Simulation zur Auswahl und Parametrierung einer Produktionssteuerung

Risikolos verstecktes Optimierungspotenzial erschließen

Michael Baumann und Todor Dimitrov

Dr.-Ing. Michael Baumann ist Themenfeldleiter Fertigungsmanagementsysteme in der Abteilung Leitsysteme am Fraunhofer IOSB. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen in den Bereichen Produktionsplanung und Fertigungssteuerung.

Dipl.-Inform. Todor Dimitrov ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Leitsysteme am Fraunhofer IOSB. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen in neuen Ansätzen und Simulation in der Produktionsfeinplanung.

In vielen Produktionsbetrieben existiert insbesondere im Bereich Produktionssteuerung erhebliches Optimierungspotenzial. Dieses lässt sich mittels Simulation der Produktionssteuerung evaluieren, um das bestgeeignete Verfahren zu bestimmen und zu parametrieren. Mit Hilfe von Produktionsdaten einer vergangenen Periode lassen sich realistische Ersparnisse sowie Nutzen und Probleme der einzelnen Verfahren zuverlässig und einfach ermitteln.

In diesem Beitrag lesen Sie:

- welche Optimierungspotenziale in der Produktionssteuerung schlummern,
- wie Sie diese Potenziale vollkommen risikolos für die reale Produktion erkennen können, und
- was an Ausgangsdaten notwendig ist, um hierfür ein Simulationsmodell aufzubauen.

Unternehmen sind heutzutage gezwungen, Verbesserungen und Optimierungen ihrer Produktionsprozesse zu finden und zu evaluieren, um am Markt konkurrenzfähig zu bleiben. Es wird permanent nach weiterem Optimierungspotenzial gesucht, um ggf. geeignete Aktionen einzuleiten. Dies trifft insbesondere auch auf den Bereich der Produktionssteuerung zu, da hier bereits durch kleine Verbesserungen hohe Einsparungen erzielt werden können. Dabei ist die Abschätzung der realisierbaren Einsparungen umso schwieriger, je größer der betrachtete Ausschnitt des Maschinenparks und der zeitliche Horizont der Untersuchung sind.

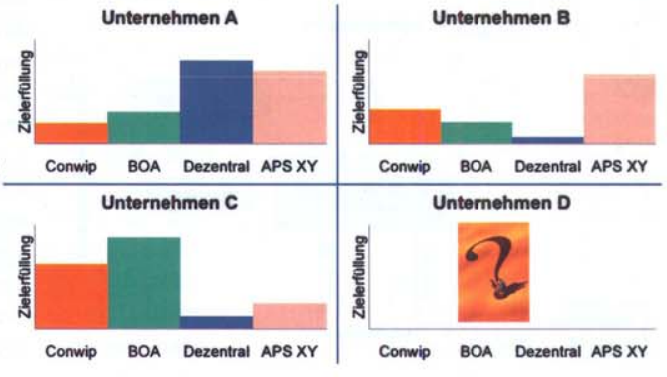
Optimierungspotenzial in der Produktionssteuerung

Viele Unternehmen vermuten, eine anders organisierte Produktion würde effizienter und kostengünstiger ablaufen. Erhebliches Potenzial liegt nach wie vor bei vielen Unternehmen bei den klassischen Zielen der Fertigungssteuerung wie der Termineinhaltung, den Durchlaufzeiten und der Lagerhaltung. Hinzu kommt, und das kann je nach Fertigungsbetrieb überlebenswichtig sein, die Reduzierung der reihenfolgenabhängigen Rüstzeiten, der organisatorischen Ausfallzeiten und der Folgen von Störungen. Denn diese Reduzierungen führen zu einer direkten Steigerung der Effektivität aller Produktionskapazitäten sowohl beim Personal als auch bei den Ressourcen. Die Auswirkungen eines bestimmten Steuerungsansatzes können durch „Probefahrt" in der realen Produktion oder risikofrei auf einem geeigneten Simulationsmodell untersucht werden. Damit ist es möglich die Risiken und das Potenzial im „Laborbetrieb" realistisch zu quantifizieren.

Push- oder Pull-Steuerung – Das ist die Frage

Abhängig von der Produktionsform und –komplexität werden einfache ziehende oder Pull-Strategien wie z.B. Kanban direkt in der Produktion umgesetzt. Derartige produktionsimmanente Steuerungen reichen häufig in der reinen Linienfertigung aus. Nicht zuletzt

Bild 1: Spezifischer Vergleich von Steuerungsverfahren



© GITO Verlag

durch die große Bekanntheit durch das Toyota-Produktionssystem versprechen sich viele Produktionsleiter sehr viel durch die Einführung einer derartigen Steuerung. Leider wird dabei häufig vergessen, dass im Einzelfall eine tiefgreifende Umstrukturierung der Produktion und der Produkte erforderlich sein kann, um damit die gewünschten Resultate zu erzielen. Die wichtigsten Voraussetzungen dafür sind sehr kurze Rüstzeiten und ein Teilefluss nach dem One-Piece-Flow Prinzip [1].

Im Gegensatz dazu werden schiebende oder Push-Strategien i. d. R. durch IT-gestützte Systeme wie MES (Manufacturing Execution System) oder APS (Advanced Planning and Scheduling-System) realisiert. Diese bauen auf einer detaillierten Feinplanung der Produktionsabläufe auf und versuchen diese durch geeignete Arbeitszuteilung und -rückmeldung in der Produktion umzusetzen [2]. Fortgeschrittene Systeme suchen dabei permanent nach einem besseren Produktionsplan und können ggf. auch mehrere Optimierungsziele gleichzeitig verfolgen. Die Auswahl einer einfachen Produktionssteuerung oder die Investition in ein konkretes IT-System sollte dabei in jedem Fall erst nach möglichst genauer Ermittlung der erzielbaren Auswirkungen erfolgen (s. Bild 1).

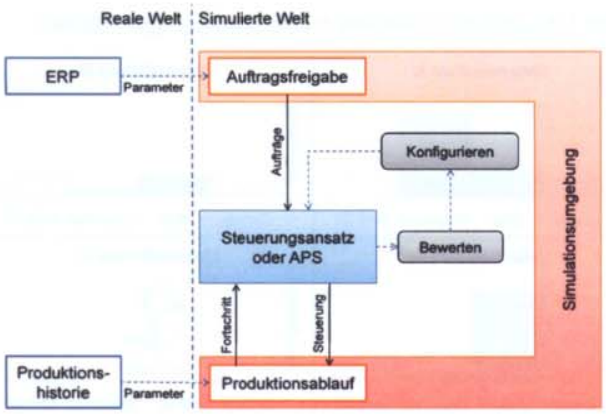
Simulation der Produktionsteuerung

Heute setzen Unternehmen Simulationen in der Produktion verstärkt ein, um unterschiedliche Aufgaben kostengünstiger und schneller zu lösen. In großen Unternehmen werden hierfür Lösungen aus dem Bereich der Digitalen Fabrik eingesetzt, wenn die nötigen Werkzeuge und Modelle vorhanden sind oder der entsprechende Aufwand für die Modellerstellung getragen werden kann [3]. Meist ist die Modellerstellung sehr aufwändig und für Simulationsuntersuchungen im Kontext der Produktionssteuerung überdimensioniert, insbesondere da kommerzielle Werkzeuge aus dem Bereich der Digitalen Fabrik mehr der Automatisierungsebene angesiedelt sind.

Für die Simulation der für die Produktionssteuerung relevanten Aspekte der Produktion reichen meist einfachere Modelle aus, wodurch Kosten und Zeit für die Modellerstellung und den Einsatz der mächtigen Werkzeuge aus der Digitalen Fabrik eingespart werden können.

Für den Zweck der Evaluation von Produktionssteuerungsalternativen wurde am Fraunhofer IOSB eine Simulationsumgebung entwickelt [4], welche über die Stammdaten aus der ERP-Welt eines Unternehmens und gesammelten Produktionsdaten für eine repräsentative Periode parametriert wird (s. Bild 2). Mittels eines flexiblen Simulationskerns können basierend auf diesen Daten Produktionskennzahlen (KPIs) wie Termineinhaltung, Rüstanteile, Störungsanteile für verschiedene Steuerungsvarianten ermittelt werden. Nicht zuletzt durch die schlanke Modellierung erlaubt der hochperformante Simulationskern das effiziente „Durchspielen" verschiedener Steuerungsstrategien. Sofern keine Produktionsdaten für einen repräsentativen Zeitraum verfügbar sind, kann die Simulationsumgebung auch über Parameter wie Produkttypenverteilung, mittlere Losgrößen pro Produkttyp, Störungsanteile, mittlere Störungsdauer von Maschinen etc. eingestellt werden. In diesem Fall können immer noch alternative Steuerungsvarianten miteinander verglichen werden. Der Vergleich mit der Ist-Steuerung ist dann jedoch nicht möglich.

Bild 2: Simulationsumgebung zum Test von Steuerungsverfahren



Anwendungsfall (Zeitraum)	A1: Niedrige Auslastung (2 Wochen)		A2: Hohe Auslastung (4 Wochen)	
	Gesamt	Pro Woche	Gesamt	Pro Woche
Anzahl Prozesse	4.000	2.000	14.500	3.600
Ist-Rüstzeit	9d	4d 12h	63d	15d 18h
Min. Rüstzeit[1]	3d 6h	1d 18h	6d 14h	1d 16h
Simulierte Rüstzeit[2]	6d 5h	3d 3h	13d 3h	3d 7h

[1] Untere theoretische Schranke für die Rüstzeit ohne Berücksichtigung von Lieferterminen.
[2] Bestes Ergebnis nach Simulationsläufen mit unterschiedlichen Steuerungsverfahren.

Bild 3: Zwei Anwendungsfälle in einer Wafer-Fabrik

Anwendungsfall: Rüstzeiten in einer Wafer-Fabrik

Rüstzeitreduzierung stellt ein großes Potenzial in einer Wafer-Fabrik dar. Aus diesem Grund hat sich ein Unternehmen, das Chips herstellt, mit den Fragen beschäftigt, ob und um wie viel sich die Rüstzeiten reduzieren lassen und ob sich der Einsatz eines APS amortisieren würde. Dabei sollte die Optimierung der Rüstwechsel an den Anlagen andere KPIs wie die Termineinhaltung nicht verschlechtern.

Die Wafer-Fabrik ist ein extremes Beispiel von Werkstattfertigung. Pro Woche sind ca. 2000-3500 Prozesse zu bearbeiten, für die zwischen 8 und 100 alternative Maschinen zur Verfügung stehen. Während die Produktionsprozesse auf den Maschinen vollautomatisch ablaufen, führen Mechaniker die Umrüstung manuell durch. Auf manchen Maschinen dauern die Rüstprozesse länger als die eigentliche Bearbeitung.

Realistische Aussagen sind nur möglich, wenn das Problem mit seiner vollen Dynamik betrachtet wird: Aufträge kommen hinzu, Prozesse werden gestartet, beendet, unterbrochen, verzögert und

Maschinen oder auch Werker fallen aus. Zur Nachbildung dieser Sachverhalte wurde die Simulation als das geeignetste Mittel zur Ermittlung möglicher Optimierungspotenziale ausgewählt. Für die Ausführung der Simulation wurden zwei repräsentative Zeiträume, einer mit niedriger Auslastung (A1) und ein Zeitraum mit hoher Auslastung (A2), ausgewählt. Einige Eckdaten dieser Anwendungsfälle sind in Bild 3 dargestellt. Die abgebildete minimale Rüstzeit wird dabei nur theoretisch durch Vernachlässigung der Liefertermine erzielt.

Optimierungspotenzial in der Wafer-Fabrik

Zur Optimierung von Rüstwechseln bieten sich in erster Linie eine geeignete Maschinenzuordnung und Reihenfolgebildung z.B. mittels Prioritätsregeln oder Optimierungsalgorithmen wie genetische Algorithmen an, die heutzutage in fortschrittlichen APS implementiert sind. Zur Parametrierung dieser Algorithmen wurden mehrere Simulationsläufe durchgeführt. Im ersten Ansatz waren selbst die betrachteten „Standard-Algorithmen" mit der besten Parametrierung deutlich schlechter als die reale Produktion (s. Bild 4). Erst nach gründlicher Modifikation konnte eine deutliche Verbesserung erzielt werden.

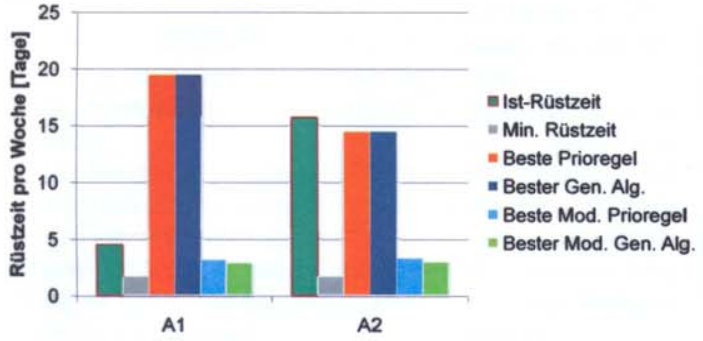
Wie im Bild 4 zu sehen ist, ist die Differenz zwischen der Situation in der realen Produktion und der Simulation deutlich größer beim Anwendungsfall A2. Dies ist auf die gestiegene Problemkomplexität zurückzuführen, denn ein menschlicher Disponent schafft die Einplanung bei niedriger Auslastung noch ausreichend passabel, bei hoher Auslastung ist dies manuell nicht mehr möglich.

Damit kann sich ein APS insbesondere bei hoher Auslastung allein durch die Betrachtung der Rüsteinsparungen in kürzester Zeit amortisieren. Ein weiterer wichtiger Vorteil durch Einsatz eines APS in der Wafer-Fabrik besteht in der besseren Vorhersagbarkeit der Rüstzeiten. Auf diese Weise wächst der Rüstaufwand nicht mehr exponentiell mit der Anzahl der Prozesse sondern bleibt pro Woche nahezu konstant. Die Wafer-Fabrik kann dann mehr Aufträge annehmen, ohne eine Explosion der Rüstzeiten und deren Kosten zu befürchten.

Fazit

In vielen Produktionsbetrieben steckt erhebliches Optimierungspotenzial, das durch geeignete Methoden gefunden und ausgeschöpft werden kann. Bedeutende Potenziale stecken in der Produktionssteuerung, da immer noch viele Betriebe nicht konsequent einen geeigneten Steuerungsansatz verfolgen. Häufig wird auf der Basis von Erfahrungswerten die Produktion „am Laufen" gehalten. Die Simulation der Produktionssteuerung ermöglicht es Unternehmen schnell und kostengünstig viele verschiedene Steuerungsansätze und APS zu testen und zu evaluieren, ohne dabei in die reale Produktion einzugreifen. Per Simulation wurde anhand eines Anwendungsbeispiels aus der Wafer-Fertigung deutlich, welcher Nutzen mit einer geeigneten Produktionssteuerung erzielbar ist. Die Simulation hat dabei auch gezeigt, dass Standardverfahren im konkreten Einzelfall versagen können. Ohne Simulation wäre dies möglicherweise erst einige Monate nach der Inbetriebnahme eines APS deutlich geworden.

Bild 4: Vergleich der Simulationsergebnisse für die Wafer-Fabrik



Literatur

[1] Lödding, H.: Verfahren der Fertigungssteuerung. Springer-Verlag, Berlin, 2005.
[2] Blazewicz, J.; Ecker, K.; Pesch, E.; Schmidt, G.; Weglarz, J.: Handbook on Scheduling: Models and Methods for Advanced Planning. Springer-Verlag, Berlin, 2007.
[3] Digitale Fabrik Grundlagen VDI-Richtlinie 4499, Blatt 1. VDI-Richtlinien, 2008.
[4] Dimitrov, T.; Baumann, M.: Simulationsumgebung zur Analyse von Algorithmen für dynamische Scheduling-Probleme im Produktionsumfeld. In: INFORMATIK 2009, 39. Jahrestagung der GI, Lübeck, 2009.

Schlüsselwörter:
Optimierungspotenzial, MES, APS, Produktionssteuerung, Simulation, Rüstzeiten

Simulation for selection and configuration of an efficient production control method

The production control in a large number of factories holds a significant optimization potential. A simulation of the production control can be executed to estimate this potential, to find the best method of production control and its optimal configuration. The benefits and disadvantages of the individual methods can be determined simple and reliable by using production data from a past period.

Keywords:
optimization potential, MES, APS, production control, simulation, changeover times

Kontakt:
Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB
Abteilung Leitsysteme
Michael Baumann
Fraunhoferstraße 1
76131 Karlsruhe
Tel.: +49 721/6091 374
E-Mail: michael.baumann@iosb.fraunhofer.de
URL: http://mes.fraunhofer.de

© GITO Verlag