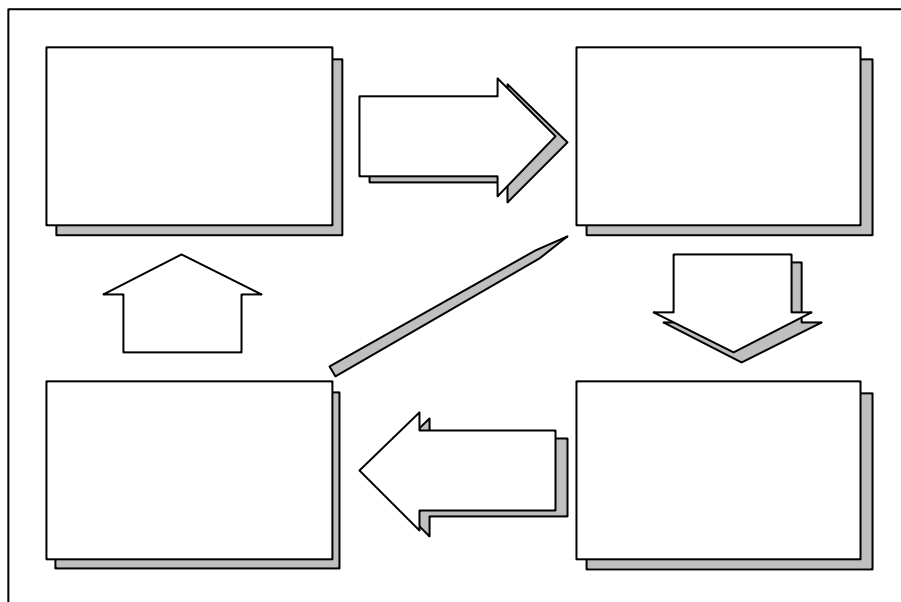


ASIM - Mitteilungen aus den Fachgruppen

Leitfaden für Simulationsbenutzer in Produktion und Logistik



Fachgruppe 4.5.6
Simulation in Produktion und Logistik

ASIM
Arbeitsgemeinschaft Simulation

Der Leitfaden ist eine Überarbeitung der ASIM-Mitteilungen Heft Nr. 7a
im Auftrag der ASIM-Fachgruppe 4.5.6.

Überarbeitung:

Frau Dr. Veronika Hrdliczka, IWF / ETH Zürich

Herr Horst A. Jakobi, Adam Opel AG / TDCE, Rüsselsheim

Herr Rolf Schumacher, mechatronik GmbH, Mönchengladbach

Frau Sigrid Wenzel, Fraunhofer-Institut für Materialfluß und Logistik, Dortmund

Inhaltsverzeichnis

Leitfaden für Simulationsbenutzer in Produktion und Logistik

Kapitel	Seite
Einführung	1
1 Warum Sie diesen Leitfaden lesen sollten !	2
2 Was ist eigentlich Simulation ?	3
3 Was Sie sich merken sollten !	7
4 Simulation ist kein Ersatz für Planung	9
5 Das Modell — ein vereinfachtes Abbild der Realität	11
6 Ablauf einer Simulation — die Zusammenarbeit zwischen Planer und Simulationsexperten bestimmt den Erfolg	13
7 Aufwand und Nutzen	26
8 Simulation in der Praxis	28
Literaturverzeichnis	29

Einführung

Haben Sie schon einmal simuliert?

Wenn Sie sich jemals ernsthaft mit einer Modelleisenbahn beschäftigt haben, können Sie diese Frage nur bejahen.

Sie wissen dann aus eigener Erfahrung, daß sich in der Aufbauphase der Anlage meist auch eine Strategieentwicklung abspielt:

Sie entwickeln eine Steuerung, bei der Sie mit voll aufgedrehtem Transformator die Signale und Weichen so schalten, daß die Züge fast nie zusammenstoßen. Sie wissen natürlich auch, daß dies bei kleinen Anlagen besonders schwierig ist, und daß die Weiche vor dem Tunnel wegen technischer Störungen nicht richtig schaltet.

Wir sehen also, daß Sie die besten Voraussetzungen für einen Simulationsexperten mitbringen, denn

Sie üben vernünftigerweise nicht in der Realität, Irrtümer wären hier auch viel zu teuer oder zu gefährlich, sondern schaffen sich ein funktionsfähiges Modell, mit dem Sie experimentieren können.

Dabei müssen Sie mit dem hinteren Teil Ihres Hobbyraumes auskommen (Randbedingung), und Sie verlegen die Haupt- und Nebenstrecken so oft neu, bis das physische Layout ein Optimum darstellt. Dann passen Sie Anzahl und Länge der Wagen an die Anlage an und legen die Wartezeiten an den Signalen des Bahnhofes bzw. den Be- und Entladestationen fest.

Schließlich überlegen Sie sich eine sinnvolle Betriebsstrategie und kalkulieren auch auftretende technische Störungen mit ein. Nun lassen Sie das Modell ablaufen, verfolgen die Modellzustände und machen sich geeignete Notizen.

Falls Ihr Modell zufällig genau so aussieht wie das Betriebsgelände der Regionalverkehrsgesellschaft Friesland-Ost, können Sie die Ergebnisse auf die Realität übertragen und dort als Berater tätig werden.

1 Warum Sie diesen Leitfaden lesen sollten !

Dieser Leitfaden liefert notwendige Informationen über den Einsatz der diskreten, ereignisorientierten Simulation in Produktion und Logistik und wendet sich an zwei Zielgruppen:

1. Die Entscheidungsträger
Sie entscheiden über den Einsatz in Simulationsuntersuchungen zur Absicherung von Investitionen.
2. Die Anwender
Sie wirken z. B. als Planer an der Simulationsuntersuchung mit und nutzen die Ergebnisse zur Lösung ihrer Aufgaben.

Beiden Zielgruppen soll ein Grundwissen über Simulationsuntersuchungen vermittelt werden.

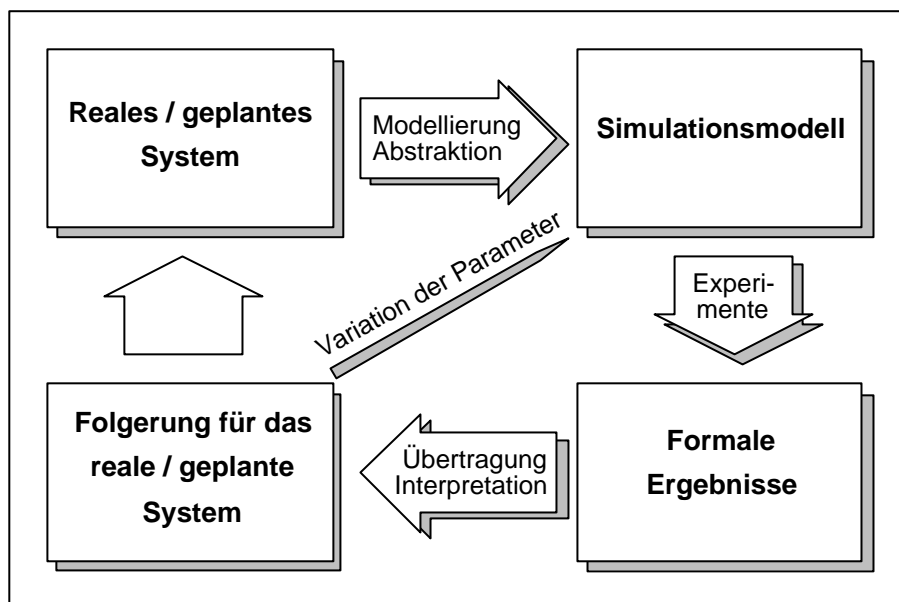
2 Was ist eigentlich Simulation ?

Der Begriff der Simulation leitet sich aus dem lateinischen "simulare" ab und bedeutet soviel wie "nachbilden, nachahmen, etwas vortäuschen".

Der Verein deutscher Ingenieure (VDI) definiert Simulation folgendermaßen:

„Simulation ist das Nachbilden eines Systems mit seinen dynamischen Prozessen in einem experimentierfähigen Modell, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind.“

(VDI-Richtlinie 3633, Blatt 1, 1993, S. 3)



Einsatzgebiete der Simulation

- Umweltsimulatoren vollziehen Entwicklungen unter der Einwirkung speziell vorgegebener Einflüsse nach.
- Fahr- und Flugsimulatoren bilden reale Situationen nach und lassen Steuerungsfunktionen des Menschen in die laufende Simulation einfließen.
- Fertigungssimulatoren ahmen die Funktion der in einem Fertigungsablauf befindlichen Maschinen und Anlagen nach und lassen deren Zusammenhänge und gegenseitige Beeinflussung erkennen.
- Verkehrssimulatoren rekonstruieren Verkehrsunfälle und simulieren Ampelschaltungen im Realbetrieb.
- Simulatoren für Geschäftsprozesse bilden Organisationsstrukturen und Arbeitsabläufe ab.
- Mit Hilfe der Finite Elemente Methode (FEM) werden in der Automobilindustrie Crashtests simuliert.
- Simulatoren für Elektronikanwendungen ermöglichen die Abbildung und funktionale Überprüfung elektrischer Schaltungen und Schaltkreise.

Diese Beispiele stellen nur einen Teil der Einsatzmöglichkeiten von Simulation dar.

Kennzeichnend für das Verfahren einer Simulation ist, daß ein abstraktes Modell des abzubildenden Systems mit vorhandenen Daten, die den IST-Zustand oder den geplanten Zustand des Systems beschreiben, als experimentierfähiges Modell erstellt wird. Dieses Modell ist zunächst in der Lage, die innerhalb des Systems ablaufenden Vorgänge nachzuvollziehen.

Im zweiten Schritt wird das Modell mit neuen Eingangsdaten versorgt, die für den Betriebsablauf ein Experiment darstellen. Das für dieses Experiment benötigte Labor wird dabei durch das Simulationsmodell dargestellt.

Auf diese Weise können unabhängig und ohne Störungen des Betriebes neue Konstellationen getestet und Schwachstellen analysiert werden.

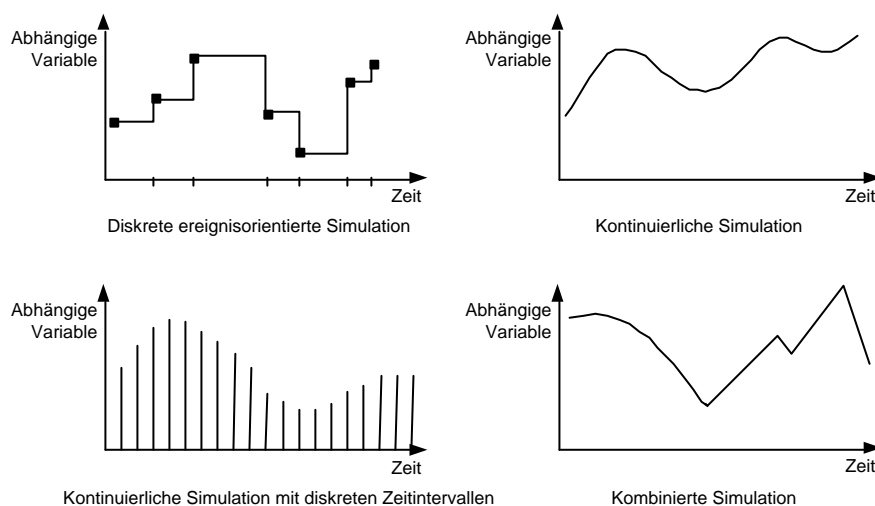
Für Anwender der Simulation bietet sich damit die Möglichkeit, durch rechnergestützte Simulationsuntersuchungen eines Systems

- eine richtige Dimensionierung und Strukturierung sowie einen verbesserten Ablauf und
- eine korrekte Steuerung der Produktionsmittel zu erzielen.

Bei der Simulation in Produktion und Logistik (Materialfluß-, Fertigungs-, Prüf- und Montageprozesse, Informationsflüsse und Organisationsstrukturen), die in diesem Leitfaden ausschließlich beschrieben wird, werden die oben genannten Ziele durch die Betrachtung von zeitlichen Abläufen erreicht.

Definition: Diskrete ereignisorientierte Simulation

Die Zustandsänderungen der Modellkomponenten treten diskret und nicht kontinuierlich auf. Ereignisorientiert bedeutet dabei, daß der Ablauf der Simulation durch das Eintreten eines Ereignisses (die Zustandsänderung einer Modellkomponente, z. B. Ende der Bearbeitung) gesteuert wird. Der Zeitpunkt, an dem im Programmablauf der Zustand der Komponente abgefragt wird, wird über einen definierten (z. B. Dauer der Bearbeitung) und nicht über einen konstanten Zeitschritt bestimmt.



nach Law & Kelton 1991

Einsatz der Simulation, wenn

- Neuland beschritten wird,
- die Grenzen analytischer Methoden erreicht sind,
- komplexe Wirkungszusammenhänge die menschliche Vorstellungskraft überfordern,
- das Experimentieren am realen System nicht möglich bzw. zu kostenintensiv ist,
- das zeitliche Ablaufverhalten einer Anlage untersucht werden soll.

Einsatzbeispiele:

- Fertigungssysteme
- Montagesysteme
- Materialflußsysteme
- Werkstattsteuerung
- Arbeitsstrukturen
- Unternehmensstrategien
- Organisationsstrukturen
- Informationsflüsse

3 Was Sie sich merken sollten !

- Simulation ist kein Ersatz für Planung.
- Simulation ist keine Optimierung.
- Rechnergestützte Simulationsuntersuchungen bieten die Möglichkeit einer richtigen Dimensionierung, Strukturierung und Steuerung der Produktionsmittel.
- Das Simulationsmodell ist ein vereinfachtes Abbild der Realität oder des geplanten Ablaufs. Es muß so abstrakt wie möglich und so detailliert wie nötig sein.
- Die Zusammenarbeit zwischen Planer und Simulationsexperten bestimmt den Erfolg.
- Der Zeitpunkt der Integration von Simulation in ein Projekt bestimmt Güte und Erfolg der Planungsergebnisse.
- Die Validierung ist immer notwendig, um die Qualität der Simulationsergebnisse zu überprüfen.
- Experimentieren bedeutet nicht probieren — das Aufstellen eines Versuchsplans ist unerlässlich.
- Graphik allein ist noch kein Ergebnis; Simulation ist kein Videospiele.
- Funktionalität läßt sich nicht "hinsimulieren".
- Simulation ist kein Selbstzweck — hinreichend simuliert ist oft ausreichend simuliert.
- Der Simulator muß reproduzierbare Simulationsläufe erlauben.

Übliche Fehler beim Simulationseinsatz

***Zu aufwendige Modelle
führen oft zu Ineffektivität***



***Schlechte, ungenaue
Modellierung führt zu
keinen Erkenntnissen***



4 Simulation ist kein Ersatz für Planung

Planungen im Produktionsbereich lassen sich auf vielfältige Weise unterstützen, sei es mit organisatorischen Hilfsmitteln, mathematischen Methoden (z. B. Tabellenkalkulation) oder auch mit Hilfe der Simulation. In jedem Fall ist zu überlegen, welches Mittel geeignet ist und entsprechend dem vorgegebenen Zeitrahmen verwendet werden soll.

Simulation ist vor allem ein Hilfsmittel, um die Komplexität besser zu beherrschen.

Es wäre jedoch ein Irrtum, anzunehmen, die Simulation löse die Planungsaufgabe oder optimiere sie gar noch.

Das Simulationsmodell wirkt für die Planung in der gleichen Weise wie ein Taschenrechner für die Lösung mathematischer Aufgabenstellungen. Die eigentliche Kreativität liegt beim Planer. Die Genauigkeit des Modells, die Versorgung mit den richtigen Daten, die Auswahl der Experimente, die Interpretation der Ergebnisse und die Ableitung der richtigen Maßnahmen bleiben ganz in der Verantwortung des Planers.

Um die Simulation sinnvoll einzusetzen, z. B. die Anzahl der Experimente zu beschränken, ist es ratsam, zunächst statische Betrachtungen einzelner Elemente vorzunehmen (z. B. Kapazitätsbelastung von Arbeitsplätzen), um so erkennbar unsinnige Ausgangswerte zu vermeiden. Die Eingabedaten sollten von Fachleuten geprüft und die Ergebnisse mit der Realität so weit wie möglich verglichen werden.

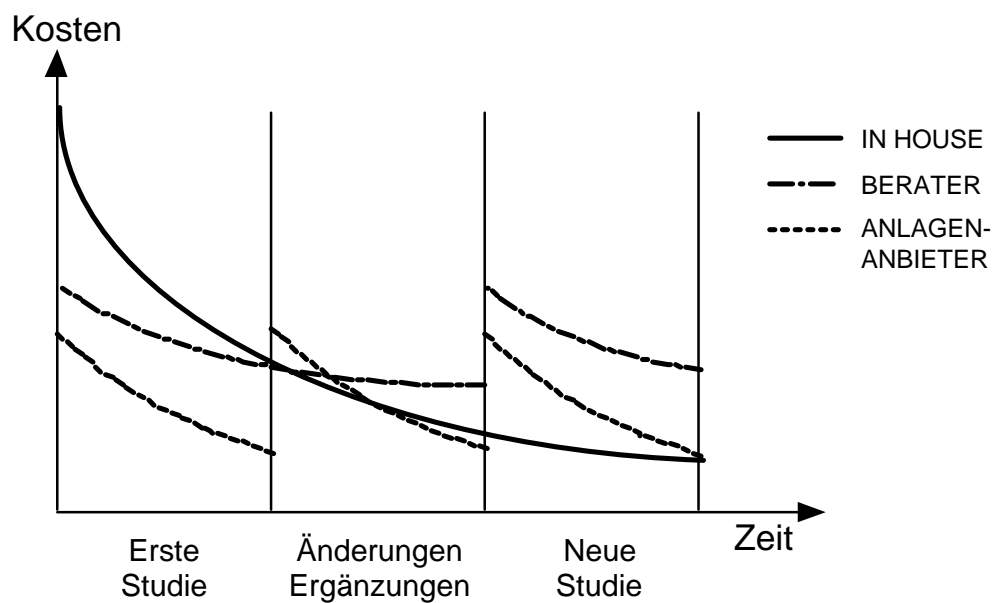
Der Aufwand für eine Simulation hängt darüber hinaus wesentlich von der Wahl der Simulationssoftware ab und davon, ob erst ein Modell konzipiert und implementiert oder ob ein vorhandenes Modell "nur" mit Daten (Parameterwerten) versorgt werden muß.

In jedem Fall ist der Einstiegsaufwand bei der Simulation erheblich höher als der Aufwand bei wiederholtem Einsatz mit der Möglichkeit, Wissen und Erfahrung laufend zu erweitern.

Dafür bietet die Simulation folgende Vorteile:

- effizientere Planung,
- Aufzeigen von Varianten,
- sichere Investition,
- schnellere Realisierung,
- effektiveres Reagieren und
- intensivere Schulung.

Simulationskosten - Vergleich



nach DUNN 1985

5 Das Modell — ein vereinfachtes Abbild der Realität

„Ein Modell ist eine vereinfachte Nachbildung eines geplanten oder real existierenden Originalsystems mit seinen Prozessen in einem anderen begrifflichen oder gegenständlichen System. Es unterscheidet sich hinsichtlich der untersuchungsrelevanten Eigenschaften nur innerhalb eines vom Untersuchungsziel abhängigen Toleranzrahmens vom Vorbild.“

(VDI-Richtlinie 3633, Blatt 1, 1993, S. 3)

Ein Simulationsmodell bildet die wesentlichen Objekte und Regeln eines realen Systems ab.

Bei Modellen, die überwiegend in Produktion und Logistik Anwendung finden, werden wie bei den Abläufen des realen Systems die Zustände der "Objekte" (z. B. Werkstücke) nur an "Entscheidungszeitpunkten" verändert (diskrete Modelle).

Die Zeitdauer zwischen zwei Entscheidungszeitpunkten kann

- vorgegeben sein (deterministisches Modell),
- berechnet werden (algorithmisches Modell) oder
- zufällig ermittelt werden (stochastisches Modell).

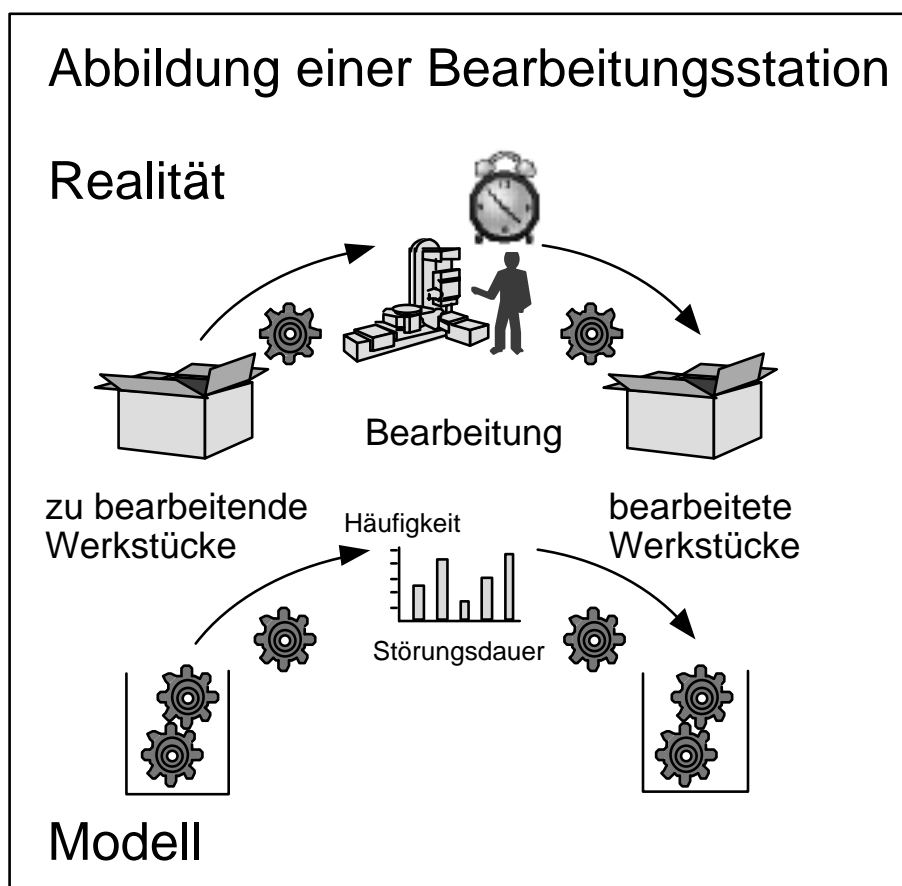
Beispiel:

An einer Bearbeitungsstation soll eine Kiste mit Teilen bearbeitet werden. Die Bearbeitungsdauer ist unterschiedlich. Nach der Bearbeitung werden die Teile wieder in eine Kiste abgelegt. "Express"-Teile werden mit höchster Priorität behandelt.

Die Bearbeitungsdauer für jedes Teil wird durch die Teilenummern vorgegeben (deterministisch).

Die Bearbeitungsreihenfolge der Teile wird nach einer Regel bestimmt (algorithmisch).

Störungen der Bearbeitungsstation oder das Eintreffen von Expressaufträgen werden zufällig erzeugt (stochastisch).



6 Ablauf einer Simulation — die Zusammenarbeit zwischen Planer und Simulationsexperten bestimmt den Erfolg

Einführungsstrategien



Strategie "100%"

- Erhöhter Aufwand in der Anfangsphase
- Arbeitserleichterung bei Routineaufgaben
- Geringer Anspruch an die Qualifikation des Bearbeiters



Strategie "80%"

- Geringerer Aufwand in der Anfangsphase
- Anpassungsfähigkeit für aufgabengerechten Simulationseinsatz
- Qualifikation des Bearbeiters erforderlich

Zielsetzung

Das Ziel einer Simulation muß vor ihrem Beginn quantitativ formuliert werden.

Globale Fragestellungen sind weder für den Anwender noch für die Simulationsexperten hilfreich.

Die Zielsetzung beeinflusst den Umfang und die Detailtiefe von Datenbeschaffung und Modellierung, die Anzahl der Experimente und den Aufwand für Ergebnisinterpretation und -darstellung.

Bei der Formulierung der Zielvorstellungen muß der Aufwand bei der Datenbeschaffung und der Simulation gegenüber dem Nutzen der Einzelergebnisse sorgfältig abgewogen werden ("simulationswürdig?").

Das Ziel einer Simulation sollte in enger Zusammenarbeit zwischen dem Anwender und dem Simulationsexperten festgelegt werden.

Art der Datenbeschaffung

Im Ablauf einer Simulationsstudie ist die Beschaffung des Datenmaterials ein wichtiger Schritt.

Simulationsergebnisse sind nur so gut wie die Eingangsdaten

Die Art der Datenbeschaffung hängt davon ab, ob ein bereits bestehendes oder ein geplantes System simuliert werden soll.

Bei existierenden Anlagen liegen in der Regel Daten und Erfahrungswerte vor. So enthalten Arbeitspläne wichtige Informationen bzgl. Bearbeitungs- und Rüstzeiten sowie der Bearbeitungsreihenfolge. Weitere Daten lassen sich über gezielte Analysen am produzierenden System (Störzeitanalysen) oder über entsprechende Fachabteilungen wie z. B. Qualitätssicherung oder Instandhaltung beschaffen.

Die Ermittlung von Daten, die die in der Planung befindlichen Anlagen charakterisieren, ist schwieriger und fehleranfälliger. Es hat sich gezeigt, daß über Analogiebetrachtungen zu vorhandenen, ähnlichen und damit analysierbaren Systemen geeignete Kenngrößen zu beschaffen sind.

Datenarten

Grundsätzlich lassen sich Simulationsdaten in zeit- und mengenorientierte Größen einteilen.

Zu den Zeitparametern zählen im wesentlichen Takt- und Bearbeitungszeiten, Handlings-, Transport- und Stördauern.

Mengenspezifische Kenngrößen sind z. B. Stückzahlen, Modellmix, Pufferkapazitäten, Transportmittelanzahl oder Störungshäufigkeit.

Die Art der Daten beeinflusst in entscheidender Weise ihre Beschaffung. Gerade die Ermittlung des Störverhaltens von Anlagen verlangt unter Umständen einen sehr großen Aufwand, um hier repräsentatives Material zu erhalten.

Die Entscheidung, ob Daten in Form einer Verteilung vorgegeben werden oder ob die Abbildungsgenauigkeit des Systemverhaltens mit einem Mittelwert ausreicht, beeinflusst unmittelbar die Qualität der Ergebnisse und den Simulationsaufwand.

Ablaufregeln

Neben den qualitativen Größen, die ein System charakterisieren, müssen auch die Ablaufregeln wie z. B. Vorfahrtsstrategien, Bearbeitungsreihenfolgen und Dispositionsregeln definiert werden.

Bei bestehenden Systemen werden diese Regeln meist aus dem täglichen Betrieb abgeleitet und oft erstmalig formuliert.

Für Neuplanungen müssen diese Regeln vom Anwender verbindlich festgelegt werden, um die Simulation zu ermöglichen.

Die Beschaffung dieser Ablaufregeln stellt für den Planer einen nicht zu unterschätzenden Aufwand dar.

Datenaufbereitung

Ganz gleich nach welcher Methode die Daten gesammelt wurden, müssen diese simulationsspezifisch aufbereitet werden.

Die Aufbereitung beginnt mit der Selektionsphase, in der die modell- und zielrelevanten Daten ausgewählt werden.

Anschließend muß der Planer das Datenmaterial auf Plausibilität und Richtigkeit überprüfen.

Im letzten Schritt erfolgt eine Klassifizierung und Verdichtung der Daten.

Für die Bereitstellung von Daten für die Simulation sind Datenbanksysteme ein wertvolles Hilfsmittel. Von diesen kann der Planer seine Kenngrößen abrufen, ohne aufwendige Erhebungsmaßnahmen durchführen zu müssen.

Modellbildung

Der Aufwand bei der Modellbildung wird bestimmt durch die Komplexität des abzubildenden Systems und durch den bei der Zielsetzung festgelegten Grad der Detaillierung.

Strukturelement des Simulationsmodells	Bezeichnung	Beispiel der Realität
zeitverbrauchende Elemente	produzierendes Element Förder- und Lagerelemente	Fertigungsmaschine Materiallager
bewegte Elemente	Fördermittel Förderhilfsmittel Förnergüter	Elektrohängebahn (EHB) Fahrerloses Transportsystem (FTS) Gabelstapler Palette Karosse
Steuerelemente	lokale Steuerung globale (übergeordnete) Steuerung	CNC-Steuerung Produktinformationssystem (PIS) übergeordneter Rechner, Betriebsführungsstrategie
Systemgrenzen	Quellen Senken	Rohmateriallager Fertigproduktlager

Aufgrund der heute vorhandenen anwenderfreundlichen und menügesteuerten Simulationssoftware ist eine Modellerstellung ohne größeren Zeitaufwand möglich. Voraussetzung jedoch ist, daß der Modellersteller das abzubildende System vollständig verstanden hat.

Implementierung

Das Modell, d. h. die abstrahierte Darstellung oder das über eine Schnittstelle eingelesene CAD-Layout des zu simulierenden Systems, wird entsprechend der benutzten Simulationssoftware auf dem Rechner implementiert. Dies kann einfach oder aufwendig sein, abhängig von der Ausstattung und der Benutzerfreundlichkeit des verwendeten Simulationswerkzeuges. Die Spanne reicht von der Neuprogrammierung unter Verwendung von allgemeinen Programmiersprachen bis zum "einfachen" Zusammensetzen von vorhandenen Modulen (bausteinorientiert).

Es ist aber zu beachten, daß Strategien und Dispositionsalgorithmen in der Regel bei den zur Verfügung stehenden Programmen für jeden neuen Anwendungsfall neu erstellt (programmiert) werden müssen.

Die Einsatzbreite der gewählten Simulationssoftware bestimmt den Aufwand der Modellimplementierung.

Validierung

Nach der Implementierung erfolgt die Validierung. Hierbei wird überprüft, ob das implementierte Modell mit dem abzubildenden System übereinstimmt.

Für die Validierung gibt es keine festen Regeln oder Vorgehensweisen. Üblich ist es, einzelne Modellelemente analytisch zu überprüfen (Grenzleistungsrechnung, Plausibilitätstest) oder *bekannte* Zusammenhänge zu simulieren und die Simulationsergebnisse mit der Realität zu vergleichen (deterministisches Modell).

Die Erfahrung von Simulationsexperten ist bei der Validierung von großer Bedeutung; der Anwender muß gute Kenntnisse über das abgebildete System haben. Es ist daher unerlässlich, daß Anwender und Simulationsexperte eng zusammenarbeiten.

Bei der Validierung werden schon die ersten Simulationsexperimente durchgeführt, jedoch nicht mit dem Ziel, systematisch Ergebnisreihen zu erzeugen. Damit soll ein plausibles Verhalten des Simulationsmodells unter Berücksichtigung aller in der nachfolgenden Experimentierphase zu variierenden Parameter nachgewiesen werden.

Die Validierung ist immer notwendig, um die Qualität der Simulationsergebnisse zu überprüfen.

Experimentieren

„Ein Experiment ist die gezielte empirische Untersuchung des Verhaltens eines Modells durch wiederholte Simulationsläufe mit systematischer Parametervariation.“

(VDI-Richtlinie 3633, Blatt 1, 1993, S. 3)

Experimentieren bedeutet, sinnvolle Versuchsreihen mit der Variation einzelner Parameter aufzustellen, durchzuführen und Ergebnisse zu erzeugen. Es bedeutet *nicht* Experimentieren im Sinne von Ausprobieren, sondern das gezielte Aufzeigen von Alternativen.

Ziel des Experimentierens ist es nun, mit möglichst geringem Aufwand günstige Werte für die zu variierenden Parameter zu finden.

Der Übergang vom Validieren zum Experimentieren ist fließend. Bei den ersten Simulationsexperimenten in der Validierungsphase können bereits Anhaltspunkte für das Aufstellen der Experimentierreihen gefunden werden.

Es sind folgende Punkte zu beachten:

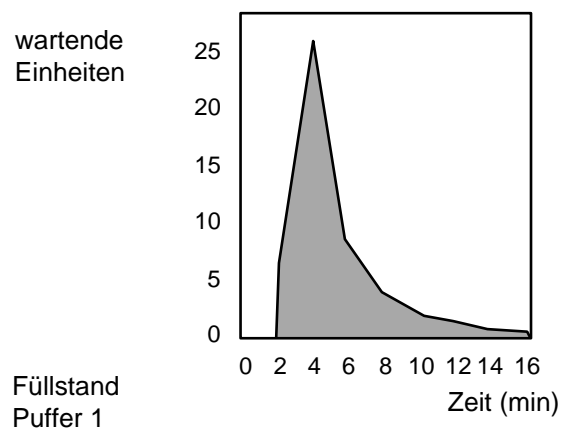
- Experimentierreihen mit dem Anwender sinnvoll abstimmen
- Nicht mehrere Parameter gleichzeitig verändern, da sonst eine eindeutige Interpretation der Ergebnisse unmöglich wird
- Dokumentation der Experimente ist notwendig, um eine Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten
- Änderungen des Simulationsmodells erfordern einen neuen Zyklus:
Implementieren → Validieren → Experimentieren.

Personal und Rechnerzeit verursachen nicht unerhebliche Kosten. Die Experimentierreihen sollen daher so geplant werden, daß mit minimaler Anzahl der Experimente eine große Aussagekraft entsteht.

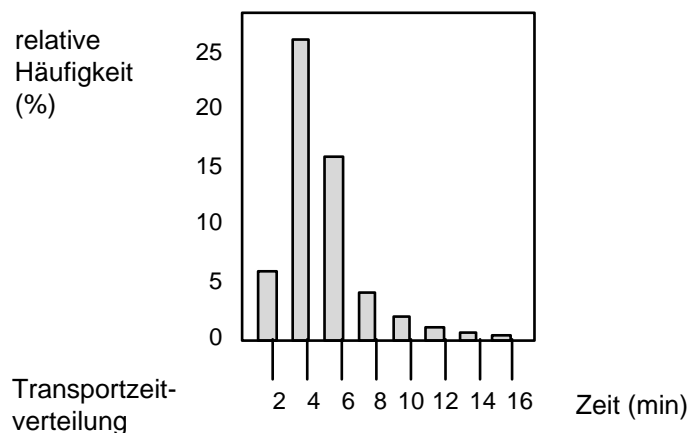
Ergebnisdarstellung

Die Darstellung von Simulationsergebnissen schließt sich unmittelbar an die Experimentierphase an. In Einzelfällen kann es auch möglich sein, daß der Benutzer im Dialog während des Simulationslaufs Zwischenergebnisse abfragen kann, um zu entscheiden, ob er den Lauf fortsetzen oder besser Modifikationen im Modell vornehmen soll.

Die Simulationsergebnisse liegen bei den meisten Simulatoren in tabellarischer und graphischer Form vor, die für die Interpretation verdichtet und aufbereitet werden müssen. Gängige Arten der Ergebnisdarstellung sind:

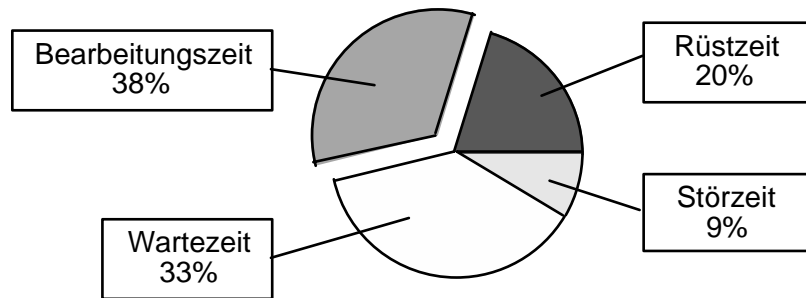


- Liniendiagramme für die Veranschaulichung von sich zeitlich ändernden Größen (z. B. Füllgrad von Puffern)



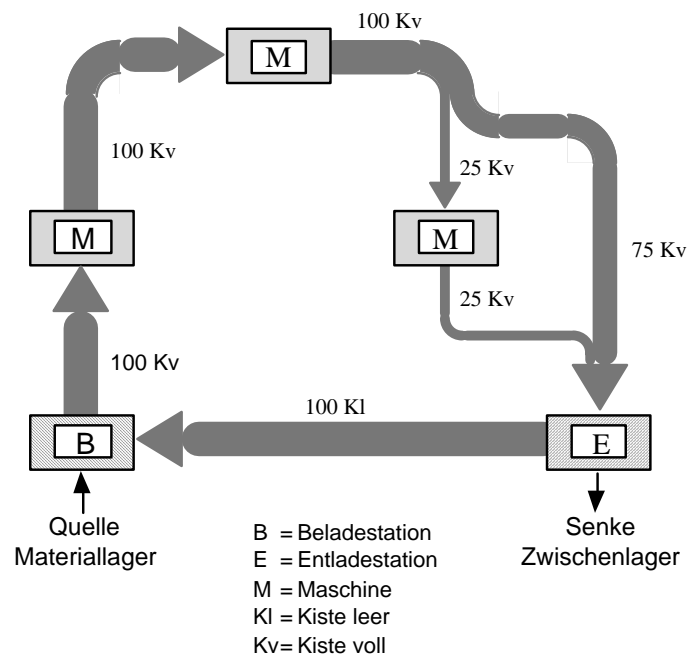
- Balkendiagramme zur Darstellung von absoluten und relativen Häufigkeiten (z. B. Störungen, Blockierungen)

Nutzungsgrad Maschine 1



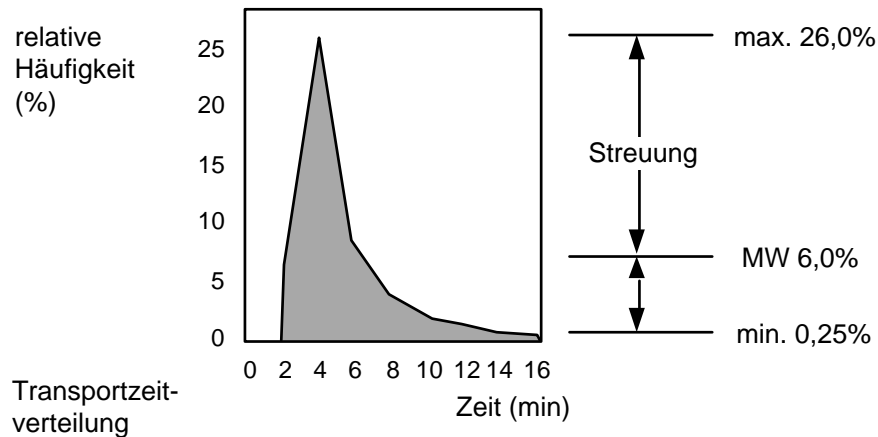
- Kreisdiagramme zur Visualisierung relativer Gewichtsanteile (z. B. Nutzungsgrade, Auslastungen)

Sankeydiagramm eines Fertigungsbereiches



- Sankeydiagramme

Neben den graphisch aufbereiteten Ergebnissen haben jedoch im Hinblick auf die Interpretation auch statistische Daten einen hohen Nutzen.



Es ist in der Regel nicht ausreichend, lediglich Mittelwerte von beispielsweise Durchlaufzeiten, Störungsdauern und Pufferbelegungen auszurechnen. Genauere Aussagen können nur dann getroffen werden, wenn Minimal- und Maximalwerte sowie Streuung und Varianz bekannt sind.

Animation

Sehr anschauliche Informationen über das Verhalten von Anlagen liefert die Prozeßvisualisierung oder auch Animation. Sie unterstützt den Simulationsexperten bei der Validierung, bietet dem Planer und Betreiber eine Hilfestellung zum Systemverständnis und dient als Kommunikationsmittel zwischen dem Simulationsexperten und dem Nutzer. Durch die graphische Darstellung der Vorgänge während der Simulation gewinnt das Verfahren an Transparenz und gibt zusätzliche Sicherheit bei der Auswertung der Ergebnisdaten.

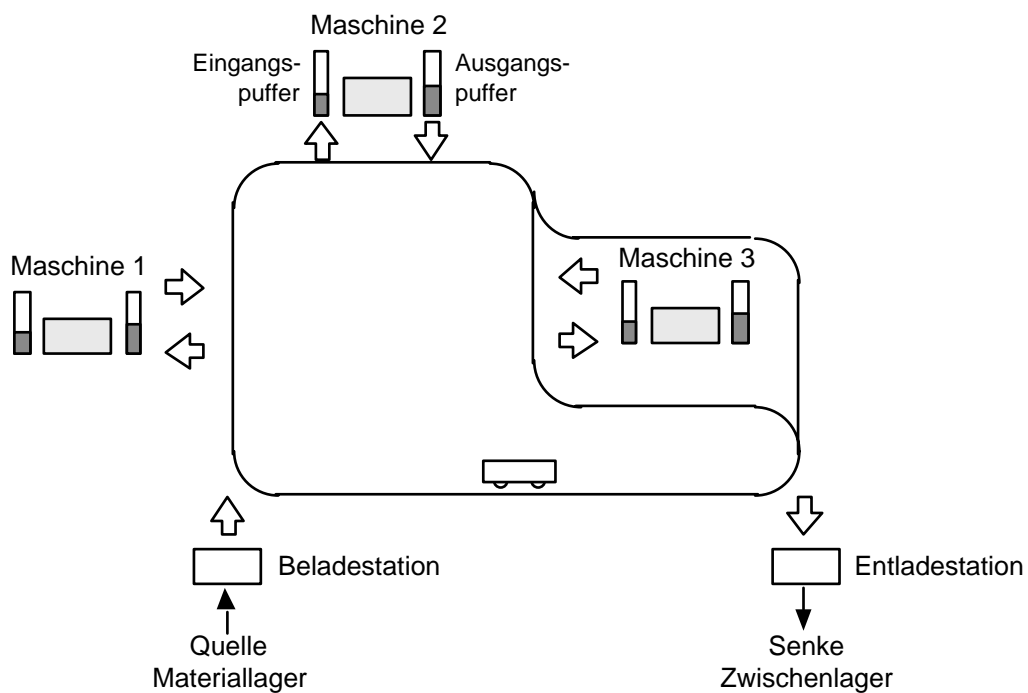
Dargestellt werden bei der Animation

- Ortsveränderungen von Objekten (z. B. Paletten oder Fahrzeuge),
- zeitliche Änderungen quantitativer Größen (z. B. Streckenbelastungen, Pufferfüllstände oder Maschinenauslastungen).

Wesentliche Darstellungsformen sind:

- Blockgraphik durch symbolisierte Bausteintypen,
- hochauflösende Layoutgraphik und
- CAD-Layout.

Animation eines Fertigungsbereiches



Die Animation als dynamische Abbildung der Simulationsläufe ist heute Bestandteil einer Simulationsstudie; sie wird von den gängigen Simulatoren als Basisoption angeboten.

Die Qualität der Animation sagt nichts über die Güte und Richtigkeit der Simulation aus.

Interpretation

Eine Simulation liefert in jedem Fall ein Ergebnis, sei es den Nachweis der Funktionalität oder den der Nichtfunktionalität bei bestimmten Betriebszuständen. Die Aufgabe der Ergebnisinterpretation ist die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen den Ergebnissen einzelner Simulationsläufe und Experimente. Die Qualität der Ergebnisaufbereitung bestimmt den Interpretationsaufwand.

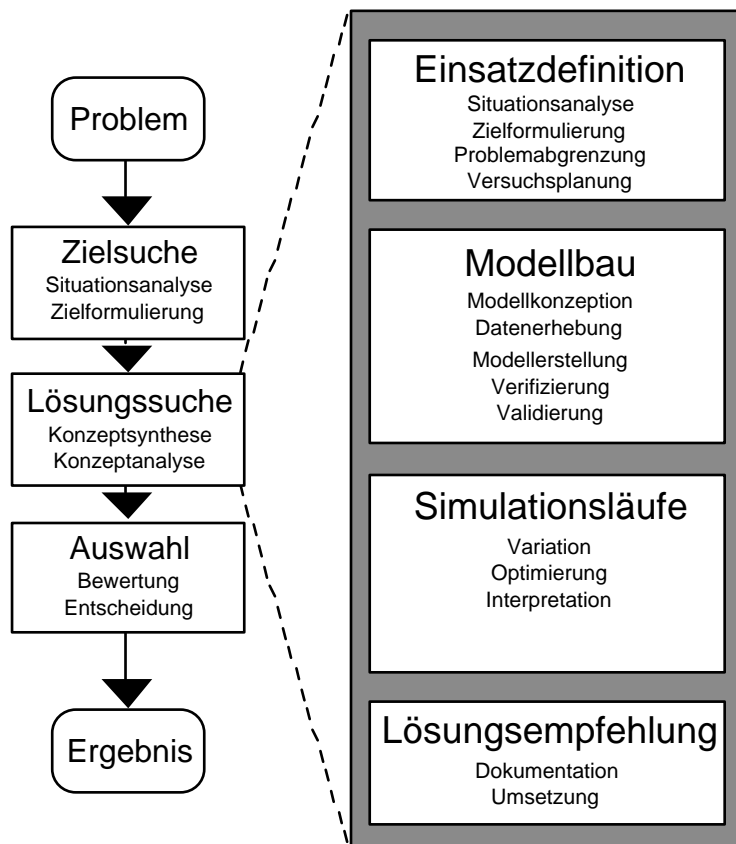
Die Interpretation der Simulationsergebnisse sollte gemeinsam vom Simulationsexperten mit dem Planer oder Auftraggeber durchgeführt werden, da nur so Schwachstellen im System und Ansätze für Verbesserungsmaßnahmen gefunden werden können.

Ergeben sich bei Simulationsuntersuchungen Hinweise auf Nichtfunktionalitäten, müssen Planer und Simulationsexperte gemeinsam Änderungen an den Simulationsdaten oder sogar am Modell vornehmen. Bei Modelländerungen kann dies zu einem neuen Planungs- und Simulationszyklus führen.

Ablauf einer Simulation

Problemlösungs-
zyklus nach
Systems Engineering *)

Simulations-
anwendung



*) Quelle: Systems Engineering: Methodik und Praxis /
Haberfeiner. Hrsg. W. F. Daenzer, F. Huber. - 8. verb.
Aufl.-Zürich: Verl. Industrielle Organisation, 1994.

Quelle: Acél 1992

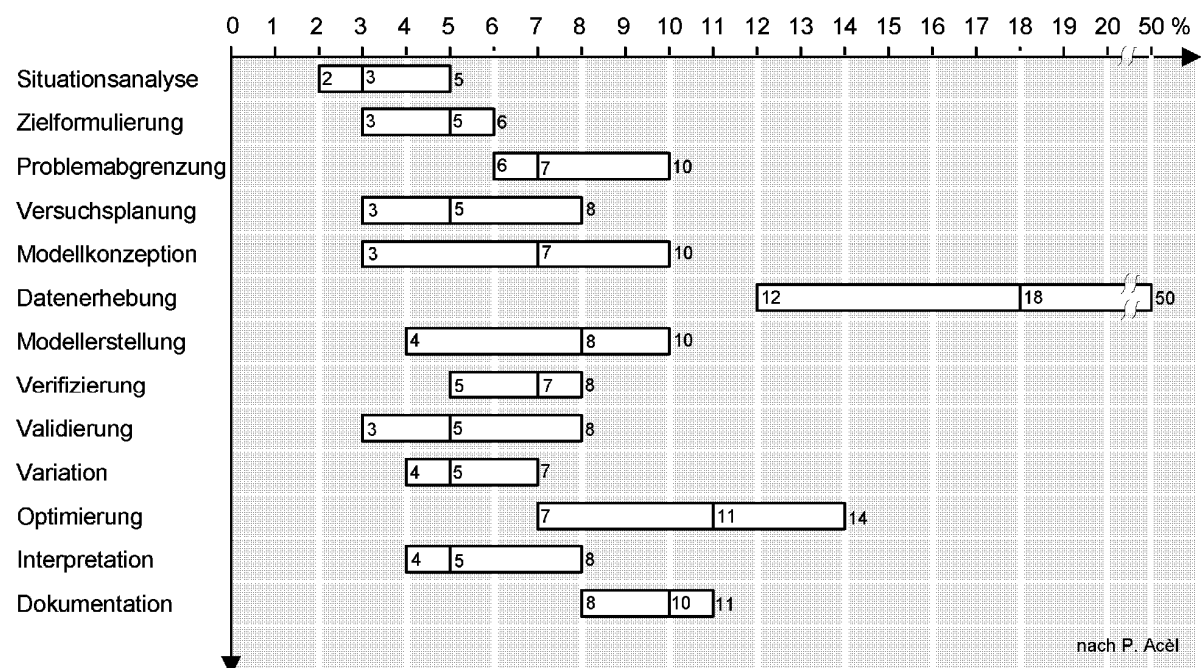
7 Aufwand und Nutzen

Die Simulation ist ein wichtiges und kostengünstiges Instrument zur Verbesserung und Absicherung der Planung. Die Möglichkeiten werden jedoch häufig nicht ausgeschöpft. Wesentliche Gründe dafür sind:

- Einsatzmöglichkeiten und Nutzungspotentiale der Simulation sind zu wenig bekannt.
- Das Wissen über Simulationsmethoden und -werkzeuge ist zu wenig verbreitet.
- Simulationen werden in der Regel von Simulationsexperten durchgeführt, Planer beteiligen sich zu wenig.
- Simulationsmodelle werden selten mehrfach eingesetzt, es gibt viele "Wegwerfmodelle".
- Simulationsuntersuchungen werden oft zu spät, d. h. kurz vor Abschluß der Planungen, in Auftrag gegeben.

Der Aufwand für Simulationsprojekte ist je nach Art (z. B. Grob- oder Feinsimulation) oder Einsatzfall sehr unterschiedlich. Aus der Erfahrung vieler Simulationsprojekte läßt sich jedoch eine Aufwandsverteilung für Projekte mit einem Aufwand > 20 Manttage ableiten. Im folgenden Bild ist der prozentuale Anteil pro Simulationsphase als Bandbreite mit Angabe des Medians dargestellt.

Zeitliche Aufwandsverteilung beim Simulationseinsatz (in Prozent)



nach Acél 1992

Während der Planer vor allem bei der Problemanalyse und der Ergebnisinterpretation gefordert ist, hat der Simulationsexperte die Aufgabe der Modellbildung und -realisierung.

Ein erfolgreicher Einsatz der Simulation hängt wesentlich davon ab, wie gut die Zusammenarbeit zwischen dem Planer und dem Simulationsexperten ist. Daher kommt es darauf an, die Simulation rechtzeitig, d. h. planungsbegleitend und in laufender Abstimmung durchzuführen. Der Einsatz der Simulation zwingt zu genauerem Durchdenken der Planungsaufgabe und zu genaueren Daten. Die Qualität der Planung wird damit erhöht.

Der Nutzen der Simulation zeigt sich in der Möglichkeit,

- Fehlplanungen frühzeitig zu erkennen und das Planungsrisiko zu mindern,
- quantifizierbare Ergebnisse für eine objektive Argumentation und Diskussion zu gewinnen,
- ein Gesamtverständnis für das betrachtete System zu erzielen.

Eine Quantifizierung des Nutzens kann jedoch nur projektbezogen erfolgen. Als Anhaltspunkt können dabei Erfahrungen dienen, die zeigen, daß bei rechtzeitiger Anwendung der Simulation Einsparungen in Höhe des Mehrfachen der Simulationskosten erzielt werden können. Die nicht quantifizierbaren Faktoren führen häufig zu weiteren erheblichen Einsparungen.

8 Simulation in der Praxis

Die Zusammenarbeit während der Simulationsstudie führt für den Planer und den Simulationsexperten zu einer Vielzahl neuer Erkenntnisse.

Die Anlage ist ihnen durch die Diskussion um technische Belange transparenter vor Augen, und beide wissen, welche Verbesserungen evtl. noch möglich wären und simuliert werden könnten — obwohl hinreichend untersucht wurde und ein akzeptables und den Zielvorstellungen entsprechendes Ergebnis vorliegt.

Ein gefährlicher Punkt während der Simulationsstudie: Die Phantasie beginnt zu erblühen und der Spieltrieb erwacht.

Ist dieser Punkt erreicht, ist es an der Zeit, sich die definierte Zielvorstellung wieder vorzunehmen und klar zu entscheiden:

- Ist eine Optimierung von Teilen oder des gesamten Systems vorgesehen, dann muß zielgerichtet weiter experimentiert werden.
- Ist mit der Simulation lediglich der Nachweis der Funktionalität zu erbringen, *muß* die Simulationsstudie abgeschlossen werden. Der Aufwand für weiteres Experimentieren ist dann nicht mehr vertretbar.

In diesem Zusammenhang sei auf einen weiteren Vorteil der Simulation hingewiesen: der Einsatz von Simulationsmodellen im Bereich der Betriebsführung, z. B. Kapazitätsberechnung, Auftragseinlastung oder Personalplanung. Für diese Anwendungen sind jedoch die für Planungsaufgaben erarbeiteten Simulationsmodelle in der Regel nicht geeignet.

Die Verwendung von entsprechend gestalteten Modellen für die Bereiche

- Vorplanung von Ressourcen,
- Vorhersage von Konsequenzen für die Produktion bei kurzfristigen Störungen in der Anlage und
- Schulung des Betriebsführungs- und Bedienpersonals

ist heute durch die Basisausstattung fast aller Simulatoren gegeben.

Literaturverzeichnis

Acél, P. (1992):

Systems-Engineering und Simulation. In: Tagungsband „Simulation — Ein Blick in die Zukunft“. Hrsg.: BWI/IFOR der ETH Zürich, 25. November 1992.

Dunn, P. L. C. (1985):

Risk avoidance by independent simulation. In: Simulation in manufacturing. Proceedings of the 1st international conference IFS Publ., S. 23 - 35, 1985.

Kuhn, A.; Reinhardt, A.; Wiendahl, H.-P. (Hrsg.) (1993):

Handbuch Simulationsanwendungen in Produktion und Logistik. Verlag Vieweg, Wiesbaden/Braunschweig, 1993.

Law, A. M.; Kelton, W. D. (1991):

Simulation Modeling and Analysis. Second edition. McGraw-Hill, Inc., New York, 1991.

VDI-Richtlinie 3633, Blatt 1 (1993):

Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf: VDI-Richtlinie 3633, Blatt 1: Simulation von Logistik-, Materialfluß- und Produktionssystemen, Grundlagen. VDI-Handbuch Materialfluß und Fördertechnik, Band 8, Beuth Verlag, Berlin, 1993.