

## Inhalt

Systemplanung Fragenkatalog .....	2
Einführung.....	8
Definitionen (Part1, Seite 2-6) .....	8
Decision-Calculus-Ansatz (Little) (Part1, Seite 11).....	8
Ablauf einer Simulationsstudie (Part1, Seite 13-21).....	8
Problemdefinition .....	8
Systemanalyse .....	8
Datensammlung .....	8
Konzeptuelles Modell + Validierung .....	8
Simulationsmodell .....	9
Verifikation .....	9
Validierung des Simulationsmodells .....	9
Experimente .....	9
Ergebnisanalyse.....	9
Abschlussberichte Empfehlungen .....	9
Simulationssprachen (Part1, Seite 24-26) .....	10
Diskret .....	10
Kontinuierlich .....	10
Warteschlangentheorie .....	10
Organisationsformen von Warteschlangen (Part1, Seite 30) .....	10
Verhaltensformen (Part1, Seite 31) .....	11
Grenzen der Warteschlangentheorie (Part1, Seite 39) .....	11
Statistik und Simulation .....	11
Diskrete Simulation .....	12
Transiente Phase/ Steady State (Part1, Seite 69) .....	12
Elemente der Simulationssprache GPSS (Part1, Seite 71-81).....	12
Transaktionen.....	12
Einrichtungen .....	12
Uhr.....	12
Zufallszahlen.....	12
Zustandsvariablen .....	12
Ketten .....	12
GPSS-Blöcke.....	12
Simulation von externen Plattenspeichern (Part1, Seite 84).....	13
Simulation eines Supermarktes (Part1, Seite 85) .....	13
Anwendungen (Part1, Seite 89-90).....	14
Warteschlangenprobleme .....	14
Monte Carlo Simulationen .....	14
Kontinuierliche Simulation.....	14
Analogrechner/Digitalrechner (Part1, Seite 96) .....	14
Vorgehensweise (Part1, Seite 98).....	15
Räuber-Beute-Modelle (Part1, Seite 102) .....	15
Anwendungen (Part1, Seite104-105) .....	15
Systemdynamik .....	16
Industrial Dynamics (Part1, Seite 108).....	16
Vorgehensweise (Part1, Seite 113).....	16
Anwendungen (Part1, Seite 125).....	16

# Systemplanung Fragenkatalog

## 1. Arten von Modellen in Simulationsstudien (mind. 4) (Part1, Seite 8f)

Physische Modelle (Tierversuche, Windkanal, ...)

Verbale Modelle (Homonyme, Synonyme, ...)

Ikonische (analoge) Modelle (Landkarten, Planetarien, Sandkasten, ...)

Symbolische Modelle (Grafische Modelle, Formalmodelle, Simulationsmodelle, ...)

## 2. Konzeptuelles Modell (Definition, Beschreibung) (Part1, Seite 17)

Kreativitätsmethoden einsetzen

Expertenbefragungen

Was ist für den definierten Untersuchungszweck relevant?

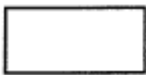
Top Down Zugang wählen (erstes Modell sehr einfach erstellen, aber nicht einfacher)

Vorgenommene Vereinfachungen dokumentieren

Elemente des Modells:



Systemeingang und Systemausgang



Zustand



Entscheidungsknoten



Zusammenführungsknoten



Verbindung der Zustände, Entscheidungsknoten und Zusammenführungsknoten

80:20 Regel: 80% Genauigkeit mit 20% Komplexität

Erstellung möglichst unabhängig von der verwendeten Simulationssprache (GPSS)

## 3. Unterschiede zw. diskreter und kont. Simulation (Part1, Seite 23)

	DISKRET	KONTINUIERLICH
VORGANG	stochastisch	deterministisch
MODELL	verbal/logisch	mathematisch/ logisch
MODELL- DARSTELLUNG	Blockdiagramm	Gleichungssystem
ERGEBNISSE	Statistiken	zeitliche Verläufe
ZIEL DER UNTERSUCHUNG	Funktionsweise eines Systems	Entwicklung eines Systems

#### 4. Kendall-Lee-Notation + Bspl (Part1, Seite 32ff)

Ankunftsrate/Service rate/Servicestellen: (Wartezimmer/Disziplin)

M/M/1: ( $\infty$ /FIFO)

- Poissonverteilte Ankünfte einer mittleren Ankunftsrate  $\lambda$
- Exponentiell verteilte Abfertigungszeiten mit einer mittleren Abfertigungsrate  $\mu$
- Durchschnittliche Abfertigungsrate ist größer als die durchschnittliche Ankunftsrate
- 1 Servicestelle
- FIFO Warteschlangendisziplin

Andere Bsp: M/G/1 M/D/1

#### 5. Anpassungstests (Aufzählung + Beschreibung/Unterschiede) (Part2, Seite 23ff)

Wikipedia:

Ein Anpassungstest oder auch Goodness-of-fit-Test ist in der schließenden Statistik ein Hypothesentest, der die unbekannte Wahrscheinlichkeitsverteilung einer Zufallsvariablen auf (annäherndes) Folgen eines bestimmten Verteilungsmodells (z. B. häufig der Normalverteilung) prüfen soll. Es geht um die Hypothese, dass eine vorliegende Stichprobe aus einer Verteilung mit einer bestimmten Verteilungsfunktion stammt.

Folien:

Eine wichtige Aufgabe besteht darin, zu überprüfen, ob vorliegende Daten einer bestimmten Verteilungsfunktion genügen (goodness-of-fit tests)

Chi-Quadrat-Test (in den Folien behandelt)

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^m \frac{(N_j - n_{0j})^2}{n_{0j}}$$

$N_j$  ... beobachtete Häufigkeit in der Zelle j

$n_{0j}$  ... erwartete Häufigkeit in der Zelle j

m ... Anzahl der Zellen

Ist  $\chi^2$  kleiner als der kritische Wert in der Tabelle der  $\chi^2$ -Verteilung, so wird die Nullhypothese ( $H_0$ ) akzeptiert. Um den richtigen Wert in der Tabelle finden zu können, benötigt man die Anzahl der Freiheitsgrade, die folgendermaßen berechnet werden:  $v = k - 1 - c$

Wobei k die Anzahl der Zellen und c die Anzahl der Parameter ist.

Beispiel dazu im Part2, Seite 25f

Weitere Anpassungstests:

- Kolmogorow-Smirnow-Anpassungstest
- Anderson-Darling-Anpassungstest

<http://de.wikipedia.org/wiki/Anpassungstest>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Chi-Quadrat-Test>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Kolmogorow-Smirnow-Test>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Anderson-Darling-Test>

## 6. Unterschiede Warteschlangenmodell & diskrete Simulation (Part1, Seite 68)

Das Hauptanwendungsgebiet der diskreten Simulation sind Warteschlangenmodelle.

Unterschiede zur analytischen Warteschlangentheorie:

- Beliebige empirische und analytische Verteilungen
- Behandlung kaskadischer Modelle
- Transiente Phase und/oder Steady State Zustand
- Auch komplexe Modelle leicht erstellbar

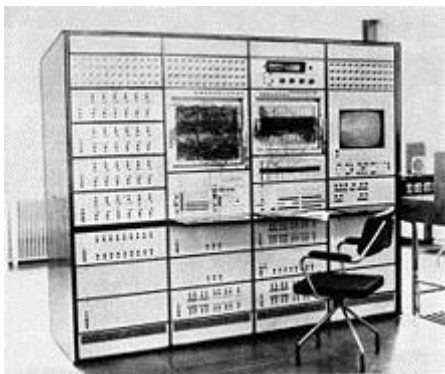
## 7. 4(?) Eigenschaften der GPSS-Transaktionen (Part1, Seite 71)

„Bewegte“ Einheiten, die Zustandsänderungen auslösen

Transaktionen können immer nur auf die eigenen Parameter zugreifen

- Interne Transaktionsnummer
- Priorität
- Geburtsstunde (Mark Time)
- Parameter

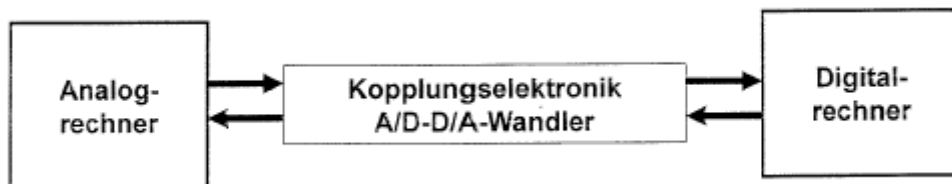
## 8. Beschreibung Hybridrechner (Part1, Seite 97)



(Geschichte aus seiner Uni-Zeit)

Wikipedia:

Als Hybridrechner werden historische Computeranlagen bezeichnet, die eine Kombination aus Elementen von Analog- und Digitalrechnern verwenden und so die Vorteile beider Technologien vereinigen. Gegen Ende der 1960er-Jahre wurden sie vermehrt entwickelt und im technisch-wissenschaftlichen Sektor eingesetzt. Die wichtigsten Bestandteile dieser Elektronik sind Analog-Digital-Umsetzer und deren Gegenstücke, Digital-Analog-Umsetzer.



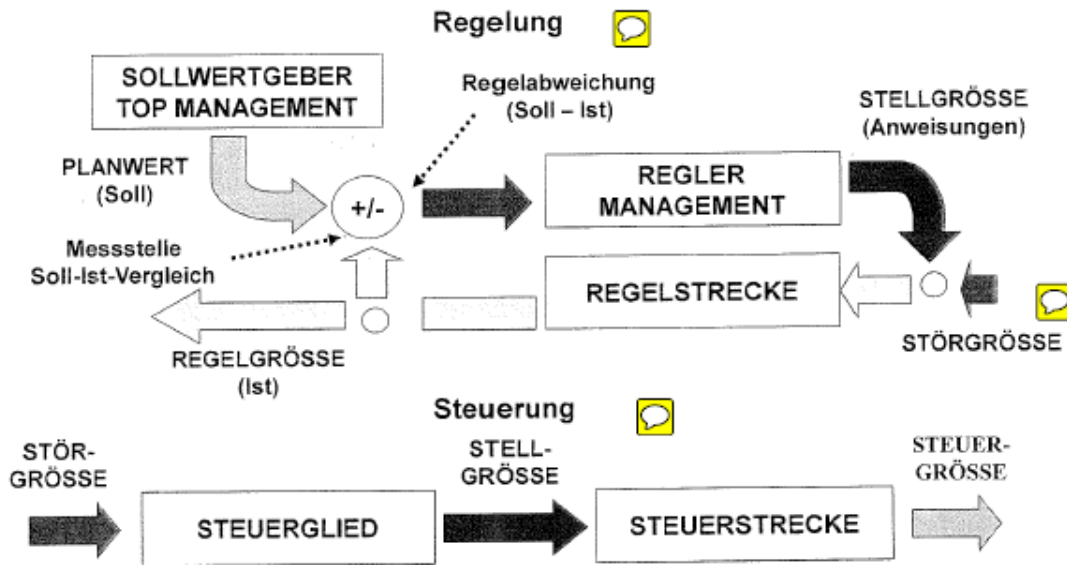
Einsatzbereiche:

- Rand- und Eigenwertprobleme
- Simulation und Optimierung von komplexen dynamischen Systemen
- Andere mathematische Zusammenhänge, die sich numerisch (sprich digital) nur umständlich oder punktuell lösen lassen

<http://de.wikipedia.org/wiki/Hybridrechner>

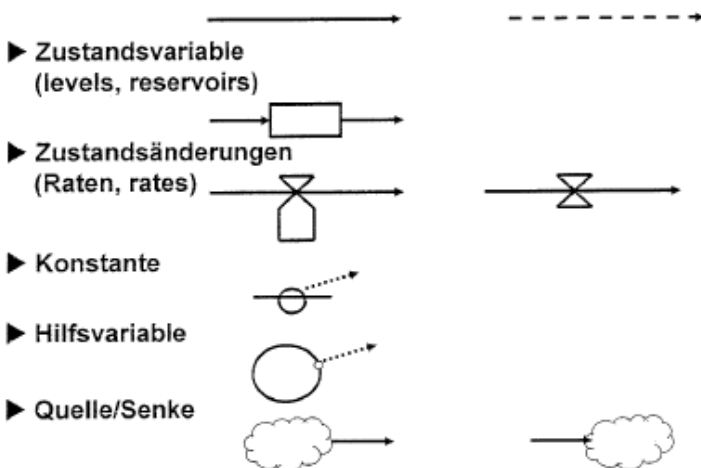
9. Systemdynamik: Regelung vs. Steuerung (Part1, Seite 109)

Systemdynamik

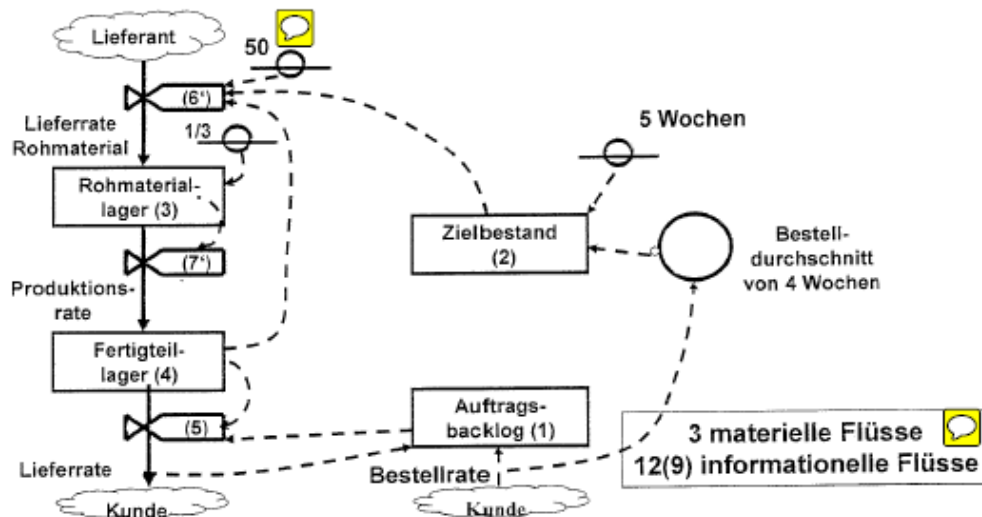


10. Grundelemente der Systemdynamik (grafisch + beschreiben) (Part1, Seite 109)

► Material-/Informationsflüsse



Beispiel aus den Folien:



## 11. Vorteil von Pseudozufallszahlen (Part2, Seite 3ff)

Als Pseudozufallszahlen bezeichnet man Zahlenfolgen, die durch einen deterministischen Algorithmus (Pseudozufallszahlengenerator) berechnet werden (und somit nicht zufällig sind), aber (für hinreichend kurze Sequenzen) zufällig aussehen. Bei jedem Start der Zufallszahlen-Berechnung mit gleichem Startwert wird die gleiche Zahlenfolge erzeugt.

Pseudozufallszahlen werden u.a. in der Rechnersimulation angewandt, bei der statistische Prozesse mit Hilfe von Software simuliert werden. Pseudozufallszahlen können auch bei der Fehlersuche in Computerprogrammen nützlich sein. Ein weiterer Vorteil der Pseudozufallszahlen ist, dass sie auf jedem Rechner ohne Rückgriff auf externe Daten erzeugt werden können.

<http://www.factbook.org/wikipedia/de/p/ps/pseudozufallszahlen.html>

In den Folien:

Mid-Square-Methode ( $XXXX^2 \rightarrow XX|XXXX|XX$ )

Kongruenzmethoden ( $X_{i+1} = aX_i + c \text{ mod } m$ )

Die Zahlenfolgen erscheinen zufällig, allerdings lässt sich die verborgene Deterministik relativ leicht enttarnen.

## 12. Zuordnen: pdf bzw. pmf zu diversen Verteilungen (Part2, Seite 8ff)

<http://www.youtube.com/watch?v=1xQ4r2gcW3c>

pmf ... probability mass function

pdf ... probability density function

cdf ... cumulative distribution function

Dichtfunktion:

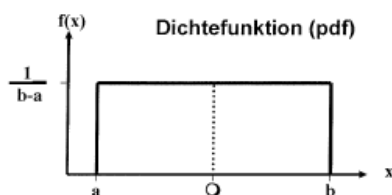
Diskret  $\rightarrow$  PMF

Kontinuierlich  $\rightarrow$  PDF

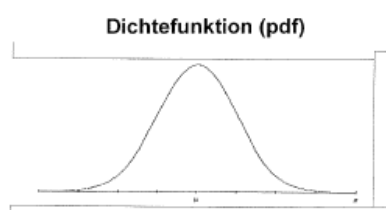
Verteilungsfunktion: CDF

Beispiele:

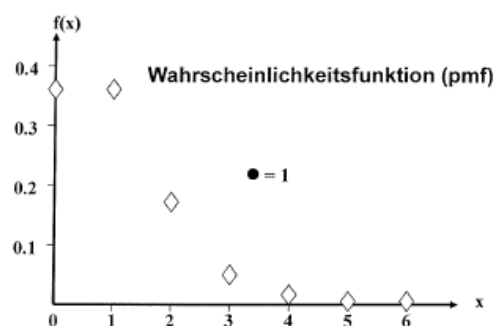
### ► Gleichverteilung



### ► Normalverteilung



### ► Poisson-Verteilung



### 13. Nachteil der Normalverteilung in der Praxis

#### 14. Rechenbeispiel Warteschlangentheorie (Taschenrechner !)

Beispiel Part1, Seite 38

In einem Ärztezentrum treffen durchschnittlich 43,8 Patienten pro Stunde ein. Die Eintragung der Daten bei der Arzthelferin dauert durchschnittlich 20 Sekunden pro Patient.

Unter der Annahme eines M/M/1-Modells sollen die wesentlichen Charakteristika dieses Systems ermittelt werden.

$$\lambda = 43,8$$

$$\mu = 180 \text{ pro Stunde (Servicerate)}$$

1 Server

$$\rho = \lambda / \mu = 0,2433$$

$$\text{Durchschnittliche Länge der Warteschlange} \rightarrow L_q = \lambda^2 / (\mu (\mu - \lambda)) = 0,0783$$

$$\text{Durchschnittliche Anzahl von Kunden im System} \rightarrow L_s = L_q + \rho = 0,3216$$

$$\text{Durchschnittliche Verweildauer in der Warteschlange} \rightarrow W_q = L_q / \lambda = 0,0018\text{h} = 0,107\text{Min} = 6,4 \text{ Sek}$$

$$\text{Durchschnittliche Verweildauer im System} \rightarrow W_s = L_s / \lambda = 0,0073\text{h} = 0,44\text{Min} = 26,43 \text{ Sek}$$

Beispiele:

[http://www.business.uzh.ch/professorships/som/stu/Teaching/Teaching/ServiceManagement\\_Warteschlangenmodelle.pdf](http://www.business.uzh.ch/professorships/som/stu/Teaching/Teaching/ServiceManagement_Warteschlangenmodelle.pdf)

## Einführung

(Part1, Seite 2-27)

### Definitionen (Part1, Seite 2-6)

„Eine Simulation besteht im Wesentlichen darin, ein Modell einer wirklichen Situation zu erstellen und dann mit diesem Modell zu experimentieren.“

„Simulation ist die Nachbildung eines realen Prozesses mit künstlichen Mitteln.“

„Simulationsmodelle und die Resultate der Untersuchungen an diesen Modellen spiegeln trivialerweise nicht die vollständige Realität wider.“

### Decision-Calculus-Ansatz (Little) (Part1, Seite 11)

- Einfachheit
- Robustheit
- Leichte Kontrollierbarkeit
- Anpassungsfähigkeit
- Vollständigkeit
- Kommunikationsfähigkeit

### Ablauf einer Simulationsstudie (Part1, Seite 13-21)

Problemdefinition → Systemanalyse, Datensammlung → Modellierung → Validierung des Modells → Simulationsmodell → Verifikation → Validierung des Simulationsmodells → Experimente → Ergebnisanalyse → Abschlussbericht, Empfehlungen

#### Problemdefinition

- Festlegung der Ziele/ nicht Ziele und Rahmenbedingung der Studie
- Vorgaben wie max Wartezeiten bzw. max Warteschlangen
- Team bilden und Zuständigkeiten festlegen
- Detaillierungsgrad festlegen
- Schätzung der Projektdauer und der Kosten

#### Systemanalyse

- Festlegung der Systemelemente
- Attribute
- Modellstruktur
- Ein-/Ausgabedaten

#### Datensammlung

- Welche Daten werden benötigt?
- Welche Daten sind verfügbar?
- Wie sieht die Qualität dieser Daten aus?
- Welche Daten müssen erhoben werden, zwecks Zeitplanung?

#### Konzeptuelles Modell + Validierung

Siehe Frage 3

- Überprüfung gemeinsam mit Experten



- Grafiken sind hierbei sehr zweckdienlich (Entscheidungspunkte, Parallelitäten gut erkennbar, ...)
- Wurden alle relevanten Elemente, Wechselwirkungen und Entscheidungspunkte berücksichtigt?

### **Simulationsmodell**

- Oftmals muss auf programmtechnische Details Rücksicht genommen werden (keine 1:1 Übersetzung)
- Modulweise aufbauen und auf Lesbarkeit und Verständlichkeit achten
- Codierung mit Verifikation und Validierung integrieren
- Möglichst generisch aufbauen (Parameterwerte nicht direkt im Programm verwenden)

### **Verifikation**

- Beseitigung syntaktischer und logischer Fehler
- Blockstatistik hilft bei der Fehlersuche
- Fehlermeldungen und Animationen unterstützen die Fehlersuche

### **Validierung des Simulationsmodells**

- Überprüfung, ob das Modell eine adäquate Darstellung für den angestrebten Zweck ist und korrekte Ergebnisse liefert
- Black-Box und White-Box Validierung
- Sensitivitätsanalysen
- Überprüfung, ob die Unterschiede zwischen dem realen System und dem Modell vertretbar und erklärbar sind

### **Experimente**

- Setzen ein validiertes Modell voraus
- Vergleich von verschiedenen Szenarien
- Intelligente Suche in einem großen Lösungsraum
- Auswirkungen und Änderungen untersuchen
- Genügend lange/oft simuliert?
- Soll transiente (Einschwingphase) Phase berücksichtigt werden?

### **Ergebnisanalyse**

- Vergleich der verschiedenen Simulationsläufe
- Fehlen noch relevante Informationen?
- Ist eine Detaillierung des Modells notwendig?
- Waren die Annahmen richtig?
- Muss man zu einer früheren Phase zurückschleifen?
- Wie groß ist der zusätzliche Aufwand und wer trägt die Kosten?

### **Abschlussberichte Empfehlungen**

- Verdichtung und Visualisierung der Daten
- Entscheidungsrelevante Informationen bereitstellen
- Einige Informationen in der Hinterhand behalten
- Präsentation vorbereiten (kurz)
- Empfehlungen ausarbeiten
- Abschlussdokumentation
- Nicht zu große Änderungen vorschlagen und sich weitere Verbesserung in der Hinterhand behalten

## Simulationssprachen (Part1, Seite 24-26)

### Diskret

- GPPS – dominanteste Sprache
- SIMSCRIPT – wird vor allem in der USA verwendet
- SIMULA – lange an der Uni unterrichtet

### Kontinuierlich

- ACSL – dominante Sprache
- !THINK

## Warteschlangentheorie

(Part1, Seite 28-39)

Ein Warteschlangensystem besteht aus einer oder mehreren Warteschlangen (queue) und einer oder mehreren Bedien- oder Serviceeinrichtungen (service facility, server).

Die Transaktionen reihen sich in eine Warteschlange ein und werden nach einer Auswahlregel (Warteschlangendisziplin) für die Bedienung ausgewählt.

- First in – First Out (FIFO)
- Last In – First Out (LIFO)
- Selection In Random Order
- Priorität

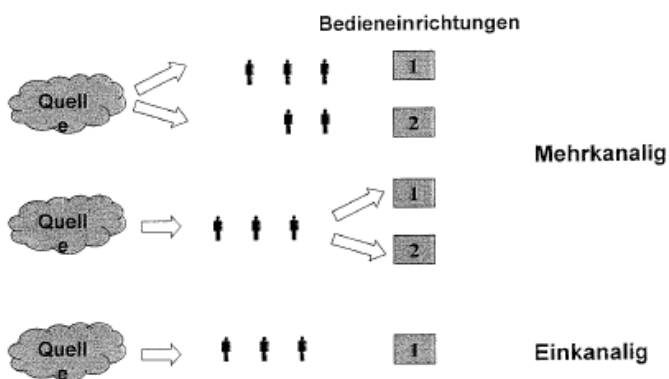
Es handelt sich hierbei um Zufallsvariablen, die einer bestimmten Verteilung unterliegen

- Ankunftsrate ist oft poissonverteilt mit Mittelwert  $\lambda$
- Die Servicerate ist oft exponentialverteilt mit dem Mittelwert  $\mu$

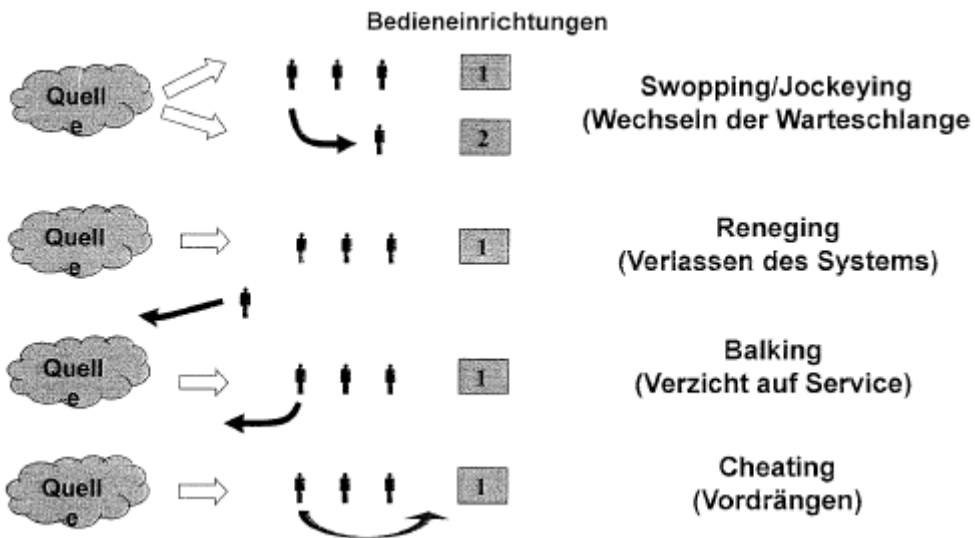
Angabe in Kendall-Lee-Notation (Frage 4)

Beispiel siehe Frage 14

## Organisationsformen von Warteschlangen (Part1, Seite 30)



## Verhaltensformen (Part1, Seite 31)



## Grenzen der Warteschlangentheorie (Part1, Seite 39)

- Nur auf einfache Problemstellungen anwendbar
- Liefert nur Aussagen über den Steady-State-Zustand
- Keine kaskadischen (mehrstufigen) Modelle lösbar (Brennerautobahn Beispiel)
- Keine Berücksichtigung von der Norm abweichender Verhaltensweisen in der Warteschlange
- Keine Berücksichtigung nicht-stationärer Ankunfts- und Bedienraten
- Keine Untersuchung von Kausalbeziehungen möglich

## Statistik und Simulation

(Part1, Seite 40-65)

nicht behandelt!? & keine Fragen aus dem Seitenbereich

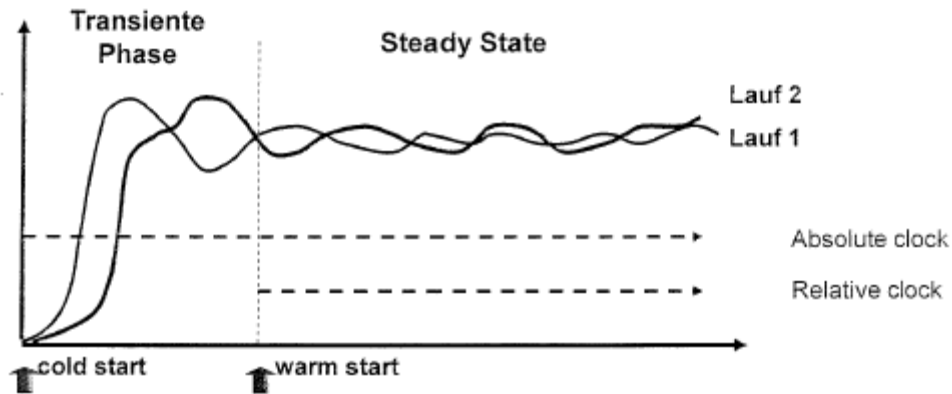
## Diskrete Simulation

(Part1, Seite 67-90)

### Transiente Phase/ Steady State (Part1, Seite 69)

Transiente Phase: Einschwingverhalten

Steady State: Zustand nicht mehr abhängig von den Anfangsbedingungen



## Elemente der Simulationssprache GPSS (Part1, Seite 71-81)

### Transaktionen

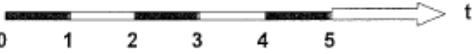

siehe Frage 7

### Einrichtungen

- Facility – Binäre Einrichtungen mit einer Kapazität 1(frei-belegt)
- Storage – Einrichtungen mit einer Kapazität  $\geq 1$  (leer-teilweise belegt-voll)
- Switch – Schalter haben zwei Zustände (Ein-Aus)

### Uhr

Repräsentiert die Zeit im Modell

- Next Time Logic: fixes Inkrement 
- Next Event Logic: variables Inkrement 

### Zufallszahlen

Zufallszahlengeneratoren erzeugen gleichverteilte Pseudozufallszahlen im Intervall  $[0,1)$  oder in einem vorgegebenen Intervall  $[a,b]$

### Zustandsvariablen

Auf die Zustandsvariablen, die vom Programm verwaltet werden, kann über mnemotechnische Abkürzungen zugegriffen werden

### Ketten

Transaktionen werden mit Hilfe von Listen verwaltet

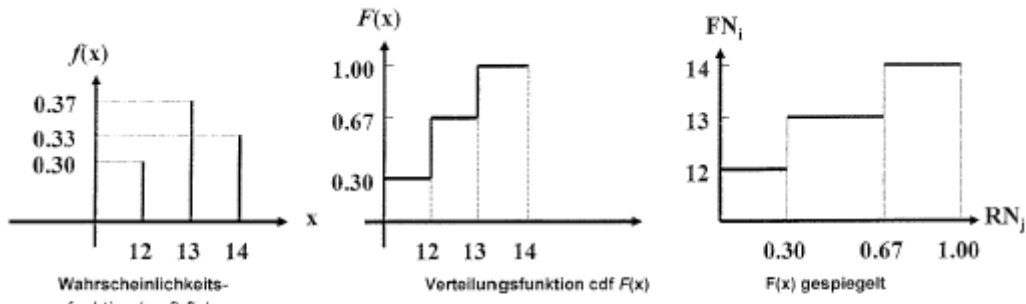
- Current Events Chain
- Future Events Chain

### GPSS-Blöcke

- Quelle/Senke (Generate, Terminate)
- Facility (Seize, Release)
- Storage (Enter, Leave)
- Bedienzeit und Warteschlangen (Advance, Queue, Depart)

- Logik (Transfer, Test)
- Tabellen (Tabulate)
- Parameter und Savevalues (Mark, Assgin, Savevalue, Initial)
- Assembly Sets (Split, Match, Assemble, Gather)
- Steueranweisungen (Start, Reset, Clear)
- Definitionen (Function, Variable)

### Simulation von externen Plattenspeichern (Part1, Seite 84)

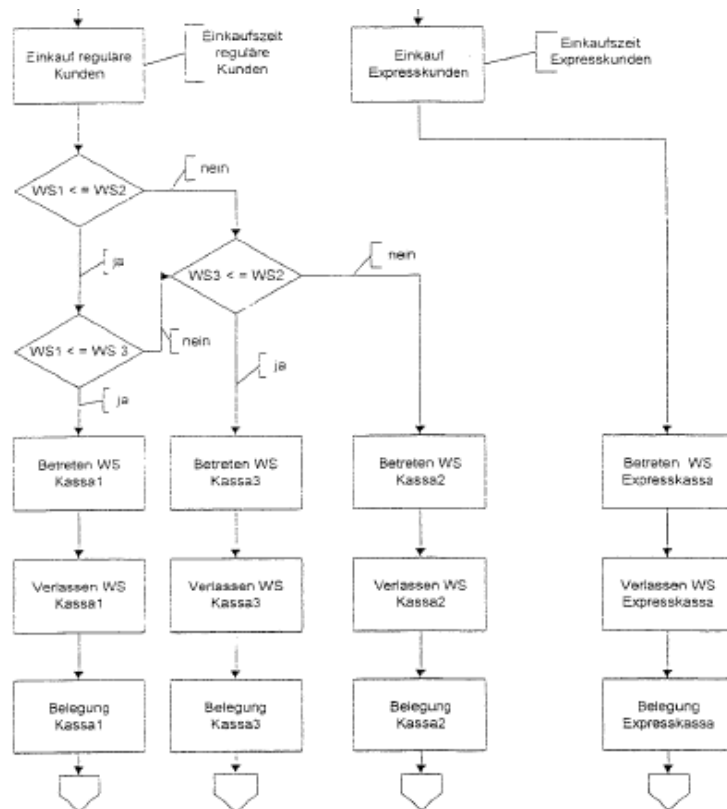


Plattenadresse	Zugriffswahrscheinlichkeit
12	0.30
13	0.37
14	0.33

Platte FUNCTION RN8,D3  
0.3,12/0.67,13/1.0,14

### Simulation eines Supermarktes (Part1, Seite 85)

Warteschlange in der Lösung:



## Anwendungen (Part1, Seite 89-90)

### Warteschlangenprobleme

- Supermärkte
- Informationsflüsse
- Business Reengineering (mittleres Management dagegen)
- Personalflüsse (AKH Brand)
- Materialflüsse (hoher Servicegrad bei geringen Kosten)
- Lagerhaltungsmodelle
- Flughäfen

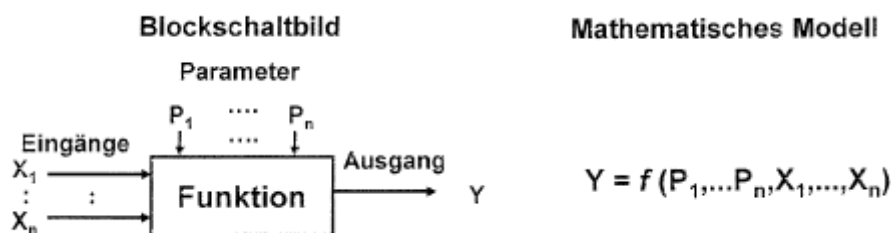
### Monte Carlo Simulationen

- Rundreisenprobleme (Zeitungsauslieferungen – 40.000km pro Tag in Österreich – kleine Verbesserungen wirken sich stark aus)
- Ablaufstochastische Netzpläne (IT-Projekte, Entwicklung von Medikamenten)

## Kontinuierliche Simulation

Part1, Seite 91-105

Ausgangspunkt einer kontinuierlichen Simulation ist entweder ein Blockschaltbild oder ein mathematisches Modell (Differentialgleichungssystem)



## Analogrechner/Digitalrechner (Part1, Seite 96)

### ▷ Analogrechner

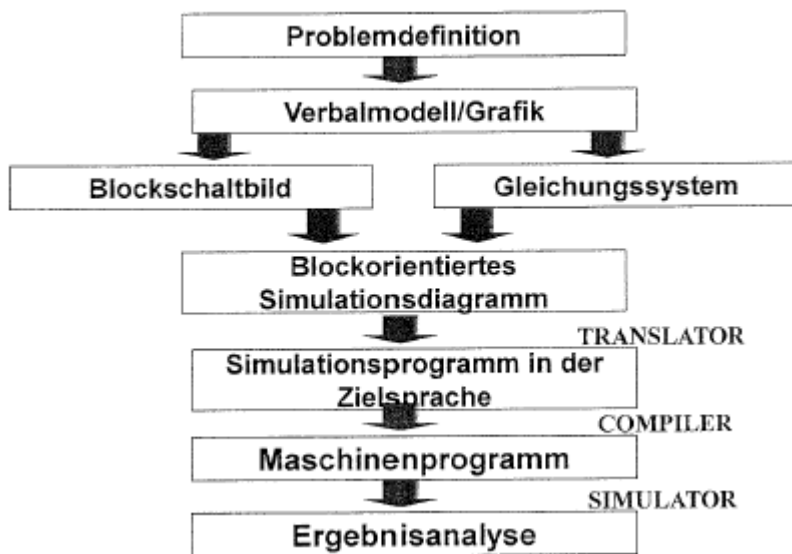
Vorteile	Nachteile
Parallelität	Begrenzte Ein-/Ausgabe Begrenzte Genauigkeit Begrenzte Speichermöglichkeiten Hardware abhängig von Problemgröße

### ▷ Digitalrechner

Vorteile	Nachteile
Hohe Genauigkeit Vielfältige Ein-/Ausgabe Hohe Speicherkapazität Hardware unabhängig von Problemgröße	Sequentielle Arbeitsweise Integrationsfehler

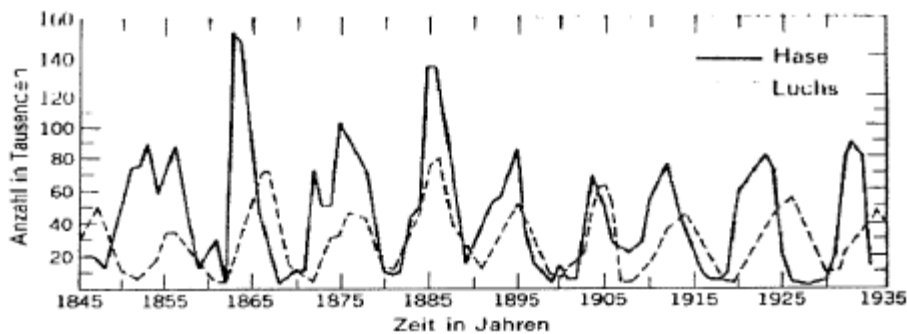
Hybridrechner siehe Frage 8

## Vorgehensweise (Part1, Seite 98)



## Räuber-Beute-Modelle (Part1, Seite 102)

In einem Areal leben luchs (Räuber und Hasen (Beute)). Die Populationsgrößen zeigen periodische Schwankungen, die aus den Aufzeichnungen deutlich sichtbar sind



## Anwendungen (Part1, Seite104-105)

- Schwingungsproblem bei Kraftfahrzeugen
- Entwicklung von Automatikgetrieben
- Verformung von Fahrzeugen bei Unfällen
- Flugbahnregelungen
- Schleudersitz-Untersuchungen
- Hubschrauber Rotoren
- Preispolitischen Modelle
- Ökologische Modelle

## Systemdynamik

Regelung/Steuerung siehe Frage 9

Grundelemente siehe Frage 10

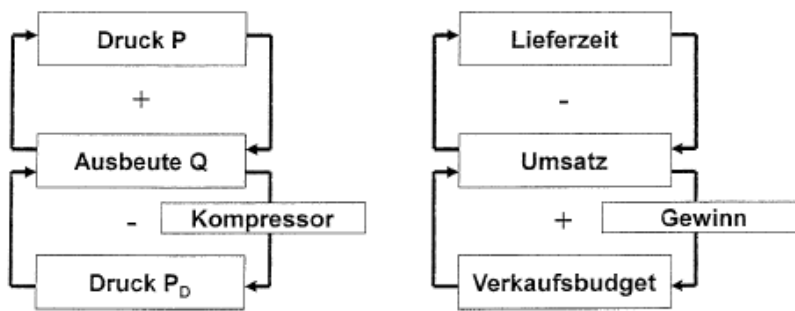
„Systemdynamik ist die Simulation komplexer, zeitdiskreter, nichtlinearer, dynamischer Systeme mit Rückkopplungsschleifen.“ (Jay Forrester)

System Dynamics

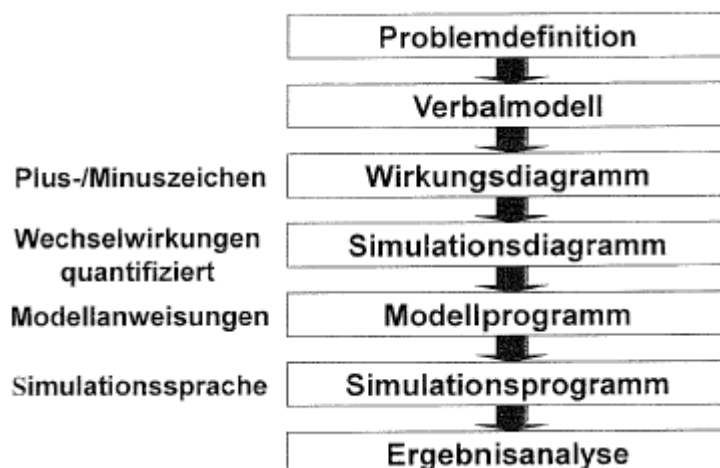
- Industrial Dynamics
- Urban Dynamics
- World Dynamics

## Industrial Dynamics (Part1, Seite 108)

Übertragung von Erkenntnissen aus technischen Regelkreisen auf ökonomische Prozesse



## Vorgehensweise (Part1, Seite 113)



## Anwendungen (Part1, Seite 125)

- Simulation von Unternehmensbereichen
- Simulation ganzer Unternehmungen
- Supply Chain – Modelle
- Business Process Reengineering
- Weltmodelle