mikrochip versehen und kommuniziert drahtlos über ein Magnetfeld mit dem RFID-Lesegerät [3]. Insbesondere gegenüber Barcode-Systemen weist RFID neben den möglichen unterschiedlichen Bauformen Vorteile wie die Mehrfacherkennung, Lesen ohne Sichtkontakt, Beschreibbarkeit sowie Speicherung von Daten auf [4, 5].

Eine Zusammenführung von Aufträgen einzelner Teile zu RFID-Tags erfolgt in der Auftragsfreigabe mittels eines Scanners. Passieren Teile das RFID-Lesegerät (Schranken, Handhelds ...), werden Daten der mit einem Transponder ausgestatteten Teile aufgenommen und in einer Datenbank mit dem Auftrag zusammengeführt (Bild 1). Darauf basierend wird protokolliert, zu welcher Zeit welches Teil die entsprechenden Stationen durchlaufen hat. Hiermit wird der Verlauf des Materials beziehungsweise einzelner Aufträge durch den Produktionsablauf protokolliert und eine Echtzeitverfolgung der Teile realisiert. Eine Verbindung der Aufträge zu einzelnen RFID-Tags erfolgt in der Auftragsfreigabe mittels eines Scanners. Die im Fertigungsablauf aufgenommenen Daten werden über Protokolle zur Auswertung und Verarbeitung

an einen Server übertragen. Zum Einsatz kommt hierbei das agentenbasierte Manufacturing Execution System (A-MES), das im Folgenden näher vorgestellt wird.

3 Einsatz des agentenbasierten MES

Die Datenverarbeitung erfolgt über das agentenbasierte Manufacturing Execution System (A-MES). Die Aufgabe eines Agenten besteht darin, weitgehend selbständig im Auftrag einer anderen Institution oder Person zu handeln. Ein Multi-Agentensystem (MAS) besteht aus mehreren Agenten mit der Aufgabe, eine Vielzahl einzelner, einfacher Teilsysteme (Agenten: zum Beispiel Software-Module, BDE/Betriebsdatenerfassungsterminals) zur Lösung eines komplexen Gesamtproblems zu koordinieren. Agenten arbeiten „intelligent“, eigenständig und weitgehend unabhängig mit eigenen Zielen und Methoden [6–8]. So erreichen Software-Agenten durch ihre Lernfähigkeit und die Möglichkeit, autonom und proaktiv auf ihre Umgebung zu reagieren, einen hohen Zielerreichungsgrad. Der Einsatz als unabhängiges System in der Produktion gestattet eine echtzeitfähige Verfolgung des Materialflusses ohne großen Installationsaufwand [9].

Im hier vorgestellten Ansatz wird das A-MES mit den Auftragsdaten aus dem ERP-System und den über RFID erfassten Positionsdaten der Teile versorgt. Daraus ergeben sich ständig optimal terminierte Transportaufträge und eine gleichzeitige Überwachung ihrer Ausführung (Bild 2) [10]. Das A-MES stellt drei Systemkomponenten zur Verfügung:

- Auftragsreihenfolgeoptimierung: Über den Abgleich der Auftragsdaten aus dem ERP-System mit den vom RFID gemeldeten Positionsdaten wird die mögliche Abweichung zwischen Planung und Durchführung verfolgt. Der Software-Anwender kann anhand einer interaktiven Grafik in die Auftragsreihenfolgeplanung eingreifen, um sie nach Gesichtspunkten der Liefertreue zu optimieren.
- Tracking und Tracing (engl.: tracking = Verfolgung, tracing = Rückverfolgung): Visualisieren der Auftragsverfolgung anhand eines interaktiven Hallenplans.
- Auftragsverwaltung: Mit einem polydirektionalen Abgleich zwischen der aktuellen Auftragsreihenfolge und den einzelnen Arbeitsplätzen in der Fertigung werden alle Ressourcen stets auf dem aktuellen Stand gehalten. Dadurch entsteht ein optimierter Materialfluss (Intralogistik).

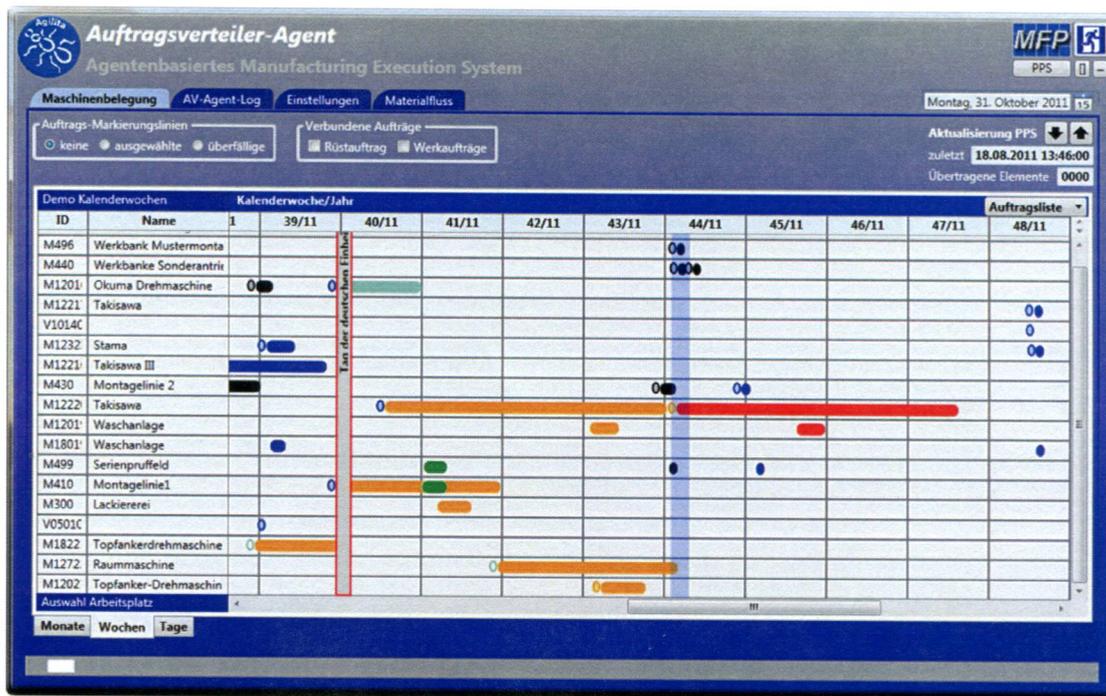


Bild 2. Datenaufbereitung und Darstellung im „agentenbasierten Manufacturing Execution System“ (A-MES) [10]

Das agentenbasierte MES ist so ausgelegt, dass es auf nahezu beliebige Produktionsumgebungen angepasst werden kann. Aufgrund der Kombination des A-MES aus modularen, autonom funktionierenden Modulen (beispielsweise Stammdaten-Import, Auftragsfreigabe oder interaktive Darstellung von Auftragsabfolgen), lassen sich je nach Herausforderung unterschiedliche Einzellösungen oder deren Zusammenfassung in Gesamtlösungen umsetzen. Dabei ist es nicht erforderlich, das jeweilige Planungssystem (ERP/PPS) des Unternehmens mit dem A-MES zu verbinden. Lediglich das Einlesen von Auftragsdaten ist notwendig, um den Produktionsablauf mit dem A-MES zeitnah optimieren zu können.

4 Optimierung des Materialflusses

Ein zusätzliches Modul des A-MES erlaubt die Validierung verschiedener Ansätze zur Optimierung des Materialflusses ohne Eingriff in das Produktionssystem. Dabei werden die von der RFID-Technologie aufgenommenen und im A-MES verarbeiteten Daten mittels Prozesskettensimulation abgebildet, analysiert und Optimierungsansätze entwickelt.

Hierzu erfolgt zunächst eine Analyse der aufgenommenen Daten anhand des Layouts der Produktionsumgebung. Dabei werden die Koordinaten der dezentralen RFID-Lesegeräte auf Basis des Hallen-Layouts ermittelt. Anschließend wird durch die Aufnahme der Materialflusssdaten bestimmt, wo sich welches Teil zu welcher Zeit befindet. Die Datenanalyse umfasst den vorhandenen verglichen mit dem geplanten Materialfluss, einen Abgleich mit freigegebenen Aufträgen sowie die Ableitung der Bestände und Bearbeitungszeiten an den jeweiligen Maschinen. Sind die aufgenommenen Daten wegen des Standorts der RFID-Lesegeräte zu ungenau, erfolgt eine Interpolation dieser fehlenden Werte, beispielsweise mithilfe neuronaler Netze. Diese erlauben das Erkennen von Mustern und eine Interpretation der vorliegenden Werte. Das Ergebnis der Datenanalyse wird anschließend in ein Prozessketten-

Simulationsmodell übertragen, um mittels Methoden des Lean Managements (zum Beispiel „Just-in-Time“ durch kontinuierlichen Materialfluss oder Automation mittels Mehrmaschinenbedienung) sowie einer „Workload Control“ Optimierungsansätze zu evaluieren. Anschließend erfolgt eine Integration in die Auftragsverteilung und -verwaltung im A-MES, um die Ansätze in der Produktion umzusetzen [11].

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorgestellte Methode umfasst eine systematische Datenaufnahme und -analyse zur Materialflussüberwachung und -steuerung für die Anwendung in variantenreichen Produktionsumfeldern produzierender Unternehmen mit Werkstattfertigung. Durch die Nutzung der RFID-Technologie ist der Eingriff in das Produktionssystem bei der systematischen Datenaufnahme auf ein Minimum reduziert. Die Materialflusssteuerung wird über ein agentenbasiertes Manufacturing Execution System (A-MES) umgesetzt, das sich aufgrund des modularen Aufbaus individuell an die Anforderungen eines Unternehmens anpassen lässt. Darüber hinaus kommt eine Prozesskettensimulation zur Darstellung der jeweiligen Unternehmenssituation zum Einsatz, um Optimierungsansätze zu evaluieren und über das MES in die Fertigung (etwa durch Bestandsanpassungen) zu integrieren. Somit kann das System an die individuellen Anforderungen von kleinen und mittleren Unternehmen angepasst werden.

Die in diesem Fachartikel vorgestellte Methode stellt eine lernende Fertigungssteuerung dar, die sowohl kurzfristige Änderungen des Fertigungsablaufs (beispielsweise die Einsteuerung von Eilaufträgen) als auch langfristige Optimierungen umfasst. Bei den vorn genannten Projekten „Agilita“ und „OptiBox“ werden aktuelle technologische Möglichkeiten miteinander kombiniert, die als losgelöstes, autarkes System zur Anwendung kommen. →

Literatur

- [1] Franke, H.-J.; Grein, G.; Türck, E. (Hrsg.): Anforderungsmanagement für kundenindividuelle Produkte. Aachen: Shaker-Verlag 2011
- [2] Schuh, G.; Stich, V.; Brosze, T.; Fuchs, S.; Pulz, C.; Quick, J.; Schürmeyer, M.; Bauhoff, F.: High resolution supply chain management: optimized processes based on self-optimizing control loops and real time data. Production Engineering - Research and Development 5 (2011) No. 4, pp. 433-442
- [3] Tamm, G.; Tribowski, C.: RFID – Informatik im Fokus. Heidelberg: Springer-Verlag 2010
- [4] Kern, C.: Anwendung von RFID-Systemen. Heidelberg: Springer-Verlag 2006
- [5] Dickmann, E.: EDV-Unterstützung in der Produktion und im Materialfluss. In: Dickmann, P. (Hrsg.): Schlanker Materialfluss mit Lean Production – Kanban und Innovationen. Heidelberg: Springer-Verlag 2007
- [6] Hartmut, D.: Überblick zum Themenbereich Agentensysteme. In: Rüpel, U.: Vernetzt-kooperative Planungsprozesse im konstruktiven Ingenieurbau. Teil V. Heidelberg: Springer-Verlag 2007
- [7] Wooldridge, M.: Intelligent Agents - The Key Concepts. Heidelberg: Springer-Verlag 2002
- [8] Kurbel, K.: Produktionsplanung und -steuerung im Enterprise Resource Planning and Supply Chain Management. 6. Auflage. München: Oldenburg Wissenschaftsverlag 2006.
- [9] Feldmann, K.; Wolf, W.; Weber, M.: Design of a formal model for the specification of agent platforms based on Plug&Produceable production systems. Production Engineering - Research and Development 1 (2007) No. 3, pp. 321-328
- [10] Patzke, R.: Agile Produktionslogistik im Flugzeugbau – Das MES als Regler für den Materialfluss. IT & Production (2011) H. 12, S. 64–67
- [11] Schönsleben, P.: Integrales Logistikmanagement. 5. Auflage. Heidelberg: Springer-Verlag 2007