

# **Minimale Lagerhaltungskosten bei vorgegebenen Lieferfristen mit Simulation und Optimierung**

Lothar März, Wilfried Krug, Philipp Thurnher, Sebastian Stricker  
Lothar.maerz@vresearch.at, wkrug@dualis-it.de  
VResearch GmbH / Dualis IT GmbH  
Stadtstrasse 33, A-6850 Dornbirn / Tiergartenstraße 32, D-01219 Dresden

## **Kurzfassung**

Erne Fittings GmbH in Schlins, Vorarlberg, ist ein Produzent von Rohrbögen, T-Stücken und Reduzierungen, die nach Normvorschriften oder individuell nach Kundenwünschen hergestellt werden. Insbesondere bei den Standardprodukten rückt die kurze Lieferzeit als Qualitätsmerkmal der Auftragserfüllung in den Vordergrund. Der hohen Verfüg- und Lieferbarkeit kommt neben dem Preis zunehmende Bedeutung zu und sie dient als Differenzierungsmerkmal zum Wettbewerb.

Das Ziel des beschriebenen Projektes ist eine optimierte und aufeinander abgestimmte Fertigungsplanung und Beschaffung, um die Lagerhaltungskosten für Rohmaterial- und Fertigwarenlager zu senken. Dazu wurden folgende Teilschritte realisiert.

- Analyse und Bewertung der Auftragsabwicklung und ihre Konsequenzen auf die Bevorratungslogistik.
- Entwicklung einer Planungsmethodik zur Fertigungseinplanung und Beschaffung.
- Realisierung einer Optimierungskomponente und Integration in das operative Planungssystem bei Erne mit ISSOP<sup>®</sup>.
- Überprüfung der Planungsmethodik durch Abbildung der Beschaffungs- und Fertigungsprozesse in einem Simulationsmodell mit Flexsim<sup>®</sup>.

## **1 Ausgangssituation und Zielsetzung**

Das Unternehmen Erne Fittings GmbH (Erne) mit Sitz in Schlins produziert an drei Produktionsstandorten in Österreich und Deutschland Einschweißittings. Die Produktpalette umfasst Rohrbögen, T-Stücke und Reduzierungen, die nach Normvorschriften oder individuell nach Kundenwünschen hergestellt werden. Das Unterscheidungsmerkmal von Erne bei den Standardprodukten (Preislistenartikel) gegenüber Konkurrenten ist im Service der Auftragsabwicklung gegeben: hohe Verfügbarkeit einer umfassenden Produktpalette, kurze Lieferzeiten und Einhaltung der zugesagten Liefertermine.

Die Liefertermine sind für die Preislistenartikel kürzer als die Wiederbeschaffungszeit (WBZ). Um nun den gewünschten Service zu erfüllen, ist Erne daher genötigt, die Preislistenartikel auf Fertigwarenlager zu legen. Die bevorrateten Mengen werden auf

Basis von Vergangenheitswerten der Artikelverkäufe ermittelt. Die Bestellungen der Kunden erfolgen in Abhängigkeit von definierten Preisklassen, mit denen in Abhängigkeit von Menge und Liefertermin die Preise gebildet werden. Daneben gibt es noch Vertragsbindungen mit Kunden, die eine hundertprozentige Verfügbarkeit im Rahmen einer vierteljährlichen Vorschau der Abnahmemengen gewährleisten.

Die Produktion fasst Artikel nach Rüstgruppen (gleiches Werkzeug) zusammen. In periodischen Abständen werden die Rüstgruppen mit hohen Abnahmemengen gefertigt. Artikelrüstgruppen mit ungleichmäßigen und/oder kleinen Abnahmemengen werden nach Bedarf eingeplant. Das Vormaterial hat aktuell sehr lange und wechselnde Beschaffungszeiten (Stahlmarkt). Vormaterial wird auf Basis der eingeplanten Bedarfe bestellt. Ein Vormaterial kann in unterschiedliche Endprodukte eingehen.

Zukünftig will Erne das Geschäft mit Vertragskunden ausbauen. Darüber hinaus möchte Erne für „Notfälle“ des Kunden ein volles Produktsortiment in kleinen Mengen jederzeit anbieten können. Vor diesem Hintergrund besteht die Befürchtung im Hause Erne, dass die zu erwartenden Lagerbestände die verfügbaren Lagerkapazitäten für Vormaterial und Fertigwaren sprengen werden. Erne beauftragte daher VResearch mit der Aufgabe, die unterschiedlichen Geschäftsprozesse der Auftragsabwicklung im Hinblick auf ihre Konsequenzen auf die Bevorratungslogistik zu bewerten und eine geeignete Strategie zur Einplanung von Fertigungsaufträgen und Vormaterialbestellungen zu entwickeln. Darauf aufbauend soll ein Planungswerkzeug softwaretechnisch realisiert und im Hause Erne implementiert werden.

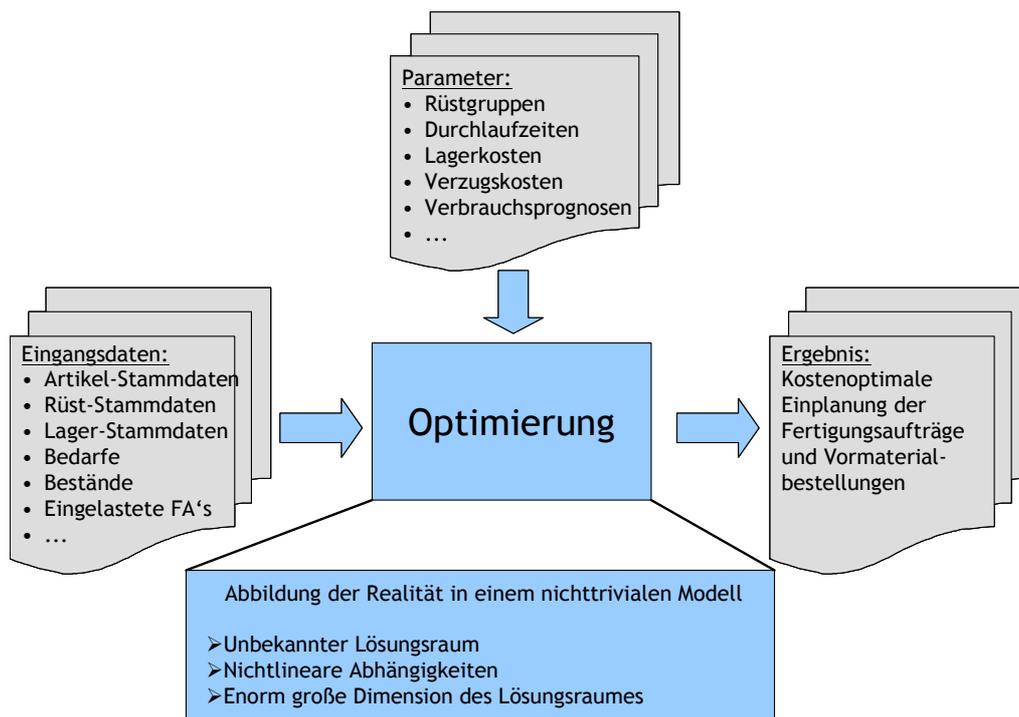
## **2 Problemstellung**

Durch eine Analyse der Auftragsabwicklungsprozesse in den Bereichen Vertrieb, Disposition, Arbeitsvorbereitung und Einkauf wurden die Einflussgrößen und Wirkzusammenhänge untersucht und führten zu nachfolgenden Erkenntnissen.

- Insgesamt gibt es bei Erne vier verschiedene Bestellprozesse, die sich hinsichtlich Bestellmengen und -lieferfristen unterscheiden.
- Die Verbrauchstonnagen der Preislistenartikel folgen einer klassischen ABC-Verteilung: 87% der Tonnage wird durch 27% der Artikel umgeschlagen.
- Die Fertigung unterliegt einem Fertigungsrhythmus, d.h. in periodischen Abständen von 4-6 Wochen werden gleiche Rüstgruppen aufgelegt. Eine Rüstgruppe entsteht an einen der ersten Arbeitsplätze und fasst eine Gruppe von Artikeln zu einem Rüstvorgang zusammen. Da die Rüstvorgänge teilweise sehr hoch sind, werden nachrangige Artikel grundsätzlich an solche Rüstgruppen angegliedert.
- Die Beschaffungsprozesse basieren momentan vollständig auf Prognosen, da die Wiederbeschaffungszeiten (WBZ) für Stahlrohre zurzeit größer sind als die geforderten Lieferzeiten des Kundenmarktes von Erne.
- Die Produktstruktur ist einstufig. Die Hälfte aller Vormaterialien gehen in mehrere Endartikel ein.

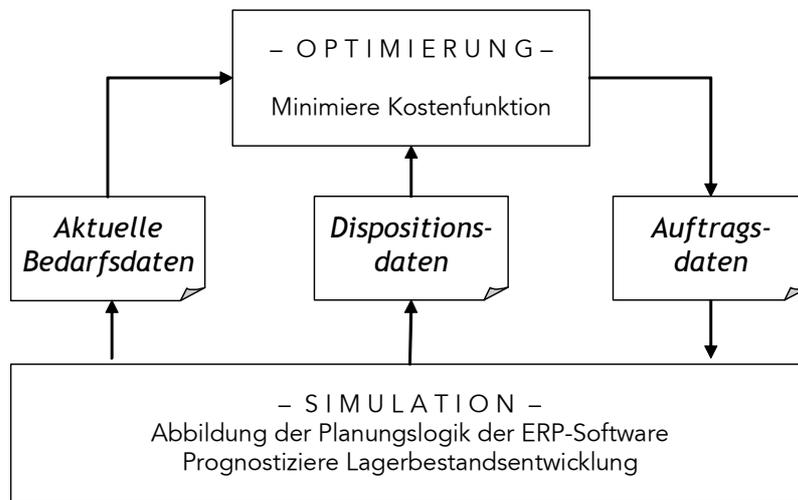
- In Abhängigkeit vom Produktionsstandort (Rohwaren) und Produktdimension (Fertigwaren) werden fünf Lager unterschieden, die jeweils eine maximale Aufnahmekapazität besitzen.

Ergebnis der Analyse war die Erkenntnis, dass die unter Kostenaspekten optimale Einplanung von Fertigungsaufträgen und Bestellungen eine Reihe von Einflussgrößen zu berücksichtigen hat, die nicht-linear zusammenhängen (Bild 1).



**Bild 1:** Das Planungsproblem bei Erne

Aufgrund des hoch dimensionierten, nicht-linearen Optimierungsproblems ist der Einsatz stochastischer nicht-linearer Algorithmen erforderlich. Die Firma Dualis IT GmbH mit Sitz in Dresden bietet hierzu eine Softwarelösung ISSOP<sup>®</sup> an, bei der lokale und globale Verfahren kombiniert werden und die für große Suchräume, wie es bei diesem Problem vorliegt, geeignet erscheint. Zur Überprüfung der Planungsqualität der Optimierung und der Plausibilität der Stammdaten entschied man sich für eine Testumgebung, in der die Planungslogik des operativen ERP-Systems und die Fertigungsprozesse in einem Simulator abgebildet wurden. Als Simulationssoftware wurde Flexsim<sup>®</sup> eingesetzt (Bild 2).



**Bild 2:** Testumgebung Simulation und Optimierung

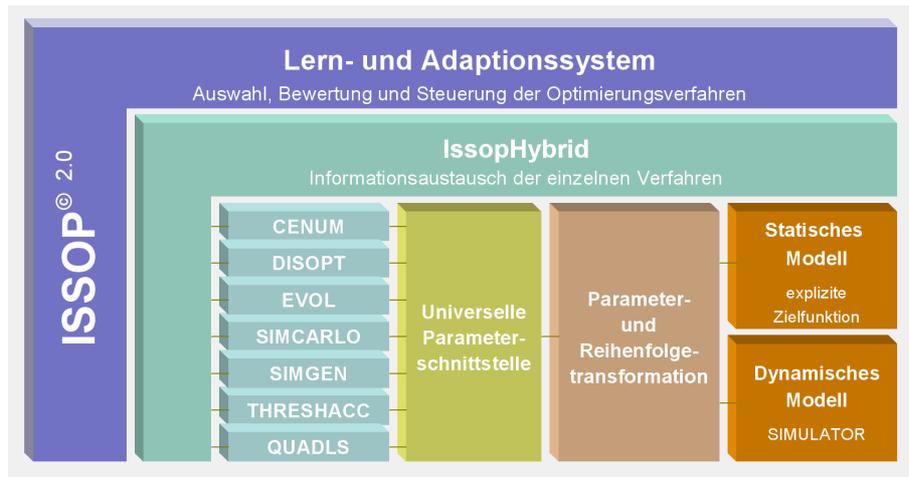
Der Simulator übergibt periodisch die aktuellen Dispositions- und Bedarfsdaten an den Optimierer, der Vorschläge zur Fertigungsauftrags- und Bestelleinlastung wieder zurückgibt. Dabei fungiert die Simulation als Taktgeber, der die Fertigwaren- und Bestelloptimierungen anstößt und die Zugänge von Vormaterial und Fertigwaren auf Basis der Wiederbeschaffungs- und Durchlaufzeiten ermittelt. Die Simulation ersetzt damit die Verhaltensweise der operativen Planungssoftware bei Erne (Brain) und simuliert Warenzu- & -abgänge von den Lagern.

### 3 Die Optimierung mit ISSOP<sup>®</sup>

Zur Bearbeitung des enorm großen Lösungsraumes des Optimierungsproblems bei Erne (Bild 1) wurde das Intelligente System zur Simulation und Optimierung, ISSOP<sup>®</sup> [1], eingesetzt. Dahinter verbirgt sich ein leistungsstarkes Optimierungstool, welches durch Kombination mehrerer Optimierungsalgorithmen auch für komplexe Praxisprobleme gut geeignet ist.

Intern arbeiten dabei sieben Methoden, die den Bereichen stochastische, evolutionäre und lineare Verfahren zugeordnet werden können. Durch die quasi-parallele Arbeitsweise ergänzen sich lokale und globale Strategien, so dass die Vorteile der einzelnen Algorithmen stets gut ausgenutzt werden können – unabhängig von der zugrundeliegenden Problemstellung. Erreicht wird dies durch ein System zum Informationsaustausch der Verfahren untereinander, dem ISSOP<sup>®</sup>-Hybrid-Modul. Dabei handelt es sich um ein komplexes und ausgefeiltes Regelwerk, das genau festlegt, wann und wie Informationen unter den Verfahren ausgetauscht werden. Somit wird verhindert, dass schlechte Lösungen verbreitet werden oder lokale Extrempunkte die Suche nach dem Optimum negativ beeinflussen.

Ein übergeordnetes Adaptionssystem komplettiert die ISSOP<sup>®</sup>-Architektur (Bild 3). Dieses agiert als globaler Scheduler über alle sieben Strategien und weist Verfahren, die große Verbesserungen erzielen entsprechend mehr Rechenzeit zu. Die Fairness bleibt dabei stets erhalten. Damit werden automatisch für jedes beliebige Optimierungsproblem die geeignetsten Verfahren identifiziert, ohne dass der Nutzer spezielles Wissen über die Strukturierung des Suchraumes oder die Algorithmen selbst benötigt.

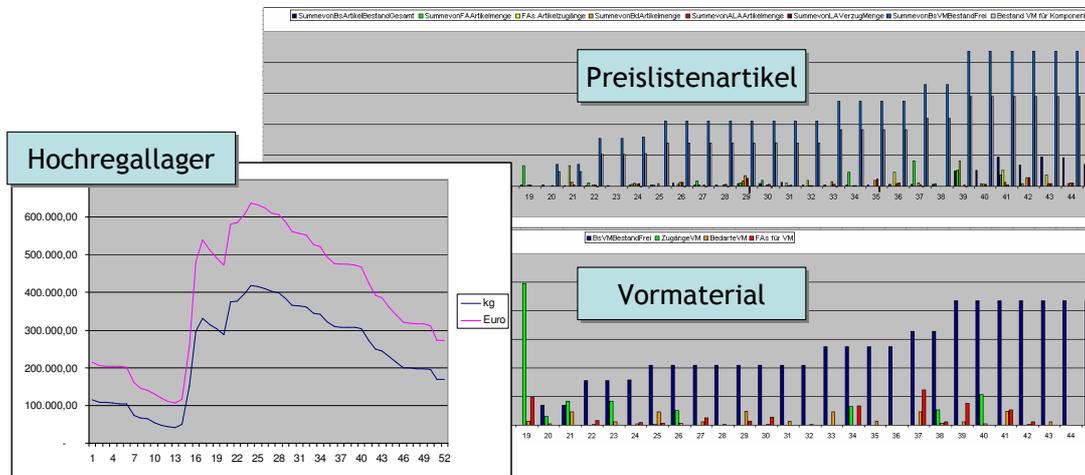


**Bild 3:** Die ISSOP<sup>®</sup>-Architektur

#### 4 Die Simulation mit Flexsim<sup>®</sup>

Flexsim ist ein Softwaremodellierungstool zur Simulation und Visualisierung von Geschäftsprozessen. Hierbei ist es egal, ob es ein Prozess aus dem Bereich Fertigung, Logistik oder Administration ist, da die Flexsim Modellierungsobjekte flexibel an den jeweiligen zu modellierenden Prozess angepasst werden können. Flexsim basiert auf C++ und unterstützt die vollständige Verwendung der hierarchischen Strukturen der Microsoft Visual C++ Entwicklungsumgebung. Dies erleichtert die Integration in operative Systeme und erhöht die Akzeptanz bei IT-Entscheidern.

Im Falle der beschriebenen Aufgabenstellung diente der Simulator als Abbild der Planungssoftware Brain und der Fertigungsprozesse. Um die Ergebnisqualität der Optimierung überprüfen zu können, wurden die Vergangenheitsdaten der letzten zwei Jahre herangezogen. Auf Basis dieser Bedarfe wurde das Systemverhalten bezüglich Einlastungen (Fertigungsaufträge und Bestellungen) und Bestandsverläufen simuliert. Der kontinuierliche Datenaustausch zwischen Simulator und Optimierer wurde protokolliert, aufbereitet und in Diagrammen anschaulich visualisiert. In Bild 4 rechts sind die Bedarfs- und Materialzu- & Materialabgangsbewegungen eines Artikels und seines Vormaterials über die Wochen dargestellt. In Bild 4 links ist der Bestandsverlauf ausgewählter Artikel im Hochregallager in Wert und Gewicht dargestellt.



**Bild 4:** Bestands- und Bedarfsverläufe

## 5 Fazit

Der hier vorgestellten Problemstellung haben sich viele Firmen zu stellen: die Differenzierung gegenüber Konkurrenten in einem Markt von Standardartikeln kann zumindest für westeuropäische Firmen nicht über den Preis gewonnen werden. Alleinstellungsmerkmale können durch die Kombination aus Qualität, Service und Preis entstehen: im Falle von Erne bedeutet dies die Sicherstellung einer hohen Verfügbarkeit zu einem akzeptablen Preis. Die damit verbundene Aufgabenstellung einer kostenoptimierten Fertigungsplanung und Beschaffung ist situationsgerecht vorzunehmen und kann mit standardisierten Planungsmethoden nicht erreicht werden. Das Wissen zur Anwendung allgemeingültiger Problemlöser ist vorhanden und beschrieben (u. a. in [2]), ihre Umsetzung hinkt aber den Möglichkeiten weit hinterher. Dieser Beitrag stellt einen erfolgreichen Einsatz einer komplexen Optimierungsaufgabe im industriellen Umfeld dar.

## 6 Literatur

- [1] *Krug, W.:* Modellierung, Simulation und Optimierung. Erlangen: SCS European Publishing-House, ISBN 3-936150-02-8, 2001
- [2] *März, L.:* Ein Planungsverfahren zur Konfiguration der Produktionslogistik. Heimsheim: Jost-Jetter, 2000 (IPA-IAO Forschung und Praxis 351) Stuttgart, Universität, Diss., 2002