

---

# Simulationsgenerator als Entscheidungshilfe für produzierende Unternehmen

Felberbauer T. <sup>a</sup>, Hübl A. <sup>a</sup>, Altendorfer K. <sup>a</sup>, Jodlbauer H. <sup>a</sup>

<sup>a</sup> FH OÖ, Wehrgragengasse 1-3, A-4400 Steyr

---

## KURZFASSUNG/ABSTRACT:

In diesem Artikel wird ein Simulationsgenerator zur Entscheidungshilfe für produzierende Unternehmen entwickelt. Der Simulationsgenerator besteht aus zwei Komponenten: Der Datenbank und dem allgemeinen Simulationsmodell. Ergebnis des Artikels ist der Simulationsgenerator an sich, der basierend auf den simulationsrelevanten Daten in der Datenbank ein Modell einer Produktion abbildet. Das Simulationsmodell kann anschließend zur Entscheidungsunterstützung im Bereich der Jahreskapazitätsplanung von Maschinen und Personal oder zur Auswahl und Verbesserung der Dispositionsverfahren dienen.

**Keywords:** Diskrete-Eventsimulation; Simulationsgenerator, Produktionsplanung und -steuerung

## 1 MOTIVATION

Durch den steigenden Wettbewerbsdruck im Automotivsektor ist es wichtig die Potentiale in der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) auszuschöpfen. Aus Interviews mit Führungskräften von produzierenden Unternehmen wurden die Jahreskapazitätsplanung von Maschinen und Personal und die Parametrisierung und Auswahl von Dispositionsverfahren als relevante Problemstellungen identifiziert. Da sich diese praxisrelevanten Problemstellungen durch die vielen stochastischen Einflüsse nicht mehr mit analytischen Modellen beschreiben / beantworten lassen wird die Computersimulation als Lösungsmethode verwendet. Die Idee eines Simulationsgenerators liegt darin, dass ausgehend aus simulationsrelevanten Daten in einer Datenbank ein Simulationsmodell generiert wird, dass das Systemverhalten eines Unternehmens abbildet. Durch den generischen Aufbau des Simulationsmodells und die Ähnlichkeiten in den Fragestellungen kann der Simulationsgenerator für mehrere produzierende Unternehmen verwendet werden. Ein besonderer Schwerpunkt des FFG-Forschungsprojekts „Simulationsgenerator zur Simulation von Produktionssystemen“, im Zuge dessen der Generator entwickelt wird, liegt dabei auf der teilautomatisierten Erstellung von Simulationsmodellen basierend auf ERP-Daten.

Wird der Ablauf einer Simulationsstudie z.B. nach Kühn [4] betrachtet, ergeben sich folgende Bestandteile einer Simulationsstudie. Die einzelnen Phasen können grob unter

- Vorbereitung
- Modellierung
- Experimentieren und
- Realisieren

zusammengefasst werden. Kühn [4] zählt zu den wesentlichsten Erfolgsfaktoren einer Simulation die Datenbeschaffung und die Modellbildung. Zusätzlich wird im Artikel auf die Wechselwirkungen dieser beiden Punkte hingewiesen. Sie müssen in einer passenden Relation zueinander stehen, dabei müssen die wirtschaftlichen Aspekte und der Nutzen gegenübergestellt werden. Auch Jensen [2] weist auf diese beiden, bereits oben erwähnten, wichtigen Schritte im Entstehungsprozess einer Simulationsstudie hin. Zusätzlich beleuchtet dieser den zeitlichen Aufwand. Jensen [2] argumentiert, dass mehr als ein Drittel der Gesamtdauer eines Simulationsprojekts auf die Datenbeschaffung und Modellierung fallen. Der Autor untermauert seine Aussage mit einer Studie von Acel [1]. Aus dieser Studie geht hervor, dass ein enormer zeitlicher Aufwand auf die beiden Phasen Modellerstellung und Datenerhebung fällt. Daraus ergeben sich laut Jensen [2] folgende Diskrepanzen. Der Autor kritisiert:

*„[...]ein Großteil der benötigten Daten für Simulationsstudien ist bereits in verschiedenen Datenbanksystemen vorhanden“*

*„[...]bestehendes Datenmaterial wird nur unzureichend oder gar nicht für Simulationsstudien genutzt.“*

Den Nutzen des Simulationsgenerators sieht Jensen [2] dabei im Zeitgewinn bei der Datensammlung, Modellierung und Prüfung der Datenintegrität. Einen zusätzlichen Vorteil sehen Mackulak et al. [5] in der Wiederverwendbarkeit des Simulationsmodells. Quantitativ, weisen diese Autoren in ihrem Artikel, der sich mit einem generischen Datenmodell für die Simulationsmodellerstellung in der Halbleiterindustrie beschäftigt, auf eine Verkürzung der Analyse- und Modellbildungszeit von über sechs Wochen auf weniger als eine Woche hin. Aus den zuvor genannten Vorteilen eines Simulationsgenerators und den aus den Experteninterviews ergibt sich die Motivation einen Simulationsgenerator als Entscheidungshilfe für produzierende Unternehmen zu entwickeln.

## 2 SIMULATIONSGENERATOR KONZEPT

In Abbildung 1 wird das Simulationsgenerator Konzept grafisch dargestellt. In Abhängigkeit zur Problemstellung (z.B.: Jahreskapazitätsplanung oder Verbesserung der Dispositionsparameter) werden in Kooperation mit dem zu untersuchenden Unternehmen simulationsrelevante Daten identifiziert und aus den IT-Systemen exportiert. Mögliche Quellen zur Beschaffung von simulationsrelevanten Daten könnten das ERP- oder BDE-System sein.

Die exportierten Daten werden anschließend analysiert. Dabei werden z.B. Plandaten mit Rückmelde-daten verglichen, um Diskrepanzen zwischen Plan- und Real-Welt aufzuzeigen. Um ev. Laufzeit Probleme bei den späteren Simulationsstudien zu vermeiden, können in der Datenanalyse mittels ABC-Analyse die wichtigsten Kapazitätsträger des Unternehmens identifiziert werden. Bei der Simulation durchlaufen anschließend die Hauptkapazitätsträger alle Module des Simulationsmodells (Kunde, Produktionsplanung, Materialfreigabe, Maschinengruppen / Maschinen, Lager / FGI und Kunde). Die C-Artikel hingegen reduzieren nur die Verfügbarkeit der Maschinen, um so weniger Entitäten in der Simulation zu haben.

Nach der Datenanalyse werden die aufbereiteten Daten in einer fix strukturierten Datenbank gespeichert. Die Datenbank und das allgemeine Simulationsmodell sind die zwei wesentlichen Bestandteile des Simulationsgenerators. In der Datenbank sind simulationsrelevante Daten wie Materialien, Arbeitspläne, Stücklisten, Schichtpläne, Mitarbeiter, Maschinen, Maschinengruppen u.v.m. gespeichert. Das allgemeine Simulationsmodell wurde in der Java basierenden Simulationssoftware Anylogic aufgebaut. Das Simulationsmodell wurde so konzeptioniert, dass bei der Initialisierung die simulationsrelevanten Daten von der Datenbank an das Simulationsmodell übergeben werden. Durch das Replizieren von standardisierten Objekten und das Speichern der Stammdaten (Routing Informationen, Dispositionsparameter, usw.) im Simulationsmodell wird die Struktur und Funktionalität des Unternehmens hinsichtlich Kundenabrufverhalten, Planung und Steuerung, Materialfreigabe und Fertigungsablauf abgebildet. Mit dem aufgebauten Simulationsmodell werden nach der Validierung des Simulationsmodells Simulationsstudien durchgeführt. Die Validierung wird durch das Simulieren eines abgelaufenen Geschäftsjahres und den Vergleich der Kennzahlen von Simulationsmodell und Realität durchgeführt. In den Simulationsexperimenten werden je nach gewünschter Fragestellung z.B. unterschiedliche Marktszenarien simuliert und dafür die benötigten Kapazitäten hinsichtlich Maschinen und Personal ermittelt. Ein weiterer Untersuchungsgegenstand ist die Optimierung der Dispositionsparameter. Dabei werden in einem Optimierungslauf gute Parametersätze für die Dispositionsparameter (z.B.: Meldebestände, Losgrößen, Planübergangszeiten) hinsichtlich der logistischen Kennzahlen bestimmt. Die aus der Optimierung gewonnenen Erkenntnisse werden anschließend entweder in das ERP-System übernommen, oder dienen als Entscheidungsgrundlage für De-/ Investitionen bzgl. Personal oder Maschinen.

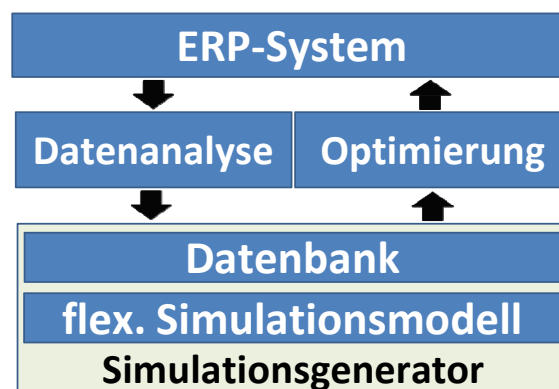


Abbildung 1. Grafische Konzeptdarstellung des Simulationsgenerators

### **3 SIMULATIONSMODELL**

Folgend wird konzeptionell das allgemeine Simulationsmodell, welches in der Simulationssoftware modelliert wurde, vorgestellt. Unter allgemeinem Simulationsmodell wird ein Simulationsmodell verstanden, das in vielen Bereichen für mehrere produzierende Unternehmen zur Simulation geeignet ist. Dieses Modell soll eine maximale Ausprägung der von den Unternehmen geforderten Funktionalitäten abbilden. Das Simulationsmodell unterliegt der Grundannahme, dass sich die geforderten Funktionalitäten der Unternehmen ähneln. Über die Parametrisierung werden die vom einzelnen Unternehmen benötigten Funktionalitäten des Simulationsmodells aktiviert. Somit kann das reale Produktionssystem durch die unternehmensspezifischen Daten, die in der Datenbank gespeichert sind, und das allgemeine Simulationsmodell, welches mit den Daten der Datenbank versorgt wird, abgebildet werden. Wie folgendes Zitat zeigt, gehen auch Wy et al. [6], bei der teilautomatisierten Simulationsmodellerstellung von Montagelinien, von der Grundannahme aus, dass die Prozesslogik einer Montagelinie im Allgemeinen immer dieselbe ist. Er beschreibt diese Grundannahme im folgenden Zitat:

„However, the basic process logic in any assembly line is the same“ [6].

Firmenspezifische Eigenheiten bzgl. Materialfreigabe, Fertigungsablauf oder Planung und Steuerung müssen manuell in das Simulationsmodell implementiert werden.

Nun folgt die Beschreibung der Bestandteile der einzelnen Bausteine des allgemeinen Simulationsmodells.

#### **3.1 Kunde**

Im Kundenmodul wird das Abrufverhalten der Kunden je Fertigteil abgebildet. Dabei gibt es zwei unterschiedliche Varianten. In Variante eins werden die Kundenaufträge direkt über eine Auftragsliste je Fertigteil erzeugt in der Fertigteilenummer, Wunschliefertermin und Auftragsgröße angegeben sind. In Variante 2 werden die Aufträge über ein stochastisches Abrufverhalten erzeugt, wobei auch die Auftragsgrößen, sowie die vom Kunden geforderten Lieferzeiten Schwankungen unterliegen. Nach dem Erreichen des Wunschliefertermins wird überprüft, ob der Auftrag aus dem Fertigwarenlager befriedigt werden kann. Ist dies nicht der Fall, wartet dieser bis die gewünschte Menge verfügbar ist.

#### **3.2 Produktionsplanung**

Aus den Kundenaufträgen und dem Jahresproduktionsprogramm werden im Produktionsplanungs-Baustein in einem hierarchischen MRPII-Konzept (siehe dazu Hopp und Spearman [7] oder Jodlbauer [3]) (Langfrist-, Mittelfrist und Kurzfristplanung) Planaufträge generiert und freigegeben. Neben MRP werden auch noch andere Planungs- und Steuerungsverfahren, wie das Meldebestandsverfahren oder Kanban abgebildet.

#### **3.3 Materialfreigabe**

Im Materialfreigabe-Baustein erfolgen das Lagermanagement und die Fertigungsauftragsfreigabe. Dabei sind unterschiedliche Freigabestrategien in einzelnen Szenarien implementiert. Eine Freigabestrategie ist, dass Aufträge nur dann freigegeben werden, wenn alle Untermaterialien in der benötigten Menge vorhanden sind. Eine weitere Strategie ist den Auftrag erst dann frei zu geben, wenn zusätzlich zur ersten Strategie auch noch die Verfügbarkeit der benötigten Maschinen überprüft wurde.

#### **3.4 Maschinengruppen/Maschinen**

Die Maschinengruppen und Maschinen sind hierarchisch aufgebaut. Eine oder mehrere Maschinen können einer Maschinengruppe zugeordnet werden. Die gesamte Fertigung besteht wiederum aus mehreren Maschinengruppen. Eine Maschinengruppe kann entweder über Technologien (Fräsen, Drehen, usw.) oder über Produktfamilien zusammengefasst werden.

Im Maschinen-Baustein erfolgt die Bearbeitung lt. Arbeitsplandaten. In den Arbeitsplandaten sind die Stochastik von Rüst- und Bearbeitungszeiten, sowie die dazugehörigen Personalzeiten abgebildet. Zusätzlich ist je Maschine ein stochastisches Störverhalten modelliert. Zusätzlich sind im Maschinenbaustein auch noch die Personal und Werkzeuganforderung abgebildet.

#### **3.5 Personalmodul**

Im Personalmodul sind die verfügbaren Mitarbeiter des Unternehmens abgebildet. Mitarbeiter mit identischen Fähigkeiten und Schichtplänen werden zu einer Personalgruppe zusammengefasst. Zum Schichtbeginn stehen alle Mitarbeiter zur Verfügung und warten auf die Personalanforderungen, die im Maschinenbaustein bei Auftragseingang oder für Restbearbeitungen bei Schichtende erzeugt werden. Zu Schichtende werden alle Mitarbeiter an die Personalmodule zurückgesendet und warten dort

bis zum nächsten Schichtbeginn. Für noch nicht abgeschlossene Fertigungsaufträge werden erneut Personalanforderungen erzeugt. Je Mitarbeiter können unterschiedliche Schichtpläne definiert werden. Ein Schichtplan beinhaltet alle produktiven Tage im Unternehmen im Simulationszeitraum bei dem die dazugehörigen Schichtanfänge und Schichtenden eingetragen sind. Für alle nichteingetragenen Tage stehen die Mitarbeiter nicht zur Verfügung. Ein Mitarbeiter kann mehrere Fähigkeiten besitzen. Generell wird zuerst vom Maschinen-Baustein der Mitarbeiter mit den wenigsten Fähigkeiten (Anzahl der Fähigkeiten) angefordert. Erst wenn dieser nicht zur Verfügung steht wird ein besser ausgebildeter Mitarbeiter (mehr Fähigkeiten) angefordert.

#### 4 ERGEBNISSE

Ein Ergebnis ist der Simulationsgenerator an sich, der bei der Initialisierung des Simulationsmodells, aus den modelldeterminierenden Daten der Datenbank ein Simulationsmodell erstellt. Mit diesem Simulationsmodell können dann, Fragestellungen zur Jahreskapazitätsplanung und zur Auswahl und Parametrisierung der Dispositionsverfahren, durch Simulationsexperimente, bei denen logistische Kennzahlen ausgewertet werden, beantwortet werden. Im Bereich der Jahresplanung soll der Simulationsgenerator den Unternehmen als Entscheidungshilfe in Fragestellungen wie, Marktszenarien (z.B. +/-20% Absatz), De-/Investitionen von Maschinen, Arbeitszeitmodellszenarien und Festlegungen der Personalstruktur (Anzahl Stammmitarbeiter, Anzahl Leasingmitarbeiter) dienen.

Bei den Dispo-Fragestellungen werden Steuerungslogiken je Material / Bereich ausgewählt, Planungslogiken optimal parametrisiert und dabei stets die Auswirkungen auf die KPI's bzw. Kosten betrachtet. Ein zusätzlicher Mehrwert für Unternehmen ergibt sich aus der Datenanalyse der ERP-Daten. Dabei wird durch statistische Verfahren auf Rückmeldefehler oder Inkonsistenzen in den Daten hingewiesen. Ein weiterer Nutzen des Simulationsgenerator besteht in der Reduktion des zeitlichen Aufwands einer Simulationsstudie. Die größten Potentiale für die Zeitreduktion besitzen die Teilschritte der Simulationsmodellerstellung und der Simulationsmodellverifizierung. Weitere Vorteile sind die effiziente Abbildung von Simulationsszenarien in der Datenbank, sowie die Wiederverwendbarkeit der Simulationsmodelle.

**Danksagung:** Dieser Artikel wurde im Rahmen des FFG-Projekts SimGen verfasst (Projektnummer: 826789)

#### 5 LITERATURVERWEISE

- [1] Acel P. Systems-Engineering und Simulation. Tagungsband "Simulation - Ein Blick in die Zukunft" 1992.
- [2] Jensen S. Eine Methodik zur teilautomatisierten Generierung von Simulationsmodellen aus Produktionsdatensystemen am Beispiel einer Job-Shop-Fertigung. Kassel Univ. Press; 2007.
- [3] Jodlbauer H. Produktionsoptimierung: Wertschaffende sowie kundenorientierte Planung und Steuerung. Springer; 2008.
- [4] Kühn W. Digitale Fabrik: Fabriksimulation für Produktionsplaner. Hanser Fachbuchverlag; 2006.
- [5] Mackulak GT, Lawrence FP, Colvin T (Eds). Effective simulation model reuse: a case study for AMHS modeling. IEEE Computer Society Press: Los Alamitos, CA, USA; 1998.
- [6] Wy J, Jeong S, Kim B, Park J, Shin J, Yoon H, Lee S. A data-driven generic simulation model for logistics-embedded assembly manufacturing lines. Computers & Industrial Engineering 2011;60; 138-147.
- [7] Hopp WJ, Spearman ML. Factory physics. Foundations of manufacturing management. Irwin McGraw-Hill: Boston, MA ; London; 2000.