

2. Elemente zeitdiskreter Simulationsmodelle

GLIEDERUNG

- 2.1 Beziehungen zwischen Systemzustand und Zeit**
- 2.2 Klassifikation zeitdiskreter Simulationskonzepte**
- 2.3 Prozessorientierter Modellierungsstil der diskreten Simulation**
- 2.4 Prinzipielle Komponenten zeitdiskreter Simulationsmodelle**
- 2.5 Simulation von Bedienungs- und Wartesystemen**

Elemente zeitdiskreter Simulationsmodelle

GLIEDERUNG, FORTS.

- 2.6 Ereignisorientierter Modellierungsstil der diskreten Simulation**
- 2.7 Simulation von Lagerhaltungssystemen**
- 2.8 Andere Modellierungsstile der zeitdiskreten Simulation**
- 2.9 Bewertung der Modellierungsstile der zeitdiskreten Simulation**
- 2.10 Objektorientierte Simulation**

Elemente zeitdiskreter Simulationsmodelle

• Literatur:

- J. Kosturiak/ M. Gregor:
Simulation von Produktionssystemen, Springer 1995, Kap. 2, S.17ff, Kap. 6.3
- B. Page:
Diskrete Simulation, Springer- Lehrbuch 1991, Kap. 2
- L. Oakshott:
Business Modelling and Simulation, Pitman 1997, Kap. 9

2. Elemente zeitdiskreter Simulationsmodelle

2.1 Beziehungen zwischen Systemzustand und Zeit

- In der Simulation Betrachtung der **Systemdynamik über die Zeit**
- Ausgangspunkt: **Diskrete Zeitbasis**
- Modell bestehend aus:
 - » Menge von Objekten $\tilde{O} = \{O_1, O_2, \dots, O_n\}$
 - » Beziehungen zwischen Objekten
- Objekt $O_i \in \tilde{O}$ i.d.R. gekennzeichnet durch
 - » Menge von Attributen $\tilde{A}(O_i) = \{A_1, A_2, \dots, A_k\}$
 - » indikative / relationale Attribute

Beziehungen zwischen Systemzustand und Zeit

- **Objektzustand** für Objekt O_i zum Beobachtungszeitpunkt t :
 - $Z(O_i, t) = (A_1(O_i, t), A_2(O_i, t), \dots, A_k(O_i, t))$
- **Modellzustand** $Z_M(t)$ zum Beobachtungszeitpunkt t :
 - $Z_M(t) = (Z(O_1, t), Z(O_2, t), \dots, Z(O_n, t))$
- **Diskrete Zustandsänderungen:**
 - Seien $t_i, i = 0, 1, 2, \dots$ die Zeitpunkte mit möglichen Änderungen des Systemzustandes, dann gilt:
 - » $Z_M(t) = Z_i = \text{const}$ für alle $t \neq t_i$

Beziehungen zwischen Systemzustand und Zeit

- **Verknüpfung zwischen Zustand und Zeit:**
 - 1) **Ereignis: Veränderung eines Objektzustandes zu einem bestimmten Zeitpunkt**
 - Endogenes Ereignis:
 - Exogenes Ereignis:
 - Simultane Ereignisse

Beziehungen zwischen Systemzustand und Zeit

- Verknüpfung zwischen Zustand und Zeit:

2) Aktivität: Menge von Operationen, die während eines **Zeitintervalls** ausgeführt werden

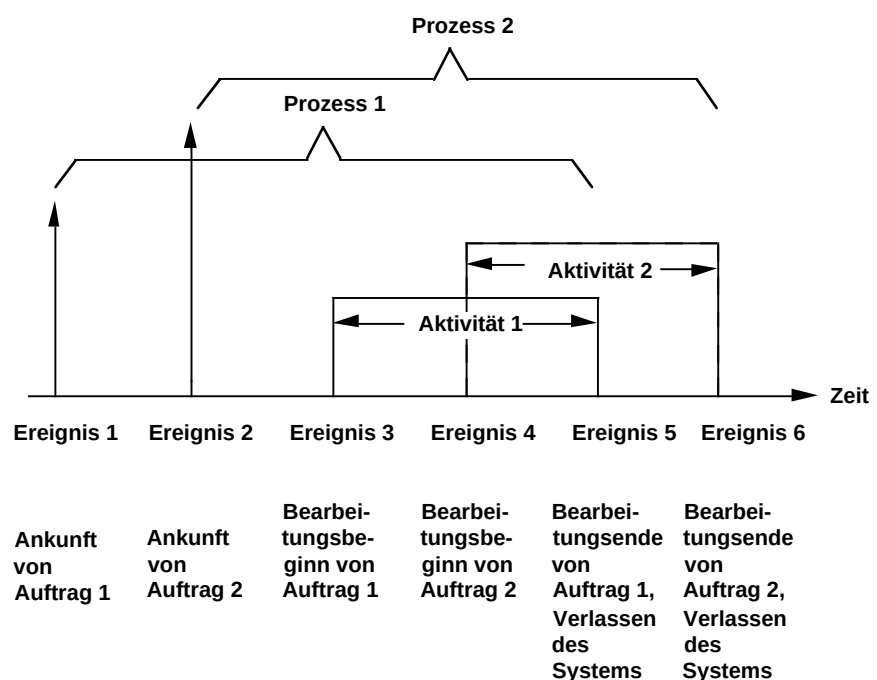
- Wirkung der Aktivität

3) Prozeß: Folge von Aktivitäten eines Objekts über eine **Zeitspanne**

- Lebenszyklus eines gesamten Objekts

Beziehungen zwischen Systemzustand und Zeit

Beziehungen
zwischen
Ereignissen,
Aktivitäten und
Prozessen



2.2 Klassifikation zeitdiskreter Simulationskonzepte

- **Alternative Konzepte der zeitdiskreten Simulation**
 - **Weltbilder der Simulation** / Modellierungsstile
 - Unterschiedliche Darstellung der Dynamik des Systemverhaltens
- **Ereignisorientierte Simulation**
 - Beschreibung von Zustandsänderungen einzelner Objekte zu diskreten Zeitpunkten
- **Prozessorientierte Simulation**
 - Beschreibung der Lebenszyklen der Simulationsobjekte
- **Aktivitätsorientierte Simulation**
 - Beschreibung der Bedingungen für Start und Ende einzelner Aktivitäten

Prozessorientierte Simulation

- **Wichtigstes Modellierungskonzept der zeitdiskreten Simulation**
 - **Process Interaction Simulation**
- **Ereignisse als Zusammenfassung von elementaren Zustandsveränderungen zu diskreten Zeitpunkten**
 - Ausgangspunkt: Elementare Systemzustandsänderungen
- **Prozesse als logische Verknüpfungen von Zustandsänderungen bestimmter Objekte über Zeitspannen**
 - Ausgangspunkt: Systemobjekte und ihre Aktivitäten
 - “Lebenszyklus” von Objekten

Prozessorientierte Simulation

- **Systemmodellierung über Identifikation und Beschreibung von**
 - Systemobjekten mit relevanten Attributen
 - Aktivitäten im System
 - Interaktionen zwischen Objekten
- **Interne Repräsentation durch Ereignisse**
- **"Top down"-Vorgehensweise in der Modellierung**
 - Sichtweise von aussen nach innen
- **Verwandtschaft zum Objektorientierten Ansatz !!**

Prozessorientierte Simulation

- **Beziehungen zwischen prozess- und ereignisorientierter Simulation**

Abb. 2-3 (längs)

2.3 Prozessorientierter Modellierungsstil der diskreten Simulation

- **Wie erstellt man ein prozessorientiertes Simulationsmodell ?**
- **Vorgehensweise bei der Modellierung**
 - Identifikation der relevanten Systemobjekte
 - Identifikation der zugehörigen Objektattribute
 - Identifikation der Objektaktivitäten
 - Beschreibung der "Lebenszyklen" der Modellobjekte
 - Interaktion der Prozesstypen
 - Zuordnung der "Überschneidungsbereiche"

Prozessorientierte Simulation

- **Eigenschaften von Prozessen**
 - Prozess besitzt
 - » Aktive Phasen
 - » Passive Phasen
 - Prozessorientierte Modellierung
 - » Beschreibung des Systemverhaltens durch Folge von Übergängen der Prozesse in aktive und passive Phasen
- **Aktive Phasen**
 - Zustandsänderungen zu einem Zeitpunkt
 - Zeitverzugslos
 - Simulationskontrolle beim aktiven Prozess

Prozessorientierte Simulation

- **Passive Phasen (2 Arten)**

- (1) Passives Warten für unbestimmte Zeit**

- Passiver Prozess im eigentlichen Sinne
 - Konzeptionell und programmtechnisch passiv
 - Passiver Prozess nicht vorgemerkt
 - Reaktivierung nur durch anderen aktiven Prozess möglich

- (2) Zeitkonsumierende Tätigkeit mit bestimmter Dauer modelliert als passive Phase**

Prozessorientierte Simulation

- (2) Zeitkonsumierende Tätigkeit mit bestimmter Dauer modelliert als passive Phase**

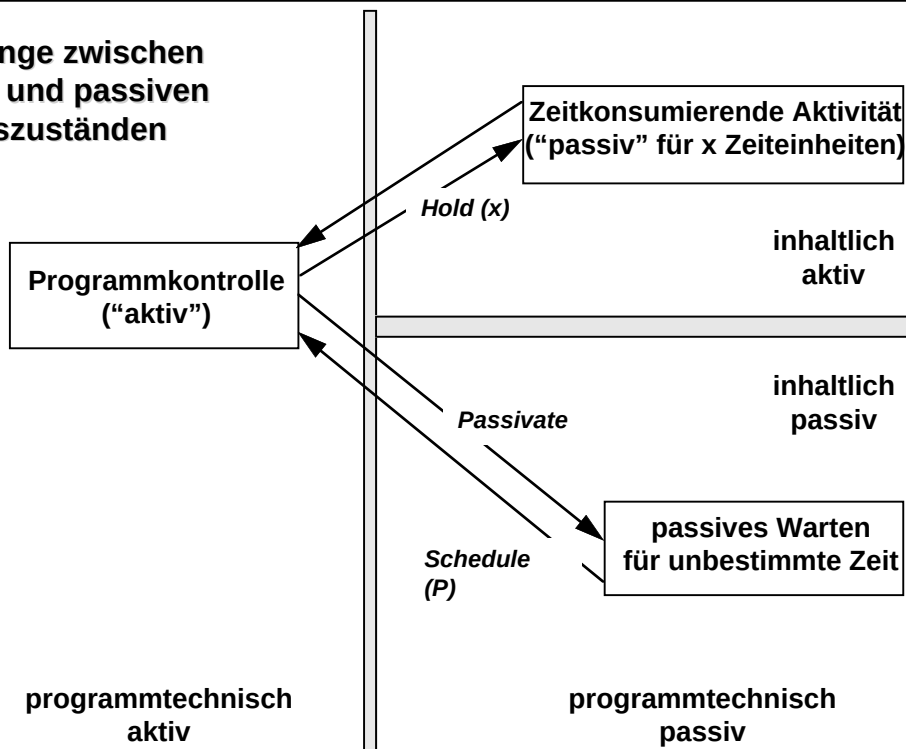
- Prozess im inhaltlichen Sinne aktiv
 - Verschieben des Reaktivierungszeitpunktes für die nächste aktive Phase um Tätigkeitsdauer
 - Deaktivierung des Prozesses mit Abgabe der Programmkontrolle

- **Beliebig viele passivierte Prozesse parallel möglich**

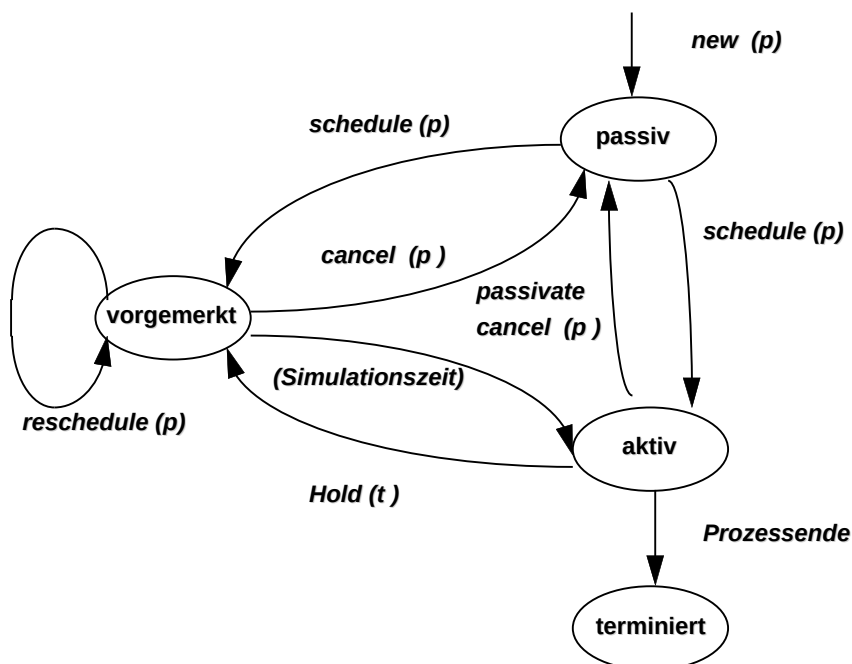
- Inhaltlich aktive Prozesse ohne Programmkontrolle
 - Parallele Ausführung von Aktivitäten

Prozessorientierte Simulation

Übergänge zwischen
aktiven und passiven
Prozesszuständen



Vollständiger Zustandsübergangsgraph bei der prozessorientierten Simulation



Prozessorientierte Simulation

- **Simulationsablaufsteuerung**
 - Simulationskontrolle jeweils bei Prozess in aktiver Phase
 - » Generierung neuer Prozesse
 - » Reaktivierung passiver Prozesse
 - » Verschiebung des Beginns aktiver Phasen anderer Prozesse
 - » Unterbrechung der eigenen Aktivphase
 - » Modifikation von Objektattributen
 - » Terminierung von Prozessen
- **Zu aktivierende Prozesse in interner Ereignisliste**
 - Ereignisliste $\Leftrightarrow$ Prozessliste mit vorgemerkten Prozessen

Prozessorientierte Simulation

- **Zu aktivierende Prozesse in interner Ereignisliste**
 - Sortierung nach Aktivierungszeitpunkten
 - Steuerung der Abarbeitung durch internes Simulationssteuerprogramm
 - Fortsetzung der Abarbeitung eines vormals aktiven Prozesses an Deaktivierungsstelle
- **Koroutinenkonzept (bzw. Threads) notwendig**
 - Simula, Modula-2 bzw. Java

2.4 Prinzipielle Komponenten zeitdiskreter Simulationsmodelle

- **Realisierung zeitdiskreter Simulationsmodelle erfordert typische (Programm-) Komponenten:**
 - Modellunabhängig / modellspezifisch
- **Sytemzustand:**
 - Menge aller Zustandsvariablen zur Beschreibung des Systems zum Zeitpunkt t .
- **Simulationsuhr:**
 - Systemvariable mit aktuellem Stand der Simulationszeit.
- **Prozess- (Ereignis-) liste :**
 - Liste mit Simulationszeit und Typ der geplanten (!) Prozesse/ Ereignisse , aufsteigend geordnet nach Prozess- (Ereignis-) zeitpunkten.

Prinzipielle Komponenten zeitdiskreter Simulationsmodelle

- **Statistische Zähler :**
 - Variablen zur Sammlung der statistischen Ergebnisse des Simulationsexperiments
 - Simulationsexperiment = Simulationslauf
- **Initialisierungsprozedur/ -methode :**
 - Prozedur zur Initialisierung des Simulationsmodells zum Simulationsbeginn ($t=0$).
- **Prozess-/ Ereignisprozeduren (-methoden) :**
 - Prozeduren zur Beschreibung der Modellzustandsänderungen in Abhängigkeit des Prozess-/ Ereignistyps
 - Eine Prozessprozedur je Prozesstyp

Prinzipielle Komponenten zeitdiskreter Simulationsmodelle

- **Hauptprozess**

- Benutzerdefinierte Prozessprozedur zur Kontrolle des Simulationsablaufes

- **Auswertungs-/ Reportprozedur:**

- Prozedur/ Methode zur Berechnung und Ausgabe der Ergebnisse am Simulationsende

- **Interne Simulationssteuerungs-Prozedur :**

- Auswahl des zeitlich nächsten Prozesses (Ereignisses) aus der Ereignisliste
- Vorstellen der Simulationsuhr auf nächsten Prozess-/ Ereigniszeitpunkt
- Aktivierung der zugehörigen Prozess-/ Ereignisprozeduren

Prinzipielle Komponenten zeitdiskreter Simulationsmodelle

- **Grundlegendes Ablaufschema der zeitdiskreten, prozessorientierten Simulation**

Abb. 2-4

2.5 Simulation von Bedienungs- und Wartesystemen

- Wichtigster Modelltyp in der diskreten Simulation
- Bedienung von **Kunden / Aufträgen** mit Bedienungsanforderungen durch **Bedienstationen** mit bestimmter Anzahl von **Bedieneinheiten**
 - Bedienstationen / -einheiten = **Ressourcen**
 - **Warteschlangen** vor Bedienstationen
- Generell unterschiedliche Ressourcenarten:
 - Verbrauchbare / nicht verbrauchbare Ressourcen
 - Verbrauchbare Ressourcen:
 - Bedienungssysteme =

Simulation von Bedienungs- und Wartesystemen

- Analyse des Warteverhaltens von Kunden und Auslastung von Bedienstationen
- Simulation als Hilfsmittel für Engpassanalysen
- Bestimmung der günstigsten Bedienstrategie unter den (z. T. konkurrierenden) Zielen
 - minimale Anzahl von Bedienstationen
 - maximale Auslastung der Bedienstationen
 - minimale Wartezeiten

Simulation von Bedienungs- und Wartesystemen

Systemstruktur

(a) Objekte

- Nachfragende Instanzen und Bedienstationen
- **Merkmale der Aufträge**
 - Ankunftsverteilung
 - Servicebedarf
 - Präferenzen für bestimmte Bedieneinheit
 - Ressourcenbedarf
 - Wartebereitschaft
 - Priorität
 - Bedienungsfolge

Simulation von Bedienungs- und Wartesystemen

Systemstruktur (Objekte)

- Aufträge und Bedienstationen
- **Merkmale der Bedienstationen**
 - Anzahl der Bedieneinheiten
 - Leistungsfähigkeit der Bedieneinheiten
 - Bedienzeitverhalten
 - Warteraum
 - Warteschlangendisziplin
 - Serviceunterbrechung

Simulation von Bedienungs- und Wartesystemen

Systemstruktur

(b) Relationen

- Synchronisation von Aufträgen bzw. Bedienstationen
 - » Synchronisation von Aufträgen/ Kunden
 - » Nebenläufige Teilaufträge
 - » Synchronisation von Ressourcen zur gemeinsamen Bearbeitung eines Auftrages

(c) Aktivitäten

- Bedienung mit bestimmter Bedienungsdauer
- Bedienungsdauer aus Kombination von Ressourcen- und Kundenattributen

Simulation von Bedienungs- und Wartesystemen

Systemstruktur

(d) Untersuchte Leistungsgrößen

Warteverhalten von Kunden

Auslastung von Bedienstationen

- Auslastung der Bedienstation (in %)
- Systemfüllung, d. h. durchschn. Zahl der Kunden im System
- Verweildauer
- Befriedigung der Anforderungen:
 - » Erfüllung von Präferenzen
 - » Warteverhalten der Kunden
 - » Verlustwahrscheinlichkeit.

Simulationsbeispiel: Ein einfaches Rechensystem

- **Simulation von Rechensystemen wichtiger Anwendungsbereich innerhalb der Informatik**
- **Rechensystem als exemplarisches Bedienungssystem mit mehreren Service-Stellen und begrenztem Warteraum**

- **Problemstellung:**

In dem Simulationsbeispiel soll ein einfaches Fachbereichs-Rechnerlabor einer Universität simuliert werden, das aus mehreren Compute-Servern mit identischer Hard- und Software sowie lokalen und dezentralen PCs, die über Modems und Wählleitungen angeschlossen sind, besteht. Von Studenten werden rechenintensive numerische Berechnungsprogramme (z.B. Simulationen) auf ihren dezentralen PCs editiert und als Aufträge an die Server übermittelt.

Simulationsbeispiel: Ein einfaches Rechensystem

- **Problemstellung, Forts.**

Dabei arbeitet ein Teil der Studierenden zu Hause und stellt eine Verbindung zu den Servern über Modem her. Je nach Benutzergruppe (Übungsteilnehmer oder Diplomanden) haben die numerischen Programme einen unterschiedlichen Umfang. Die Benutzeraufträge sind abhängig von der Benutzergruppe priorisiert. Ein Anteil der Benutzer besitzt nur eine begrenzte Wartebereitschaft (Abbruch des Jobs).

Mittels Simulation sollen Auslastungen der Server bzw. Wählleitungen sowie die Wartezeiten der Benutzer abgeschätzt werden.

- **Systemspezifikation**

- 3 identische Compute-Server
- Benutzeraufträge von dezentralen PCs über Wählleitungen

Simulationbeispiel: Ein einfaches Rechensystem

- **Systemspezifikation, Forts.**

- 8 Wählleitungen verfügbar
- 4 Benutzerklassen mit unterschiedlicher Priorität
- Unterschiedliche Bearbeitungszeiten der Benutzeraufträge
- Zwischenankunftszeiten der Rechenaufträge
- Begrenzte Wartebereitschaft von 30% der Benutzer

Simulationsbeispiel: Ein einfaches Rechensystem

- **Aufgabenstellung:**

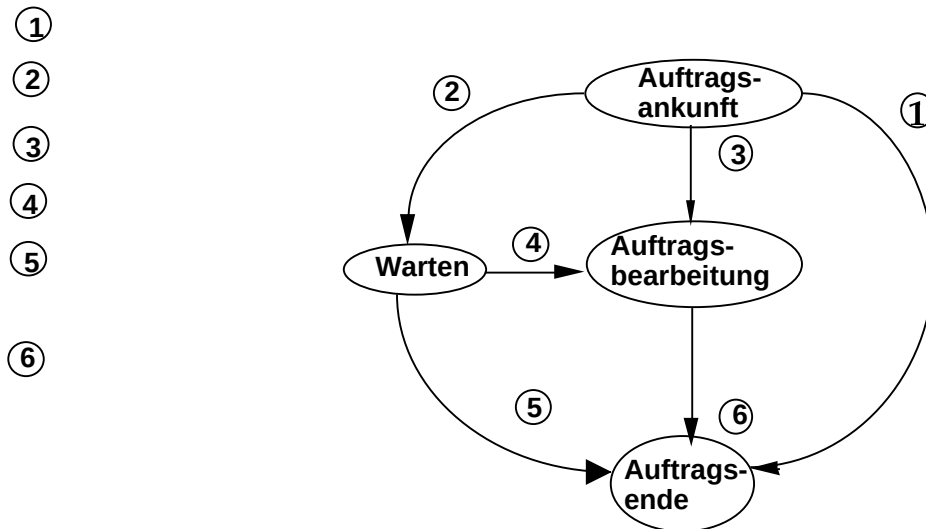
Abschätzung folgender Leistungsgrößen des Bedienungssystems mit Hilfe der Simulation:

- Mittlere Benutzerwartezeit
- Mittlere Warteschlangenlänge
- Auslastung der Server
- Auslastung der Wählleitungen
- Anteil sofort bedienter Aufträge
- Anteil der abgewiesener Aufträge
- Anteil Aufträge ohne Bedienung innerhalb der Wartebereitschaft

Modellentwurf für das Rechensystem

Entwicklung des konzeptuellen Modells

(1) Zustandsübergangsdiagramm



Modellentwurf für das Rechensystem

Entwicklung des konzeptuellen Modells

(2) Identifikation der Objekt- bzw. Prozesstypen

- Objekt Auftrag
- Objekt Server

• Objekt-/ Prozesstyp Auftrag

- Temporäres Objekt
- Objektattribute:
 - » Auftragsart
 - » Priorität
- Objektaktivitäten:
 - » Anforderung eines Servers
 - » Warten auf Bearbeitung

Modellentwurf für das Rechensystem

- **Objekt-/ Prozesstyp Auftrag**

- Interaktion mit anderen Prozesstypen:
 - » Bearbeitung durch Server
 - » d.h. Auftrag erfährt Bearbeitung

- **Objekt-/ Prozesstyp Server**

- Permanentes Objekt
- Objektattribute:
 - » Servernummer
- Objektaktivitäten:
 - » Bearbeitung eines Auftrages
- Interaktion mit anderen Prozesstypen:
 - » Bearbeitung eines Auftrages
 - » d.h. Server führt Bearbeitung durch

Modellentwurf für das Rechensystem

Entwicklung des konzeptuellen Modells

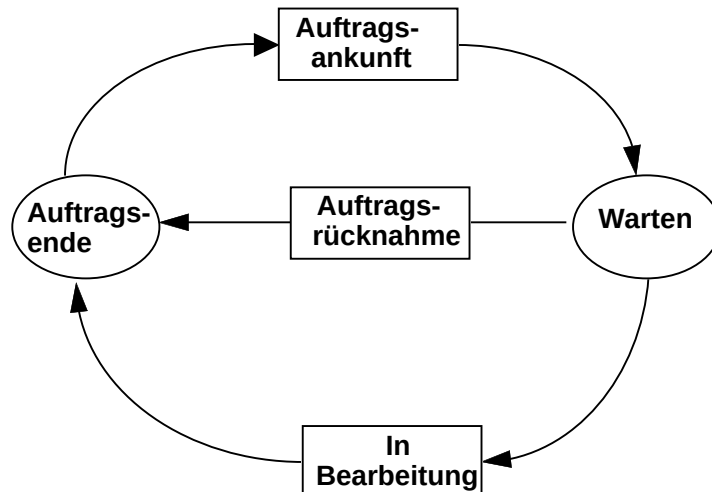
(3) Erstellung von Lebenszyklus-Diagrammen

- Lebenszyklus-Diagramme spezielle Darstellungsform von konzeptuellen Modellen in der zeitdiskreten Simulation
- Beschreibung der Lebenszyklen der Modellobjekte
- Unterscheidung von aktiven und passiven Zuständen
 - » Aktive Zustände = Rechtecke
 - » Passive Zustände = Kreise
- Nach Erstellung der einzelnen Lebenszyklusdiagramme ggf. Diagramm des Gesamtsystems

Modellentwurf für das Rechensystem

(3) Erstellung von Lebenszyklus-Diagrammen

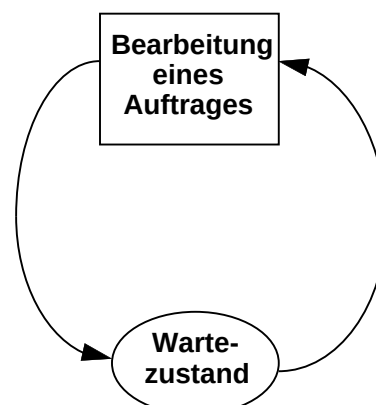
- Lebenszyklus-Diagramm eines Benutzerauftrages



Modellentwurf für das Rechensystem

(3) Erstellung von Lebenszyklus-Diagrammen

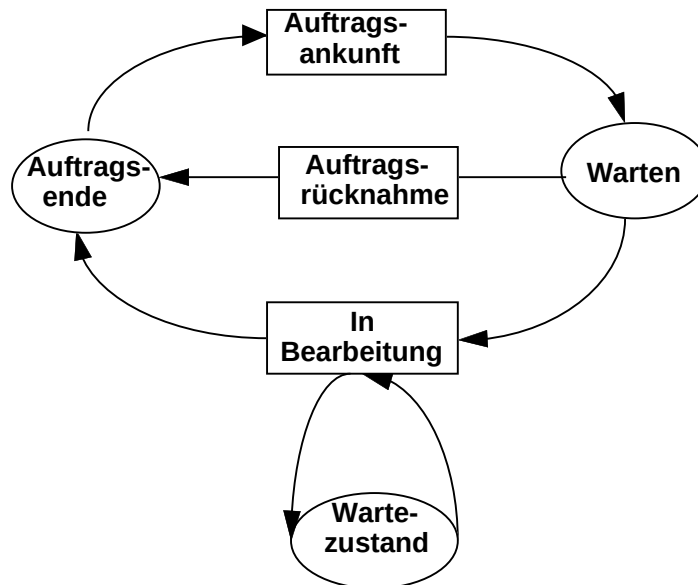
- Lebenszyklus-Diagramm eines Servers



Modellentwurf für das Rechensystem

Erstellung von Lebenszyklus-Diagrammen

– Lebenszyklus-Diagramm des gesamten Rechensystems



Modellentwurf für das Rechensystem

(4) Detaillierte Beschreibung der Prozessabläufe in Form von Flussdiagrammen als Basis des Computermodells

- » Erweiterungen der Notation für Passivierung von Prozessen
- » Doppelrechteck für zeitlich begrenzte Kontrollabgabe (Hold)
- » Doppelpfeile kennzeichnen zeitlich unbestimmte Kontrollabgabe der Prozessprozedur
- » Flussdiagramm des Prozesstyps *Auftrag*
- » Flussdiagramm des Prozesstyps *Server*

Beispielhafte Simulationsergebnisse für das Rechensystemmodell

SIMULATIONS-REPORT DES RECHENSYSTEMSMODELLS

Simulationseingabedaten:

Simulationszeit _____

mittlere Zwischenankunftszeit der Aufträge _____

mittlere Bearbeitungszeit für Übungsteilnehmer _____

mittlere Bearbeitungszeit für Diplomanden _____

Anteil der Anrufer mit begrenzter Wartebereitschaft _____

mittlere Wartebereitschaft von Anrufern _____

Standardabweichung der mittleren Wartebereitschaft _____

Beispielhafte Simulationsergebnisse für das Rechensystemmodell

Simulationsausgabedaten:

Auftragsstatistik

Summe der Benutzeraufträge _____

Bearbeitete Aufträge _____

Sofort bearbeitete Aufträge _____

Aufträge ohne Bearbeitung _____

Aufträge ohne freie Leitung _____

Aufträge im System nach Simulationsende _____

Beispielhafte Simulationsergebnisse für das Rechensystemmodell

Wartestatistik

Mittlere Wartezeit mit sofort bedienten Aufträgen_____

mit der Standardabweichung_____

Mittlere Wartezeit ohne sofort bediente Aufträge_____

mit der Standardabweichung_____

Mittlere Wartezeit der Übungsteilnehmer_____

Mittlere Wartezeit der Diplomanden _____

Auslastungsstatistik

Auslastung der Server_____

Auslastung der Wählleitungen_____

Produktionssysteme als spezielle Bedienungssysteme

- **Produktionssysteme wichtigster Anwendungsbereich in der Simulationspraxis**
 - » s. auch Kap. 6: Simulationsanwendung und -praxis mit Fallstudie aus der Simulationspraxis zur Analyse eines flexiblen Fertigungssystems
- **Ziel = Engpassanalyse von Produktionsprozessen**
- **Prinzipielle Merkmale von Produktionssystemen:**
 - Betriebsmittelausstattung:
 - Auftragsprofil:
 - » Merkmale der bearbeiteten Aufträge
 - » Auftragsstyp
 - » Betriebsmittelanforderung
 - » Ankunftszeiten, Priorität, etc.

Produktionssysteme als spezielle Bedienungssysteme

- **Prinzipielle Merkmale von Produktionssystemen:**
 - Organisationsform:
- **Analyse des Leistungsverhaltens von Produktionssystemen mit Simulationsmodellen**
- **Leistungsgrößen von Produktionssystemen**
 - Mittlere Warteschlangenlänge vor einer Maschine
 - Mittlere Bearbeitungszeit an einer Maschine
 - Mittlere Maschinenauslastung
 - Mittlerer Durchsatz
 - Mittlere Verweilzeit im Fertigungssystem

Beispielmodell eines Fertigungssystems

- **Systemspezifikation eines Fertigungssystems**
 - Wartenetz mit 5 Bedieneinheiten mit jeweils unterschiedlicher Anzahl von Bedieneinheiten
 - 5 Maschinengruppen mit 7, 3, 8, 7, 3 identischen Maschinen
 - Vor jeder Maschinengruppe unbegrenzte FIFO-Warteschlange
 - 3 Auftragsstypen
 - Auftragsankünfte exponentialverteilt mit Mittelwert $\mu = 0,10$ Std
 - Transportzeiten der Aufträge zwischen den Maschinengruppen (bzw. Antransport) gleichverteilt zwischen 0.10 und 0.20 Std.
 - Erlang-verteilte Bedienungszeiten
 - Simulationsdauer = 100 8-Stunden-Tage

Beispielmodell eines Fertigungssystems

• Systemspezifikation

Auftragsdaten:

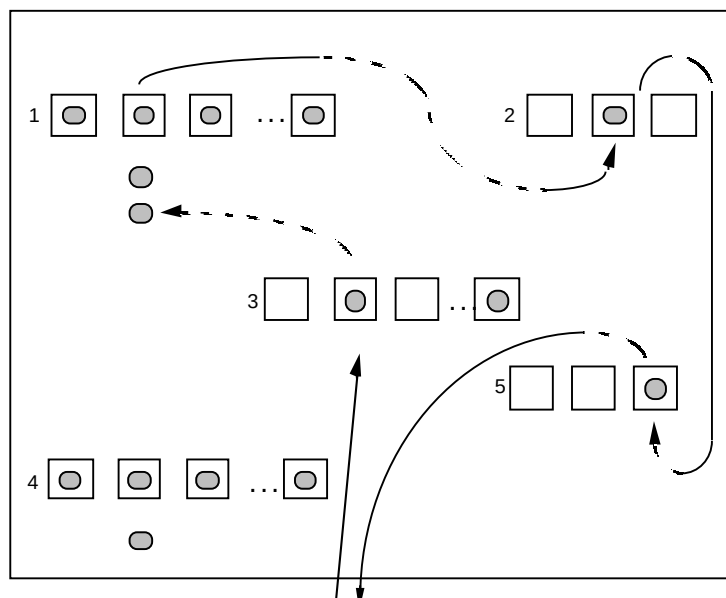
Auftrags- art	Anteil	Maschinen- folge	Mittlere Bearbeitungszeit
1	0.3	3, 1, 2, 5	0.35 ; 0.45 ; 0.10 ; 0.35
2	0.5	4, 1, 3	0.95 ; 0.65 ; 0.60
3	0.2	2, 5, 1, 4, 3	1.05 ; 0.10 ; 0.55 ; 0.75; 0.85

• Bestimmung der Leistungsgrößen

- Durchschnittliche Warteschlangenlänge je Maschinengruppe
- Durchschnittliche Wartezeiten je Auftragsart
- Gesamte Wartezeiten
- Durchschnittliche Maschinenauslastung je Gruppe

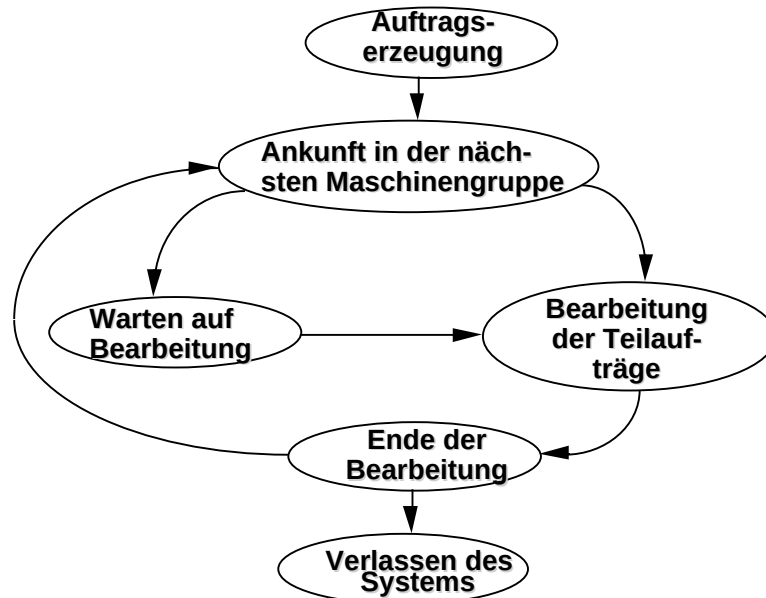
Beispielmodell eines Fertigungssystems

Bearbeitungsablauf von Aufträgen (Auftragstyp 1) im Fertigungssystem:



Modellentwurf für das Fertigungssystem

(1) Zustandsübergangsdiagramm



Modellentwurf für das Fertigungssystem

(2) Identifikation von zwei Objekt- bzw. Prozesstypen

- Auftrag
- Maschine

• Objekt-/ Prozesstyp Auftrag

- Temporäres Objekt
- Objektattribute:
 - » Auftragsart
- Objektaktivitäten:
 - » Warten auf Bearbeitung
 - » Transport
- Interaktion mit anderen Prozesstypen:

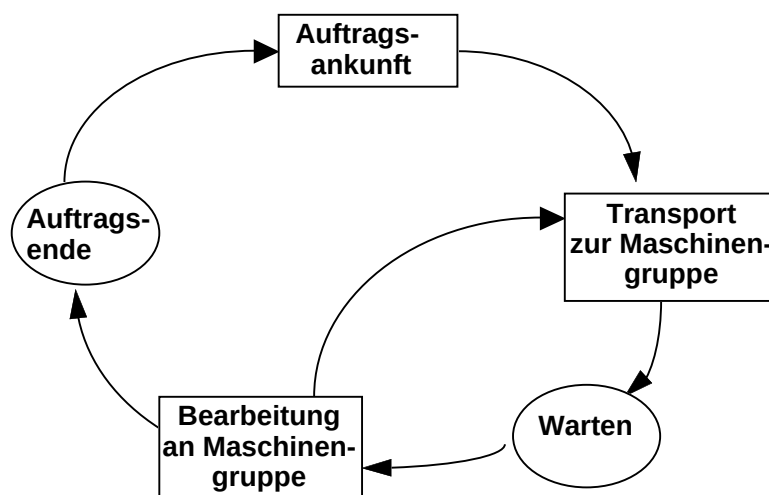
Modellentwurf für das Produktionssystem

• Objekt-/ Prozesstyp *Maschine*

- Permanentes Objekt
- Objektattribute:
 - » Maschinengruppe
- Objektaktivitäten:
 - » Bearbeitung
- Interaktion mit anderen Prozesstypen:

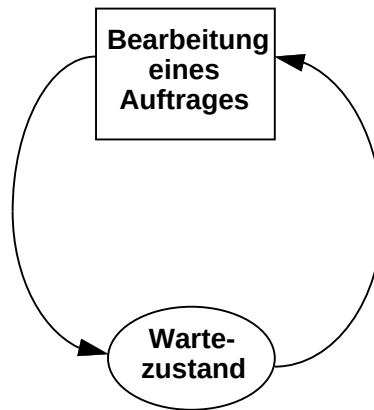
Modellentwurf für das Produktionssystem

(3) Lebenszyklusdiagramme: *Auftrag*



Modellentwurf für das Produktionssystem

Lebenszyklusdiagramm: *Maschine*



Modellentwurf für das Produktionssystem

(4) Detaillierte Beschreibung der Prozessabläufe in Form von Flussdiagrammen als Basis des Computermodells

- » Flussdiagramm des Prozesstyps *Auftrag*
- » Flussdiagramm des Prozesstyps *Maschine*

Beispielhafte Simulationsergebnisse für das Modell eines Produktionssystems

SIMULATIONS-REPORT EINES FERTIGUNGSSYSTEMS

Simulationseingabedaten:

Simulationszeit _____ 800.00 Std.
 mittlere Zwischenankunftszeit der Aufträge _____ 0.10 Std.
 Transportzeiten der Aufträge _____ 0.10-0.20 Std.

<u>Maschinengruppe</u>	<u>I</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
Maschinenanzahl	I	7	3	8	7	3

Beispielhafte Simulationsergebnisse für das Modell eines Produktionssystems

SIMULATIONS-REPORT EINES FERTIGUNGSSYSTEMS

Simulationsergebnisse:

<u>Auftragstyp</u>	<u>I</u>	<u>Anzahl Aufträge</u>	<u>I</u>	<u>mittlere Wartezeit</u>
1	I	2416	I	116.29 Std.
2	I	3980	I	1.97 Std.
3	I	1542	I	150.53 Std.
Gesamt	I	7938	I	67.33 Std.

Beispielhafte Simulationsergebnisse für das Modell eines Produktionssystems

SIMULATIONS-REPORT EINES FERTIGUNGSSYSTEMS

Simulationsergebnisse:

<u>Maschinengrp.</u>	<u> </u>	<u>mittl. W.Schl.Lg.</u>	<u> </u>	<u>mittl. Wartezeit</u>	<u> </u>	<u>mittl. Auslastung</u>
1		7.7		0.85 Std.		93.5 %
2		750.9		150.37 Std.		99.8 %
3		1.2		0.13 Std.		80.2 %
4		6.1		0.98 Std.		92.1 %
5		0.1		0.01 Std.		40.8 %