

Kapitel 5

Kopplung von Simulation und Optimierung

Lothar März und Wilfried Krug

5.1 Kopplungsarten von Simulation und Optimierung

Die ereignisdiskrete Simulation ist ein mächtiges Werkzeug zur Analyse und Bewertung von logistischen Systemen. Solche realen Systeme lassen sich wie folgt charakterisieren (van Dijk u. van der Sluis 2007):

- Sie sind komplex.
- Sie weisen stochastisches Verhalten auf.
- Sie bedürfen üblicherweise einer Optimierung hinsichtlich Ressourcenauslastung, Durchlaufzeiten, Termintreue, Kosten u. a.

Optimierungsmethoden dagegen finden ihre Anwendung zumeist nur dann, wenn

- das System hinreichend einfach (zu modellieren) ist und
- vereinfachte Annahmen unterstellt werden können.

Es ist daher naheliegend, die Vorteile von Simulation und Optimierung zu kombinieren. Dabei fällt der Simulation die Rolle der Bewertung zu, während die Optimierung die Aufgabe übernimmt, die beste Parameterauswahl für eine optimale Zielerreichung zu finden (Krug 2002). Die jeweiligen Vorteile von Simulation und Optimierung sind nachfolgend aufgeführt.

Vorteile der Simulation

- Berücksichtigung praxisrelevanter Komplexität
- Berücksichtigung von real auftretenden Zufallsereignissen (Mengen- und Zeitschwankungen, Ausfälle) durch Stochastik.

L. März (✉)

LOM Innovation GmbH & Co. KG, Kemptener Straße 99, 88131 Lindau (Bodensee),
Deutschland, www.lom-innovation.de
E-Mail: lom@aon.at

Vorteile der Optimierung

- Auffinden besserer (im Idealfall: optimaler) Lösungen
- Einblick in der Lösungsfindung

Die Verknüpfung von Simulation und Optimierung lässt sich anhand unterschiedlicher Kriterien klassifizieren. Entscheidend für die Kopplungsart sind die gegenseitige Abhängigkeit der verwendeten Simulations- und Optimierungsprozeduren, die Relation von Unter- bzw. Überordnung sowie die zeitliche Abfolge der Berechnungen (VDI 3633 Blatt 12 2006). Grundsätzlich lassen sich die Varianten sequentieller und hierarchischer Verknüpfungen unterscheiden. Damit lassen sich Simulation und Optimierung auf vier grundlegende Arten koppeln. Möglich sind auch Kombinationen der genannten Architekturen.

5.2 Optimierung ist in die Simulation integriert

Bei der hierarchischen Architektur ist eine Methode dominant und steuert die andere Methode. Im Falle, dass die Simulation das führende System ist, löst die Optimierung in Abhängigkeit des aktuellen Status des Simulationsmodells die ihm übertragende Aufgabenstellung und spielt die Ergebnisse an die Simulation zurück (Abb. 5.1). Ein praktisches Beispiel hierzu ist die Überprüfung einer operativ eingesetzten Reihenfolgeoptimierung vor einer Engpassmaschine, die im Rahmen einer übergeordneten Produktionsplanung hinsichtlich seiner Auswirkungen auf die gesamte Produktion bewertet werden soll. Beispiele hierfür finden sich in den Fallbeispielen Kap. 11 und 17.

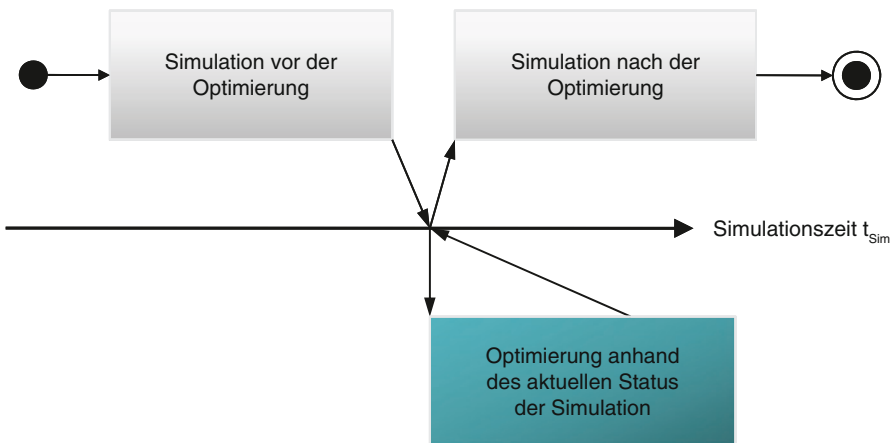


Abb. 5.1 Optimierung innerhalb der Simulation

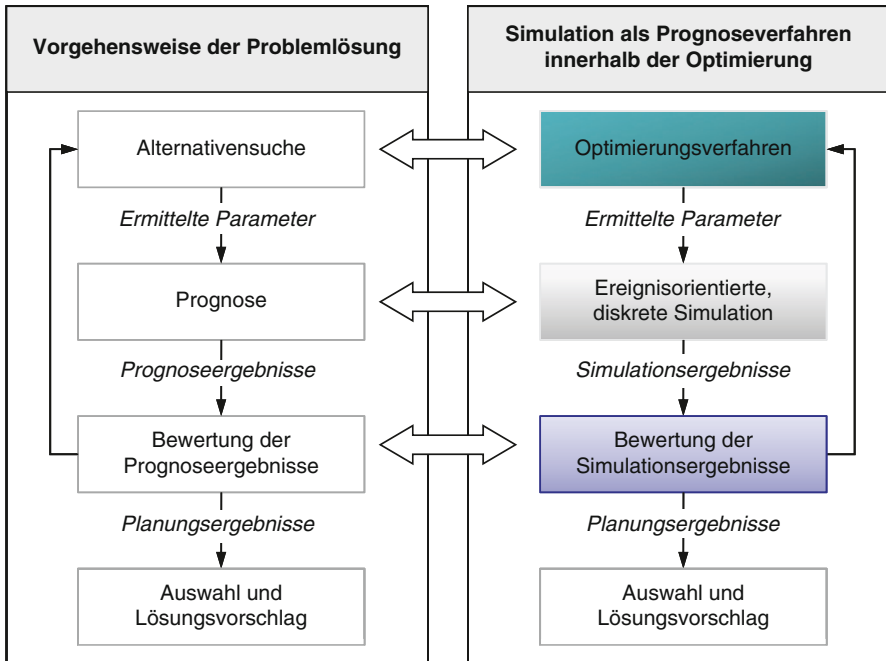


Abb. 5.2 Simulation als Prognosefunktion. (März 2002)

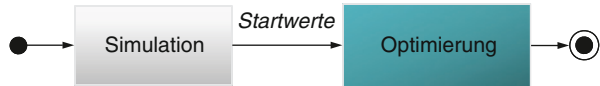
5.3 Simulation als Bewertungsfunktion der Optimierung

Im umgekehrten Falle, wenn die Simulation durch die Optimierung gestartet wird, stellt die Simulation in Form der Ergebnisdaten die Grundlage für eine Bewertung des dynamischen Verhaltens des abgebildeten Produktionssystems dar. Die Simulation ist die Prognosefunktion im Rahmen des allgemeinen Ablaufs einer Problemlösung, das Optimierungsverfahren repräsentiert die Alternativensuche (Abb. 5.2). Ein Beispiel hierzu ist die Ermittlung der optimalen Auftragseinlastung und -reihenfolge zur Erreichung einer maximalen Produktivität. Diese Kopplungsart ist mit Abstand am häufigsten anzutreffen, Beispiele hierfür finden sich in den Fallbeispielen in Kap. 6 bis 10, 12, 13 sowie 15 und 16.

5.4 Simulationsergebnisse als Startwert der Optimierung

Die sequentielle Architektur unterscheidet sich gegenüber der hierarchischen Architektur, bei der ja ebenfalls wechselseitig Daten ausgetauscht werden, dahingegen, dass die Ergebnisse der einen Methode als abgeschlossenes Ergebnis vorliegt. So wird bei der Kopplungsfolge Simulation – Optimierung zunächst über den Gesamt-

Abb. 5.3 Simulation als Startwert der Optimierung



betrachtungsumfang simuliert und die Ergebnisse in der Optimierung als Eingangsgröße verwendet (Abb. 5.3). Diese Architektur dient beispielsweise dazu, mit der Simulation die notwendigen Kapazitätsanforderungen zu ermitteln, um im Nachgang der Optimierung diese Kapazitätsbedarfe mit konkreten Betriebsmitteln zu verknüpfen. Als Fallbeispiel dient Kap. 14.

5.5 Optimierungsergebnisse zur Konfiguration der Simulation

Im Falle der vorgelagerten Optimierung dient die Simulation zur Überprüfung der Machbarkeit der vorgeschlagenen Lösung (Abb. 5.4). Oftmals ist es nicht möglich (und wenig sinnvoll), die kausalen Bedingungen einer Produktion vollständig analytisch in Form von Bedingungen und Restriktionen zu formulieren. Daher erscheint es sinnvoll, die mathematische Formulierung auf die elementaren Kriterien zu beschränken und eine Lösung zu generieren. Mit Hilfe der Simulation, die implizit die Wirkzusammenhänge durch Abbildung der relevanten Verhaltensregeln erfasst, kann die Optimierungslösung auf Realisierbarkeit geprüft werden. Ein inhaltlich unterschiedlicher Zweck wird mit dem gleichen Architekturproblem gelöst, indem die Optimierung zulässige Startwerte für die Simulation ermittelt.

5.6 Problemklassen

Die Auswahl des richtigen Optimierungsverfahrens richtet sich nach Art und Umfang der Problemklasse. Grundsätzlich lassen sich drei unterschiedliche Klassen von Problemen unterscheiden (Abb. 5.5). Bei Reihenfolgeproblemen stellt sich die Frage, welchen Rang jedes Planungsobjekt aus einer Liste erhalten soll. Typisches Beispiel ist die Festlegung einer Auftragsreihenfolge, die determiniert, in welcher Folge Aufträge in die Produktion eingesteuert werden sollen. Bei Zuordnungsproblemen steht die Aufgabe im Raum, Zuordnungen von unterschiedlichen Planungsobjekten vorzunehmen. Beispiele hierfür sind Zuordnungen von Mitarbeiter zu Schichtplänen, Aufträge zu Betriebsmitteln, etc. Eine weitere Problemklasse stellt

Abb. 5.4 Simulation zur Überprüfung der Machbarkeit der Optimierung

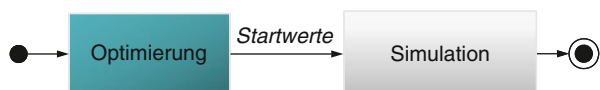


Abb. 5.5 Problemklassen und beispielhafte Aufgaben aus der Produktionslogistik

Reihefolgeproblem	Zuordnungsproblem	Parametervariation
<ul style="list-style-type: none"> • Auftragsreihenfolge • Rüstreihenfolge 	<ul style="list-style-type: none"> • Zuordnung von Mitarbeiter zu Schichtplänen • Zuordnung von Aufträgen zu Betriebsmittel 	<ul style="list-style-type: none"> • Losgrößen • Planzeiten • Leistungsgrößen (Stück/h, m/s, ...) • Pufferfläche • ...

die Parametervariation dar, bei der eine Stellgröße in seinem Wert verändert wird. Ein Beispiel hierzu ist die Aufgabe zur Ermittlung einer optimalen Losgröße.

In den meisten anzutreffenden Aufgabenstellungen in der betrieblichen Praxis sind mindestens zwei der drei genannten Problemklassen betroffen. Auch dies ist einer der Gründe, warum eine einzelne Methode von Simulation und Optimierung nicht hinreichend ist, um zufriedenstellende Resultate zu erhalten. Die Optimierung stößt bei zu komplexen Aufgabenstellungen an ihre Grenzen, der manuelle Aufwand zur Formulierung übersteigt den Nutzen und der Rechenaufwand zur Lösung des Algorithmus wird unbefriedigend. Die Simulation gibt durch Szenarienbildung und dem Vergleich keinen zielgerichteten Lösungsweg vor, dies obliegt dem Anwender. Nun kann es bei sehr komplexen Systemen nicht mehr durchschaubar sein, welche Stellgrößen, welche Zuordnungen und welche Reihenfolgen in Kombination wie vorzunehmen sind, um eine im Sinne von antagonistischen Zielgrößen optimale Auswahl zu treffen. Die simulationsgestützte Optimierung biete dem Planer ein Entscheidungswerkzeug, das ihn bei dieser Aufgabe unterstützt. Die in diesem Buch aufgeführten Fallbeispiele sollen aufzeigen, welche Einsatzfelder mit welcher Planungsarchitektur gelöst wurden.

Literatur

- März L (2002) Ein Planungsverfahren zur Konfiguration der Produktionslogistik. IPA-IAO Forschung und Praxis 351. Universität Stuttgart
- Krug W (2002) Coupling ISSOP with other simulation systems. Modelling, simulation and optimization for manufacturing, organisational and logistical processes 2002. SCS European Publishing House, Erlangen, S 132–185
- Van Dijk NM, Van Der Sluis E (2007) Practical optimization by OR and simulation. 6th EURO-SIM Congress on modelling and simulation. 9–13 Sept 2007, Ljubljana, Slovenia
- VDI 3633 Blatt 12 (2006) Simulation und Optimierung Weissdruck Vorentwurf Nr 1 2006-09-01

Simulation und Optimierung in Produktion und Logistik

Praxisorientierter Leitfaden mit Fallbeispielen

März, L.; Krug, W.; Rose, O.; Weigert, G. (Hrsg.)

2011, XVI, 244 S. 100 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-642-14535-3