

## Erfolgreiche Logistik – Innovationen durch Simulation

Erschienen: Schweizer Logistik-Katalog 1996

Verfasser: Peter P. Acél, Dr. sc. techn. ETH



### Peter Acél, dipl. Masch. Ing. ETH (1959)

Leiter des Beratungsbereichs »Produktion und Logistik« und Mitglied der Geschäftsleitung Sparte Beratung an der Stiftung für Forschung und Beratung am Betriebswissenschaftlichen Institut der ETH Zürich. Dozent der ETH Zürich mit einem Lehrauftrag an der Abteilung für Betriebs- und Produktionswissenschaften für »Simulation in der Produktion« und seine Fachgebiete: Unternehmensanalysen, Produktionskonzepte, Logistik, Simulation und Betriebsplanung

Die Logistik befasst sich mit der Planung, Organisation und Durchführung von Material-, Informations-, Werte-, Energie- und Personenflüssen in inner- sowie überbetrieblichen Bereichen. Die Entwicklung der Prozesse zu einer durchgängigen und synchronisierten Logistik erfordert eine ganzheitliche, bereichsübergreifende Betrachtung. Eine ausgeklügelte Logistik verhilft zu Wettbewerbsvorteilen gegenüber der Konkurrenz.

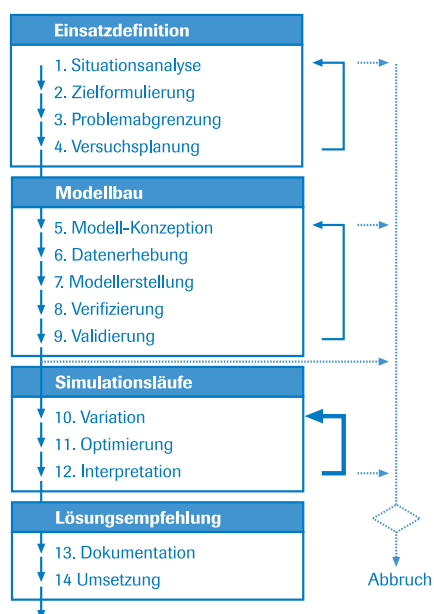


Bild 1 Vorgehen in der Simulationsanwendung

Die effiziente Nutzung der Logistikpotenziale setzt eine technische und organisatorische Abstimmung aller wesentlichen Systemelemente voraus. Eine logistische Planung muss daher sowohl den aktuellen Stand der Technik als auch zukünftige Entwicklungsrichtungen und Markttrends aufgreifen und effizient umsetzen. [1]

Nicht nur auf der Seite des Marktes gibt es Trends, sondern auch bei den Planungshilfsmitteln, z.B. die diskrete Computer-Simulation. Die Simulation als Schlüsseltechnologie zur Lösung logistischer Aufgabenstellungen gewinnt eine immer grössere strategische Bedeutung. Sie ist ein auf Experimenten beruhendes Verfahren und hilft Wechselbeziehungen und dynamische Effekte in komplexen Prozessen zu veranschaulichen. Gemäss der Definition der VDI-Richtlinie 3633 versteht man unter Simulation »... die Nachbildung eines dynamischen Prozesses in einem Modell, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind«.

### Einsatzgebiete der Simulation

Die Simulation ist nicht nur auf die als Gesamtheit überschaubaren Systeme beschränkt. Es genügt, wenn die einzelnen Zusammenhänge isoliert bekannt sind und sich im Simulationsmodell einzeln beschreiben (abbilden) lassen. Auf diese Art erhält man Daten zum Verhalten des Systems. [2] Im Umfeld der Logistik ergeben sich für die Simulation folgende Einsatzgebiete:

- Erprobung möglicher Systemstrukturen
- Test von Produktions- und Transportsteuerstrategien im Unternehmen
- Ermitteln optimaler Distributionskonzepte
- Optimierung des Personalbedarfs und des Betriebsmitteleinsatzes sowie der Streckenführungen auf das Notwendige bzw. Sinnvolle
- Darlegen von Durchlaufzeiten in Abhängigkeit von Startzeit und gewählter Strategie
- Bestimmung von notwendigen Lager- und Pufferkapazitäten bzw. -plätzen im Ablauf
- Taktzeitabgleich, Losgrößenoptimierung, Reihenfolgeplanung und -priorisierung
- Bestimmung von Engpässen und Grenzleistungen eines gesamten Systems
- Test von Strategien zur Bewältigung von Ausfällen aller Art

Die Simulation lässt sich auch als »Antwortmaschine« bzw. als »Denkverstärker« bezeichnen. Dabei liefern Simulationsexperimente Datenmaterial, das nach statistischer Verdichtung auch eine Interpretation erfordert.

### Simulationsziele

Ziel der Simulation ist es, ein im zeitlichen Ablauf ausreichendes und richtiges Abbild der Prozesse eines existierenden oder zu planenden Systems, unter Berücksichtigung der gegebenen Randbedingungen, zu erhalten. Kurz, die Simulation beantwortet die Frage: »Was wäre, wenn...?«

Der Nutzen von Simulationsanwendungen sei an der nachfolgenden Auswahl gezeigt:

- Absichern der Funktionalität von Konzeptalternativen (Machbarkeit)
- Kennzahlen zum Vergleich der Alternativen untereinander und/oder zum bestehenden System
- kostengünstiges Experimentierfeld für Optimierungsvorhaben mit der Möglichkeit der Zeitraffung
- Grundlage zur Erstellung eines Pflichtenhefts für HW und SW zu Händen der Lieferanten
- Visualisierungen, Erklärungsmodell zur Schulung der Mitarbeiter bzw. der künftigen Anwender

### Vorgehen in der Anwendung

In diesem Abschnitt wird das Vorgehen einer auf Effizienz und Qualität ausgerichteten systematischen Anwendung der diskreten Simulation vorgestellt. Dieses Vorgehen ist inzwischen vielfach erfolgreich angewendet worden. Dem Konzept liegt eine zehnjährige Simulationserfahrung zugrunde; es basiert auf dem Systems Engineering des BWI der ETH Zürich. [3]

Das Vorgehen bei der Simulationsanwendung lässt sich in vier Hauptschritte gliedern. Die Gliederung der vorgeschlagenen Vorgehensmethode ist in Bild 1 dargestellt. Für eine detaillierte Beschreibung vgl. Acél 92, S. 47 ff. [4]

Generell ist anzumerken, dass Simulationsstudien nur im Rahmen einer übergeordneten Projektorganisation durchgeführt werden sollten. Der Simulationsanwender muss mit der Problemstellung vertraut und auch voll in das Projekt zur Lösung dieser Aufgabe eingebunden sein. Es bedarf einer engen Kooperation mit den Projektpartnern und Auftraggebern. Ist dies nicht der Fall, so besteht eine erhebliche Gefahr falscher oder unzulässiger Abstraktionen bei der Modellierung des Problems. Damit verlieren die Ergebnisse an Wert. Weiter können sich qualitative Mängel in der Validierung sowie Missverständnisse ergeben. Es würden damit qualitative Ergebnisse und Zusammenhänge und damit ein Teil des Nutzens aus der Simulationsstudie für das Projekt verloren gehen.

### Modellbildung

Das Modellieren ist im Rahmen jeder Simulationsanwendung der Dreh- und Angelpunkt für die erfolgreiche Durchführung mit nützlichen Ergebnissen. Die Modellbildung in der Simulation hat keinen Anspruch auf eine exakte Nachbildung der Planungsvarianten bzw. der Realität. Als Eingabedaten werden Anlage- und Auftragsdaten sowie allgemeine organisatorische Festlegungen, wie z.B. verfügbare Schichten, benötigt. Die Modellbildung ist ein integraler Bestandteil der Simulation. Die Erarbeitung von Simulationsmodellen ist ein intuitiver, iterativer Prozess. Eine Modellkonzeption lässt sich nicht nach einem fixen Schema erstellen. Die Kunst besteht darin, das angemessene Abstraktionsniveau zu finden. Jedes Modell dient einem Verwendungszweck, der im voraus bestimmt sein sollte. Bei jeder Untersuchung von Systemen sind deshalb zuerst folgende Schlüsselfragen zu beantworten: Zweck, Wirkweisen, Aufbau und zulässige Zustände des Modells im Untersuchungsprozess.

Ein Dilemma bei der Modellbildung besteht in der Anforderung, das Modell einerseits möglichst einfach zu gestalten (Aufwand, Transparenz, allgemeine Verständlichkeit), andererseits aber alle für die Untersuchung wesentlichen Eigenschaften mit ihren Variationsbreiten mit einzubeziehen. Dieser Konflikt zwischen hoher Genauigkeit und schnellem effektivem Lösungsweg muss im Einzelfall bezüglich Nutzen/Aufwand gelöst werden.

Die Modellierung ist für den Erfolg einer Simulationsstudie von entscheidender Bedeutung. Das Ergebnis einer Simulation kann nur so gut sein, wie es das Modellkonzept und die Ausgangsdaten zulassen. Dies ist besonders bei globalen, vereinfachenden Betrachtungen zu berücksichtigen. Die meisten Problemstellungen sind nicht ohne Vereinfachungen zu lösen.

### Optimieren

Ein Grundproblem der logistischen Planung stellt die Suche nach optimalen Abläufen dar. Wegen der Vielzahl der zu betrachtenden Einflussgrößen sowie des oft unstetigen Verlaufes der Prozesse lässt sich dieses Grundproblem nicht mit einfachen mathematischen Hilfsmitteln lösen, sondern erfordert den Einsatz anderer Methoden. Dabei sind in der Praxis oft Aufgaben zu lösen, die von Art und Umfang keine exakte Lösung erlauben. Der Anwender ist gezwungen sich mit einer zulässigen Näherungslösung zu begnügen.

Dieser Ansatz, der im Bereich der empirischen Wissenschaften eine lange Tradition hat, entspricht dem experimentellen Charakter der Simulation in hervorragender Weise. [5] In der heutigen Praxis ist das Vorgehen bei der Optimierung - hier im engeren Sinn- mehrheitlich als ein zeitraubendes, aus der Erfahrung resultierendes und iteratives Vorgehen zu bezeichnen. Es zielt darauf ab, ein Modell nach gewissen Kriterien bezüglich den Zielwerten zu optimieren. [Bild 2]

Da Optimierungsprobleme hinsichtlich Struktur und Informationsgehalt sehr unterschiedlich sein können, müssen Optimierungsverfahren für die Simulationsanwendung universell anwendbar sein und dabei eine gute Effizienz besitzen. Abgesehen von einigen Spezialfällen existieren bisher keine selbstoptimierenden Simulationsverfahren. Die auf dem Markt erhältlichen SW-Pakete sind nicht selbstoptimierend. [6]

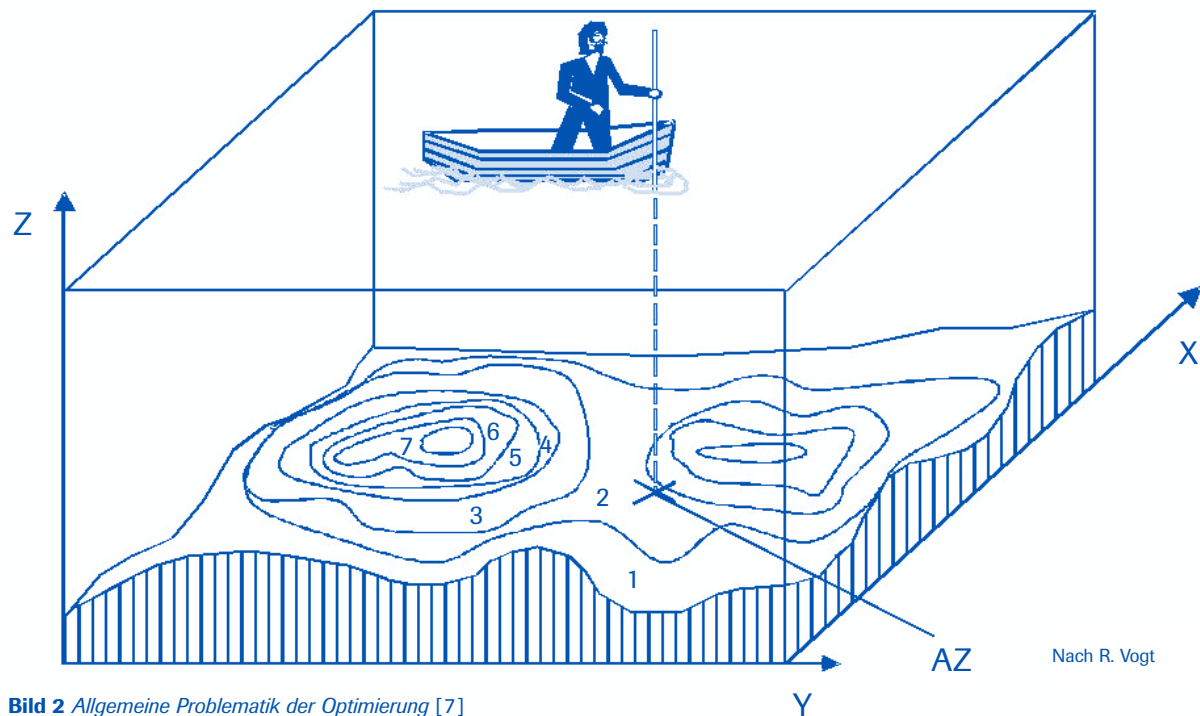


Bild 2 Allgemeine Problematik der Optimierung [7]

### Qualität der Ergebnisse

Die Simulation auf einem Computer ist für Aussenstehende in der Regel nicht direkt nachvollziehbar. Bei den meisten Simulationspaketen beinhaltet die Animation nicht den kompletten Sachverhalt und nicht in jedem Fall die richtige Gewichtung der dargestellten Elemente. Um trotzdem zu richtigen, aussagekräftigen Ergebnissen zu kommen, ist die Qualitätssicherung in der Anwendung der Simulation zu berücksichtigen. Durch diese Massnahme werden einerseits für Aussenstehende Transparenz geschaffen, und andererseits viele Vorgehensfehler und Gefahren in der Anwendung vermieden.

Die Qualitätsmerkmale einer Simulationsanwendung sind:

- Erprobte und bewährte Vorgehensmethode (vgl. weiter oben im Text)
- verifizieren und validieren des Modells. Die Verifikation dient zur internen Überprüfung des erstellten Modells auf Lauffähigkeit und Programmfehler. Dabei sind auch jeweilige SW-spezifische Eigenheiten zu berücksichtigen. Die Validierung beinhaltet die Überprüfung der Realitätsübereinstimmung des Modells
- Reproduzierbarkeit der Ergebnisse. Jedes Ergebnis einer Simulation muss eindeutig den eingestellten Parameterwerten zuzuordnen sein.
- Sensitivitätsanalyse bezüglich Modell und Ergebnisse. Eine Sensitivitätsanalyse ist notwendig, um sicherzustellen, dass die Ergebnisse robust und nicht durch zufällige numerische Effekte beeinflusst sind.

- Dokumentation des Vorgehens und der Ergebnisse. Die Dokumentation erlaubt für Aussenstehende das Nachvollziehen der Ideen und Abstraktionen sowie der Funktion der Elemente. Sie verhilft auch bei einem Wiedereinstieg nach einer Unterbrechung, um z.B. weitere Modellvarianten zu untersuchen. Bei fehlender Dokumentation kann ein gutes Ergebnis oft nicht eindeutig allen gesetzten Einstellwerten zugeordnet werden.

Weiter gilt, dass die Aussagekraft der Simulationsergebnisse in einem starken Mass von drei verschiedenen Laufbedingungen für die einzelnen Läufe abhängt. Die Laufbedingungen sind: Einlaufzeit, Lauflänge und Anzahl von Laufwiederholungen.

### Wirtschaftlichkeit

Der Faktor Zeit ist auch bei der Simulation entscheidend. Die Gründe dafür sind einerseits wirtschaftlicher Natur und andererseits durch das geforderte Schritthalten im übergeordneten Projekt gegeben. Dies erfordert ein auf Effizienz und kalkulierbare Qualität getrimmtes Vorgehen (vgl. oben). Die Simulation liefert nicht nur Ergebnisse (Nutzen), sondern verursacht auch Aufwand. Der jeweilige Aufwand ist abhängig von der Fragestellung und der gewünschten bzw. notwendigen Detaillierung.

Die Aufwandsverteilung [Bild 3] erfolgt nach der oben behandelten Vorgehensmethode. Die Grenzen zwischen den einzelnen Abstufungen (Vorgehensschritten) sind fließend, da es sich bei der Simulation um ein iteratives Vorgehen handelt. Die Datenbeschaffung und die Zielabklärungen erfolgen i.d.R. im Rahmen eines übergeordneten Projektes. Besonders der Aufwand zur Datenerhebung und -bereinigung wird oft unterschätzt.

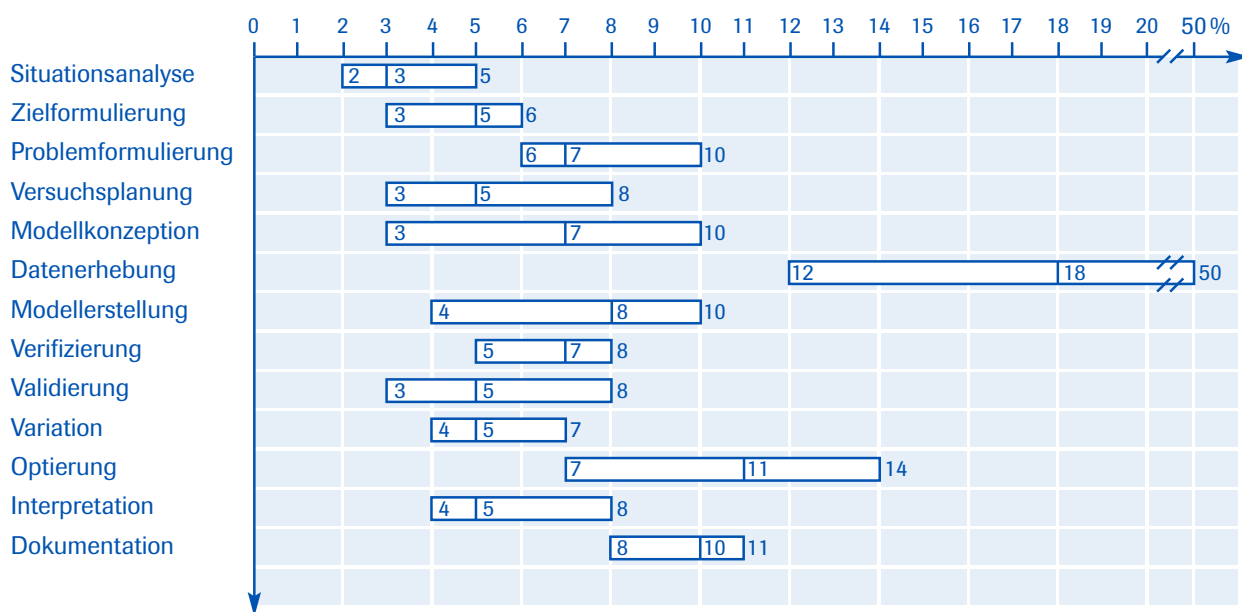


Bild 3 Aufwandsverteilung in Prozenten bei der Simulation

## Fazit

Der Einsatz des Hilfsmittels »Simulation« als modernes und im Trend liegendes Werkzeug wird immer öfter von Auftraggebern als Funktionalitäts- und Leistungsnachweis für geplante Anlagen gewünscht. Die Simulation ist ein gutes Hilfsmittel, wenn sie methodisch richtig angewendet und für adäquate Probleme eingesetzt wird, sonst verursacht sie nur unnötige Kosten. Die Simulation ist eine »Antwortmaschine«. Sie modelliert und optimiert nicht selbsttätig. Die Animation ist nur ein qualitatives Resultat unter mehrheitlich quantitativen Ergebnissen. Eine Anwendung der Simulation geht über eine Visualisierung in Form einer Animation weit hinaus. Eine ansprechende Animationsoberfläche ist an sich überzeugend, sagt aber nichts über die Qualität der Simulation im Hintergrund aus. Die Modellbildung ist eine wesentliche Simulationsvoraussetzung, Modellierungsfehler schlagen sich bei jeder Simulation auf die Resultate nieder.

## Literatur

- [1] Acél P. 1995: Auszug aus einem internen, unveröffentlichten Dokument einer Forschungsarbeit an der Stiftung für Forschung und Beratung am Betriebswissenschaftlichen Institut der ETH Zürich, Bereich Produktion und Logistik
- [2] Acél P., Hrdliczka V. 1995: »Simulation in der Produktion«, BWI-Vorlesungsunterlagen, ETH, Zürich
- [3] Vgl. Büchel A. 1990: »Betriebswissenschaftliche Methodik«, BWI-Lehrschrift, ETH, Zürich
- [4] Acél P. 1992: »Systems Engineering und Simulation«, Tagungsband: Simulation – Ein Blick in die Zukunft, Hrsg. BWI/IFOR (ETH), Zürich, 25. Nov. 1992
- [5] Acél P. 1995: »Effizient simulieren«, Tagungsband 2. Tag: Innovation durch Simulation – Praxis, Methodik und Werkzeuge, Hrsg. BWI/IFOR (ETH), Zürich, 9. März 1995
- [6] Metzler V., Acél P. 1987: »Simulation – Mittel für die Planung und Steuerung einer Fabrik«, Tagungsband CAT87, Computerunterstützte Technologien in der Fertigungsindustrie, 3. Internationale Fachausstellung und Anwenderkongress, Stuttgart Zweitveröffentlichung: »Computer-Simulation, Mittel für die Planung und Steuerung einer Fabrik«, Rubrik Schweizer Spitzentechnik, mav (Maschinen Anlagen Verfahren), Heft September 87
- [7] Vogt R. 1983: »Die Systemwissenschaften: Grundlagen und wissenschaftstheoretische Einordnung«, Haag + Herchen-Verlag, Frankfurt/Main