

*Simulation in Produktion und Logistik*  
*Entscheidungsunterstützung von der Planung bis zur Steuerung*  
Wilhelm Dangelmaier, Christoph Laroque & Alexander Klaas (Hrsg.)  
Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe 2013

# **Simulationsbasiertes Assistenzsystem zur Bewertung, Auswahl und Konfiguration von PPS-Methoden für mittelständische Produktionsdienstleister – Anforderungen, Systemkonzeption und Anwendungsperspektiven**

***Simulation-based assistance system for evaluation, selection and  
configuration of production planning and control methods for medium-  
sized production service providers – requirements, system conception  
and aspects of application***

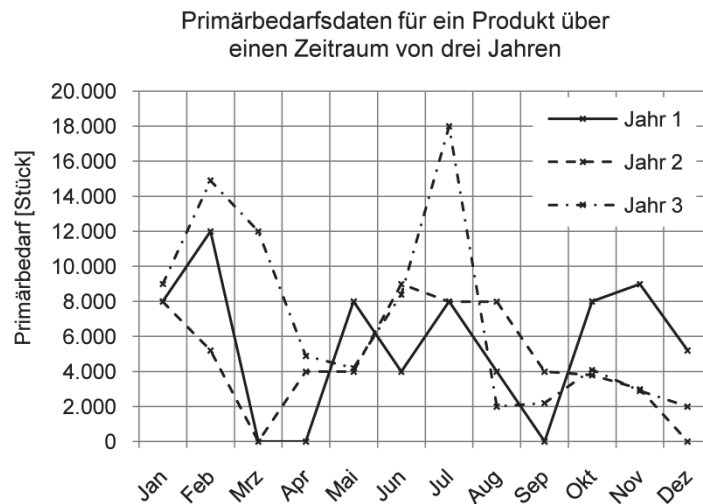
Christoph Brodhun, Enrico Teich, Thorsten Claus, Internationales Hochschulinstitut (IHI) Zittau – Eine Zentrale Einrichtung der Technischen Universität (TU) Dresden, Zittau (Germany), brodhun@ihi-zittau.de, eteich@ihi-zittau.de, claus@ihi-zittau.de

**Abstract:** Medium-sized production service providers have production performances, which can be combined with services, like distribution or development processes, available for their customers. This business model comes to specific challenges in production planning and control. In particular for overcoming the uncertainties of determination the primary requirements, appropriate methods are needed. In this article the conceptual structure and the aspects of application of a simulation-based assistance system, which enables systematic and valid evaluation, selection and also configuration of these methods, are described. At that point, specific system requirements, like the development of a simulation model, which is representative for medium-sized production service providers, and also scenario creation using scenario technique, are considered.

## **1 Rahmenbedingungen und Motivation**

Der einstige Trend zur Auslagerung der Fertigung von Original Equipment Manufacturers (OEM) an *Produktionsdienstleister* (PDL) gehört mittlerweile zum Industriestandard in der Elektronikbranche und setzt sich auch in vielen anderen Branchen, wie etwa im Automobilbau, rasant fort. PDL besitzen kein fixes Produktsortiment, sondern halten vielmehr Produktionsleistungen in einer hohen Variantenzahl, die mit produktionsnahen Serviceleistungen zu hybriden Leistungsbündeln verschmolzen werden, für ihre Kunden bereit. (vgl. u. a. Sturgeon 2002, Chung et al. 2004 und Hürtgen 2009) Das Produktionsumfeld der PDL – insbesondere der mittelständischen PDL, die hier im Fokus der Betrachtung stehen – wird aufgrund der

marktseitigen Flexibilitätserwartungen durch hohe quantitative, qualitative und zeitliche Nachfrageunsicherheiten, welche sich vor allem in Form von stark ausgeprägten Belastungsschwankungen in der Produktion niederschlagen, charakterisiert. Abbildung 1 verdeutlicht diese Belastungsschwankungen exemplarisch anhand von Primärbedarfsdaten eines ausgewählten Referenzunternehmens.

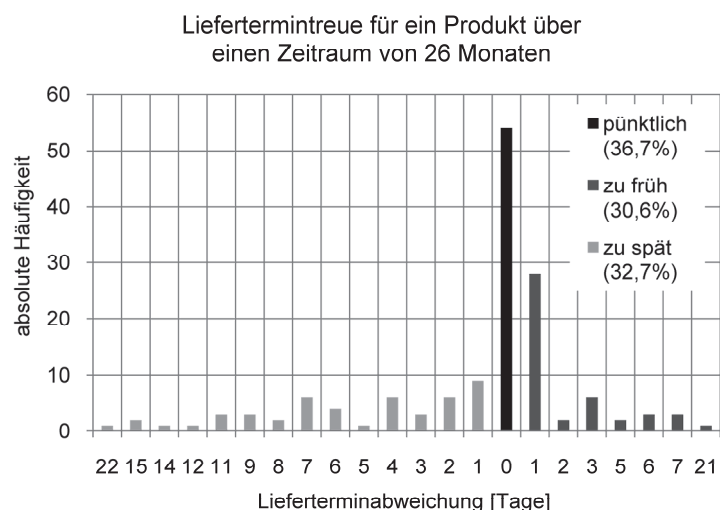


**Abbildung 1:** Primärbedarfsanalyse (Belastungsschwankungen)

Der schwankende Primärbedarfsverlauf macht das Erkennen von wiederkehrenden Bedarfsmustern nahezu unmöglich. Da aber vor allem die Primärbedarfsdaten eine wichtige Planungsgrundlage für die *Produktionsplanung und -steuerung* (PPS) darstellen, erwachsen hieraus besondere Herausforderungen, welche es durch die geeignete methodische Gestaltung der PPS zu bewältigen gilt. Abbildung 2 macht am Beispiel einer Analyse zur Liefertermintreue deutlich, welche Konsequenzen zu erwarten sind, wenn die methodische Gestaltung der PPS nicht im ausreichenden Maße gelingt. Auch diese Untersuchung wurde bei einem ausgewählten Referenzunternehmen durchgeführt. Die im größeren Umfang auftretenden Lieferterminverfehlungen gefährden die Unternehmensexistenz der mittelständischen PDL massiv, da die Sicherstellung einer hohen Liefertermintreue zu den elementaren Anforderungen gehört, die Kunden an diesem Unternehmenstyp stellen (vgl. u. a. Syska 2001, Hürtgen 2009).

Neben den starken Belastungsschwankungen existieren weitere unternehmenstypspezifische Merkmale, welche die Auswahl und Konfiguration geeigneter PPS-Methoden erschweren. So führt der hohe Kundeneinfluss hinsichtlich der Produktspezifikation häufig zu auftragsspezifischen Änderungsbedarfen, die ein mittelständischer PDL im Herstellungsprozess umzusetzen hat. Aus diesen Änderungsbedarfen resultieren, neben konstruktiven, insbesondere logistische Herausforderungen (z. B. aufgrund der Veränderung von Stücklisten und Arbeitsplänen), denen in der PPS geeignet entgegnet werden muss. Als besonders problematisch sind auch pro-

jektartige Einzelaufträge von Schlüsselkunden anzusehen, die bei mittelständischen PDLs unregelmäßig auftreten und kurzfristig eingeplant werden müssen. Häufig ist hier zu beobachten, dass diese Aufträge über die *Chefebene* sofort – ohne Anwendung problemadäquater Planungs- und Steuerungsmethoden – als Fertigungsaufträge in die Produktion eingehen und dadurch in bereits konsolidierte Produktionspläne eingegriffen wird. Die damit einhergehende Zurückstellung anderer Fertigungsaufträge führt zu einer Verlängerung der Durchlaufzeiten und somit wiederum zu Lieferterminverfehlungen (vgl. Abb. 2).



**Abbildung 2:** Analyse der Liefertermintreue

Aus den skizzierten Problembereichen der mittelständischen PDL lässt sich folgende Forschungsfrage ableiten: Wie kann eine systematische und fundierte Bewertung, Auswahl und Konfiguration von PPS-Methoden unter Berücksichtigung der unternehmenstypspezifischen Merkmale der mittelständischen PDL erfolgen? Als Antwort auf diese Fragestellung drängt sich, im Vergleich zu analytischen Verfahren, eine simulationsbasierte Vorgehensweise auf, da sich insbesondere die geschilderte Stochastik der PPS-Rahmenbedingungen geeignet in Simulationsmodellen abbilden lässt. Dies wurde grundlegend bereits in der Forschung nachgewiesen (vgl. Abschn. 2). Forschungsarbeiten, welche die besonderen Spezifika der mittelständischen PDL ganzheitlich und systematisch berücksichtigen, existieren gegenwärtig allerdings noch nicht. Die Zielsetzung der Forschungsarbeit ist demnach die Entwicklung eines *simulationsbasierten Assistenzsystems* zur Bewertung, Auswahl und Konfiguration von PPS-Methoden für mittelständische PDL.

In den folgenden Ausführungen werden sowohl die Systemkonzeption als auch Anwendungsperspektiven dieses Assistenzsystems unter Berücksichtigung der geschilderten Rahmenbedingungen beschrieben.

## 2 Anforderungen und Systemkonzeption

Die Bewertung, Auswahl und Konfiguration von PPS-Methoden mit Hilfe simulationsbasierter Assistenzsysteme kommt sowohl in der Wissenschaft als auch Industrie zur Anwendung (vgl. u. a. Scholtissek 1996, Werner 2001 und Lanza et al. 2010). Den Kern derartiger Assistenzsysteme bildet stets ein *Simulationsmodell*, welches das Verhalten der Produktionssysteme und den Produktionsablauf einer realen Produktionsumgebung imitiert. Diese Imitation basiert in der Regel auf dem Ansatz der ereignisdiskreten Simulation (discrete event simulation, DES). Das heißt, Zustandsveränderungen im Simulationsmodell werden durch das Eintreten definierter Ereignisse (z.B. Ankunft eines Fertigungsauftrages) an diskreten Zeitpunkten ausgelöst (vgl. zur Klassifikation von Simulationsmodellen u. a. Law 2007; Rose und März 2011). Auch das Simulationsmodell des in diesem Beitrag betrachteten Assistenzsystems nutzt den DES-Ansatz. Dieses Modell soll die Produktion und die damit verbundenen Prozesse eines mittelständischen PDL abbilden. Bei der Auswahl des zu modellierenden Realsystems galt es insbesondere die Anforderung zu erfüllen, dass Erkenntnisse zur Einsetzignung und Konfiguration von PPS-Methoden, welche aus der Anwendung des Assistenzsystems resultieren, Allgemeingültigkeit für mittelständische PDL besitzen sollen. Die ersten Forschungsbemühungen fokussierten sich demnach auf die Charakterisierung und Abgrenzung dieses Unternehmenstyps, da hier eine Forschungslücke bestand. Die Ausführungen aus Abschnitt 1 ergänzend, werden nachstehend wesentliche unternehmenstypspezifische Merkmale aufgeführt. Für eine ausführliche Betrachtung diesbezüglich sei auf Brodhun (2012) verwiesen.

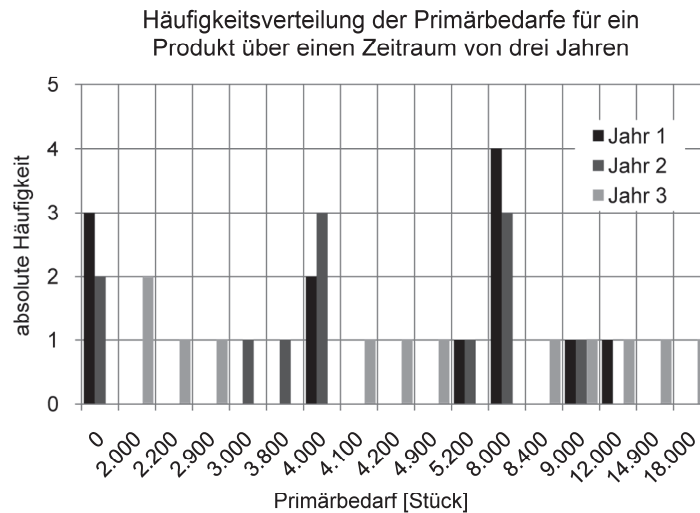
Mittelständische PDL fertigen zumeist geringteilige variantenreiche Erzeugnisse auf Kundenbestellungen, welche in Form von Einzelaufträgen oder Rahmenaufträgen auftreten. Hinsichtlich der Fertigungsart wird dieser Unternehmenstyp durch Serienfertigung charakterisiert, wobei hierzu auch Einzel- und Kleinserien zu zählen sind. Die Ablaufart wird vor allem durch Werkstatt- und teilweise auch Inselfertigung mit geringen bis mittleren Strukturierungsgrad geprägt. Eine Bevorratung von Bedarfspositionen ist aufgrund der Variantenvielfalt und Kundenorientierung nur auf unteren Strukturebenen möglich. Die Bevorratung von Fertigerzeugnissen stellt eher die Ausnahme dar. Vor allem der hohe Kundeneinfluss bei der Auftragsanbahnung, welcher sich aus dem Geschäftsmodell – dem Vorhalten von Produktionsleistungen in einer hohen Variantenzahl, die mit produktionsnahen Serviceleistungen zu hybriden Leistungsbündeln kundenspezifisch kombiniert werden können – ergibt, stellt ein signifikantes Merkmal dieses Unternehmenstyps dar.

Unter Berücksichtigung dieser Merkmale wurde ein *Referenz- bzw. Stellvertreterunternehmen* – ein typischer mittelständischer PDL – als Modellierungsobjekt ausgewählt. In Kooperation mit der mittleren Managementebene als auch Mitarbeitern aus der Fertigung und angrenzenden Funktionsbereichen dieses Unternehmens konnte im Rahmen mehrerer Workshops die erforderliche Simulationsdatenbasis erarbeitet werden. Daten, welche die strukturellen Eigenschaften der betrachteten Produktion (z. B. Anordnung und grundlegendes Leistungsspektrum der Betriebsmittel) beschreiben, ließen sich durch Sekundärbedarfsdatenerhebungen im Referenzunternehmen aus den vorhandenen Dokumenten mit vertretbarem Aufwand gewinnen. Problematisch gestaltete sich hingegen die Erhebung der produktspezifischen Eigenschaften (z. B. Stücklisten und Arbeitspläne), da – wie bereits in Abschnitt 1 erwähnt wurde – kein fixes Produktsortiment bei diesem Unternehmens-

typ existiert. Um diese Problemlage zu bewältigen, wurden unternehmenstypische *Referenz- bzw. Stellvertreterprodukte*, deren Herstellung das Leistungsportfolio der Produktion möglichst umfassend in Anspruch nimmt, definiert und charakterisiert. Ähnlich diffizil vollzog sich auch die Erfassung der prozessabhängigen Daten (z. B. Maschinenbelegungszeiten und -verfügbarkeiten), da dafür geeignete Instrumente (z. B. Methoden der Betriebs- oder Maschinendatenerfassung) beim Referenzunternehmen zum Untersuchungszeitpunkt nur rudimentär zum Einsatz kamen und deshalb hier eine unzureichende Ausgangsdatenlage zu verzeichnen war. Folglich mussten geeignete Instrumente im Unternehmen weiterentwickelt und im Rahmen von Primärbedarfsdatenerhebungen zur Anwendung gebracht werden. Um den Entwicklungsaufwand diesbezüglich möglichst gering zu halten, lag der Fokus vorrangig auf der manuellen Betriebsdatenerfassung (BDE). Bei der Festlegung des erforderlichen Datenumfanges, sowie der Erfassung und Aufbereitung dieser Daten, wurde sich insbesondere an der VDI 3633 Blatt 1, Law (2007) als auch Bracht et al. (2011) orientiert. Eine unternehmenstypspezifische Besonderheit, die es bei der Erarbeitung der Simulationsdatenbasis respektive der Erstellung des Simulationsmodells zu beachten galt, war die Berücksichtigung von produktionsnahen Serviceleistungen. So führt das Referenzunternehmen etwa zur Realisierung einer Just-in-Sequence-Strategie (JIS) im Sinne des Kunden (zumeist OEM) eine Sortierung der gefertigten Komponenten vor deren Auslieferung durch.

Neben Daten, welche die Topologie und Struktur der Produktionssysteme charakterisieren, galt es vor allem auch systemlastbeschreibende Daten zu erheben. Die Systemlast resultiert dabei aus eintreffenden Kundenaufträgen, welche wiederum Primärbedarfe ergeben, die durch Fertigungsaufträge befriedigt werden. In Abschnitt 1 wurden bereits die Unsicherheiten geschildert, welche hinsichtlich der Primärbedarfsermittlung bei mittelständischen PDL existieren. Die Anforderung bei der Konzeption und Entwicklung des Assistenzsystems besteht hier demnach in der realitätsnahen Modellierung dieser Unsicherheiten, die sowohl qualitative (Welches Produkt ist zu fertigen?), quantitative (In welcher Menge ist das Produkt zu fertigen?) als auch zeitliche (Wann ist das Produkt zu fertigen?) Ausprägungen implizieren. Insbesondere die *Szenariosimulation* stellt in diesem Zusammenhang einen geeigneten Modellierungsansatz dar (vgl. u. a. Scholl 2001; Lödding et al. 2010). Ein Szenario repräsentiert dabei das Eintreten potentieller zukünftiger Kundenaufträge respektive Primärbedarfe für alle möglichen Produktvarianten im Zeitverlauf. Die Unsicherheit wird durch die Generierung einer Vielzahl solcher möglichen Szenarien abgebildet. Die Eintrittswahrscheinlichkeiten dieser Szenarien ergeben in Summe eins. Durch die Nutzung der Szenarien als Eingangsdaten für Simulationsuntersuchungen, lässt sich die Reaktion der modellierten Produktionsumgebung und somit die Wirkung der im Simulationsmodell implementierten PPS-Methoden unter verschiedenen Rahmenbedingungen feststellen und hinsichtlich der Ausprägung definierter Zielgrößen (z.B. Auslastung der Produktionskapazitäten, Durchlaufzeiten oder Liefertermintreue) bewerten. Die Durchführung von Simulationsexperimenten unter Einsatz unterschiedlicher PPS-Methoden bzw. Variation der Methodenkonfigurationen ermöglicht deren vergleichende Bewertung und Auswahl. Erstellen lassen sich die Szenarien mit Hilfe von Pseudozufallszahlengeneratoren (vgl. hierzu weiterführend u. a. Domschke und Drexel 2011; Klein und Scholl 2011). Diese Art der Szenariengenerierung setzt allerdings zunächst voraus, dass sich der stochastische Verlauf (Wahrscheinlichkeitsfunktion) der Primärbedarfe (diskrete Zufallszah-

len) auf Basis von Zeitreihen empirisch ermitteln lässt. Des Weiteren sollte diese ermittelte empirische Verteilung auch für zukünftige Primärbedarfsentwicklungen Gültigkeit besitzen. Im Kontext von Prognoseverfahren wird diese Prämisse auch als *Zeitstabilitätshypothese* diskutiert (vgl. u. a. Wild 1974). Untersuchungen von Primärbedarfszeitreihen der definierten Referenzprodukte haben ergeben, dass diese Anforderungen nicht erfüllt werden können. Das heißt, die Verteilung der Beobachtungswerte zeigt, dass die Primärbedarfswerte unregelmäßig und überwiegend nur einmalig im Beobachtungszeitraum aufgetreten sind. Des Weiteren ist die Verteilung der Werte durch eine hohe Streuung gekennzeichnet. Es ist folglich die Vermutung anzustellen, dass sich eine belastbare Wahrscheinlichkeitsfunktion für das Auftreten der Primärbedarfe nicht (mit vertretbarem Aufwand) ermitteln lässt. In Abbildung 3 wird diese Problemlage am Beispiel eines ausgewählten Referenzproduktes veranschaulicht. Die Gegenüberstellung der Häufigkeitsverteilungen der Primärbedarfe von drei aufeinanderfolgenden Jahren macht deutlich, dass die empirischen Verteilungen zum einen keine Ähnlichkeit zu theoretischen Verteilungen (z.B. Normalverteilung) besitzen und zum anderen untereinander in ihrer Form überwiegend stark differieren.



**Abbildung 3:** Primärbedarfsanalyse (Häufigkeitsverteilung)

Es ist also zu konstatieren, dass durch die Erstellung der Auftrags- bzw. Primärbedarfsszenarien über konventionelle verteilungsbasierte Pseudozufallszahlengeneratoren sich die unternehmenstypspezifische Unsicherheit der mittelständischen PDL nicht realitätsnah modellieren lässt. Aus diesem Grund wird im Assistenzsystem die Szenariengenerierung über Methoden der *Szenariotechnik* präferiert. Diese Methoden nutzen zur Szenariengenerierung neben quantitativen Informationen, die etwa aus den geschilderten Zeitreihenanalysen resultieren, auch qualitative Informationen, welche vor allem auf Experteneinschätzungen basieren. Die Vorgehensweise diesbezüglich soll im Folgenden kurz skizziert werden: In der ersten Phase der Szenarien-

generierung ist zunächst das Untersuchungsfeld abzugrenzen. Das bedeutet, hier sind die Referenzprodukte zu fixieren, für welche Szenarien entwickelt werden soll. Auch der zeitliche Umfang der zu entwickelnden Szenarien ist festzulegen. Anschließend sind Einflussfaktoren zu identifizieren, welche sich auf die Entwicklung des Untersuchungsfeldes – die produktspezifischen Auftrags- bzw. Primärbedarfs-szenarien – auswirken. Diese Identifikation sollte sowohl vergangenheits-, gegenwarts- als auch zukunftsgerichtete Aspekte berücksichtigen. Insbesondere die Berücksichtigung von Einflussfaktoren, die wahrscheinlich in der Zukunft eintreten werden, stellt einen signifikanten Vorteil gegenüber konventionellen Prognoseverfahren dar. Derartige Einflussgrößen müssen durch Experten identifiziert sowie hinsichtlich ihrer Wirkungsrichtung als auch -intensität bewertet werden. In der nächsten Phase kommt es dann zur Generierung von Rohszenarien. Diesbezüglich handelt es sich um Annahmen zur zukünftigen Entwicklung der ermittelten Einflussgrößen. Aus diesen Annahmebündeln und ihren immanenten Wirkungsimpulsen leiten sich in der vierten und letzten Phase die konkreten Szenarien ab. Für eine ausführliche Betrachtung der Szenariotechnik sei u. a. auf Teich et al. (2013) verwiesen. Im Assistenzsystem wird die Szenarioerstellung über einen sogenannten *Szenariogenerator* erfolgen. Diese Systemkomponente leitet den Systemnutzer bei der Szenariomentwicklung an und unterstützt ihn in den einzelnen Entwicklungsphasen mit geeigneten Methoden. Hierzu zählen beispielsweise Konsistenz- und Cross-Impact-Analysen. Die sich aus den entwickelten Szenarien ergebenden Fertigungsaufträge werden über eine Schnittstelle in das Simulationsmodell eingelastet. Ziel ist die Entwicklung von *Referenzszenarien* in Kooperation mit dem ausgewählten Referenzunternehmen. Diese Szenarien sollen die Unsicherheitssituation bei der Primärbedarfsermittlung mittelständischer PDL stellvertretend für diesen Unternehmenstyp im Rahmen der beabsichtigten Simulationsuntersuchungen charakterisieren. Eine Besonderheit stellt hier auch die Entwicklung sogenannter *Stör-szenarien* dar, welche die in Abschnitt 1 beschriebene ungeplante Einlastung von Fertigungsaufträgen durch die Chefebene abbilden. Unsicherheiten, die ergänzend zu den Primärbedarfsunsicherheiten ebenfalls bei Simulationsuntersuchungen zu berücksichtigen sind (z.B. Maschinenausfälle), werden durch den Einsatz stochastischer Komponenten im Simulationsmodell modelliert. Diesbezüglich sei an dieser Stelle insbesondere auf Wenzel et al. (2008) verwiesen.

Das *Stellgrößencockpit*, über welches die Auswahl und Konfiguration der im Simulationsmodell implementierten PPS-Methoden erfolgt, stellt neben dem Szenariogenerator und dem Simulationsmodell eine weitere Komponente des Assistenzsystems dar. Durch die Strukturierung des Assistenzsystems in verschiedene Systemkomponenten soll eine Trennung von Modell und Daten realisiert werden. Das heißt, anstatt konkreter Zahlenwerte werden bei der Modellierung der Produktionsumgebung und -abläufe Variablen eingesetzt, welche sich dann im Rahmen der Simulationsuntersuchungen über Schnittstellen zum Szenariogenerator und Stellgrößencockpit parametrisieren lassen. Durch diesen Systemaufbau lässt sich der Systemnutzer vom Simulationsmodell fernhalten, wodurch sich die Gefahr von ungeplanten Modellveränderungen und damit einhergehenden fehlerbehafteten Simulationsergebnissen signifikant verringern lässt. Des Weiteren erhöht sich durch diesen strukturierten Aufbau die Transparenz und Verständlichkeit des Systems. (vgl. Wenzel et al. 2008). Zur Realisierung einer ganzheitlichen Trennung ist natürlich auch die Auswertung der simulativ ermittelten Ergebnisdaten vom Modell zu ent-

koppeln. Diese Auswertung erfolgt demnach über die Systemkomponente *Kennzahlencockpit*, an welche die benötigten Ergebnisdaten über eine Schnittstelle vom Simulationssystem übertragen werden. Für die Umsetzung des Simulationsmodells wird das Softwaresystem Plant Simulation von Siemens Tecnomatix und für die Realisierung der angrenzenden Komponenten Microsoft Excel präferiert. In Abbildung 4 ist die Systemkonzeption zum simulationsbasierten Assistenzsystem schematisch dargestellt.

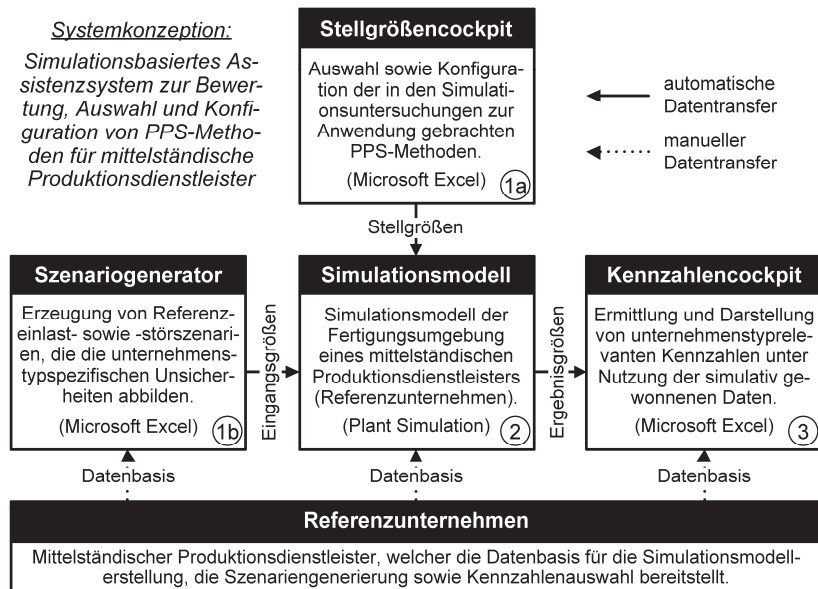


Abbildung 4: Systemkonzeption zum simulationsbasierten Assistenzsystem

Im Folgenden Abschnitt wird das geplante Anwendungsszenario des Assistenzsystems skizziert, wobei die Ziffern in der Darstellung der Systemkonzeption (vgl. Kreise in Abb. 4) als Orientierungshilfe dienen sollen.

### 3 Anwendungsperspektiven

Der erste Schritt lässt sich als *Parametrisierung des Simulationsmodells* begrifflich zusammenfassen. Hierzu gehört die Auswahl und Konfiguration der über die Simulationsuntersuchungen zu bewertenden PPS-Methoden (1a). Diesbezüglich sollen vor allem Methoden der Produktionssteuerung (z. B. Belastungsorientierte Auftragsfreigabe, BOA) hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Liefertermintreue evaluiert werden. Die entsprechenden Steuerungslogiken der unterschiedlichen Methoden werden im Modell in Plant Simulation implementiert. Durch die Einstellungen des Systemnutzers im Stellgrößencockpit lässt sich eine Logik für die Simulationsexperimente auswählen und konfigurieren. Methoden der Produktionsplanung spielen bei der Modellierung eher eine untergeordnete Rolle, da die unternehmenstypspezifischen Unsicherheiten eine geringe Planbarkeit vermuten lassen. Eine Ausnahme diesbezüglich stellen robuste Planungsansätze dar (vgl. hierzu u. a. Herrmann und Engl-



berger 2013). Neben der Methodenauswahl und -konfiguration gehört zu diesem Schritt auch die Erzeugung der Referenzeinlast- und -störszenarien, auf welche bereits in Abschnitt 3 näher eingegangen wurde (1b).

Der Parametrisierung des Simulationsmodells folgt die *Durchführung der Simulationsexperimente* (2). Unter Nutzung der Eingabe- und Steuergrößen werden die Planungs- respektive Steuerlogik als auch die dadurch initiierten Fertigungs- und Materialflussprozesse simulativ ausgeführt. Insbesondere die *Einhaltung* der sich aus den Primärbedarfsszenarien unter Berücksichtigung der vom Markt geforderten produktspezifischen Lieferzeiten ergebenden *Liefertermine*, lässt sich nach Durchführung der Simulationsuntersuchungen *über das Kennzahlcockpit bewerten* (3). Dadurch kann auf die Einsetzignung der jeweiligen Logik in Verbindung mit der entsprechenden Konfiguration im unternehmenstypspezifischen Produktionsumfeld der mittelständischen PDL geschlossen werden.

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Ausgehend von den Rahmenbedingungen der operativen PPS, mit denen mittelständische PDL zu kämpfen haben, wurde in diesem Beitrag aufgezeigt, wie ein simulationsbasiertes Assistenzsystem durch die systematische und fundierte Bewertung, Auswahl sowie Konfiguration von geeigneten PPS-Methoden, zur Bewältigung existenter Herausforderungen, wie der Unsicherheit der Primärbedarfsermittlung als auch daraus resultierenden Lieferterminverfehlungen, beitragen kann.

Hinsichtlich weiterer Anwendungsperspektiven ist zu erwähnen, dass sich die vorgeschlagene Systemkonstellation und -funktionsweise potentiell auch für die Bewertung, Auswahl sowie Konfiguration von PPS-Methoden bei anderen Unternehmestypen, die durch ähnlich gelagerte Probleme in ihrem Produktionsumfeld charakterisiert sind, eignet. Der Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht hier vor allem wiederum in der Abbildung der Unternehmestypspezifika über ein repräsentatives Simulationsmodell als auch entsprechender Auftrags- bzw. Primärbedarfsszenarien.

## Danksagung

Die Autoren dieses Beitrages möchten sich an dieser Stelle bei dem Referenzunternehmen für die Kooperation und Datenbereitstellung im Rahmen des durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekts, welches unter dem Förderkennzeichen 1749X08 geführt wird, sowie für die darüber hinaus geleistete Arbeit bedanken.

## Literatur

- Brodhun, C.: Auftragsabwicklungsmodelle für Produktionsdienstleister – Entwicklung von Konzepten und Lösungsansätzen für die materielle Auftragsabwicklung bei Contract Manufacturers – Schlussbericht. Nordhausen: Fachhochschule Nordhausen 2012.
- Bracht, U.; Geckler, D.; Wenzel, S.: Digitale Fabrik – Methoden und Praxisbeispiele. Berlin u. a.: Springer 2011.

- Chung, W. W. C.; Yam, A. Y. K.; Chan, M. F. S.: Networked enterprise – A new business model for global sourcing. *International Journal of Production Economics*, 87 (2004) 3, S. 267-280.
- Domschke, W.; Drexl, A.: *Einführung in Operations Research*. Berlin u. a.: Springer, 8. Auflage 2011.
- Herrmann, F.; Englberger, J.: Robuste Optimierung zur Produktionsprogrammplanung. Erscheint in: Claus, T.; Herrmann, F.; Manitz, M.; Brodhun, C. (Hrsg.): *Divergierende Ansätze zur operativen Produktionsplanung und -steuerung*. Voraussichtlich Berlin u. a.: Springer 2013.
- Hürtgen, S.: *Von Silicon Valley nach Shenzhen - Globale Produktion und Arbeit in der IT-Industrie*. Hamburg: VSA 2009.
- Klein, R.; Scholl, A.: *Planung und Entscheidung – Konzepte, Modelle und Methoden einer modernen betriebswirtschaftlichen Entscheidungsanalyse*. München: Vahlen, 2. Auflage 2011.
- Law, A. M.: *Simulation modeling and analysis*. New York: McGraw-Hill, 4. Auflage 2007.
- Lanza, G.; Peter, K.; Jondral, A.: Anwenderfreundliche und komplexitätsreduzierende Bewertung und Robustheitsuntersuchung von Lean-Methoden bei kleinen und mittleren Unternehmen. In: Zülch, G., Stock, P. (Hrsg.): *Integrationsaspekte der Simulation – Technik, Organisation und Personal*. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2010, S. 189-196.
- Lödding, H.; Friedewald, A.; Wagner, L.: Szenariosimulation mit Simulationsbaukästen. In: Zülch, G., Stock, P. (Hrsg.): *Integrationsaspekte der Simulation – Technik, Organisation und Personal*. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2010, S. 477-483.
- Rose, O.; März, L. (2011): Simulation. In: März, L.; Krug, W.; Rose, O.; Weigert, G. (Hrsg.): *Simulation und Optimierung in Produktion und Logistik – Praxisorientierter Leitfaden mit Fallbeispielen*. Berlin u. a.: Springer 2011.
- Scholl, A.: *Robuste Planung und Optimierung – Grundlagen, Konzepte und Methoden – Experimentelle Untersuchungen*. Heidelberg: Physica 2001.
- Scholtissek, P.: *Simulationsprüfstand für Logistikkonzepte der Produktion*. Düsseldorf: VDI 1996.
- Sturgeon, T. J.: Modular production networks – A new American model of industrial organization? *Industrial and Corporate Change*, 11 (2002) 3, S. 451-496.
- Syska, A.: *Auftragsfertiger in Deutschland – Situation, Trends und Handlungsempfehlungen*. Aachen: Shaker 2001.
- Teich, E.; Brodhun, C.; Claus, T.: Einsatz der Szenariotechnik in der Produktionsplanung. Erscheint in: Claus, T.; Herrmann, F.; Manitz, M.; Brodhun, C. (Hrsg.): *Divergierende Ansätze zur operativen Produktionsplanung und -steuerung*. Voraussichtlich Berlin u. a.: Springer 2013.
- VDI 3633 Blatt 1: *Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen – Grundlagen*. Berlin: Beuth 2010.
- Wenzel, S.; Weiß, M.; Collisi-Böhmer, S.; Pitsch, H.; Rose, O.: *Qualitätskriterien für die Simulation in Produktion und Logistik – Planung und Durchführung von Simulationsstudien*. Berlin u. a.: Springer 2008.
- Werner, M.: *Simulationsgestützte Reorganisation von Produktions- und Logistikprozessen*. München: Herbert Utz 2001.
- Wild, J.: *Grundlagen der Unternehmensplanung*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt 1974.