

Vorlesungsreihe Simulation betrieblicher Prozesse

Systemanalyse bei der Entwicklung von Simulationsmodellen

Prof. Dr.-Ing. Thomas Wiedemann
email: wiedem@informatik.htw-dresden.de

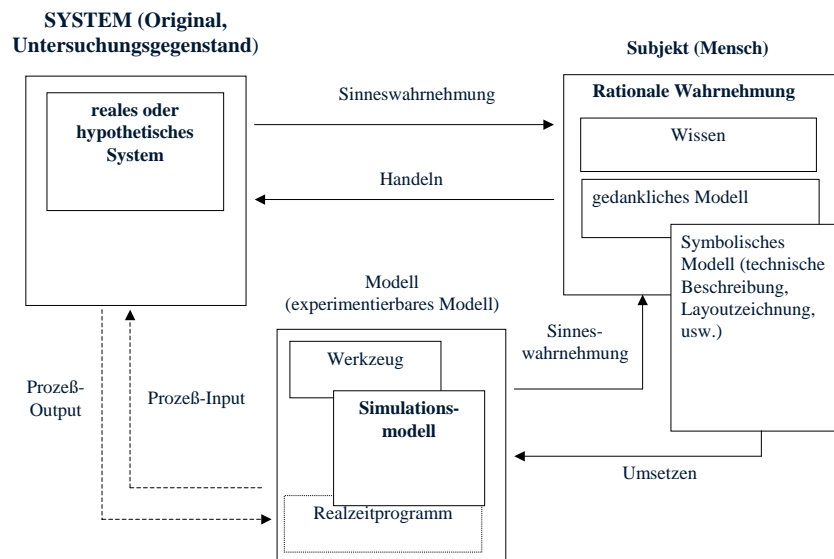


HOCHSCHULE FÜR TECHNIK UND WIRTSCHAFT DRESDEN (FH)
Fachbereich Informatik/Mathematik

Übersicht

- ◆ **Überblick zur Systemanalyse und Modellierung**
 - ◆ Systemdefinition aus Sicht der Simulationstechnik
 - ◆ Typische Merkmale von betrieblichen Systemen
- ◆ **Durchführung der Systemanalyse**
 - ◆ Arten der Systemanalyse
 - ◆ Beschreibungsmittel
- ◆ **Das "Strukturierungsmodell der Fabrik"**
 - ◆ Zerlegung betrieblicher Systeme
 - ◆ Objekthierarchie
 - ◆ Wechselwirkung mit anderen Informationssystemen

Der Modellierungsprozess nach VDI 3633 Blatt I



Simulation betrieblicher Prozesse - Einführung - Prof. T.Wiedemann - HTW Dresden - Folie 3

Systemdefinition aus Simulationssicht

Systemdefinition nach [VDI3633-1] :

„Ein System ist eine abgegrenzte Anordnung von Komponenten, die miteinander in Beziehung stehen (vgl. [DIN19226-1]). Es ist gekennzeichnet durch

- die Festlegung seiner Grenze gegenüber der Umwelt (Systemgrenze), mit der es über Schnittstellen Materie, Energie und Informationen austauschen kann,
- die Komponenten, die bei der Erhöhung der Auflösung selbst wiederum Systeme darstellen (Subsysteme) oder aber als nicht weiter zerlegbar angesehen werden (Systemelemente),
- die Ablaufstruktur in den Komponenten, die durch spezifische Regeln und konstante oder variable Attribute charakterisiert wird,
- die Relationen, die Systemkomponenten miteinander verbinden (Aufbaustruktur), so dass ein Prozess ablaufen kann,
- die Zustände der Komponenten, die jeweils durch Angabe der Werte aller konstanten und variablen Attribute (Zustandsgrößen) beschrieben werden, von denen im allgemeinen nur ein kleiner Teil untersuchungsrelevant ist,
- die Zustandsübergänge der Komponenten als kontinuierliche oder diskrete Änderungen mindestens einer Zustandsgröße auf Grund des in dem System ablaufenden Prozesses.

Simulation betrieblicher Prozesse - Einführung - Prof. T.Wiedemann - HTW Dresden - Folie 4

Typische Systemeigenschaften im Simulationsbereich

Ausgehend von den Einsatzkriterien der Simulation (kein Zugang mit üblichen analytischen Methoden / häufig zufällig Einflüsse) sind zu simulierende Systeme meist geprägt durch :

- **Komplizierte Systemstrukturen mit vielen unterschiedlichen Objekttypen und Wechselwirkungen**

- gegenständliche Ressourcen (Maschinen, Gebäude, Transportmittel usw.)
- Informationsflüsse (Analogien zur Geschäftsprozeßmodellierung)
- Stoff- und Energiekreisläufe
- Menschliche Einflußfaktoren (Personalstruktur, Entscheidungsverhalten)

- **Hohe Komplexität des dynamischen Verhaltens**

- Starke Rückkopplungen zwischen den Systemobjekten
- meist dynamisch agierende Objektgruppen oder Systemteile
- Hierarchien von Objekttypen

Simulation betrieblicher Prozesse - Einführung - Prof. T.Wiedemann - HTW Dresden - Folie 5

Arten der Systemanalyse

- **Die Systemanalyse dient der Modellbildung**

Zwei prinzipielle Arten der Systemanalyse (vgl. [Müller 2000])

- Theoretische Systemanalyse
 - Auf der Basis von a priori-Informationen
 - Erzeugt erklärende, strukturtreue Modelle zur Beschreibung der verhaltensbestimmenden Struktur des Systems
 - Setzt relativ tiefgehendes, theoretisches Verständnis des Systems voraus, welches in der Praxis betrieblicher System selten möglich ist
- Experimentelle Systemanalyse
 - auf der Basis von empirischen Informationen
 - in der Regel durch Beobachtungen und Messungen
 - erzeugt statistische Modelle zur Beschreibung des Systeminputs und der Systemreaktion
 - meist in Form mathematischer Beschreibungen oder strukturierter Daten
 - Bezug zur tatsächlichen, inneren Modellstruktur nicht immer gegeben

Simulation betrieblicher Prozesse - Einführung - Prof. T.Wiedemann - HTW Dresden - Folie 6

Allgemeine Vorgehensweise

- **Die Systemanalyse gliedert sich in zwei Abschnitte**
- **Analyse** des Systems
 - Auflösung und Zergliederung der Systemstrukturen
 - Bestimmung der Systemobjekte (engl. Entities) und Objektattribute
 - Unterscheidung von internen und externen Aktivitäten und Ereignisse
 - Untersuchung auf einzelne Merkmale
 - Bestimmung wichtiger Kenngrößen und deren Zielorientierung
- **Abstraktion** der wesentlichen Systemeigenschaften
 - Verallgemeinerung von Eigenschaften durch Idealisierung
 - Ableitung von Gesetzmäßigkeiten
 - Vernachlässigung unbedeutender Größen (kritisch -> teilweise Sensitivitätsanalyse notwendig)
 - Reduktion der Systemkomplexität durch unterschiedliche Abstraktionsstufen auf verschiedenen Hierarchieebenen

Simulation betrieblicher Prozesse - Einführung - Prof. T.Wiedemann - HTW Dresden - Folie 7

Definition eines Zielsystems

Anpassung der Systembeschreibung an die Problemstellung :

- Enthält nur die problemrelevanten Systemgrößen
- Neben Gesamtziel existieren meist oft widersprüchliche Teilziele
 - z.B. Teilziele der Produktionsplanung :
 - Minimierung der Durchlaufzeiten
 - Minimierung der Terminabweichungen
 - Maximierung der Auslastung
 - Bestandsminimierung
 - Mit den weiteren Subzielen
 - Optimierung der Anlagekosten, Lagerhaltungskosten, Kapitalbindung, Lieferbereitschaft, Rüstkosten
- Im Rahmen von Optimierungsläufen mit Simulationsmodellen können Kompromissmengen mit einem Gesamtoptimum gesucht werden.

Simulation betrieblicher Prozesse - Einführung - Prof. T.Wiedemann - HTW Dresden - Folie 8

TOP-Down-Systemanalyse

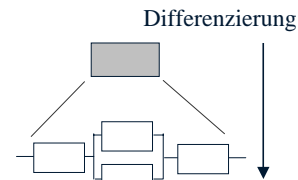
- TOP-Down-Ansatz geht von der höchsten Hierarchieebene aus (z.B. gesamtes Unternehmen oder ganze Volkswirtschaft)
- sukzessive Verfeinerung der Strukturen in der näher zu untersuchenden Bereichen

Vorteile des Ansatzes

- Sichere Problemerkennung durch ganzheitliche Sicht
- Besseres Verständnis der gesamten Systemstruktur
- Begrenzung des Aufwandes auf problemadäquaten Abstraktionsgrad

Nachteile

- Hohe Anforderungen an das Abstraktionsvermögen
- Gefahr der Ablenkung von der eigentlichen Aufgabenstellung durch andere Probleme
- Potentieller Mehraufwand bei zu weit gefassten Systemgrenzen



Simulation betrieblicher Prozesse - Einführung - Prof. T.Wiedemann - HTW Dresden - Folie 9

Bottom-Up-Systemanalyse

- TOP-Down-Ansatz geht von Details aus und synthetisiert daraus höhere Ebenen

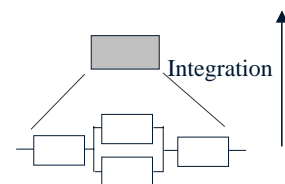
Vorteile des Ansatzes

- Einfaches Systemverständnis durch geringen Abstraktionsgrad der Detailelemente
- Möglichkeit der schnellen Detailanalyse
- Einsatz vorgefertigter Strukturen möglich (Standardfertigungstypen: flexible Fertigung, Fließfertigung ...)

Nachteile

- Erkennung des Gesamtzusammenhangs schwierig
- hoher Modellierungsaufwand bei sehr komplexen Originalsystemen (da immer von Details ausgegangen wird)

Bei praktischen Aufgabenstellung hat sich eine Mischform bewährt: Erste Analyse mit Top-Down und dann Bottom-Up von Problemzonen.



Simulation betrieblicher Prozesse - Einführung - Prof. T.Wiedemann - HTW Dresden - Folie 10

Beschreibungsmittel der Systemanalyse


Ergebnisse der Systemanalyse müssen dokumentiert und mit den Systemverantwortlichen (Auftraggeber) diskutiert werden.

Optionen der Systembeschreibung

• Textuelle Beschreibung

- Geringer Aufwand, aber nicht immer sehr übersichtlich
- günstig im Fall von Simulationssprachen mit fast natursprachlicher Beschreibung (SIMSCRIPT)

• Grafische Beschreibungen

- Ursache-Wirkungsdiagramme (Forrester) 
- Datenflußdiagramme (z.B. Structured Analysis and Design Method SADT)
- Geschäftsprozeßmodelle (ARIS), Organigramme
- Zustandsdiagramme (sehr günstig für Funktionsbeschreibungen und starke Ähnlichkeit mit der Modellierungsweise einiger Simulatoren)
- Entity-Relationship-Modelle der Basisdaten (nur als Datenlieferant, da keine Ablaufinformationen)

Simulation betrieblicher Prozesse - Einführung - Prof. T.Wiedemann - HTW Dresden - Folie 11

Beschreibungsmittel: Ursache-Wirkungsdiagramme

Ursache-Wirkungsdiagramme nach Forrester vermitteln eine sehr anschauliches Bild von den Systemabhängigkeiten

- Verwendete Variablentypen

 Zustand (Meist träge, d.h. integrierende Größen)

Pi  Konstanten und Parameter

 Ursache-Wirkungs-Relation

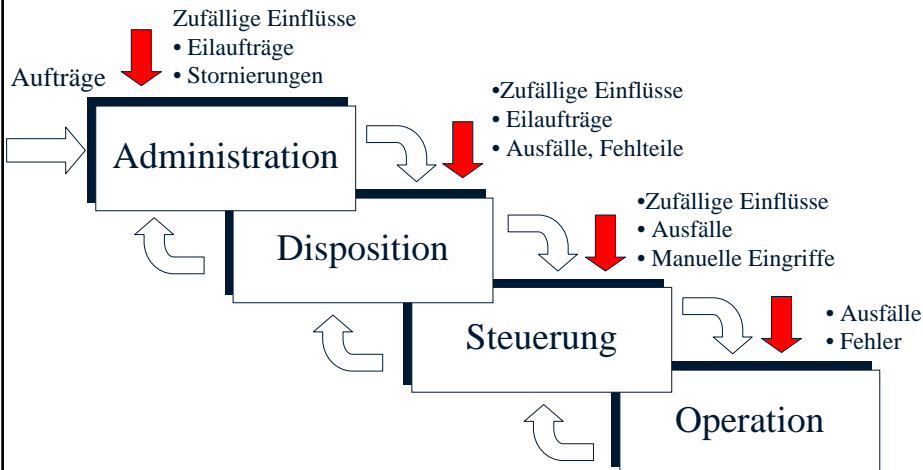
 Stoffflüsse

Simulation betrieblicher Prozesse - Einführung - Prof. T.Wiedemann - HTW Dresden - Folie 12

Das Strukturierungsmodell der Fabrik

Das "Strukturierungsmodell der Fabrik" ist eine spezifische Form zur Modellierung der relativ ähnlichen Strukturen betrieblicher Prozesse:

- Abbildung des Systems "Fabrik" als vier vermaschte Regelkreise



Simulation betrieblicher Prozesse - Einführung - Prof. T.Wiedemann - HTW Dresden - Folie 13

Administration & Disposition

Die Administration

- stellt die höchste Ebene des Fabrikmanagements dar
- definiert die Systemgrenzen zu Systemen außerhalb der Fabrik (Kunden, Lieferanten)
- erzeugt die Systemlast (eingehende Aufträge)
- Gibt grundlegende Handlungsoptionen vor (Normal/Sonderschicht)
- überwacht die Abläufe auf der Basis von Statistiken

Die Disposition

- verwaltet die Aufträge und Betriebsmittel
- dient der Zuordnung von Aufträgen zu Betriebsmitteln auf der Basis von Optimierungskriterien (z.B. maximale Auslastung)
 - entweder per Vorplanung bereits vor der eigentlichen Durchführung
 - oder im Moment der Durchführung (situationsabhängiges Entscheiden)

Simulation betrieblicher Prozesse - Einführung - Prof. T.Wiedemann - HTW Dresden - Folie 14

Steuerung & Operation

Die Steuerung

- organisiert die Abläufe innerhalb der Komponenten der eigentlichen Operation
- wertet Zustände von Systemobjekten aus
- versucht Konflikte bei der Ressourcenbelegung zu lösen

Die Operation

- bildet die physische Struktur des Material- und Stoffflusses ab
verwaltet die Aufträge und Betriebsmittel
- Modelliert die Fertigungsprozesse durch zeitverbrauchende Aktivitäten und ändert Objektparameter (z.B. Position, Gewicht)
- Optional können auch Kostenrechnungen (Kostensimulation) oder Stoffmengenkalkulationen stattfinden
- Generierung von Statusinformationen für die anderen Module

Simulation betrieblicher Prozesse - Einführung - Prof. T.Wiedemann - HTW Dresden - Folie 15

Abstraktionsgrad der Module

Je nach Aufgabenstellung sind die Detaillierungsgrade der einzelnen Module unterschiedlich:

Zur Optimierung der primären Fertigungsprozesse

- Administration, Disposition als Black-Box mit nur sehr einfachen Verhaltensmuster (Standardeinlastung)
- Steuerung und Operation sehr detailliert mit Modellierung von Störungen und Optimierungsstrategien

Zur Optimierung des Fabrikmanagements

- Steuerung und Operation jeweils als Black-Box mit weitgehend störungsfreien Verhalten
- Administration und Disposition sehr detailliert mit einer Vielzahl von Handlungsalternativen

Simulation betrieblicher Prozesse - Einführung - Prof. T.Wiedemann - HTW Dresden - Folie 16

Modellierung von betrieblichen Systemobjekten

Bei der Umsetzung der in der Systemanalyse gewonnenen Erkenntnisse werden die Systemobjekte in zwei Gruppen geteilt:

Aktive Systemobjekte

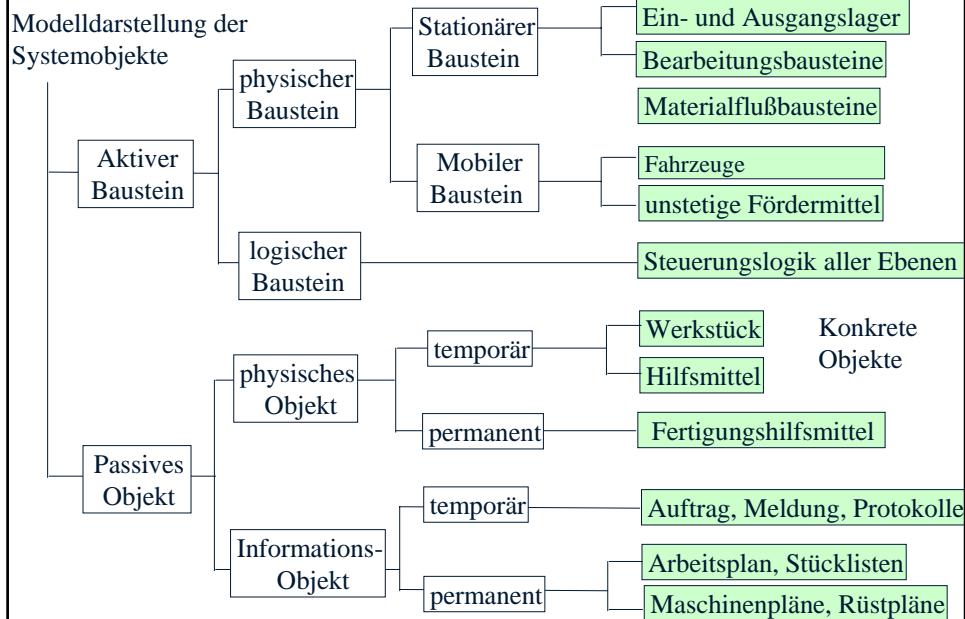
- haben eine eigene, interne Ablauflogik und wirken auf andere Systemobjekte ein
- Die Modellierung erfolgt mit aktiven Modellbausteinen.

Passive Systemobjekte

- Haben keine eigene Ablauflogik und werden nur durch aktive Modellobjekte beeinflusst oder in den Eigenschaften verändert
- Die Modellierung erfolgt durch Modellobjekte in der Form von Datenstrukturen oder Vektoren.
- Je nach Aufgabenstellung sind die Zuordnungen fließend. Fahrzeuge oder Personen können sowohl als aktiv wie passive Komponenten modelliert werden.

Simulation betrieblicher Prozesse - Einführung - Prof. T.Wiedemann - HTW Dresden - Folie 17

Eine Objekthierarchie für betriebliche Systemobjekte



Simulation betrieblicher Prozesse - Einführung - Prof. T.Wiedemann - HTW Dresden - Folie 18

Wechselwirkungen mit anderen Informationssystemen

Einbeziehung vorhandener EDV-Daten in die Simulation :

- **Topologie** (räumliche Struktur und Anordnung)
 - CAD-Daten oder sonstige Grafiken des Anlagenlayouts (einige Simulatoren können diese direkt laden)
 - GIS-Daten von Regionen oder Verkehrswegen
 - Koordinatenlisten von Ressourcenanordnungen, Fahrwege als Punkteliste
- **Dispositions-und Steuerdaten**
 - Alle Stammdaten aus der PPS (Auftragsbestand, Stücklisten, Fertigungsaufträge, Auftragsstücklisten)
- **Daten der Fertigungsobjekte**
 - Verwendung von Maschinenstammdaten
 - Kapazitätslisten und Wartungspläne (Verfügbarkeit / Schichten)

Simulation betrieblicher Prozesse - Einführung - Prof. T.Wiedemann - HTW Dresden - Folie 19

Zusammenfassung

Systemanalyse bei der Modellierung betrieblicher Systeme

- **generell hohe Anforderungen an den Modellierer**
 - Analysefähigkeiten
 - Abstraktionsvermögen
 - Synthese -Daten von Regionen oder Verkehrswegen
 - Koordinatenlisten von Ressourcenanordnungen, Fahrwege als Punkteliste
- **Unterstützung durch**
 - Referenzmodelle zu typischen Fertigungsarten
 - vorgefertigte Modellbausteine
 - Einbindung oder Übernahme vorhandener Daten (gegenwärtig besonders aktuell zur Verringerung der Kosten von Simulationsstudien)

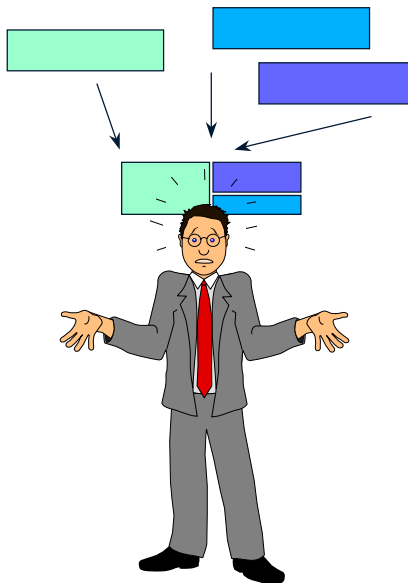
Simulation betrieblicher Prozesse - Einführung - Prof. T.Wiedemann - HTW Dresden - Folie 20

Literatur

- [Banks99] Banks, Jerry : Handbook of Simulation – Principles, Methodology, Advances, Application & Practice. New York John Wiley Inc. 1999
- [Liebl95] Liebl, Franz: Simulation: Problemorientierte Einführung. 2. überarb. Auflage. R. Oldenbourg Verlag München; Wien Oldenbourg, 1995
- [Müller00] Müller, J.A.: Systems Engineering. Manz Schulbuch GmbH, Wien 2000
- [VDI3633] VDI (Hrsg.): Richtlinie VDI 3633, Blatt 1: Simulation von Logistik-Materialfluß- und Produktionssystemen: Grundlagen. Düsseldorf 1993

Simulation betrieblicher Prozesse - Einführung - Prof. T.Wiedemann - HTW Dresden - Folie 21

Diskussion



Simulation betrieblicher Prozesse - Einführung - Prof. T.Wiedemann - HTW Dresden - Folie 22