7. Szenario-Sprachen

Fortsetzung Abschnitt 2

geklärt waren:

- Konzept ereignisorientierte Simulation

- wünschenswerte Fähigkeiten/Hilfsmittel (von PS)
  zur Spezifikation ("Programmierung") Simulatoren,
  insbesondere Manipulation der Zeit
  in "Denkwelten"
  - event-scheduling
  - activity-scanning
  - process-interaction

- programmiertechnische Aspekte
  - Einbettung event-scheduling in allgemeine PS
  - process-interaction am Beispiel SIMULA
    (SIMULA: allgemeine HLL,
    Konzepte über normale HLL hinaus,
    insbes. auch Simulations-Unterstützung)

Wie SIMULA aus ALGOL60 "hervorgegangen"
(und weit mächtiger als Basissprache),

so andere Simulationssprachen aus
FORTRAN, PL/I , PASCAL, … hervorgegangen
(immer mächtiger in Syntax und Semantik als Basis);

daher auch immer:
"komplizierter" zu verwenden
(programmieren → spezifizieren)

alternativ zu
Erweiterung allgemeiner HLL
in allgemein Simulations-unterstützendem Sinn

ist
Erweiterung allgemeiner HLL
(oder Definition von Spezialsprachen)
zur speziellen Simulations-Unterstützung
für ganz bestimmte Problemklassen,
bestimmte **Szenarios**

solche Sprachen: **Szenariosprachen**

Konkretes, bei Anwendung ereignisorientierter Simulation
- häufig auftretendes
- praktisch breit eingesetztes

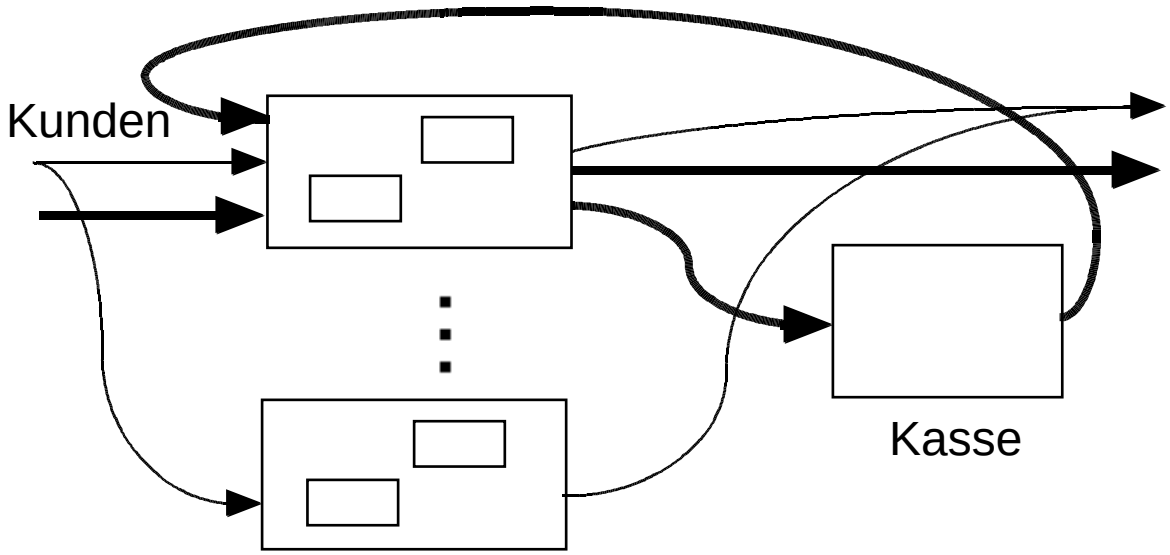
Szenario ist das der
Verkehrsnetze / Warteschlangennetze /
flow-shops / job-shops / …

Charakteristika dieses Szenarios:
- **Verkehrseinheiten** (Kunden, Material,…)
  bewegen sich / werden bewegt
- in Menge / **Netz von Betriebsmitteln**
  (Bearbeitungseinheiten, Bedieneinheiten,
  Ressourcen, Stationen, Maschinen,…)
- und verlangen je "Besuch" eines Betriebsmittels
  gewisse **Bearbeitung** / Bedienung

viele praktische Beispiele:

- Bankschalter (wie gehabt)
- Fabrikhalle
- Supermarkt
- Kommunikationsnetz **…**

zB Straßenverkehrsamt



Zimmer + Bearbeiter

verschiedene Bearbeiter-Funktionen,
verschiedene Kunden-Typen,
unterschieden nach Wünschen (Wunsch-Mustern)

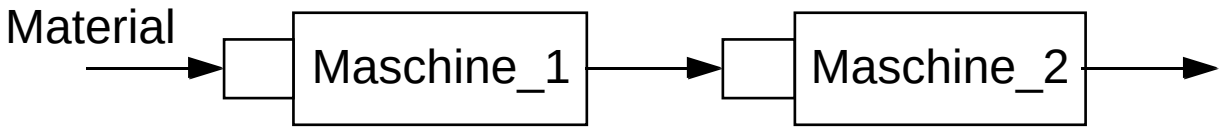
es existiert eine lange Historie
der Modellierung
und Simulation (neben anderen Analyse-Techniken)
solcher Systeme

gerne zwei (Modellierungs-)"Sichten" unterschieden

machine-oriented:	material-oriented:
Bearbeitungseinheiten sind Akteure: Prozesse	Verkehrseinheiten sind Akteure: Prozesse
Verkehrseinheiten sind passiv	Bearbeitungseinheiten sind passiv

beide Sichten sind prozeß-orientiert

Prinzipielle Struktur beider Sichten etwas präziser:



machine-oriented:
    jede Maschine
        LOOP
            {nimm Material aus Puffer};
            {bearbeite, d.h. "verbrauche Zeit"};
            {steck' Material in nächsten Puffer};
        END LOOP

material-oriented:
    jede Materialeinheit (Kunde)
        …
        {bemächtige Dich der nächsten Maschine
            und "belege" sie bzgl. anderer Kunden};
        {benutze sie, d.h. "verbrauche Zeit"};
        {gib Maschine frei};
        {bemächtige Dich der nächsten Maschine …};
        …

Sichten schon in Abschn. 2 (mit SIMULA) durchgespielt,
dazu noch flexiblere Variante, die
    sowohl Material als auch Maschinen (-Verhalten)
als Prozesse / Prozeßmuster formulierte
    die "interagierten"

Jetzt (als Beispiele)
weitere (in Sicht durchaus ähnliche)
    Szenariosichten / Szenariosprachen
GPSS, SLAM, DEMOS, HIT

In Diskussion von Modellwelten / Simulations-"Paradigmen"
über die Jahre gewisse Beispiele immer wieder verwandt

Eines davon (seit CSL/ECSL wiederkehrend):

Beispiel 7.0.1: Hafen und Schiffe (in einfachster Version)

- mit gewissen zeitlichen Abständen
  fahren Schiffe zum Entladen einen Hafen an

- zur Entladung wird ein Pier (jetty) benötigt,
  zum Einlaufen sind zwei Schlepper (tugs) erforderlich,
  zum Auslaufen ein Schlepper

- Einlaufen, Entladen, Auslaufen dauern spezifische Zeiten

- der Hafen weist begrenzte Anzahl von jetties auf,
  verfügt über begrenzte Anzahl von tugs

In allen zu diskutierenden Paradigmen werden
(zusätzlich zur programmsprachlichen Spezifikation)
graphische Spezifikations-Darstellungen eingeführt,

- zunächst nur als Mittel zur "manuellen" Modellbildung

- erst in jüngerer Vergangenheit
  (und immer noch nicht in allen Fällen)
  zur interaktiv-graphischen Erstellung Modell-Spezifikation

Von den Beispielsparadigmen
weisen lediglich DEMOS + HIT
(für heute) annehmbare sprachliche Form auf,
erinnern GPSS und SLAM an die "Steinzeit",
(Anfang ihrer Entstehungsgeschichte !)

7.1 GPSS

Sprache + System zur Simulation von
verkehrsnetz-strukturierten Modellen

Geschichte reicht in die "late fifties" zurück,
Entwicklungsschritte GPS / GPSS / GPSS II / III / 360 / V …
IBM-geprägt
Literatur (ua): Gree72, Schr74, Gord75, BoKP76,
Schm78, Schr91

Trotz Alter (und Steinzeit-Erscheinungsbild)
so akzeptiert, daß immer noch (für einschlägige Probleme)
weit verbreitete / genutzte Simulationssprache

Heute in unterschiedlichen Versionen vorliegend

- mit zT großen Unterschieden,
  aber selbem "Weltblick": i.w. material-oriented

  Einheiten (hier: **transactions**)
  bewegen sich über
  Ressourcen (hier: **equipment entities**)

- Modellspezifikation besteht i.w. aus transactions,
  Spezifikationen der diversen Verkehrs-"Muster"
  (Prozeßmuster)

- Generierungsgesetze für Verkehrs-"Objekte"
  (Prozeßobjekte)
  eines bestimmten Musters in transaction selbst enthalten

- benötigte equipment entities werden
  in transaction "genannt", nicht eigens deklariert

GPSS als Sprache stark
vom Lochkarten- / Flußdiagramm- Zeitalter geprägt

Entwurf von transactions empfohlen
in Form
- bestimmten Typs von Flußdiagrammen
- bestehend aus (beträchtlicher Vielfalt an)
  "Kästchen": **blocks**
  und "Pfeilen": Kontrollfluß-Richtung

Flußdiagramm ursprünglich auch gedacht als
"Abbild Lochkartenstapel": ein block, eine Lochkarte

wir werden sehen, daß diese GPSS-Diagramme
(von heute aus gesehen)
als initiale Form graphischer Modellspezifikation
auffaßbar sind

Jede GPSS-Version ist definiert durch
- ihre **entities** (Einheiten)
- deren **attributes** (Eigenschafts-Konstanten, -Variablen)

Jede entity(-Typ!) besitzt (per default)
charakteristische attributes,
- im Verlauf der Simulation automatisch aktualisiert,
- mit Zugriffsmöglichkeit auf deren (momentane) Werte

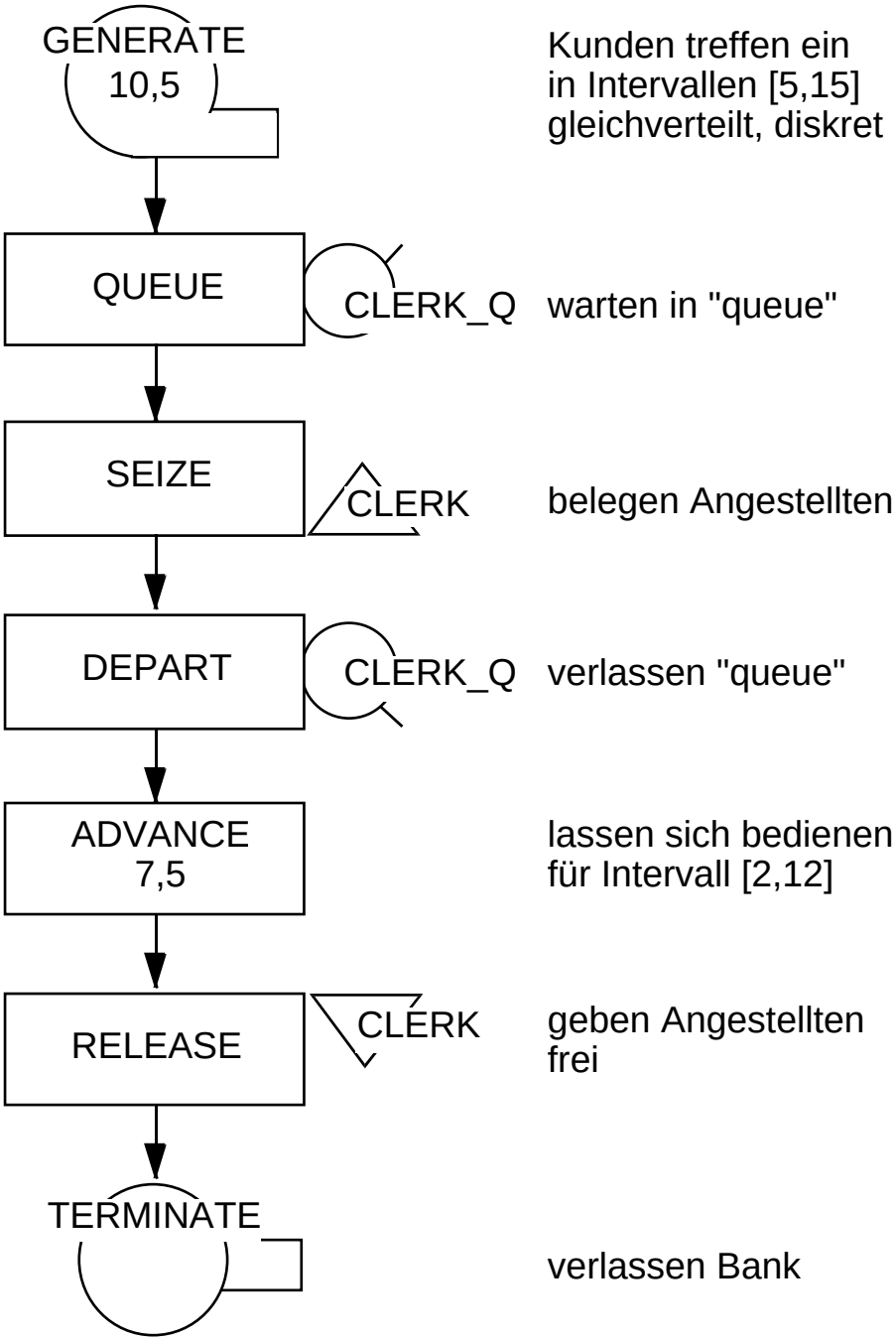
Programmierer-definierte attributes nur in Sonderfällen

Identifikation von entities über "Nummern",
von attributes über Standardnamen

Im Bereich der Arithmetik (incl. "Zeit")
- zunächst strikte Ganzzahligkeit
- bei neueren Versionen zT aufgegeben

"Gefühl gewinnen" über Beispiele

Beispiel 7.1.1: Bankschalter im GPSS-Diagramm



Erinnerung an Abschn. 2,
prinzipielle "Zeitmanipulations"-Überlegungen:

- WAIT_UNTIL, PAUSE_FOR direkt enthalten
- potentielle Ineffizienz des WAIT_UNTIL
  beseitigt durch starke Reduktion der Wartebedingungen

GPSS-entities:

basic: blocks — Kästchen, Karten (s.Bsp.)
transactions — Prozeßmuster (s.Bsp.)

equipment: facilities — Bediener (s.Bsp)
SEIZE, RELEASE
storages — Speicher (s.Folgebsp.)
ENTER, LEAVE
logic switches

computational: boolean variables (Vorsicht:
arithmetic variables haben mit
functions heutigen Begriffen
nur bedingt
zu tun)

reference: …

statistical: queues (Vorsicht: GPSS "queue"
ist **nicht** unsere Warteschlange,
dient nur Erhebung v. Statistiken)
frequency tables
…

Pluspunkte:

einfache Notierbarkeit einfacherer Modelle,
automatische Statistiken,
gute debugging-Hilfen,
wenn Compiler vorhanden, hinreichend schnell
(GPSS oft lediglich interpretiert !)

Alles andere (wie gesagt): Steinzeit

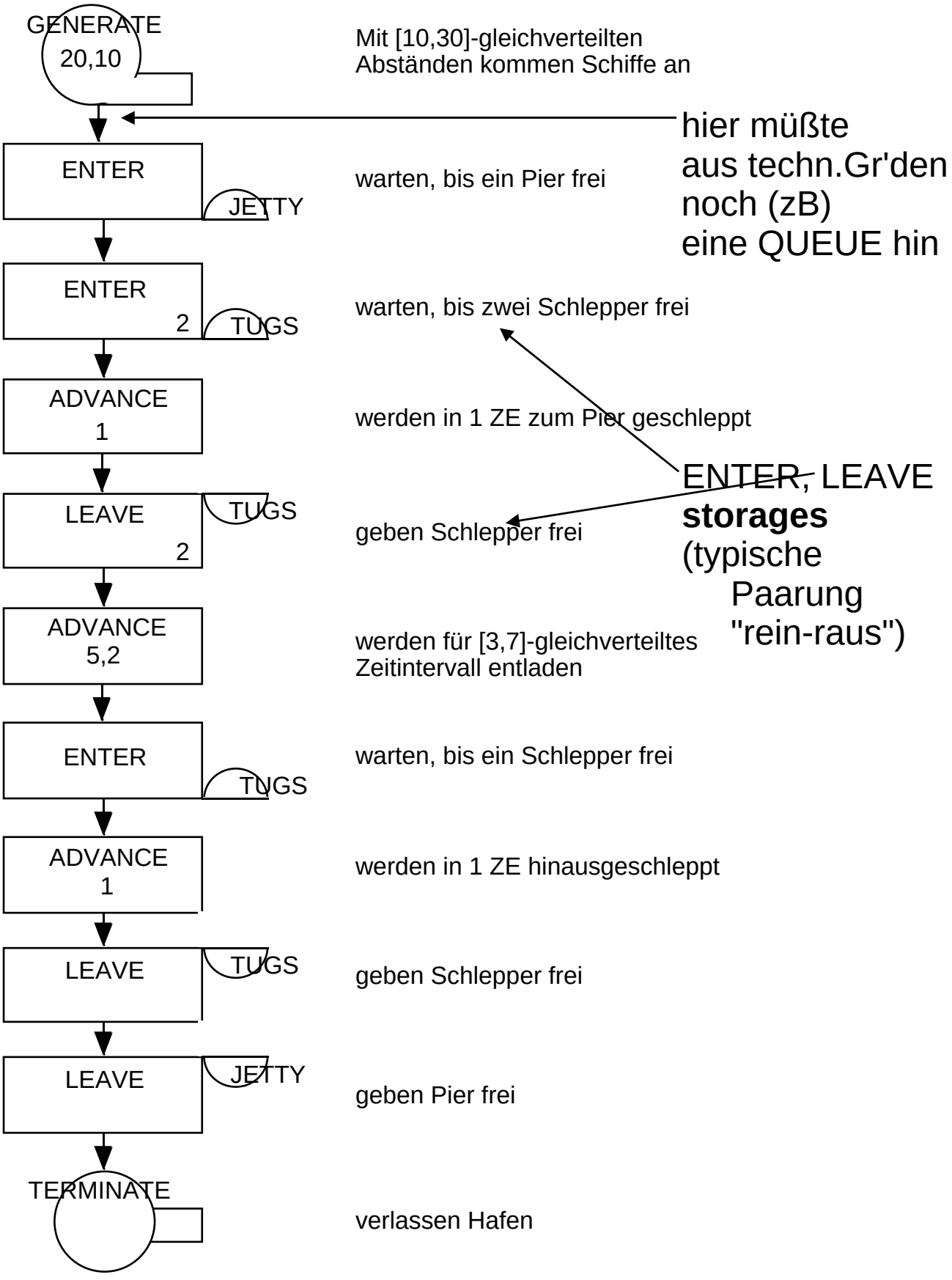
Ein Blick auf den GPSS-Code zu Bsp. 7.1.1
(Codierung traditionell in Festformat !!):

```
SIMULATE                (uU) erste "Karte"
GENERATE   10,5         Beginn Transaktion
QUEUE      1            in queue #1, oben: CLERK_Q,
                        (implizite Deklaration)
SEIZE      1            die facility #1, oben: CLERK
DEPART     1            aus queue #1,
                        (nachdem facility #1 "betreten")
ADVANCE    7,5          der Zeitverbrauch
RELEASE    1            die facility #1
TERMINATE  1            Ende transaction
                        (+ "Herunterzählen Globalzähler")
START      500          Hinweis auf "beginne Simulation"
                        (mit Initialisierung Globalzähler)
END                     (uU) letztes "statement"
```

Automatische Ergebnisse:
(echter input / output eher schwierig, Umweg FORTRAN)

- Zeitangaben
- für jeden block Zahl Einheiten in block,
  Zahl eingetretener Einheiten
  jeweils zu / bis Ende Simulation
- für jede facility Auslastung, Zahl Eintritte,
  mittlere Verweilzeit,…
- für jede queue maximaler / mittlerer Inhalt,
  Eintrittszahl, Zahl "0-Zeit" Verweilender
- Füllung spezifizierter Tabellen
  (Histogramme + deskriptive Statistiken)
- …

Beispiel 7.1.2: Hafen-Bsp. 7.0.1 im GPSS-Diagramm



7.2 SLAM II

Sprache + System zur Simulation (Prit84)

- von ereignisorientierten Modellen,
  - in event-scheduling-Sicht,
  - in process-interaction-Sicht,
  - in Mischung dieser Sichten

- von Modellen mit zeitkontinuierlicher Zustandsänderung,
  - auf Basis von Differenzengleichungen,
  - auf Basis von Differentialgleichungen,
  - unter Mischung der Gleichungstypen

- von Modellen, die
  ereignisorientierte und zeitkontinuierliche
  Zustandsänderungen gemischt enthalten

- hier lediglich skizziert:
  ereignisorientierte Modellierung
  in process-interaction Sicht

Bei Spezifikation Simulator spielt wieder
Netzwerk aus spezifischen Knoten- und Kanten-Typen
incl. graphischer Darstellung
und sprachlicher Formulierung
wesentliche Rolle

Netzwerkdenken "erinnert" an GPSS, jedoch
Netz deutlich mehr als "graphische Beschreibung" gesehen
(und weniger als Flußdiagramm / Kartenstapel)

SLAM (mit Vorläufern GASP … GASP IV, Q-GERT)
ebenfalls lange Geschichte seit "late sixties"
(ua KiPr69, Prit74, PrYo75)

Modellspezifikation
(Graph + zugehöriges, detaillierteres "Programm")
aufgebaut aus

in Graph:

- **nodes** Knoten verschiedener Typen (Formen) normalerweise mit Beschriftung

- **activities, branches** Kanten, uU beschriftet

- network Netz aus obigen Knoten, Kanten

- **blocks** Kästchen, die nicht ins Netz eingebunden sind

Modelldynamik (Verkehr) entsteht durch

- **entities** die von Anfang existieren oder erzeugt werden,

  die sich im Netz (über Knoten, entlang Kanten) bewegen,

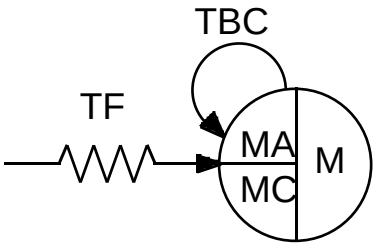
  die (wieder) verschwinden können,

  die je eine Reihe von **attributes** (Gedächtnis) ATRIB(i) besitzen können

Erste (von vielen) nodes:

- CREATE (Erzeugung / Ankunft von entities)

- graphisch:

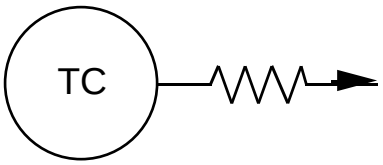


TBC Zwischen-Generierungs-Zeit entities
TF Zeit der Generierung der ersten entity
MA Attributnummer für Notierung Generierungszeit
MC maximale Zahl durch node generierter entities
M maximale Zahl bei Ankunft "bedienter" branches (potentielle Vervielfältigung entities)

- sprachlich:
  CREATE,TBC,TF,MA,MC,M;
  mit defaults: ∞,0,"nicht notiert",∞,∞

- TERMINATE (Vernichtung / Abgang von entities)

- graphisch:



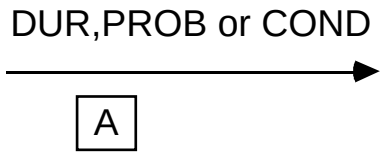
TC Anzahl vernichteter entities, bei der die Simulation abgebrochen wird

- sprachlich:
  TERMINATE,TC
  mit defaults: ∞

Erste activity (von zwei activities):

- regular activity (Zeitverbrauch)

- graphisch:



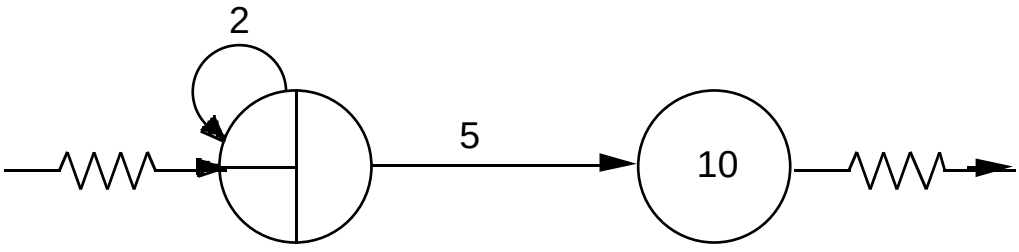
DUR Zeitintervall, das bei "Durchgang" verstreicht
PROB …, für bedingtes "branching"
COND …, für bedingtes "branching"
A Nummer (statt: Name) dieser activity
(als Referenz für automatische Statistiken)

- sprachlich:

ACTIVITY/A,DUR,PROB or COND,NLBL;ID;
mit defaults:
/"no statistics",0,"always","sequential";"blank"

NLBL …, für Fortsetzungs-node
ID …, für Namensgebung

Erstes "Netz":



Von Zeitpunkt 0 ab
werden im Abstand von 2 ZE (einzelne) entities erzeugt,
die 5 ZE brauchen, um ihr "Lebensende" zu erreichen;
wenn die 10-te dieser entities ihr Ende erreicht,
wird Simulation beendet.

Für "Bankschalter" zusätzlich benötigt:

- QUEUE node (potentielles Warten von entities)

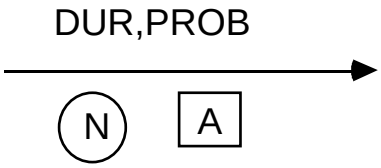
- graphisch:

IQ initiale Anzahl von entities in queue
QC (räumliche) queue-Kapazität
IFL (Behälter-) "file"-Nummer für enthaltene entities

- sprachlich:
  QUEUE(IFL),IQ,QC,BLOCK or BALK(NLBL),SLBLs;
  mit defaults: ("error"),0,∞,"none","none"
  BLOCK, BALK …, für Überschreitung Kapazität

- service activity (Zeitverbrauch + Beschränkung Gleichzeitigkeit)

- graphisch:



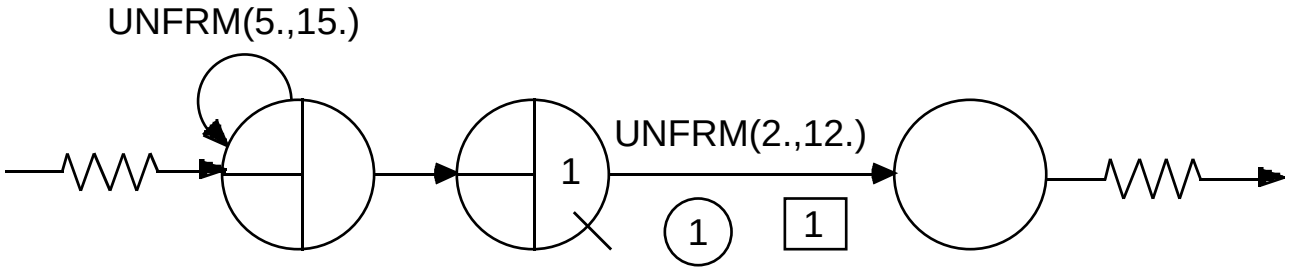
DUR Zeitintervall, das bei "Durchgang" verstreicht
PROB …, für bedingtes "branching"
N Anzahl identischer "server"
A Nummer (statt: Name) dieser activity
(als Referenz für automatische Statistiken)

- sprachlich:
  ACTIVITY(N)/A,DUR,PROB,…;…;
  mit defaults:
  (1)/"none",0,"always",…;…

somit

Beispiel 7.2.1: Bankschalter in SLAM-Fassung

graphisch (Netz):



sprachlich (Programm):

```
NETWORK;
    CREATE,UNFRM(5.,15.);
    QUEUE(1);
    ACTIVITY(1)/1,UNFRM(2.,12.);
    TERMINATE;
ENDNETWORK;
```

Nächstes wichtiges Konzept
(nachdem "zeitliche Verzögerung"
+ "zeitliche Belegung eines servers"
durch regular / service activity bedacht)

ist Berücksichtigung "passiver Ressourcen",
"räumliche Belegung"
bei Betriebsmitteln, die in begrenzter Stückzahl vorhanden
(GPSS: storages)

dazu in SLAM: RESOURCEs
mit "Deklaration", graph. RESOURCE block
sowie nodes AWAIT (anfragend, belegend)
und FREE (freigebend)

- RESOURCE block

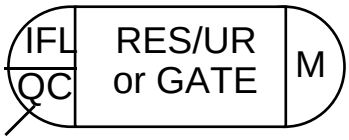
- graphisch:

RLBL "resource label": Name
(zusätzlich automatisch: Nummer)
CAP initial vorhandene Anzahl "vergebbarer" Einheiten
IFL(s) "file"-Nummer(n), aus denen potentiell wartende entities bei Freiwerden von Einheiten "bedient"

- sprachlich:
RESOURCE/RLBL(CAP),IFLs;
mit defaults: /"error"(1),"error";
oder RESOURCE/RNUM,RLBL(CAP),IFLs;
(mit expliziter RES Nummer: RNUM)

- AWAIT node (auch für nicht bespr. GATEs verwandt)

- graphisch:



RES RLBL (Name/Nummer) der RES, von der
UR Einheiten benötigt
IFL "file"-Nummer für entities, die warten müssen
QC räumliche queue-Kapazität
M maximale Zahl "beschickter" Ausgangs-branches

- sprachlich:
AWAIT(IFL/QC),RES/UR,…,M;
mit defaults:
("gemäß RESOURCE-block"/∞),"error"/1,…,∞;

- FREE node

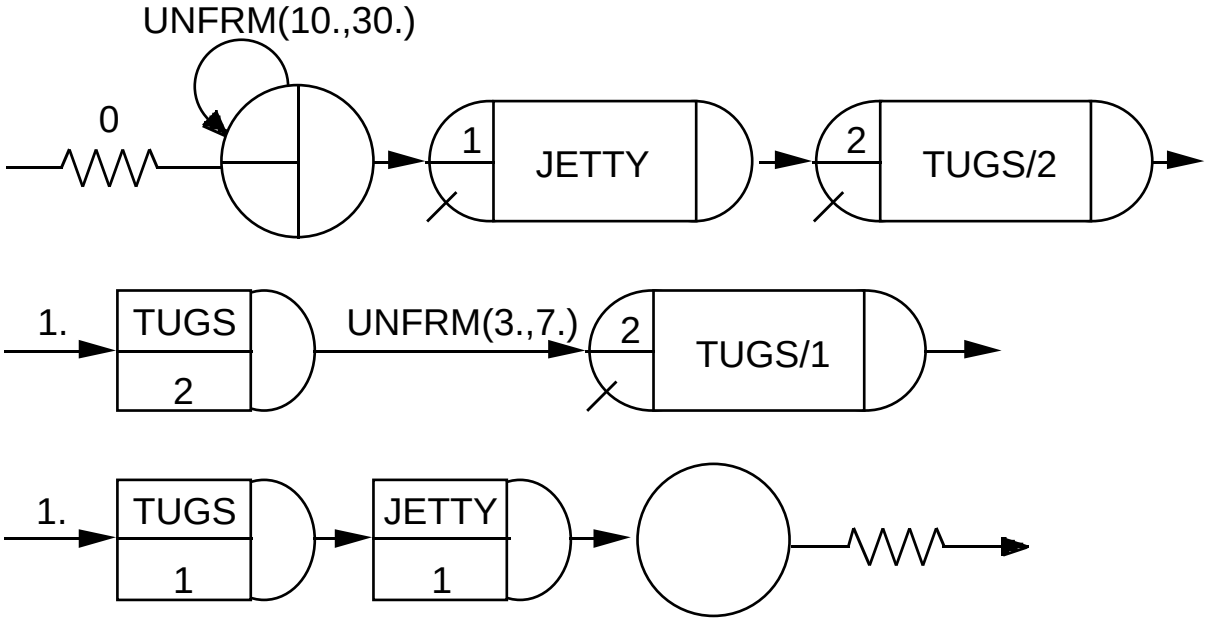
- graphisch:

RES RLBL (Name/Nummer) der RES, von der
UF Einheiten freigegeben
M maximale Zahl "beschickter" Ausgangs-branches

- sprachlich:
FREE,RES/UF,M;
mit defaults:
"error"/1,∞;

somit
Beispiel 7.2.2: Hafen-Bsp. 7.0.1 im SLAM-Diagramm

JETTY	2	1
TUGS	3	2



Viele weiter Facetten:
- weitere node-Typen
- weitere block-Typen
- spezielle "globale Variablen"
- weitere ZV-Generatoren
- Abbruch-Optionen
- automatische und beeinfußbare Statistiken
- debugging-Hilfen
- control statements
- …

Sprach-Erscheinungsbild "alt":
- FORTRAN-Anlehnung
- festformatig
- …

"Neuerdings":
network subset durch interaktive Graphik unterstützt
(nicht "alles" aus Graphik "nochmal" zu codieren)
vgl. TESS, Stan85

7.3 DEMOS

Modellierungtechnische Konzepte **Modellwelten**
Modellierungs-Paradigmen
von GPSS bzw. SLAM (als Beispiele) zweifellos "geschickt",
zugehörige sprachliche Spezifikationsformen eher
"altertümlich", abstoßend

Bei Versuchen, Szenario-spezifische Paradigmen
- zwar verfügbar zu machen,
- ohne aber auf modernere Sprachkonzepte zu verzichten,

insbesondere SIMULA als Gast- (host-) Sprache geeignet
(ua: SIMON, Hill75; DEMOS, Birt79),
da Übernahme von Konzepten einer
(in SIMULA programmierten) "Umgebungs"-CLASS
inhärenter Sprachbestandteil

Zur Erinnerung (vgl. Abschn. 3.5):

```
simset BEGIN
           {SIMULA-"Programm"}
       END
```

machte Listenmanipulationskonzepte
für "Programm" verfügbar

Ähnlich auch selbstgeschriebene "Umgebung"en
möglich und per

```
EXTERNAL   CLASS umgebung;
umgebung   BEGIN
               {SIMULA-"Programm"}
           END
```

diesbezügliche Konzepte in "Programm" nutzbar

Solche Entwicklungen waren SIMON, SIMON75 und
(hier kurz zu beschreiben) DEMOS (1979).

Auch bei DEMOS (wie zuvor bei GPSS, SLAM)
graphische Darstellungen für Modellbeschreibung genutzt
(hier ganz explizit als "Spezifikation")

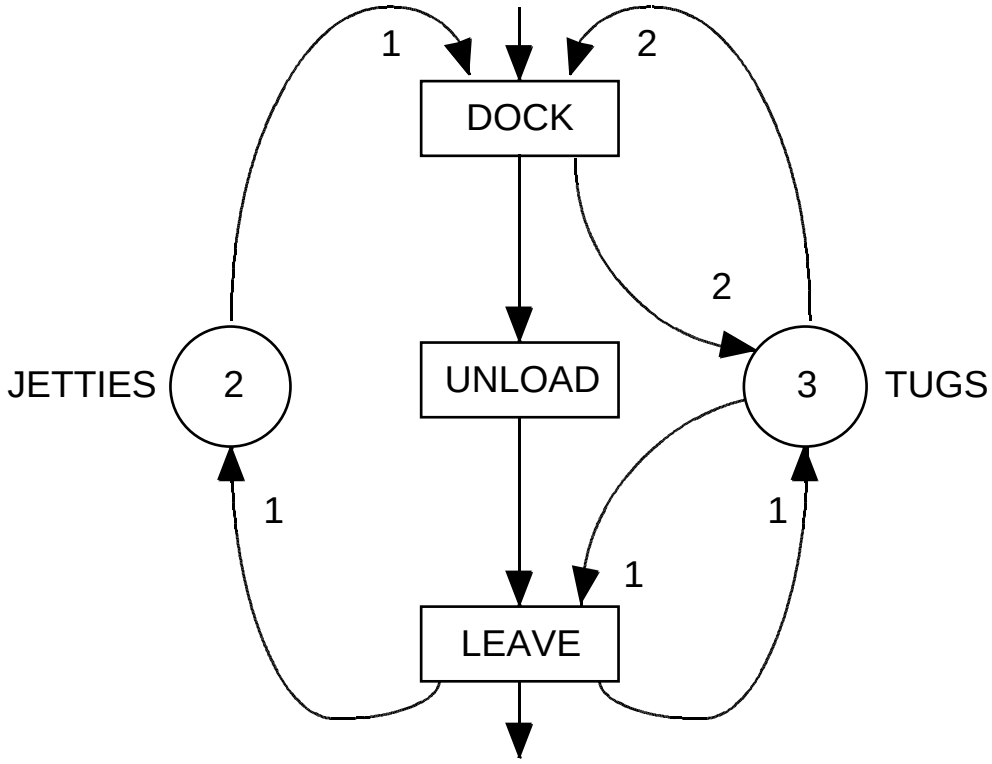
Konkret: (eine Form von) **activity diagrams**
(existieren in anderen Bereichen
in verschiedenen Formen)

Prinzip activity diagrams ("klingt uns sehr vertraut"):

dynamische Einheiten (entities)
verfolgen einen Plan / ein Muster über Aktivitäten;

zur Ausführung von Aktivitäten
passive Einheiten / Ressourcen (resources) benötigt,
die nur in begrenzter Anzahl vorhanden sind,
so daß uU auf sie gewartet werden muß

Als Einführung bekanntes Hafen-Beispiel:



Beispiel 7.3.1: Hafen-Bsp. im activity diagram

Deutlich: wieder die gleiche "Sicht"
Transaktionen,
Folge von Aktivitäten,
Benutzung von Ressourcen

Und: auch bei DEMOS ist tatsächliche Nutzung
von Graphik zur Modellspezifikation
erst neuerdings in Einführung
(zB: PIT, ESPRIT-Projekt IMSE)

(7.3.2) (erster Blick auf) DEMOS-Konzepte:

```
SIMSET CLASS demos;
        BEGIN
            {"entities" können deklariert, erzeugt werden:}
            CLASS entity(title); VALUE title; TEXT title;
            BEGIN
                {diese können ua "später gestartet" werden:}
                PROCEDURE schedule (t); REAL t; … ;
                …
            END entity;
            {"resources" gewisser Vielfachheit
                können deklariert, erzeugt werden:}
            CLASS res(title,avail);
                    VALUE title; TEXT title; INTEGER avail;
            BEGIN
                {diese können ua
                    "verlangt" + "zurückgegeben" werden:}
                PROCEDURE acquire(n); INTEGER n; … ;
                PROCEDURE release(n); INTEGER n; … ;
                …
            END resource;
            {es kann "für Zeit" gewartet werden:}
            PROCEDURE hold(t); REAL t; … ;
            {Zeit kann erfragt werden:}
            REAL PROCEDURE time; … ;
            …
        END demos;
```

(7.3.3) Hafen-Bsp. 7.0.1 in DEMOS
(erste Version: deterministische Zeiten
drei Schiffe/Boote)

```
EXTERNAL CLASS DEMOS;
DEMOS   BEGIN

        REF(RES) tugs, jetties;

        ENTITY CLASS boat;
        BEGIN
            jetties.ACQUIRE(1);  tugs.ACQUIRE(2);
            HOLD(1.0);    {dock}
            tugs.RELEASE(2);
            HOLD(5.0);    {unload}
            tugs.ACQUIRE(1);
            HOLD(1.0);    {leave}
            tugs.RELEASE(1);  jetties.RELEASE(1);
        END boat;

        tugs:–NEW RES("tugs",3);
        jetties:–NEW RES("jetties",2);
        NEW boat("boat").SCHEDULE(0.0);
        NEW boat("boat").SCHEDULE(20.0);
        NEW boat("boat").SCHEDULE(40.0);
        HOLD(100.0);
        END
```

Benennung der einzelnen Objekte
durch automatische sequentielle Numerierung
Wieder (zT automatische) report-Generierung

Erweiterung gewünscht: Zeiten als ZV,
Generierung Realisierungen

DEMOS stellt ZV-Generatoren
in Form bestimmter Klassen bereit

Oberklassen		Klassen
RDIST	für REAL-wertige ZV	NORMAL(a,b) NEGEXP(a) UNIFORM(a,b) ERLANG(a,b) EMPIRICAL(n)
IDIST	für INTEGER-wertige ZV	RANDINT(a,b) POISSON(a)
BDIST	für BOOLEAN ZV	DRAW(p)

Handhabung wie folgt:
- Generator-Namen werden deklariert
  zB REF(RDIST) next, discharge
- zugehörige Generatoren werden instantiiert
  zB next:–NEW UNIFORM("next boat",10.0,30.0);
  discharge:–NEW UNIFORM("discharge",3.0,7.0);
- ZV-Realisierungen werden "gezogen"
  zB next.SAMPLE
  discharge.SAMPLE

RDIST, IDIST, BDIST sind ihrerseits Unterklassen einer
CLASS dist(title); VALUE title; TEXT title;
BEGIN INTEGER u; … ; u:="suitable seed"; END dist

Diese setzt je ZZ-"Strom" (je "title")
selbständig einen Saatwert,
bei bis zu 500 Strömen der Länge ≤ 120000
"hinreichend verschieden" von anderen Saatwerten
(um "Überlappungen" ZZ-Folgen zu vermeiden)
Saatwerte überschreibbar
durch Wertzuweisung an (zB) next.U, discharge.U

(7.3.4) Hafen-Bsp. 7.0.1 in DEMOS (Standard-Version)

```
EXTERNAL CLASS DEMOS;
DEMOS   BEGIN

            REF(RES) tugs, jetties;
            REF(RDIST) next, discharge;

            ENTITY CLASS boat;
            BEGIN
                { jedes Boot sorgt für "nächstes": }
                NEW boat("boat").
                                SCHEDULE(next.SAMPLE);
                jetties.ACQUIRE(1);  tugs.ACQUIRE(2);
                HOLD(1.0);                          {dock}
                tugs.RELEASE(2);
                HOLD(discharge.SAMPLE);             {unload}
                tugs.ACQUIRE(1);
                HOLD(1.0);                          {leave}
                tugs.RELEASE(1);  jetties.RELEASE(1);
            END boat;

            tugs:–NEW RES("tugs",3);
            jetties:–NEW RES("jetties",2);

            next:–NEW UNIFORM("next boat",10.0,30.0);
            discharge:–NEW UNIFORM("discharge",3.0,7.0);

            TRACE;                              {"trace"-output}
            { nur noch für "erstes" Boot gesorgt: }
            NEW boat("boat").SCHEDULE(0.0);

            HOLD(28.0*24.0);                    {28 Tage}

            END
```

DEMOS stellt eine Reihe weiterer Klassen
für Spezifikation von "Verkehrsnetz"-Problemen bereit

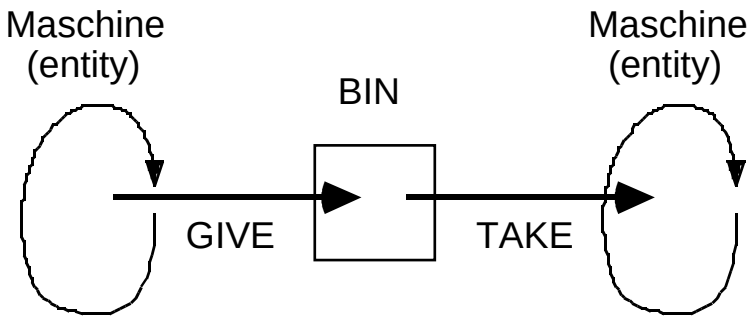
neben besprochener

RES	mit Prozeduren	ACQUIRE, RELEASE

sind wesentlichste

BIN	mit Prozeduren	TAKE, GIVE, ua
WAITQ	mit Prozeduren	WAIT, COOPT, ua
CONDQ	mit Prozeduren	WAITUNTIL, SIGNAL, ua

wie RES die "material-oriented"-Sicht stützt,
so BIN die "machine-oriented"-Sicht;
Skizze:



Aktive Kunden **und** Maschinen werden durch
WAITQ unterstützt:
für gewisse Zeit **gemeinsamer** Zeitfortschritt
beteiligter entities (Prozesse)

Initial gewünschtes WAIT_UNTIL-Konzept durch
CONDQ ermöglicht:
allerdings nur "ungefähr", explizites SIGNAL erforderlich

Gewisse Ergebnisse
- automatisch gesammelt
- nach Simulationslauf automatisch ausgegeben

So:
- Statistiken über die div. ZZ/ZV-Ströme
- Statistiken über BINs

und Statistiken über einrichtbare "data collection"-Objekte
- Zähler

```
CLASS count(title); … PROCEDURE update(v); … ;

REF(COUNT)c;
…
c:–NEW COUNT("id_c");
…
c.UPDATE(2)
```

- "Wertestrom-Beobachter"

```
CLASS tally(title); … PROCEDURE update(v); … ;

REF(TALLY)t;
…
t:–NEW TALLY("id_t");
…
t.UPDATE(7.9)
```

- Histogramme

```
CLASS histogram(title,lb,ub,cells);
      … PROCEDURE update(v); … ;

REF(HISTOGRAM)h;
…
h:–NEW HISTOGRAM("id_h",0.0,10.0,5);
…
h.UPDATE(3.718)
```

7.4 HIT

allgemeine (Hoch-)Sprachen,
Szenario- Sprachen zur Simulation …

darüber hinausgehend

"**Modellierungsumgebungen**"

welche Vorgang des "modell-gestützten Experimentierens" insgesamt unterstützen

typischerweise

- auf bestimmten Anwendungsbereich
  und / oder bestimmtes Modellierungsparadigma
  ausgerichtet

- mit (darauf aufbauend)
  graphisch (gemischt graphisch / sprachlich) gestützten,
  Menue-geführten,
  interaktiven (Modell-)Spezifikations-Techniken

- ausgefeilten,
  statistisch abgesicherten,
  flexibel spezifierbaren
  Simulations-Auswertungs-Optionen
  (+ uU alternativ einsetzbaren Analysetechniken
  für ereignisorientierte Systeme / Modelle)

- mit Datenbank- ("Modellbank"-) Funktionalität
  zur Speicherung + Retrieval + Manipulation von
  - Modellen, Modellteilen, Modellversionen, …
  - Ergebnissen, E-Reihen, Darstellungs-Alternativen, …

Modellierungsumgebungen im Vormarsch !

so zB

- im Fertigungs- und Materialfluß-Bereich
  (Übersicht BaCN96: SIMFACTORY, ProModel,
  AutoMod, Taylor, Witness,
  AIM, Arena)

- im Bereich Leistungs- und Zuverlässigkeits-Analyse
  von Rechen- und Kommunikations-Systemen
  (Übersicht THRM94: SHARPE, QNAP, RESQ,
  NUMAS, MACOM, HIT,
  DSPNexpress, GreatSPN,
  UltraSAN, SPNP, …
  Übersicht Beil95: TimeNet, PEPSY-QNS, MOSES,
  HIT, MACOM, QPN-Tool,
  PEPP, PAPS, …)

bei weitem nicht durchgängig alle "Wünsche" erfüllend,
zum Teil groß, "mächtig", … kommerziell: teuer

Allgemeine Erfahrungen:

- Modellierungs-Paradigmen, die im Anwendungsbereich
  "fremd" sind (nicht konstruktiv verwendet),
  sind schwer zu "vermitteln"

- Mit tatsächlicher Anwendung,
  wenn "Einfachheit" der Modell-Spezifikation erreicht,
  Tendenz zu (sehr) großen Modellen

  Denkweisen des Anwendungsbereichs berücksichtigen,
  Arbeiten mit großen Modellen erleichtern → **Struktur !!**

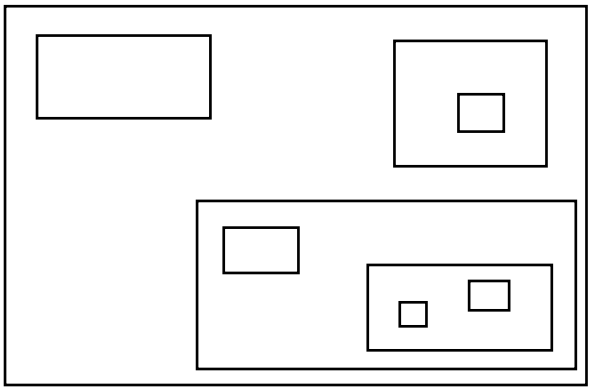
HIT-Paradigma ("mehrere" Analyse-Techniken, s. BeMW89, Bütt93, Sczi93)

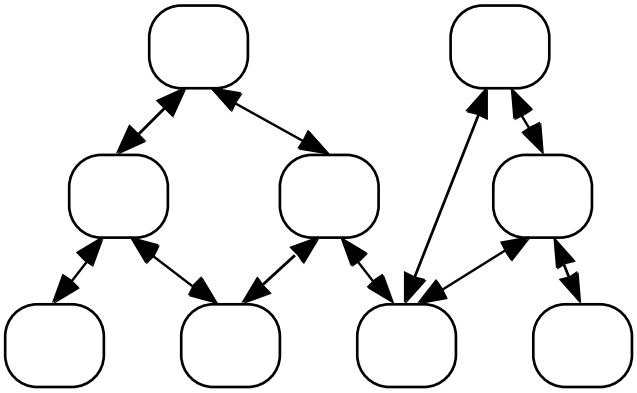
- greift gängige Strukturierungsprinzipien auf, so

  - Modularisierung (Abschottung, Autonomie)

  - Hierarchisierung (welche H-Relation ??)

    Enthaltensein Benutzung / Aufruf





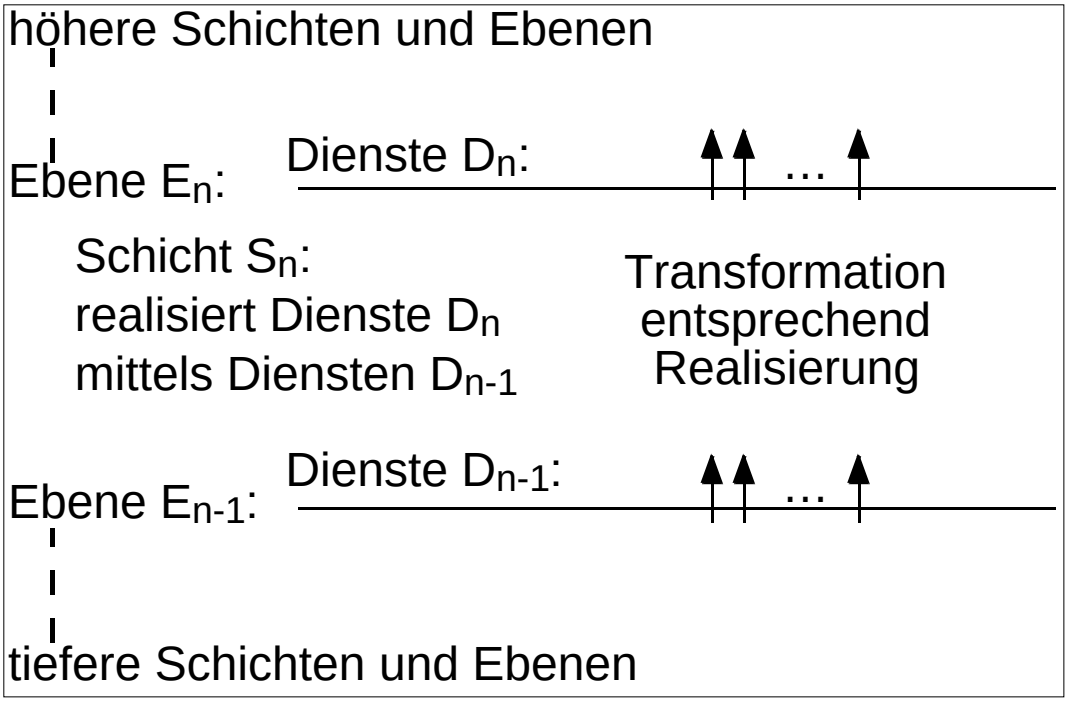
objekt-basiertes,
blockstrukturiertes Denkschema ("Informatik")

- greift Prozeßorientierung auf, so

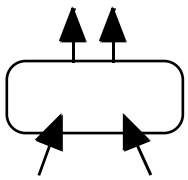
  - Prozeßmuster: (Halb-)Ordnung über Aktivitäten
  - Aktivität: lokale Aktion oder Benutzung Ressource
  - Prozeß: instantiiertes P-Muster

  durchgängige Last / Maschine-Sicht /-Interpretation ("Informatik")
  virtuelle Maschinen, Schichten / Ebenen,
  Objekte / Komponenten mit Methoden -Import / -Export

- Schichten / Ebenen



globale Sicht: Hierarchie virtueller Maschinen
oberste Schicht: "Umgebungsdynamik"
unterste Schicht: "Standard-Komp'n"
Raum-, Zeit-Verbrauch

- + Komponenten 

globale Sicht: Aufgabe systemweiter Ebenen
lokale Sicht: benutzte vs bereitgestellte Dienste

HIT-(Modell-)Spezifikation

- per spezifischer HLL : Hi-SLANG

- gemischt graphisch geführt,
  Menü-geführt,
  sprachlich : HITGRAPHIC

(Einige) **HIT-Spezifika**

- ein Modell — MODEL
  ist eine geschlossene Komponente — COMPONENT

- Komponenten(-Typen) beinhalten
  - Prozeßmuster / Dienste, — SERVICEs
    welche externe Dienste nutzen, — USE
    + (potentiell) extern verfügbar sind — PROVIDE
  - Komponenten — COMPONENTs
    deren Dienste genutzt werden
  - Bindungen genutzter — REFER … TO …
    Dienste.Dienste an — EQUATING …
    verfügbare Komponenten.Dienste
  - eine "Eigendynamik", — ACTIVITIES
    welche (typischerweise)
    Prozesse instantiiert / startet — CREATE …
    PROCESS …

    s. HITGRAPHIC

- (System-)Standardkomponenten sind (ua)

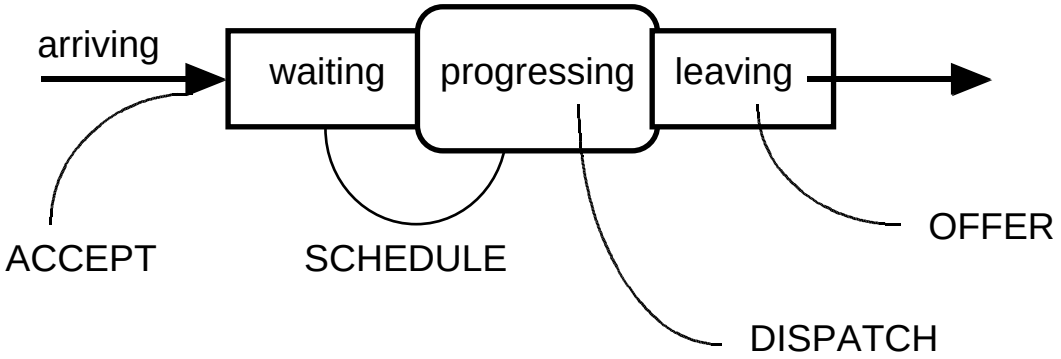
  - "server", — SERVER
    stellen (rein) zeitverbrauchenden Dienst bereit

    ```
    TYPE server COMPONENT;
        PROVIDE SERVICE
            request (amount: REAL) …
    ```

  - "counter" — COUNTER
    mit (rein) raum -belegendem / - freigebendem Dienst

    ```
    TYPE counter COMPONENT;
        PROVIDE SERVICE
            change (amount: ARRAY OF INTEGER) …
    ```

- Komponenten sind autonome Objekte
  parametrisierbare Steuerung durch
  "Kontrollprozeduren" CONTROL PROCEDURES



  4 Typen: alle mit sinnvollen "defaults"
  in HITGRAPHIC aus Sortiment wählbar
  in HI-SLANG programmierbar

- Analysemöglichkeiten (je nach Modell)
  - simulativ
  - analytisch-algebraisch
  - analytisch-numerisch
  - Aggregierungsoptionen

- simulative Analyse über (Typen von)
  "streams" + vorbereitete "standard streams"
  - EVENT zB: TURNAROUNDTIME
  - STATE zB: POPULATION
  - COUNT zB: THROUGHPUT

  auch: "selbstgeschriebene"
  mit je angepaßten statistischen Verfahren

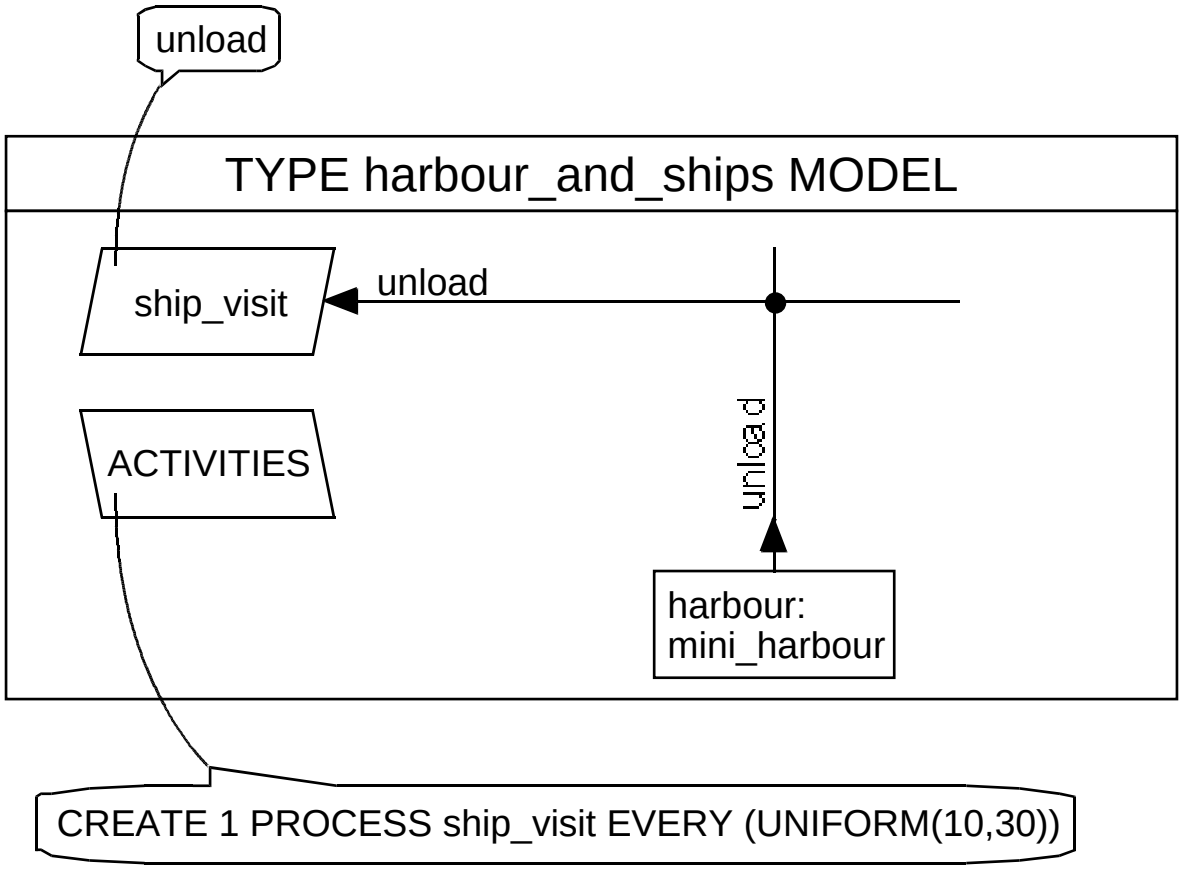
  als EVALUATION OBJECTs an Komponenten geheftet,
  in EXPERIMENT (zu MODEL Objekt) zusammengefaßt

- \+ Experimentierumgebung
  \+ Anschluß an statistische Pakete
  \+ …

HIT-Beispiel:

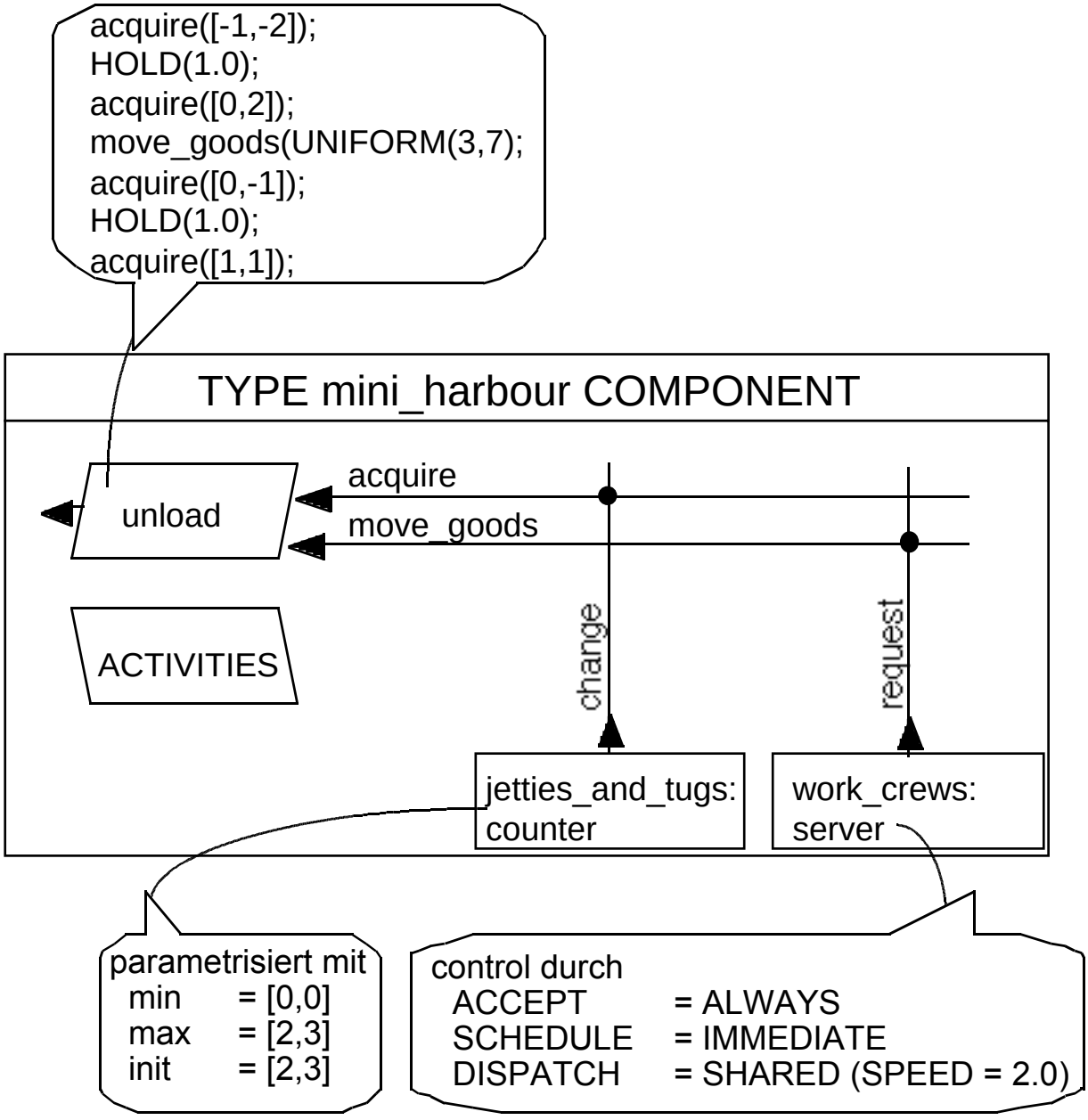
(obwohl untypisch) "Schiffe + Häfen":

- gewählt: hierarchisches Modell
- oberste Schicht: Modell



"Schiffe laufen in gewissen Abständen Hafen an
+ verlangen Abfertigung"

- zweite Schicht: Komponententyp mini_harbour
  nutzbarer Dienst unload



- Dynamik unload (bewußt) "à la DEMOS"
- aber mit Anreicherungen
  so: jetties und tugs gemeinsam verwaltet
  und 2 work crews vorhanden
  Aushilfe: falls nur 1 Schiff, doppelte "Geschwindigkeit Entladung"