

Optimierte Entscheidungsfindung durch Simulation

Publikation von Dr. Uwe Altenschmidt in der „Zeitschrift für Unternehmensentwicklung und Industrial Engineering“ (5/1999)

1 Einleitung

Prozesse zu simulieren bedeutet für viele Entscheidungsträger noch heute, sich auf unsicheren Boden zu bewegen. Dabei wird vielfach die Zielsetzung von Prozesssimulation falsch eingeschätzt. Durch DV-gestützte Simulationsmodelle werden Entscheidungshilfen gegeben, die einen Prozessablauf steuerbar und kalkulierbar machen.

Bereits vor über fünf Jahrzehnten begann man insbesondere in England Verfahren zu entwickeln, die heute unter „Operation Research“ (Optimierungsrechnung = OR) zusammengefasst werden. Sie behandeln in der Hauptsache folgende Themen:

- Lagerhaltung
- Warteschlangen
- Reihenfolgen (Maschinenbelegung)
- Lineare und Dynamische Optimierung
- Mischen von Substanzkomponenten
- Auslastung von Ressourcen
- Transportvorgänge mit Umladungen
- Zuordnung von Betriebsmitteln und Aufgaben/Menschen

Je nach der Art des Lösungsweges kann man die Verfahren in zwei Gruppen einteilen:

1. Anwendung einer Formel (z.B. der Losgrößenformel nach Andler):
Berechnung der kostengünstigen Losgröße für eine Produktion oder für eine Bestellung.
2. Wenn das zur Lösung einzusetzende Modell keine Formel liefert oder „when all other fails“, lassen sich die Methoden der Simulation mit Erfolg einsetzen.

2 Anwendung von Simulationsmodellen

In einem Simulationsmodell verwendet man heute im allgemeinen von Computern erzeugte Zufallszahlen (gleichverteilt zwischen 0 und 1). Diese Zahlen werden durch mathematische Relationen so in Werte umgeformt, dass sie der Realität nach Ausprägung und Häufigkeit weitgehend nahe kommen. Es liegt auf der Hand, dass in dieser Umformung die hohe Kunst der Gestaltung eines Simulationsmodells besteht.

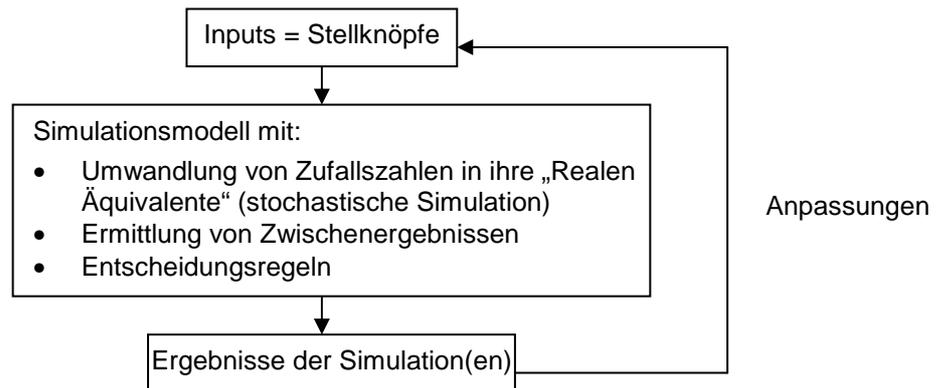


Abbildung 1 Ablaufschema eines Simulationsmodells

Ein gutes Modell (s. Abbildung 1) weist für die Dateninputs eine variable Anzahl von „Stellknöpfen“ auf, in Abhängigkeit von der Anzahl der Einflussgrößen. Durch Variieren der Stellknöpfe kann man Resultate als Modelloutput erhalten, die Hinweise auf die Lage und die Größe des möglichen Optimums geben und somit zu einer begründbaren Entscheidung führen. Die folgenden Beispiele sollen einen Auszug der Ersatzgebiete für Simulationsmodelle vorstellen.

Als erstes Beispiel soll eine Lagerhaltung bei stochastischen Bedarfen gewählt werden. Berücksichtigt werden die Bedarfe an gleichen Verschleißteilen für drei Produkte, Lagerkosten, Bestellkosten und Fehlmengenkosten.

| Strategie | a | b | c | d | e | f |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Bestellschwelle | 525 | 525 | 525 | 1050 | 1050 | 1050 |
| Losgröße | 1575 | 2100 | 2625 | 1050 | 1575 | 2100 |
| Lagerkosten | 0,698 | 1,186 | 1,802 | 0,51 | 1,691 | 2,239 |
| Fehlmengenkosten | 0,978 | 0,705 | 0,444 | 0,258 | 0,001 | 0,000 |
| Bestellkosten | 1,710 | 1,300 | 1,000 | 2,600 | 1,760 | 1,300 |
| Kostensumme | 3,386 | 3,191 | 3,246 | 3,368 | 3,452 | 3,539 |

Tabelle 1: Simulation einer Lagerhaltung unter dem Gesichtspunkt der Minimierung der Fehlmengenkosten. Die Strategie „d“ ergibt bei der Bestellschwelle „1050“ die geringste Kostensumme, weist aber einen hohen Fehlmengenkosten auf. Die Strategie „e“ ist 8 % kostenintensiver, unter fast vollständiger Aufhebung von Fehlmengenkosten.

Dabei zeigen die bei einer Simulation über 52 Wochen gewonnenen Daten, dass die Kosten sowohl auf die Grenzmenge (ab der eine Bestellung ausgelöst wird) als auch auf die Größe des Bestell-Loses reagieren. Die „billigste“ Lösung (Tabelle 1, Strategie d) bei einem Bestellschwellenwert von 1050 ist insofern nicht optimal, als sie hohe Fehlmengenkosten aufweist. Eine nur 8% „teurere“ Lösung (Tabelle 1, Strategie e) enthält keine derartigen Kosten mehr und kann als optimal angesehen werden, da die Mehrkosten zur Sicherung eines guten Firmenimages wohl keine Fehlinvestitionen darstellen.

Auch die **Dimensionierung von Sicherheitsbeständen** kann mittels Simulationen untersucht werden; dabei kann die Höhe des Sicherheitsbestandes mit dem Grad der Lieferfähigkeit verknüpft werden. Weisen die Grafen für die Bestände und für die Fehlmengen bei geringen Sicherheitsbeständen eine lineare Veränderung auf, bildet sich ab dem Wert 10 ein Abflachung aus (s. Abbildung 2). An dieser Stelle geht die spürbare Änderung in eine moderate über, bei der sich trotz Erhöhung der Vorräte keine großen Veränderungen in der Lieferbereitschaft mehr einstellen. Diese Konstellation liefert den Hinweis auf einen optimalen Sicherheitsbestand.

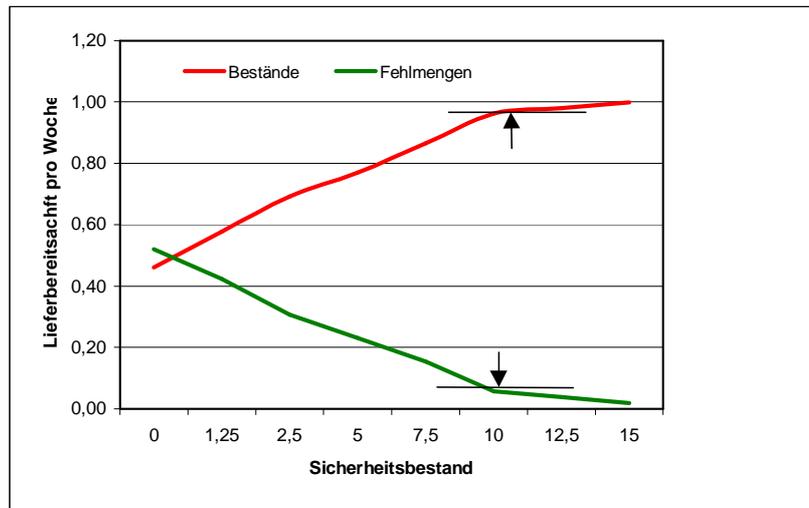


Abbildung 2 Dimensionierung von Sicherheitsbeständen kann mittels Simulationen

Die **optimale Anzahl an Bedienungspersonal** in einer Werkzeugausgabe kann ebenfalls per Simulation bestimmt werden, wenn die Anzahl der Ankünfte an der Ausgabe in Form von Wahrscheinlichkeiten in die Untersuchung eingeht. Auch hier ergibt die aus Simulationsergebnissen konstruierte Grafik für den Zusammenhang zwischen dem Überhang an unerledigten Aufträge und der Anzahl an Bedienungspersonal einen Verlauf mit einer Knickbildung (s. Abbildung 3). Der Bereich der Abflachung verweist auf den Bereich, der die optimale Anzahl an Mitarbeitern an der Theke der Werkzeugausgabe wiedergibt.

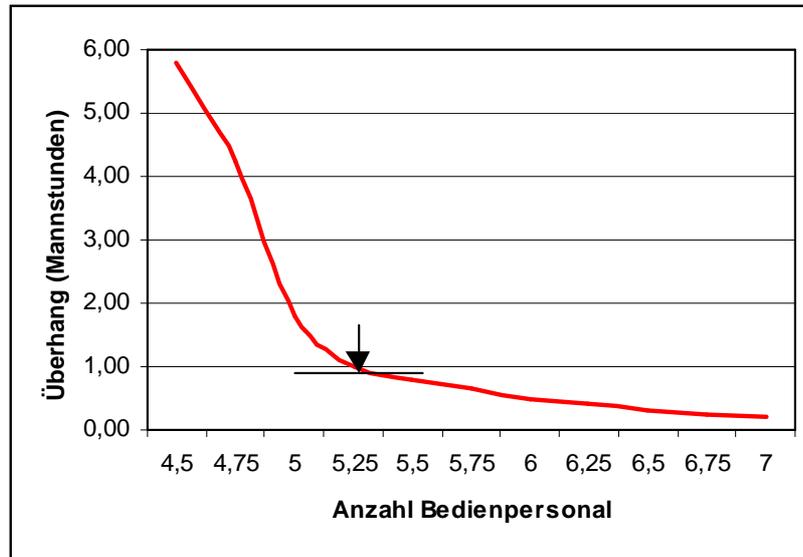


Abbildung 3 Mit steigender Anzahl an Bedienungspersonal sinkt der Anteil unerledigter Aufträge. Ab einer Mitarbeiterzahl von 5,25 bildet sich ein Abflachung aus (Pfeil), das auf den Bereich der optimalen Mitarbeiterzahl hinweist.

Betrachtet man in der selben Simulation die Auslastung des Bedienungsteams (s. Abbildung 4), so erkennt man, daß im Bereich der optimalen Anzahl an Bedienungspersonal (s. Abbildung 3), das gesamte Team eine signifikante Entlastung erfährt. Diese Entlastung kann sich positiv auf die Fehlervermeidung oder auf die Wahrnehmung anderer Aufgaben auswirken.

Da der Wert der Auslastung direkt auf die personelle Anzahl des Bedienungspersonals regiert, ist die Auslastung kein eindeutiges Entscheidungskriterium.

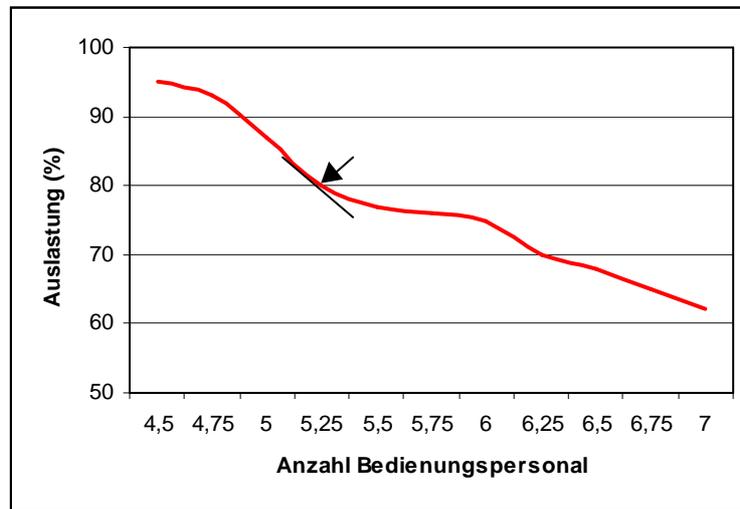


Abbildung 4 Abhängigkeit der Auslastung des Bedienteams an der Werkzeugeingabe von der Anzahl der Mitarbeiter an der Ausgabetheke.

Bei **Reihenfolgeproblemen** hängt die Anzahl der möglichen Bearbeitungsreihenfolgen von der Anzahl der Produkte ab. Bei n Produkten sind $n!$ (n Fakultät) Reihenfolgen möglich, wobei diese Anzahl explosionsartig wächst:

$$n = 5 \rightarrow n! = 120$$

$$n = 10 \rightarrow n! = 3628800$$

Von diesen Abfolgen ist unter Umständen eine einzige die günstigste. Im vorgestellten Beispiel waren 5 Produkte zu fertigen. Die Beurteilung erfolgte anhand der Kapitalbindung. Zehn Simulationen ergaben Werte, die um 57% auseinander lagen. Aufgrund statistischer Gesetzmäßigkeiten konnte in diesem Beispiel nachgewiesen werden, daß mit nur 3,4 % Wahrscheinlichkeit eine noch bessere Lösung zu erwarten gewesen wäre. Solche Datenkonstellationen zeigen auch an, wie schnell u.U. durch die Simulation brauchbare Lösungen zu erzielen sind.

Einen besonderen Problembereich stellen **stochastische Maschinenausfälle** dar. Mittels Zeitaufnahmen ist es möglich, die Phasen ununterbrochener Produktion und der Ausfälle nach Art und Dauer im Sinne von Wahrscheinlichkeitsangaben zu quantifizieren. Aus diesen Angaben kann man dann eine Kennlinie mittels Simulation konstruieren, aus der sich das Zeitverhalten bestimmen und die Größe von Puffern zwischen den einzelnen

Aggregaten ermitteln lässt, damit eine von den Störungen weitgehend unbeeinträchtigte Produktion ermöglicht wird.

Die optimale **Anzahl von Gabelstaplern in der Warenannahme** ist ebenfalls mit Hilfe von Simulationen zu ermitteln, wenn die Ankünfte der zu entladenden LKWs sporadisch und ungleichmäßig erfolgen. In dem behandelten Beispiel wurden die Kosten für das Personal und für die Stapler bei Normalschicht und bei Überstunden zur Beurteilung verwendet. Es zeigte sich, daß zwei Strategien mit gleichen Gesamtkosten infolge ihrer unterschiedlichen Kostenstruktur einen eindeutigen Hinweis auf die optimale Anzahl an Staplern zu liefern vermochten (s. Abbildung 5).

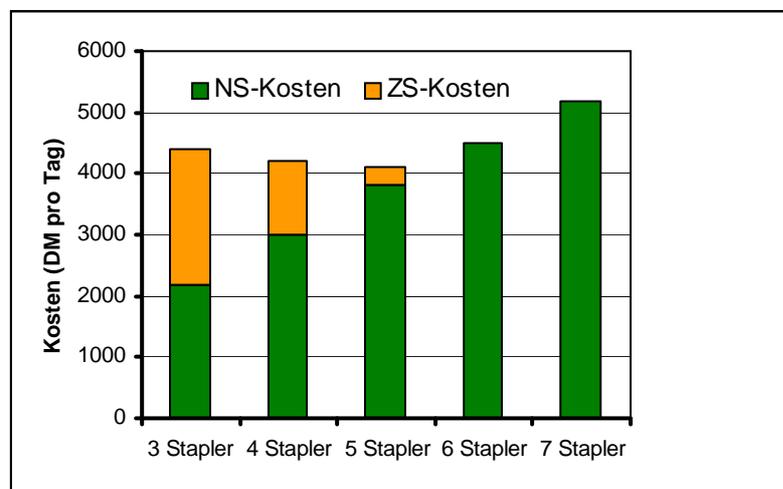


Abbildung 5

Abbildung 5: Durch Simulation ermittelte optimale Anzahl von Staplerfahrzeugen zur optimalen Nutzung personeller Ressourcen unter Berücksichtigung von Arbeitskosten unter Normalbetrieb (NS-Kosten) und des Überstundenanteils (ZS-Kosten). Investiert ein Unternehmen in einen Fuhrpark von 5 Staplern, so lassen sich die Gesamtkosten im Verhältnis zu einer geringeren Zahl von Staplern um 8 % senken. Dabei reduziert sich der in den Gesamtkosten enthaltene teure Überstundenanteil um ca. 90 % und wird durch normale Arbeitszeit ersetzt. Erst ab einer Staplermenge von mehr als 6 Staplern beginnen die Gesamtinvestitionskosten erneut signifikant zu steigen. Anhand der Simulation wird sich das Unternehmen dazu entschließen, 5 Stapler in seinem Fuhrpark zu halten.

Auch in der **Qualitätssicherung** lassen sich Simulationen mit Erfolg einsetzen. Insbesondere bei Stichprobenplänen mit der Möglichkeit einer Nachprüfung nach einem ersten nicht zufrieden stellenden Resultat kann man ermitteln, wie sich die Annahmewahrscheinlichkeit zum Anteil fehlerhafter Einheiten

verhält und welchen Einfluss die Nachprüfung auf die Akzeptanz der Ware hat.

Die **Leistungsfähigkeit von Laboratorien der Qualitätssicherung** wird häufig dadurch bestimmt, dass die Muster ungleichmäßig und mit verschiedenen Schwierigkeitsgraden im Labor eintreffen. Beispielsweise kann sich zeigen, wie wirkungsvoll der Einsatz von Springern sein kann: Bei einem Team von Prüfer/-innen wurde der Anteil an ungeprüften Muster immer größer. Setzt man jedoch einen Springer immer dann ein, wenn der Arbeitsüberhang der mittleren Tagesleistung des Teams entspricht, so zeigt das System eine Erhaltungsneigung, d.h. der Überhang an ungeprüften Mustern konnte immer wieder abgearbeitet werden. Erstaunlicherweise brachte der Einsatz eines zusätzlichen Springers keinen weiteren Fortschritt in der Aufarbeitung des Überhangs. Die Kombination „Stammpersonal und ein im Bedarfsfall einzusetzender Springer“ stellte in diesem Beispiel eine optimale Kombination dar.

Für die **strategische Betrachtung einer Investition** in einem neuen Geschäftsfeld fließen in ein Simulationsmodell als Inputs die Umsatzerwartung sowie Mutmaßungen über Stückerlöse, Stückkosten, Fixkosten und Investitionen ein. Das Beurteilungskriterium ist der sich daraus ergebende Return of Investment (RoI). Je nach Vorgabe der Inputs bekommen die Simulationsläufe verschiedene Vorzeichen. Es kann sogar als Ergebnis ermittelt werden, dass mit über 30 % Wahrscheinlichkeit ein negativer RoI, also ein Verlust zu erwarten ist. Somit ist das gewählte Modell nicht rentabel und nicht zu realisieren.

3. Simulation als strategisches Werkzeug

Die oben aufgeführten Beispiele lassen erkennen, wie weit gefasst die Anwendungsbereiche für „Entscheidungsfindung mittels Simulationen“ sind.

Dennoch ist folgende Regel zu berücksichtigen: „Die Simulation stellt ein ausgezeichnetes Verfahren zur Differenzierung zwischen günstigen und schlechten Entscheidungen insbesondere bei Basisdaten dar, für die es nur eine Eintrittswahrscheinlichkeit gibt.“

Dabei sollte aber immer beachtet werden, dass die Ergebnisse eines Simulationsmodells in der Regel eine Interpretation benötigen und dass erst die Schlussfolgerungen aus den Interpretationen zu Entscheidungen führen können.

Mit Hilfe der modernen EDV und individuell angepasster Softwarelösungen lassen sich Simulationsmodelle in sehr komplexer Form realisieren. Weiterhin können die notwendigen Datenmengen in kürzester Zeit beschafft und grafisch dargestellt werden.