Modul OMSI-2
im SoSe 2011

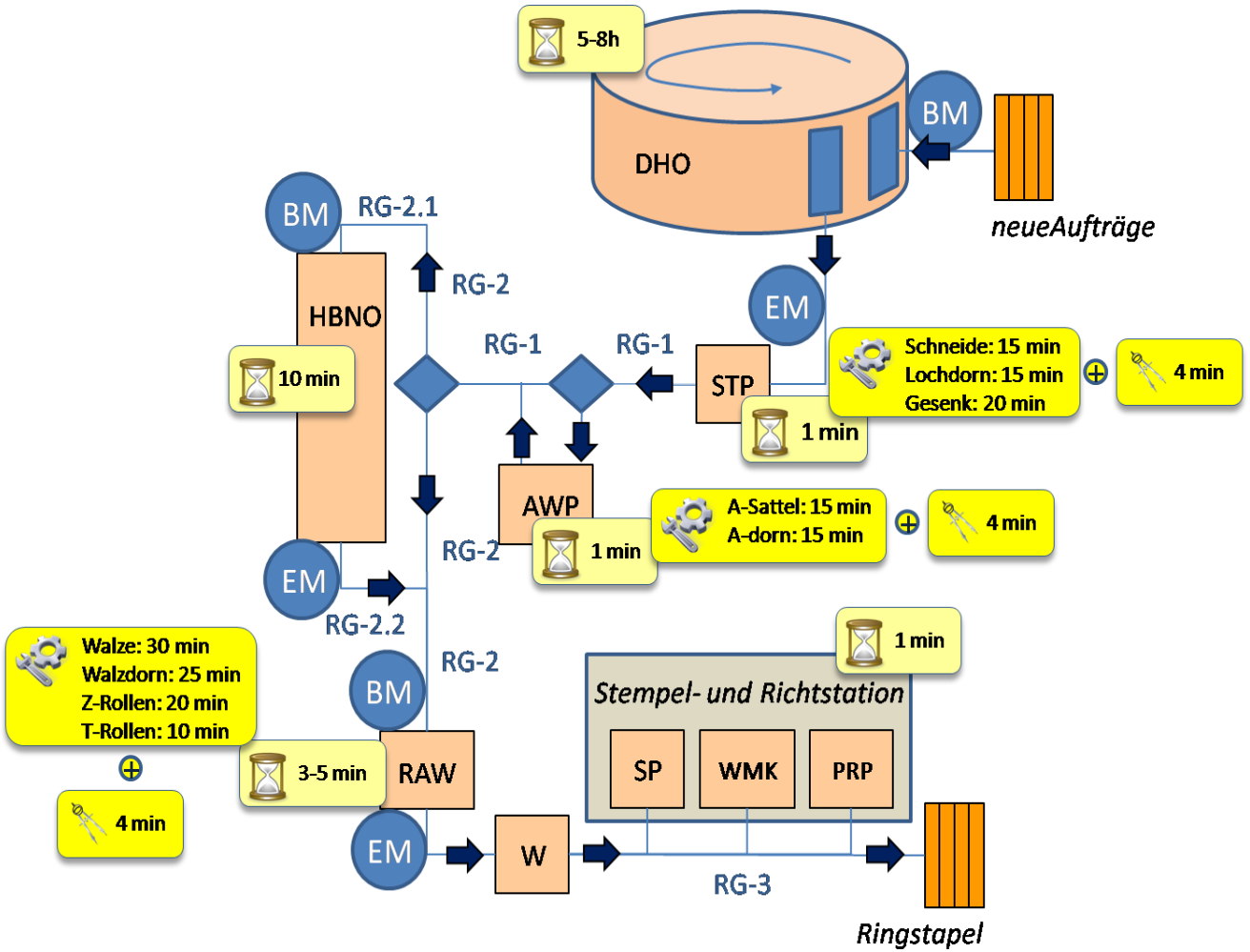
Objektorientierte Simulation mit ODEMx

Prof. Dr. Joachim Fischer
Dr. Klaus Ahrens
Dipl.-Inf. Ingmar Eveslage
Dipl.-Inf. Andreas Blunk

fischer|ahrens|eveslage|blunk@informatik.hu-berlin.de

6. Projekt SimRing oder „Herr der Ringe“

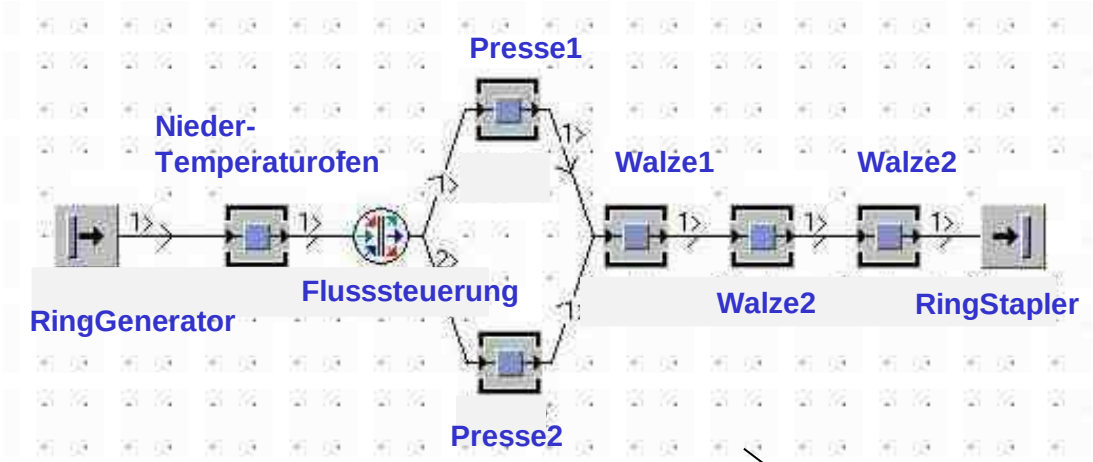
Grobes Zeitmodell



7. GPSS

1. Ereignisse und Prozesse (aus ODEMx-Sicht)
2. GPSS-Grundphilosophie
3. GPSS-Modellbausteinübersicht

Grundsatzentscheidungen *bei der Modellierung*



Klassendiagramme
Klassen, Assoziationen

Systemkonfiguration

Identifikation aktiver
und passiver Klassen

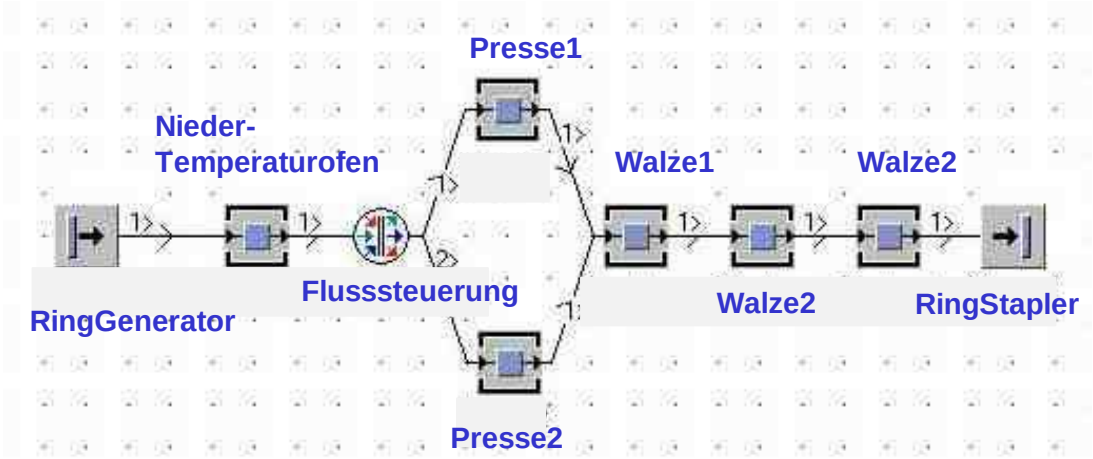
nicht 1-deutig

1. Ringe als Objekte aktiver Klassen
   Stationen als Objekte passiver Klassen
   ~GPSS
2. Ringe als Objekte passiver Klassen
   Stationen als Objekte aktiver Klassen
   ~SDL
3. Ringe u. Stationen als Objekte
   aktiver Klassen
   ~???

Entscheidung:
häufig bestimmt durch die Konzepte
der verwendeten Modellierungssprache

ODEMx als universelle
Simulationsbibliothek
erlaubt alle Varianten

Grundsatzentscheidungen *bei der Modellierung (Forts.)*



Verhaltensmodellierung:
- ereignisorientiert
- prozessorientiert

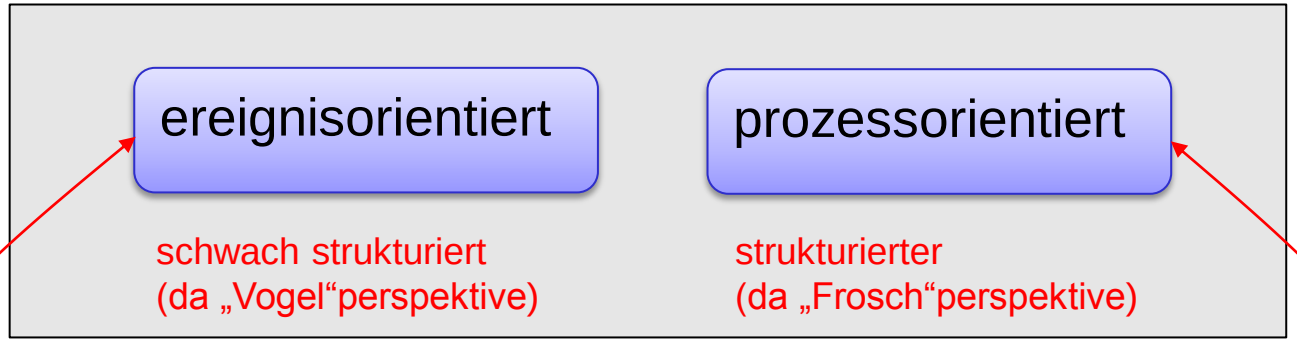
Entscheidung:
häufig bestimmt durch die Konzepte
der verwendeten Modellierungssprache

ODEMx als universelle Simulationsbibliothek
erlaubt beide Varianten, auch gemischt

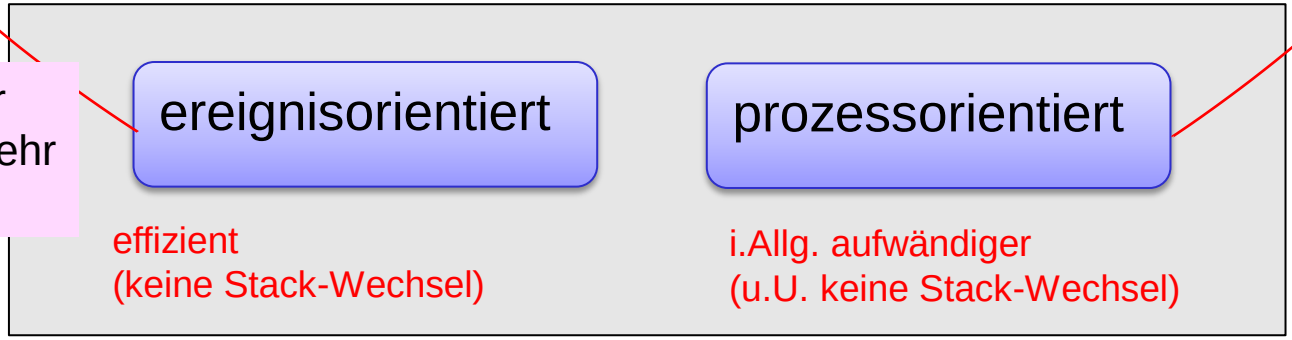
→ Frage nach Vor- und Nachteilen
hinsichtlich
- Modellbeschreibung
- Modellausführung

Verhaltensmodellierung

Modellausführung (ODEMx)



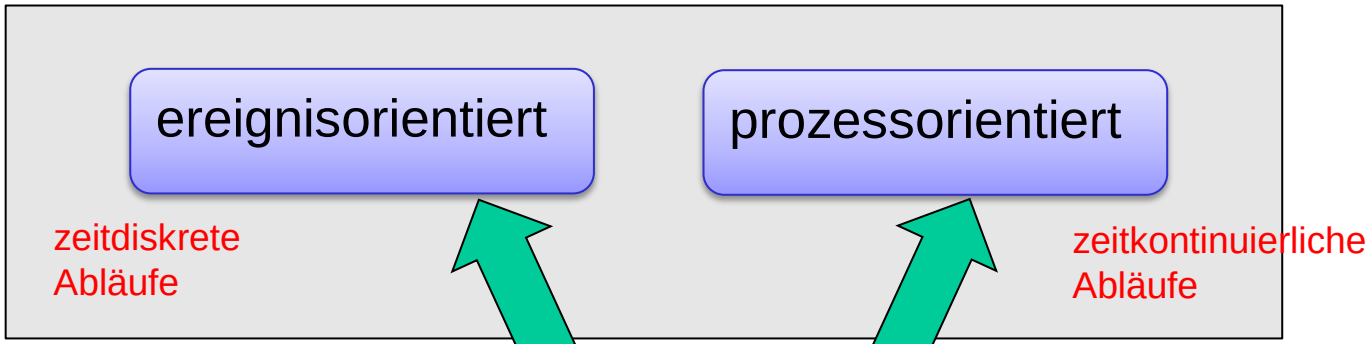
Modellbeschreibung (ODEMx)



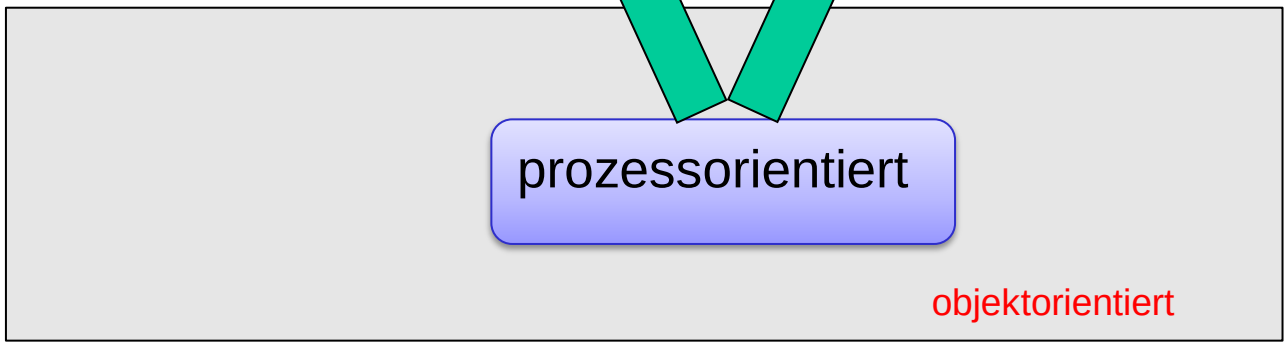
Bibliothek aber bislang nicht sehr umfangreich

Idealer Ansatz

- Modellausführung (ODEMx)

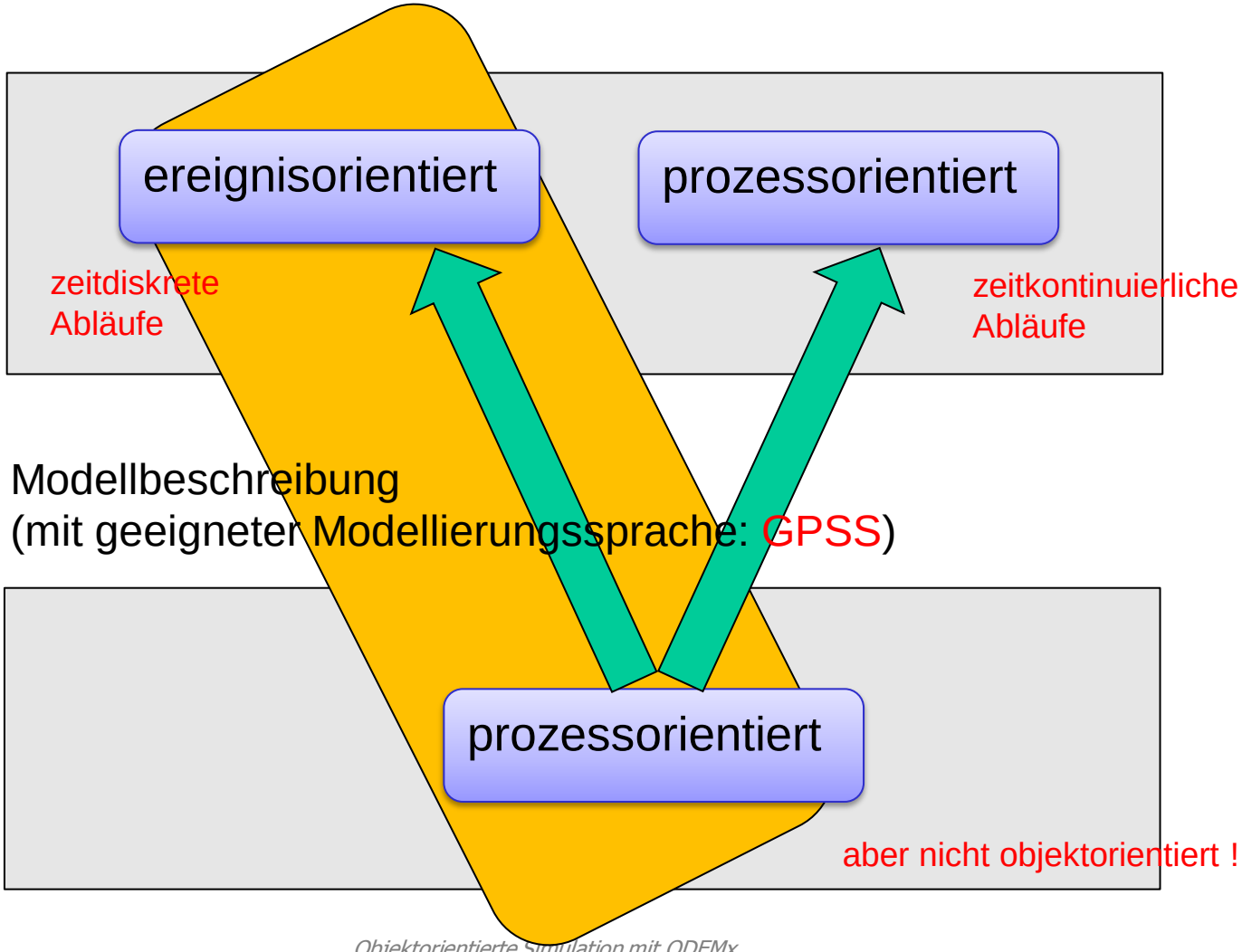


- Modellbeschreibung
  (mit geeigneter Modellierungssprache, Compiler erforderlich)



Historischer Ansatz: Sprache GPSS

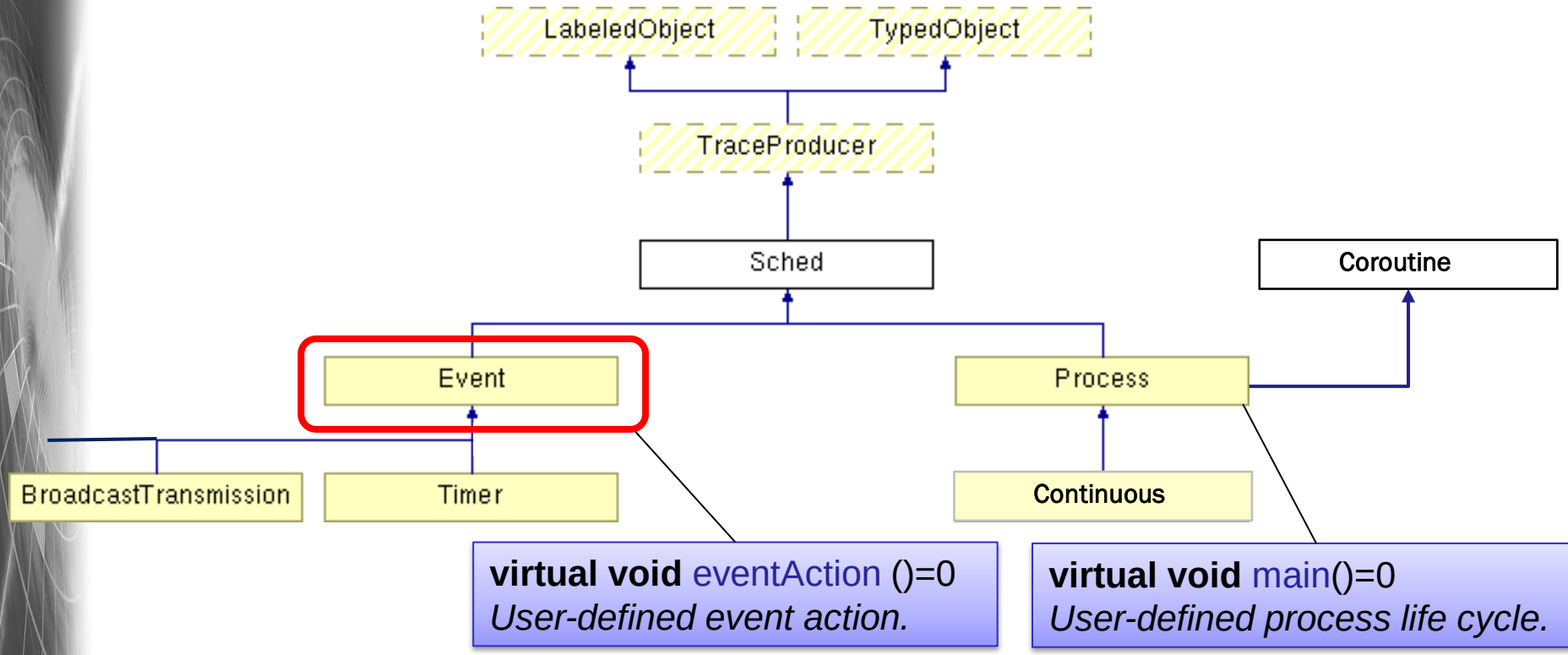
- Modellausführung (Assembler-Bibliothek), sehr effizient



- Modellbeschreibung
  (mit geeigneter Modellierungssprache: GPSS)

Sched-Spezialisierungen (zur Erinnerung)

Ausschnitt der ODEMx-Klassenhierarchie
Basisklassen: Sched, Coroutine



Ereignisfolgenbildung (Event-Scheduling)

void schedule ()
Trigger the event at current simulation time (LIFO)

void scheduleIn (SimTime t)
Trigger the event in (relative) time t (LIFO)

void scheduleAt (SimTime t)
Trigger the event at (absolute) time t (LIFO)

void scheduleAppend ()
Trigger the event at current simulation time (FIFO)

void scheduleAppendIn (SimTime t)
Trigger the event in (relative) time t (FIFO)

void scheduleAppendAt (SimTime t)
Trigger the event at (absolute) time t (FIFO)

void removeFromSchedule ()
Remove the event from the execution list

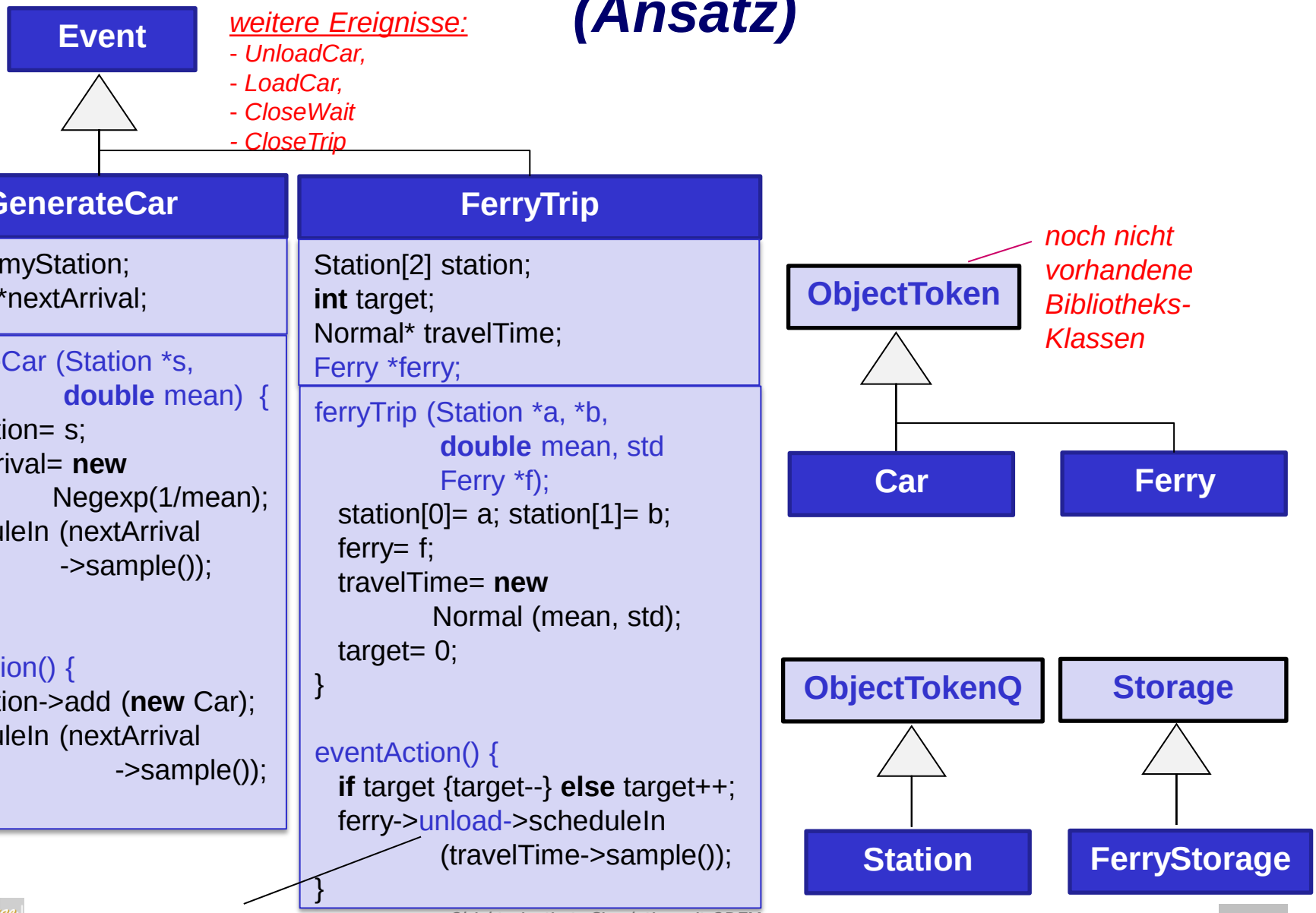
virtual Priority getPriority () **const**

Get priority.

virtual Priority setPriority (Priority newPriority)

Set new priority

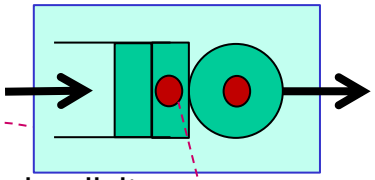
Ereignisorientierte Modellierung: Autofähre (Ansatz)



7. GPSS

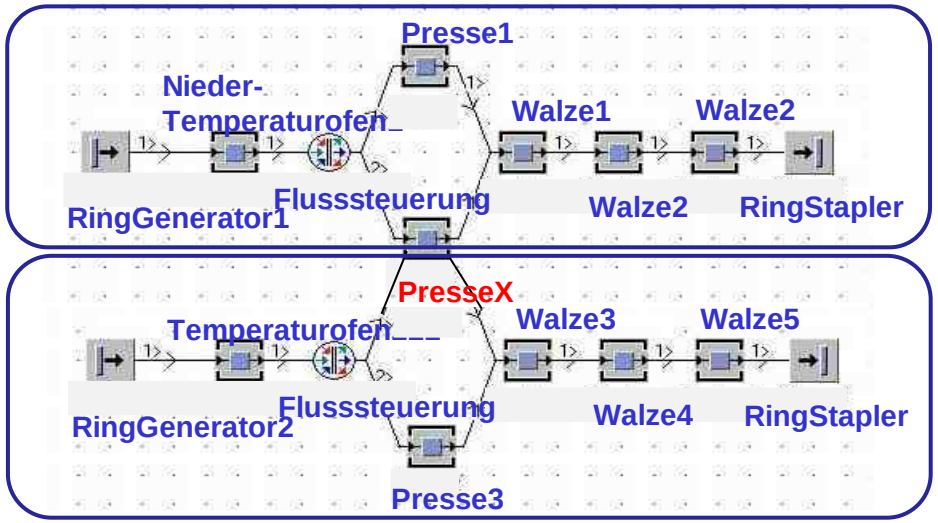
1. Ereignisse und Prozesse (aus ODEMx-Sicht)
2. GPSS-Grundphilosophie
3. GPSS-Modellbausteinübersicht

Aktive und stationäre Modelleinheiten (Entitäten)



impliziter Puffer

Bedienungs-einrichtung



Transaction (Transaktion/Aktivator/Objekt-Token) mit
- ausbaufähiger Attributstruktur und
- Verhaltensbeschreibung
  als Angabe der anzulaufenden Stationen als Lebenslauf,
  ausgehend von einer Generator-Station

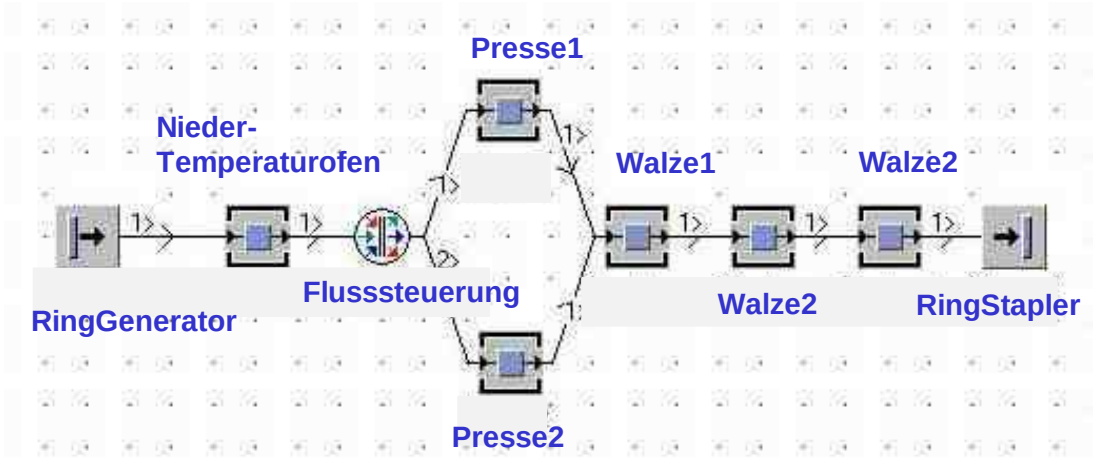
sehr eingeschränkt referenzierbar

Block (Station, Lokalisierung von Aktivitäten) mit
- fester, aber z.T. mit ausdrucksstarken Parametrisierungen
  zeitliche Verzögerung, Attributänderung, Synchronisation

global 1-deutig referenzierbar

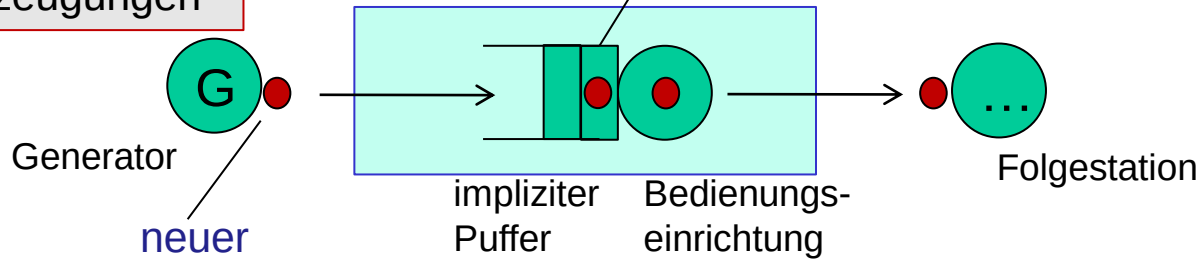
Deklarations-, Initialisierungs- u. Steueranweisungen
- sehr viele Modellverwaltungsstrukturen sind vordefiniert

Verbrauch von Modellzeit



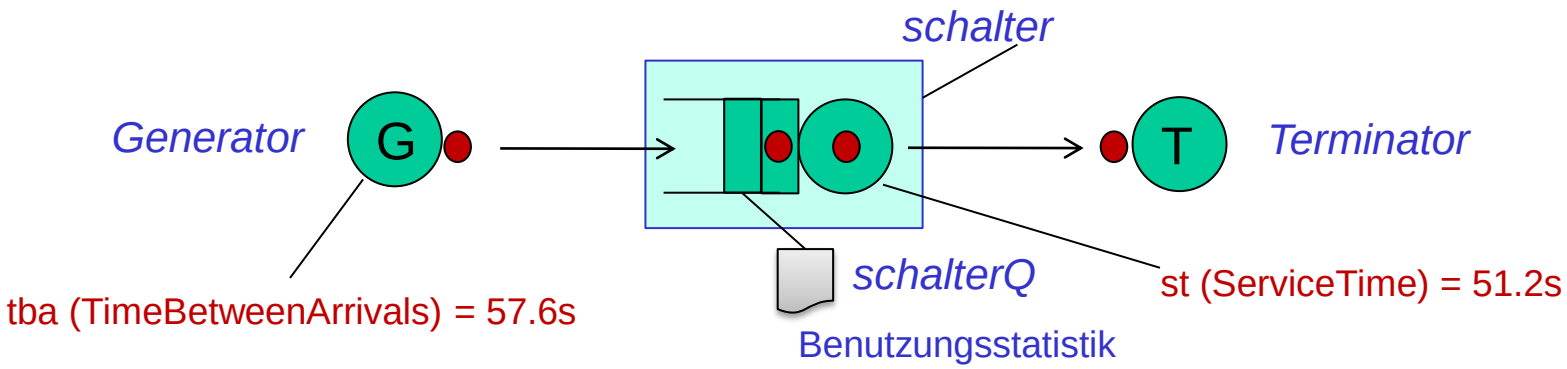
1. Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Transaktionserzeugungen

bei belegter Einrichtung kann es zur zeitl. Blockierung kommen



2. Verweildauer/Bedienungszeit einer Transaction in der Einrichtung

Bedienungssystem: Beispiel-1



GENERATE	tba,,,1000
QUEUE	schalterQ
SEIZE	schalter
DEPART	schalterQ
ADVANCE	st
RELEASE	schalter
TERMINATE	1

neuer Kunde wird nach tba Zeiteinheiten erzeugt
dieser zeigt dann eigenständiges Verhalten (1000 maximal)

aktueller Zeitpunkt des Kunden wird für Statistik schalterQ erfasst

Kunde belegt (falls möglich) zum aktuellen Zeitpunkt die Einrichtung schalter
sonst Blockierung (verlassender Kunde muss ihn wieder erwecken)

Wartezeitspanne des Kunden wird für Statistik schalterQ erfasst

Kunde wird st Zeiteinheiten bedient

Kunde verlässt zum aktuellen Zeitpunkt die Einrichtung schalter und weckt den evtl. im Puffer von schalter wartenden Nachfolgekunden

Reduziere einen Startzähler um eins

Grundphilosophie

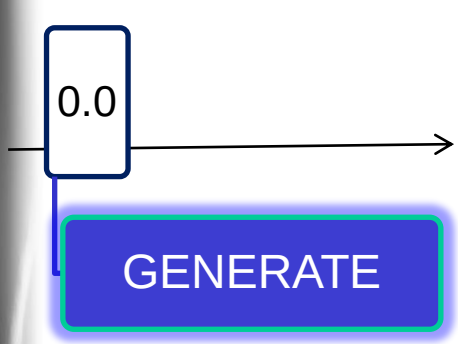
- konzpiert für diskrete Ereignissimulation
- Bewegung von Transaktionen (Kunden, Produkte, Aufträge), die schrittweise bedient/ verarbeitet werden
- Bearbeitung/Bedienung erfolgt in Stationen (Blöcken)

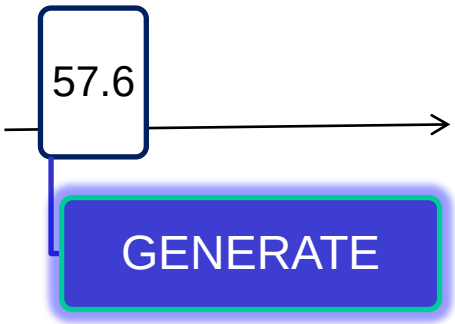
- jede individuelle Transaction verändert in Abhängigkeit der aktuell belegten Einrichtung seine eigenen Attribute (Transactionzustand und die Attribute des Einrichtung und …)
- bei Verbrauch von Modellzeit

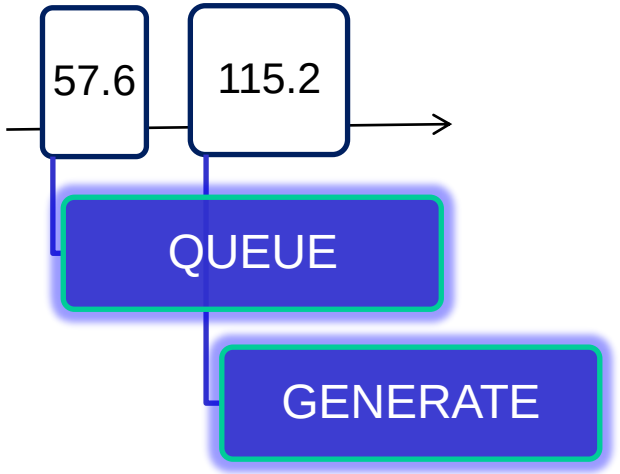
1. Ereignis = Folge sequentieller Operationen zu einem fixierten Modellzeitpunkt
2. zwei Terminkalender dienen der Ereignisverwaltung (man benötigt Lösung für Gleichzeitigkeitsprobleme)
   CurrentEventChain (CEC), FutureEventChain (FEC)
   - Zeit- und Zustands-ereignisse
   - nur Zeitereignisse
3. aktuelle Modellzeit ist gleich der Ereigniszeit der CEC (erstes CEC-Element ~ Ereignis der aktiven Transaction)
4. eine Ereignisoperation kann neben Zustandsänderungen neue Ereignisse planen (aber nur mit Ereigniszeiten, die größer oder gleich der aktuellen Modellzeit sind)

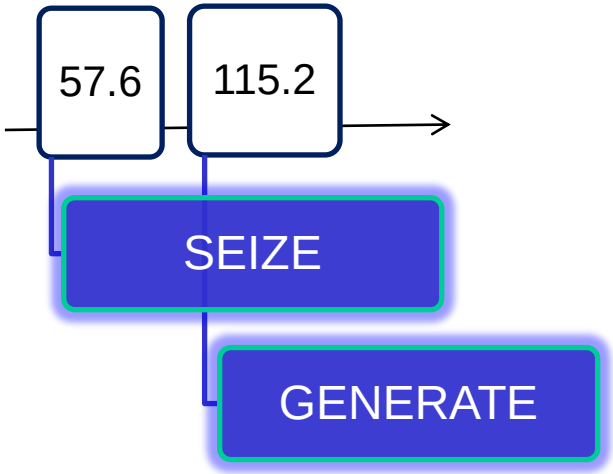
Ablauf als Ereignisfolge (1)

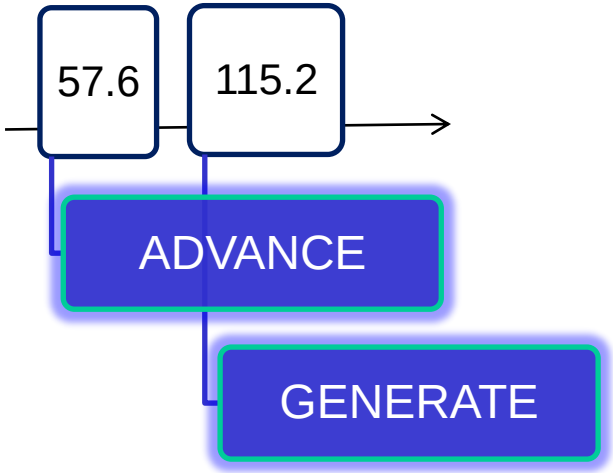
GENERATE	tba, 1000
QUEUE	schalterQ
SEIZE	schalter
DEPART	schalterQ
ADVANCE	st
RELEASE	schalter
TERMINATE	1





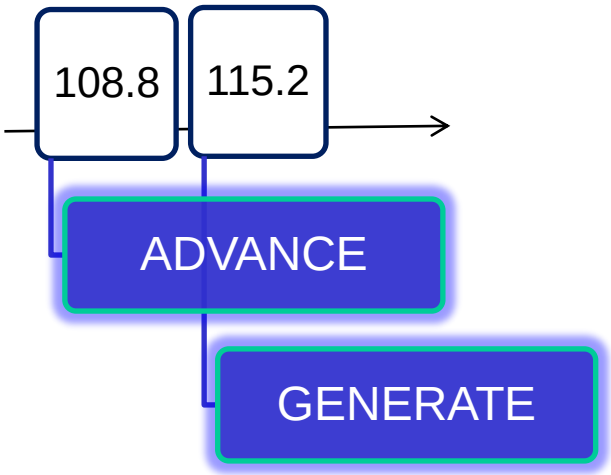


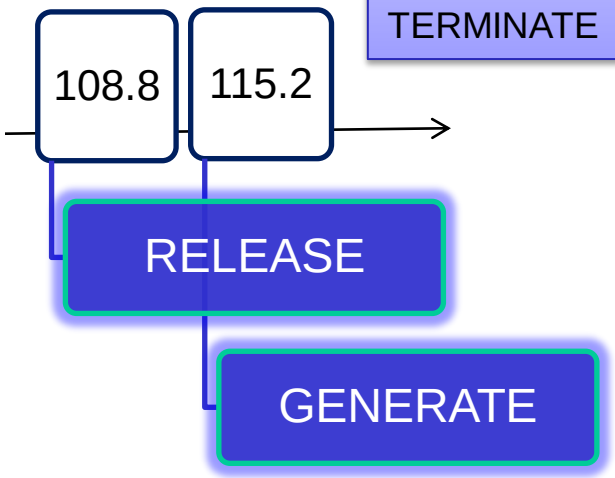


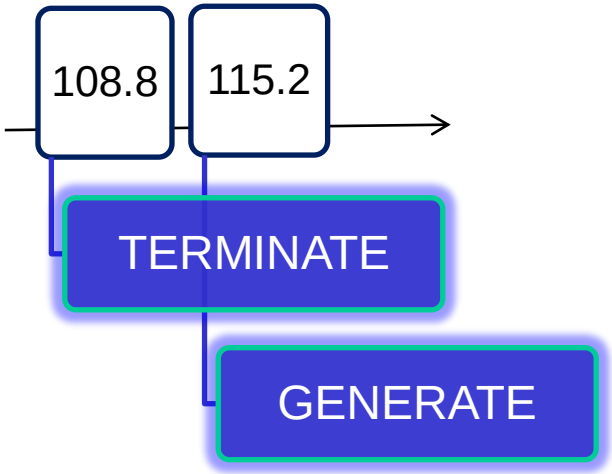


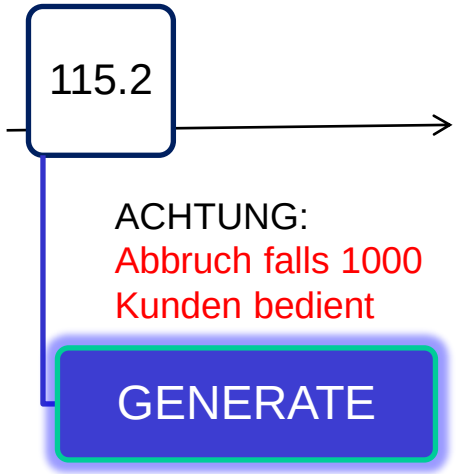
Ablauf als Ereignisfolge (2)

GENERATE	tba, 1000
QUEUE	schalterQ
SEIZE	schalter
DEPART	schalterQ
ADVANCE	st
RELEASE	schalter
TERMINATE	









Fazit (bereits aus OMSI-1 bekannt)

- Ereignis = mit einem Zeitpunkt (Modellzeit) verbundene Aktionsfolge (Zustandsänderung, Planung weiterer Ereignisse)
- Ereignisoperation ist stets mit aktueller Transaktion und seiner aktuellen Bedienungsstation verbunden
- Ereignisse sind chronologisch sortiert (Ereigniskalender)
- Simulation = Ereignisrealisierung entsprechend der dynamisch stattfinden Planung im Terminkalender
  - man beginnt mit der Ausführung des ersten Ereignisses und
  - geht dann zum nächsten Ereignis

  ➔ Methode: Next-Event-Simulation
- Ende der Simulation
  (falls Ereigniskalender leer, oder explizite Beendigungsoperation als Ereignis)
- Systemverhalten bei festen Zeiten (Ankunfts- und Bedienungszeiten) relativ einfach, aber nicht bei variierenden (zufälligen) Zeitangaben!

Standardausgabe eines GPSS-Simulators

Für alle Bedienungseinrichtungen: Statistik

totale Anzahl von Eintritten
Auslastung
mittlere Belegung
augenblickliche Verfügbarkeit
augenblickliche Belegung

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE._TIME	AVAILABLE	OWNER
schalter	1000	0.879	50.98	1	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRIES	ENTRIES(0)	AVE.CONT.	AV.TIME	AVE.(-0)
schalterQ	1	0	1000	895	0.00	0.22	2.14

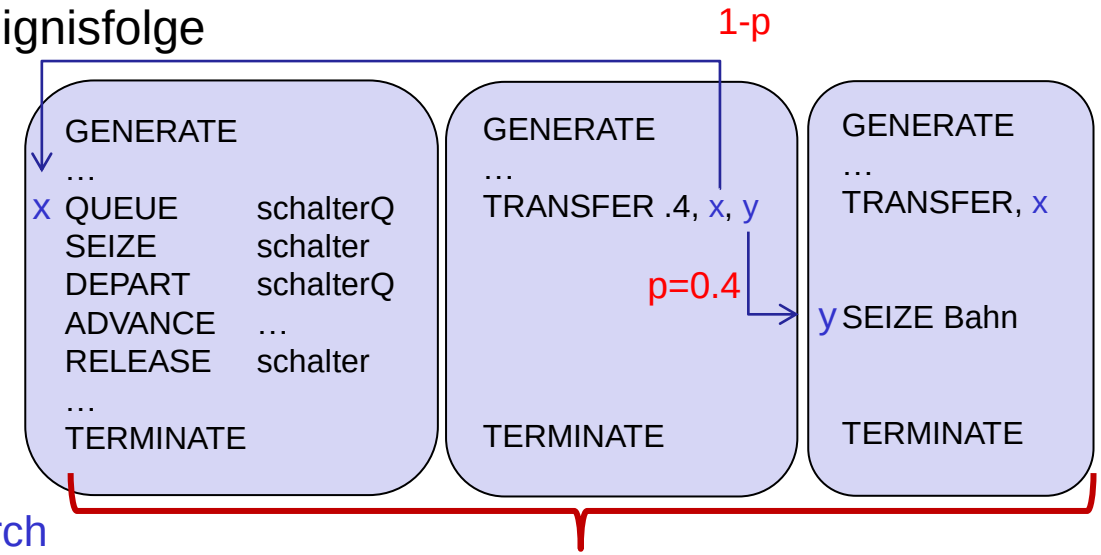
maximale Länge
augenblickliche Länge
totale Anzahl von Eintritten
Gesamtanzahl von Eintritten ohne Durchläufer (d.h. mit null Wartezeit)
mittlere Anzahl von Eintritten
mittlere Wartezeit (aller Belegungen)
mittlere Wartezeit der echt wartenden Belegungen

Aktive und stationäre Modelleinheiten (2)

- Transaction (~Prozess-Instanz)
  Objekt + strukturierte Ereignisfolge

Transaktionen
bewegen sich von Station (Block)
zu Station mit evtl. Zeitverzögerung

→ geteilte Nutzung von Ressourcen



Transaktionen sind
nicht typisiert
müssen vom Modellierer durch
Merkmale/Nummern unterschieden werden
alle haben die gleiche Datenstruktur:
- Attribute mit (fester) Built-in-Semantik
- Attribute mit (flexibler) Nutzer-spezifischer Semantik

- Stationen sind stationär (statisch: Vorgänger, Nachfolger)

Bewegung der Transaktionen
können Verzweigungen/Sprünge (TRANSFER) zu anderen Blöcken sein
(globale Namensgebung)

Transaktion (Attribute)

Zugriff	Attribut, Bedeutung
-Laufzeitsystem-	Nummer der Transaktion
MC	Erzeugungszeitpunkt
PR	Prioritätswert
-Laufzeitsystem-	Nummer der zeitlich vorangehenden Transaktion
-Laufzeitsystem-	Nummer der zeitlich nachfolgenden Transaktion
-Laufzeitsystem-	Nummer des augenblicklichen Blockes
-Laufzeitsystem-	Blockabgangszeit
P1	Parameter 1
…	
Pn	Parameter n

eigene Namenswahl möglich

Zugriff: P*nr*

Zugriff: P$ParameterName

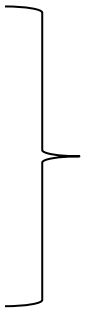
Kommunikation von Transaktionen

- …nur über globale Größen (Zugänge über Makros)
  mit vorheriger, selbst zu organisierender Synchronisation
  (eingeschränkte Möglichkeiten)

  – SNA-Größen (System Numeric Attribute)
    (Zustandsinformationen von Stationen und
    des Simulationslaufzeitsystems)

  – Skalare
    (Modellkonstanten, Modellvariablen)

  – Felder



Int
Float
String
Boolean

Beispiel: Warteschlangen-spezifische SNAs

Zugriff	Bedeutung
-Laufzeitsystem-	Nummer oder Name j der Warteschlange
QCj	Anzahl der bisherigen Eintritte
Qj	momentane Länge
QMj	maximale Länge
QAj	mittlere Länge
QTj	mittlere Wartezeit der Transaktionen

QM$schalterQ

Wert ist global verfügbar
kann zur Verhaltenssteuerung
Von Transaktionen
benutzt werden

GENERATE	tba, 1000
QUEUE	schalterQ
SEIZE	schalter
DEPART	schalterQ
ADVANCE	st
RELEASE	schalter
TERMINATE	1

```
; GPSS World Sample File - SAMPLE9.GPS Model to demo graphics windows
Pool     STORAGE 400           ;Define Storage
Matrix1  MATRIX ,5,5           ;Define Matrix
Transit  TABLE M1,200,200,20 ;Transit time in wait ; and process

         GENERATE  (Exponential(1,0,100))
         JOIN      Maingrp        ;Xact joins grp called ; Maingrp
         JOIN      Numgrp,9999    ;Add 9999 to Numeric
         SAVEVALUE Addup+,1       ;Total of Transactions
         ASSIGN    Param_1,232    ;Assign Xact parameter
         JOIN      Numgrp,P$Param_1 ;Put value in Param1
         LOGIC S   Switch_1       ;Turn on a logic switch
         MSAVEVALUE Matrix1,2,2,QA$Tot_Process
         QUEUE     Tot_Process    ;Queue for process time
         SEIZE     Facility1      ;Own first Facility
         LINK      Chain1,FIFO,Nxtblk ;Put on Userchain if busy
Nxtblk   SEIZE     Facility2      ;Own a second Facility
         SEIZE     Facility3      ;Own a third Facility
         QUEUE     Process_Time   ;Keep track of process
         ADVANCE   100,(Exponential(1,0,100))
         DEPART    Process_Time   ;Record length
         TABULATE  Transit        ;Add wait + process
         RELEASE   Facility1      ;Give up 1st Facility
         ADVANCE   20             ;Delay time for Fac 2&3
         RELEASE   Facility2      ;Give up 2nd Facility
         ADVANCE   10             ;Extra delay time-Fac 3
         RELEASE   Facility3      ;Give up 3rd Facility
         DEPART    Tot_Process    ;Leave Queue
         UNLINK    Chain1,Nxtblk  ;Take off waiting Xacts
         ENTER     Pool,100       ;Place 100 units in the Storage
         LOGIC R   Switch_1       ;Turn off logic switch
         LEAVE     Pool,50        ;Take 50 units from Storage
         SAVEVALUE Collect-,1     ;Show negative Savevalue
         REMOVE    Maingrp        ;Remove Xact from group
         ADVANCE   50,1           ;Wait 50(+/-1) time units
         LEAVE     Pool,50        ;Take 50 units from Storage
Finis    TERMINATE 1              ;Destroy Xact
```

nur solche Stationen sind zu deklarieren, die Parameterangaben für ihre Konstruktion benötigen

5. GPSS

1. Grundphilosophie
2. Block/Stations-Übersicht

Transaktionsverwaltung (1)

zwei interne Ereignislisten
- CurrentEventChain: Aktuelle Ereignisliste (CEC)
- FutureEventChain: Zukünftige Ereignisliste (FEC)

ODEMx-Terminkalender

CEC
- verwaltet alle aktiven Transaktionen zum aktuellen Modellzeitpunkt
  als priorisierte Listeneinträge

  unterschiedliche Handhabung der blockierten Transaktionen in verschiedenen GPSS-Versionen
  (manchmal in separaten Nutzer-Listen:
  DelayChain, RetryChain, ...)

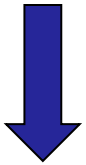
FEC
- alle aktiven Transaktionen zu späteren Modellzeitpunkten (sortiert als priorisierte Liste)

  nur GENERATE und ADVANCE erzeugen Ereignisse in FEC

Transaktionsverwaltung (2)

Beobachtung:

window > simulation snapshot >
CEC/FEC snapshot



XN: 3,
Priority:0,
BDT: 4.460,
A:3,
Current Block:0,
Next:9 GEN (52)

Transaktionsnummer
Priorität
Ereigniszeit
Assembly-Nummer

XN: 1,
Priority:0,
BDT:24.000,
A:1, Current Block:0,
Next:1 GEN (39)
…

- CEC
  enthält stets Ereignisse zum aktuellen Zeitpunkt:
  priorisierte/ sequentielle Realisierung aller Ereignisse (bei evtl. Generierung neuer Ereignisse)

falls CEC leer:
Erhöhung der aktuellen Zeit,
bei Übernahme der entsprechenden Ereignisse aus FEC

- FEC,
  chronologisch sortierte Liste

Grundzustände einer Transaktion

Zustand = Grundzustand × Attribute (Standard, nutzerdef)

- **ACTIVE**
  The Transaction is the highest priority Transaction in the CEC.

- **SUSPENDED**
  The Transaction is waiting in the FEC or the CEC to become the active Transaction.

- **PASSIVE**
  The Transaction has come to rest in the simulation on a User Chain, Delay Chain, Retry Chain, Interrupt Chain, or Pending Chain.

- **TERMINATED**
  The Transaction has been destroyed and no longer exists in the simulation.

Ablauf-verfolgung

Menu command:

window >

simulation window >

blocks window

Loc	Block Type	Current Count	Entry Count	Retry Chain	Line Number	Include-f...
1 GEN	GENERATE	0	81	0	39	0
2 TER	TERMINATE	0	81	0	40	0
3 GEN	GENERATE	0	1	0	44	0
AGAIN	LOGIC	0	151	0	45	0
5 ADV	ADVANCE	1	151	0	47	0
6 LOG	LOGIC	0	150	0	48	0
7 ADV	ADVANCE	0	150	0	49	0
8 TRA	TRANSFER	0	150	0	50	0
9 GEN	GENERATE	1	75	0	52	0
10 TRA	TRANSFER	0	74	0	53	0
11 ASN	ASSIGN	0	40	0	56	0
12 ASN	ASSIGN	0	40	0	57	0
13 ASN	ASSIGN	0	40	0	59	0
14 ASN	ASSIGN	0	40	0	61	0
15 ASN	ASSIGN	0	40	0	62	0
16 ASN	ASSIGN	0	40	0	63	0
17 QUE	QUEUE	0	40	0	64	0
18 TRA	TRANSFER	0	40	0	65	0
PIER1	GATE	0	27	0	67	0
20 ASN	ASSIGN	0	27	0	68	0
SMALL	ENTER	0	74	0	70	0
22 DEP	DEPART	0	74	0	72	0
23 ADV	ADVANCE	0	74	0	73	0
24 ADV	ADVANCE	1	74	0	74	0
25 TES	TEST	0	73	0	75	0
26 GAT	GATE	0	12	0	77	0
SKIPIT	LEAVE	0	73	0	78	0
28 TAB	TABULATE	0	73	0	80	0
29 TER	TERMINATE	0	73	0	82	0
PIER2	TEST	0	13	0	86	0
31 TRA	TRANSFER	0	13	0	87	0
BERT2	TEST	0	13	0	88	0
33 ASN	ASSIGN	0	13	0	89	0
34 TRA	TRANSFER	0	13	0	90	0
BERT3	TEST	0	0	0	91	0
36 ASN	ASSIGN	0	0	0	92	0
37 TRA	TRANSFER	0	0	0	93	0
INTER	TRANSFER	0	34	0	96	0
39 PRI	PRIORITY	0	22	0	98	0
40 ASN	ASSIGN	0	22	0	100	0
41 ASN	ASSIGN	0	22	0	102	0
42 ASN	ASSIGN	0	22	0	104	0
43 ASN	ASSIGN	0	22	0	105	0
44 ASN	ASSIGN	0	22	0	106	0
45 ASN	ASSIGN	0	22	0	107	0

Obj