

Kurs OMSI ***im WiSe 2011/12***

Objektorientierte Simulation ***mit ODEMx***

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

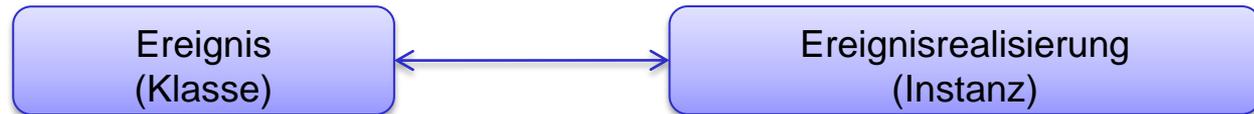
fischer|ahrens|eveslage@informatik.hu-berlin.de

1. *Einführung*

1. Systemsimulation – was ist das?
2. Ein Blick zurück in die Anfänge
3. Modelle und Originale
4. Modellierungssprachen, Simulationsumgebungen
5. Beispiele aus der aktuellen Forschung
6. Paradigma der objektorientierten Modellierung
7. Klassifikation dynamischer Systeme
8. Scheduler für zeitdiskrete und zeitkontinuierliche Systemmodelle (Grundprinzip)
9. M&S eines Niedertemperaturofens

Diskrete Ereignissimulation (Wdh.)

- Verhalten eines Systems wird als chronologische Reihenfolge von Ereignissen verstanden
- **Ereignis:** Menge von Aktionen, die Systemveränderungen zu einem diskreten Ereigniszeitpunkt bewirken, wenn denn das Ereignis tatsächlich eintritt



- **Sichere** und **unsichere** Ereignisse → Bedingungen für das Eintreten von Ereignissen
 - Zeitbedingungen (→ Zeitergebnisse)
 - Zustandsbedingungen (→ Zustandsergebnisse)
 - Wahrscheinlichkeit (→ stochastisches Ereignis)
- Bedienungssysteme sind klassische Vertreter von Systemen, deren Verhalten sich durch sequentielle Ereignissimulationen beschreiben lassen (Ereignisse: Ankunft von Kunden, Beginn und Ende einer Bedienung)
- klassische Methode: NEXT-EVENT-Simulation (Sprung von Ereignis zu Ereignis)
verschiedene Realisierungsverfahren:
 - Ereignis-basiert,
 - Aktivitäts-basiert
 - Prozess-basiert

Konzepte der diskreten Ereignissimulation (Wdh.)

- **SystemStruktur (Zustand)**
eine Menge von Variablen
(*ausgezeichnete Menge von Modellbeschreibungsgroßen*)
beschreibt in ihrer Belegung den Systemzustand zum aktuellen Zeitpunkt
- **Systembewertungsgrößen**
(z.B. *statistische Kenngrößen*)
- **Uhr**
(*Modellzeit, dimensionslos, monoton wachsend*)
- **Ereigniskalender**
 - Umgang mit **Gleichzeitigkeit** von Ereignissen
 - **Zeitfortschritt**:
Bestimmung des nächsten Ereignisses im Kalender,
Setzen der Uhr
(aktuelle Modellzeit:= Ereigniszeit)

Zustandsänderungen finden immer nur zu diskreten Zeitpunkten statt



Ereignis-Chakteristik

Ereigniszeit

Ereignisroutine

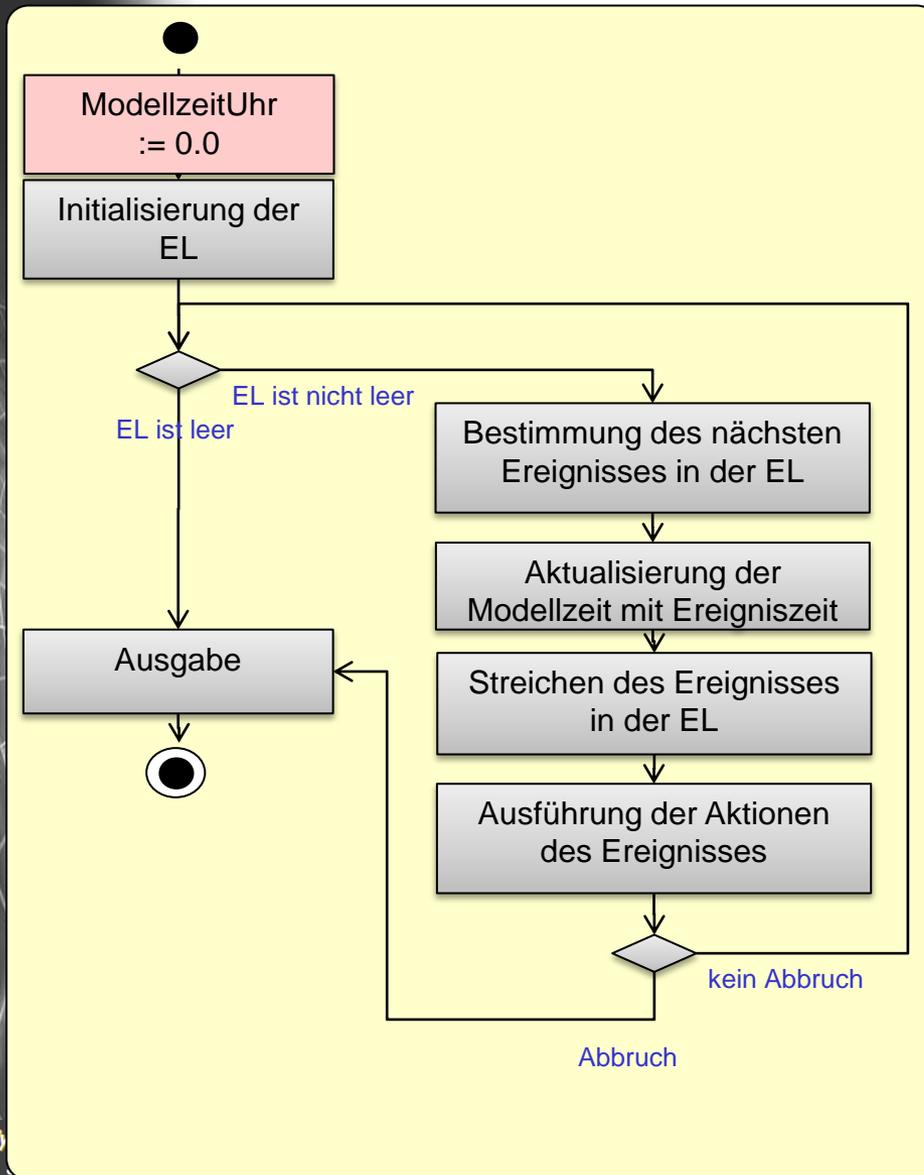
- **Parameter**:Referenzen zu Systemstrukturkomponenten
- **seq. Code**

(Event) Scheduler

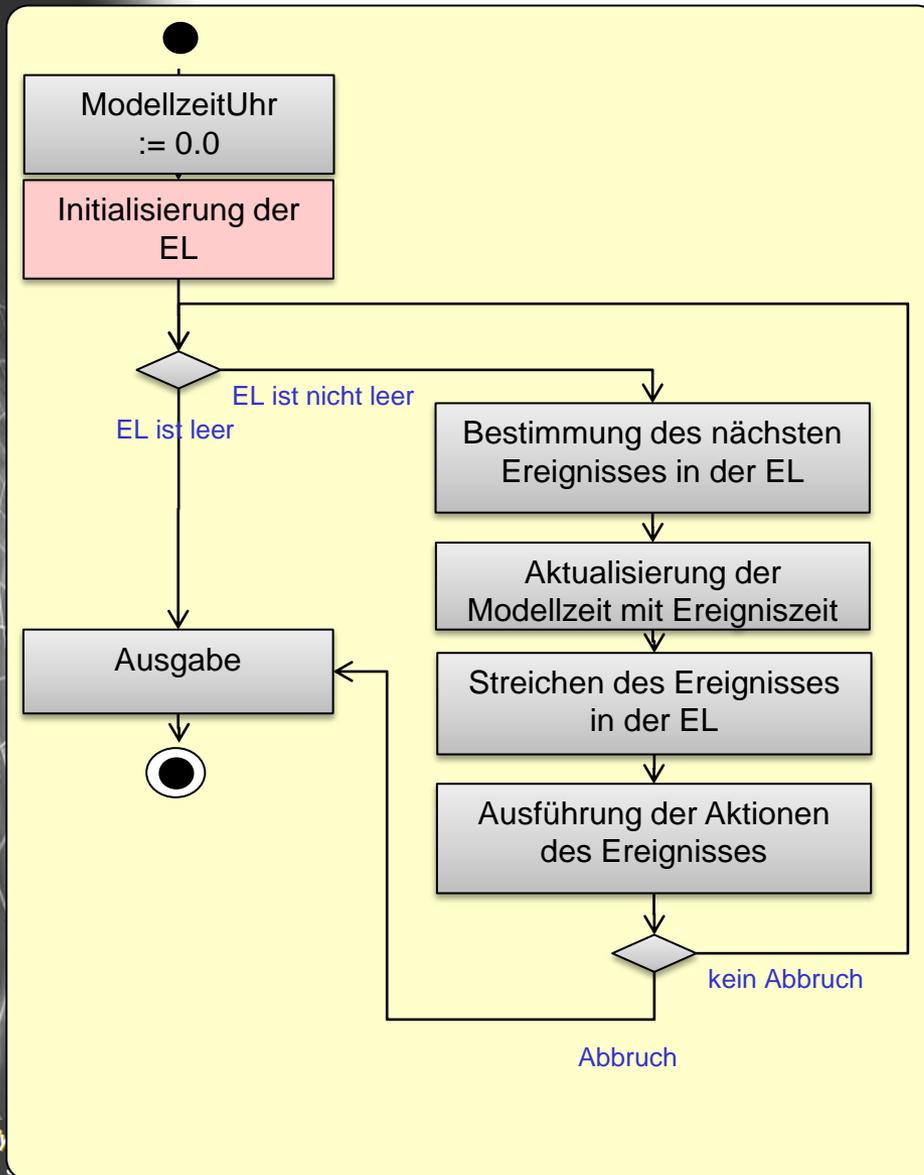
Aufgaben

- Zeitfortschrittsrealisierung
- Realisierung des aktuellen Ereignisses

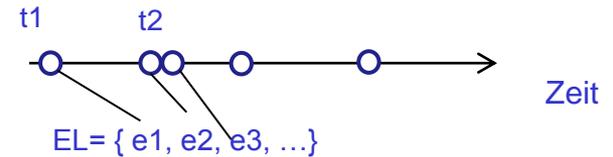
Trivialer Discrete-Event-Scheduler



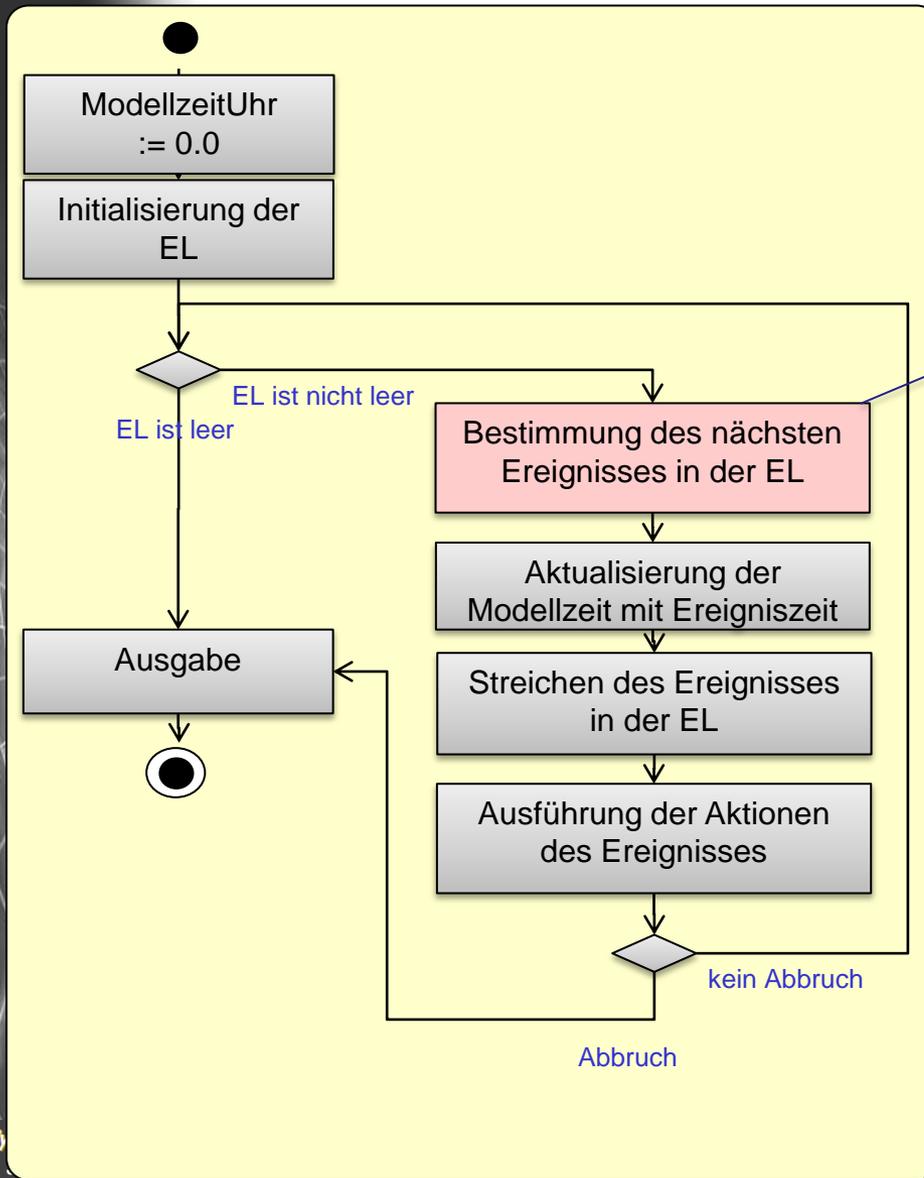
Trivialer Discrete-Event-Scheduler



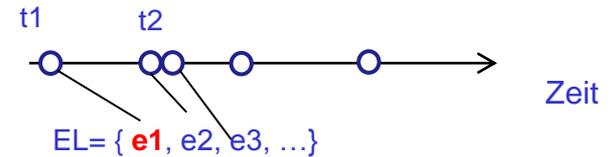
EL= Ereignisliste



Trivialer Discrete-Event-Scheduler

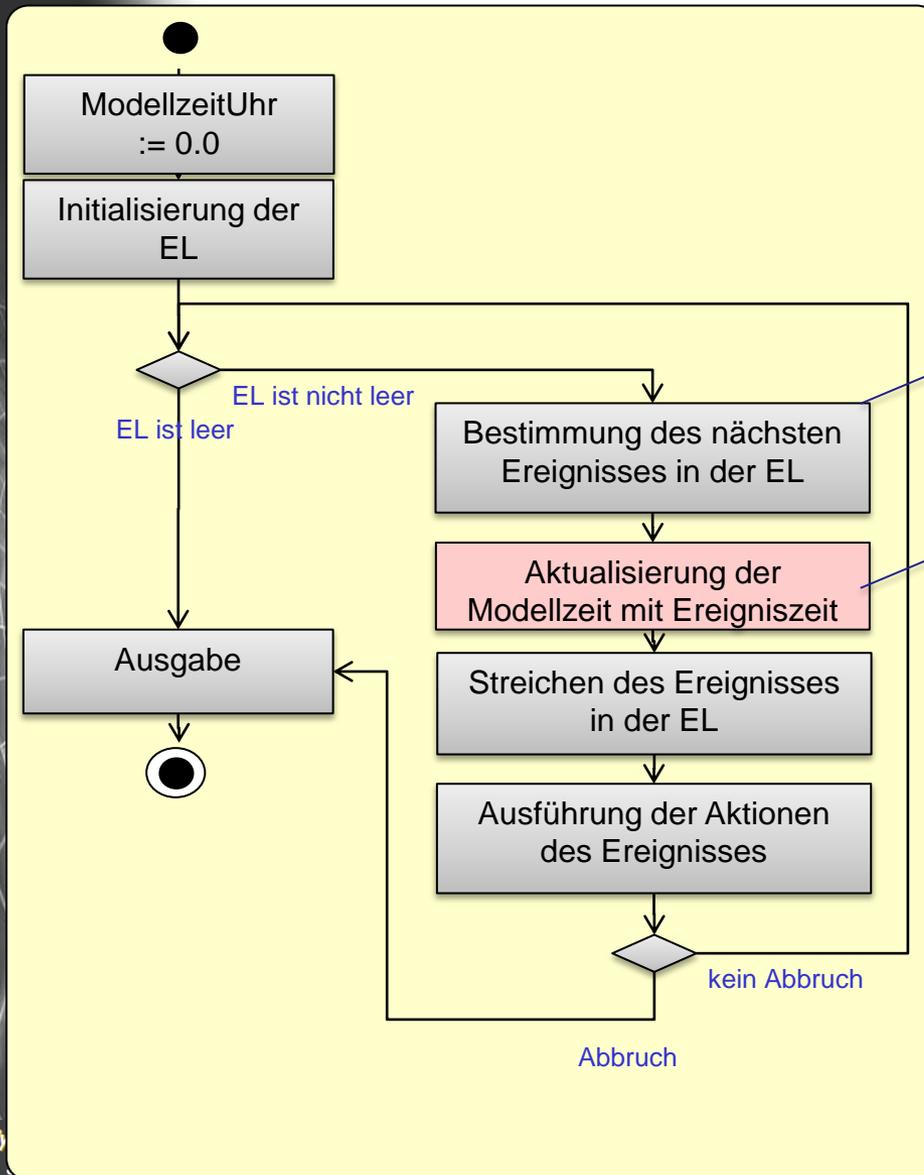


EL= Ereignisliste

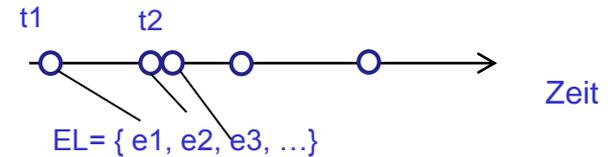


EL ist chronologisch sortiert

Trivialer Discrete-Event-Scheduler



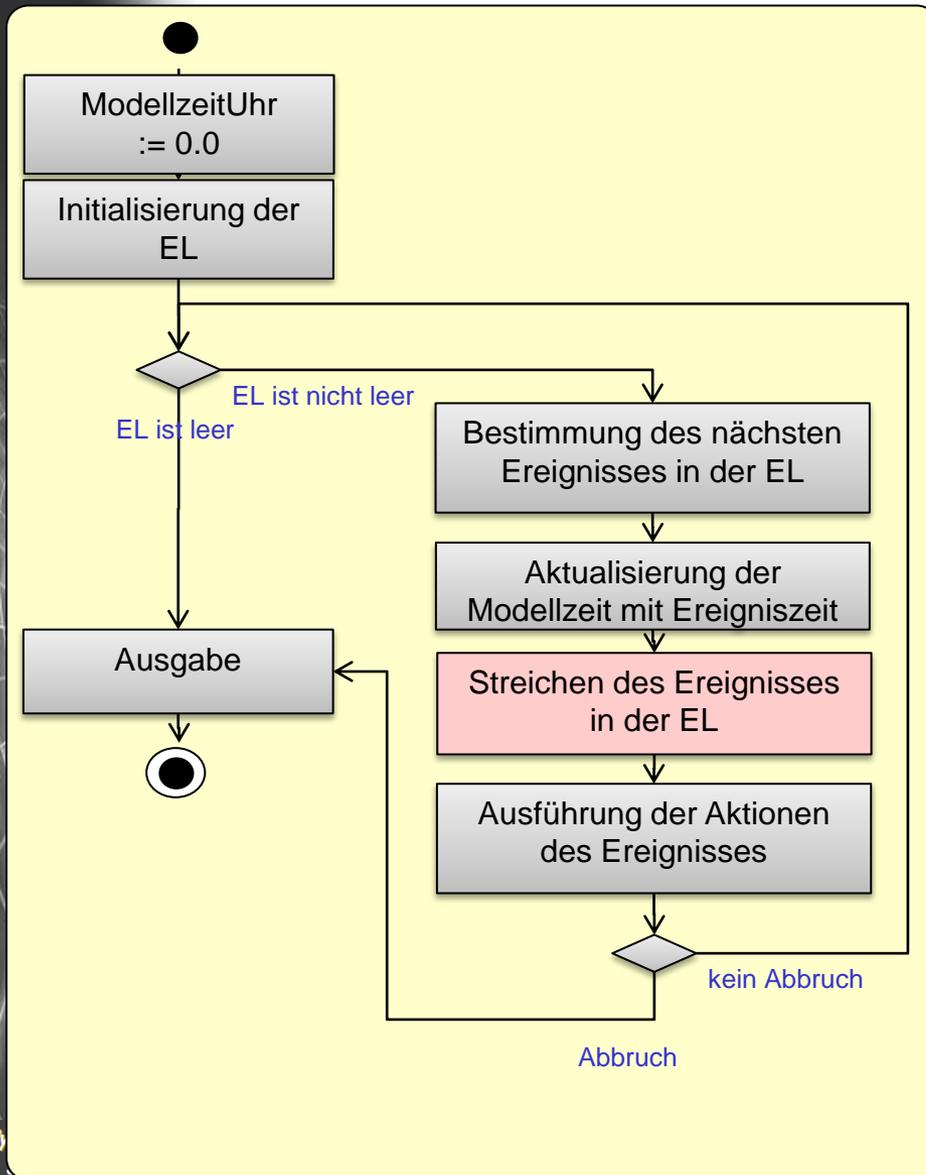
EL= Ereignisliste



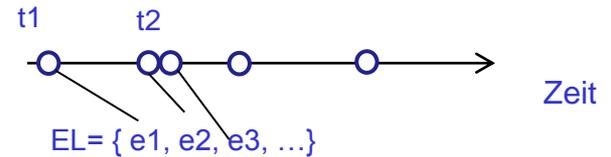
EL ist chronologisch sortiert

evtl. Zeitsprung (zeitdiskret)

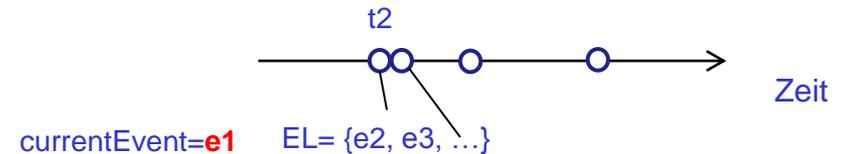
Trivialer Discrete-Event-Scheduler



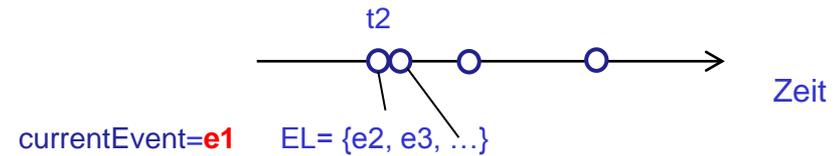
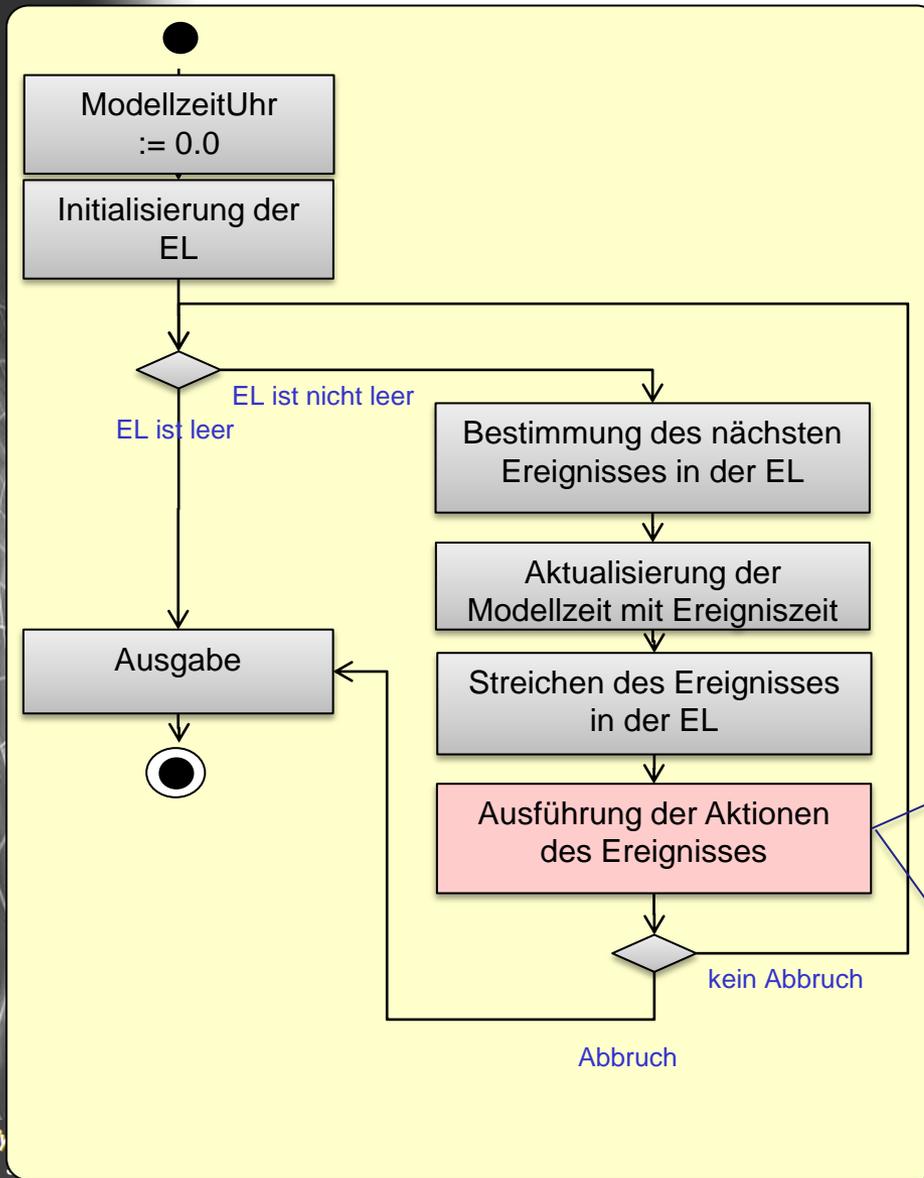
EL= Ereignisliste



EL= Ereignisliste



Trivialer Discrete-Event-Scheduler



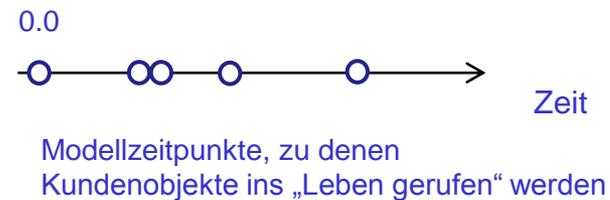
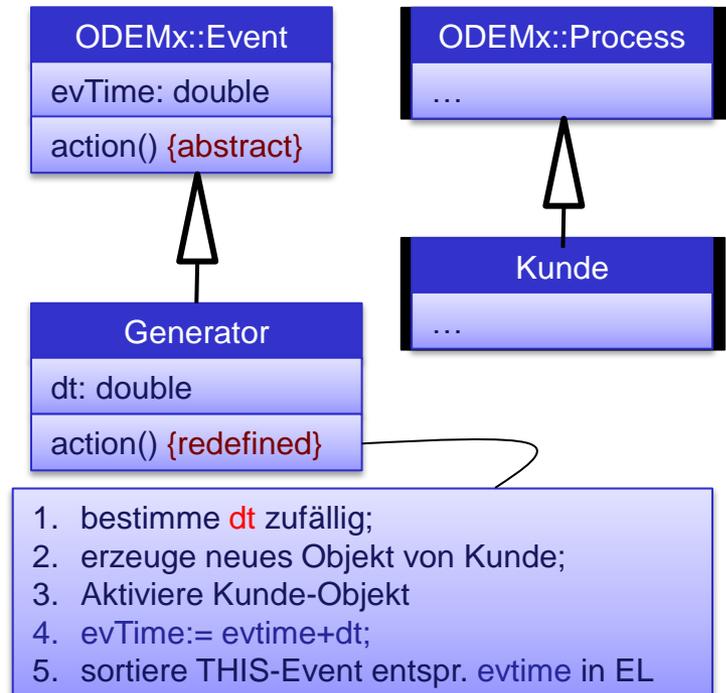
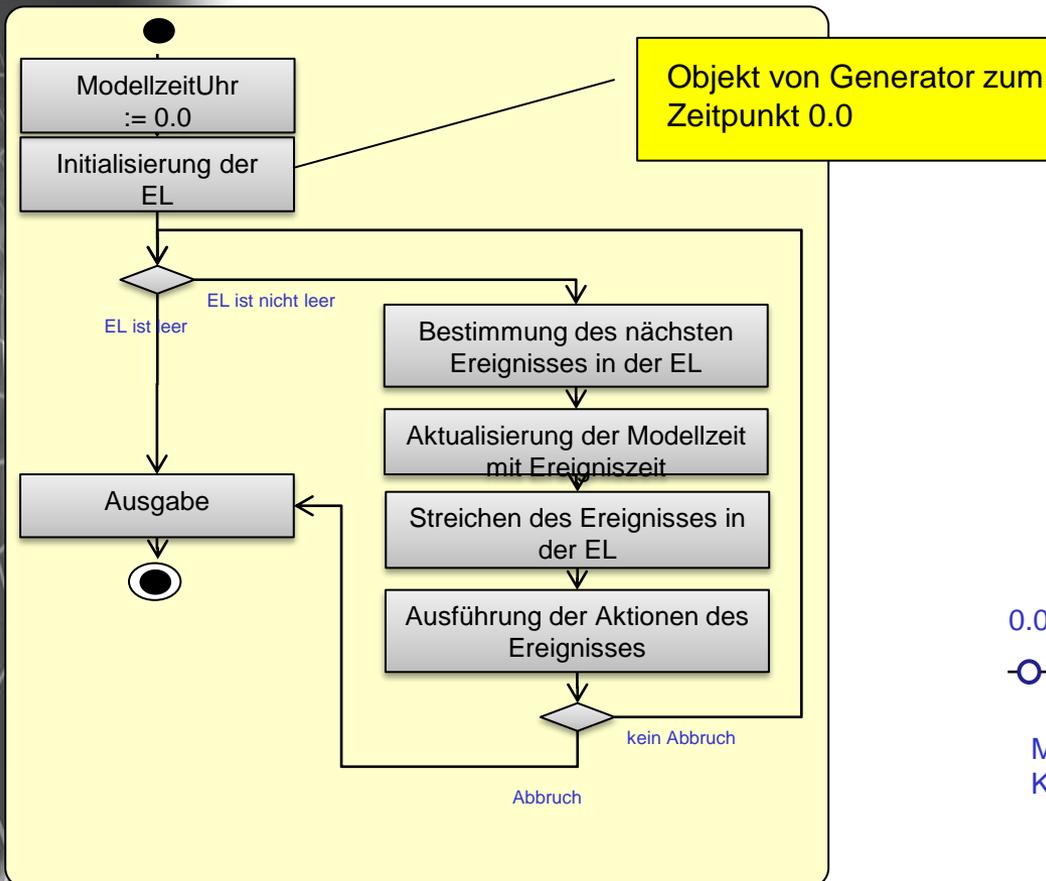
Zustandsänderungen

(Klassifizierung von Ereignisklassen, um partielle Zustandsänderungen strukturell zu unterstützen)

Planung neuer Ereignisse

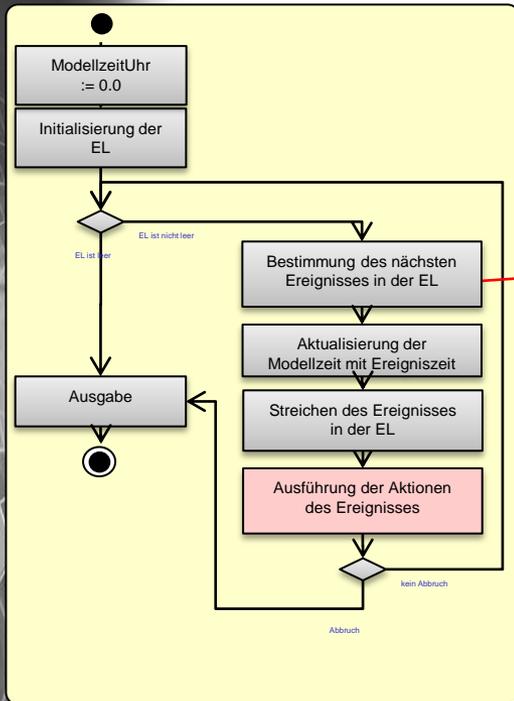
Beispiel

Erzeugung eines Ankunftsstroms von Kunden (aktive Objekte) durch eine zyklische Ereignisfolge

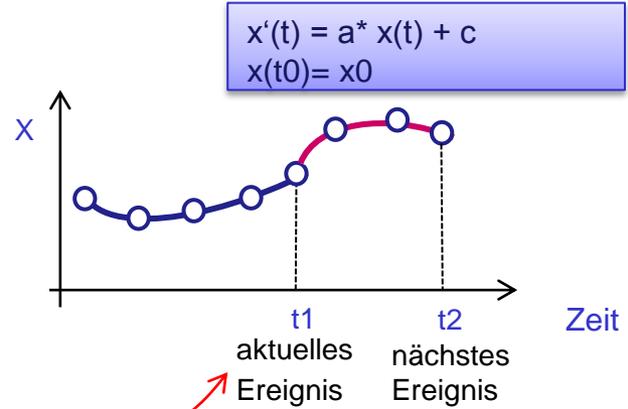
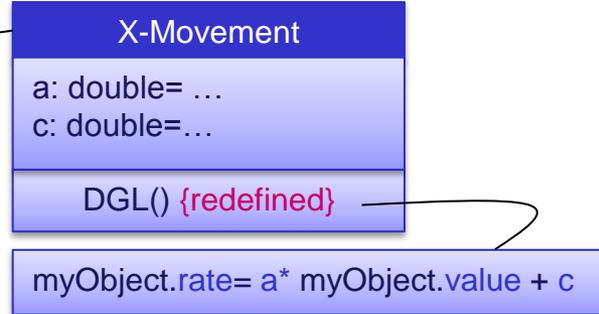
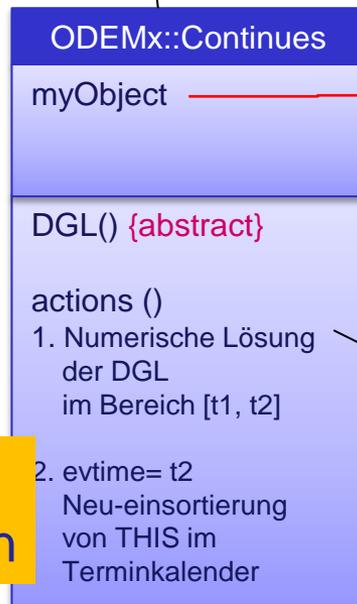


Trivialer Continues-Scheduler

- als Spezialisierung eines Discrete-Event-Schedulers



Sonderbehandlung von Continuous-Aktionen

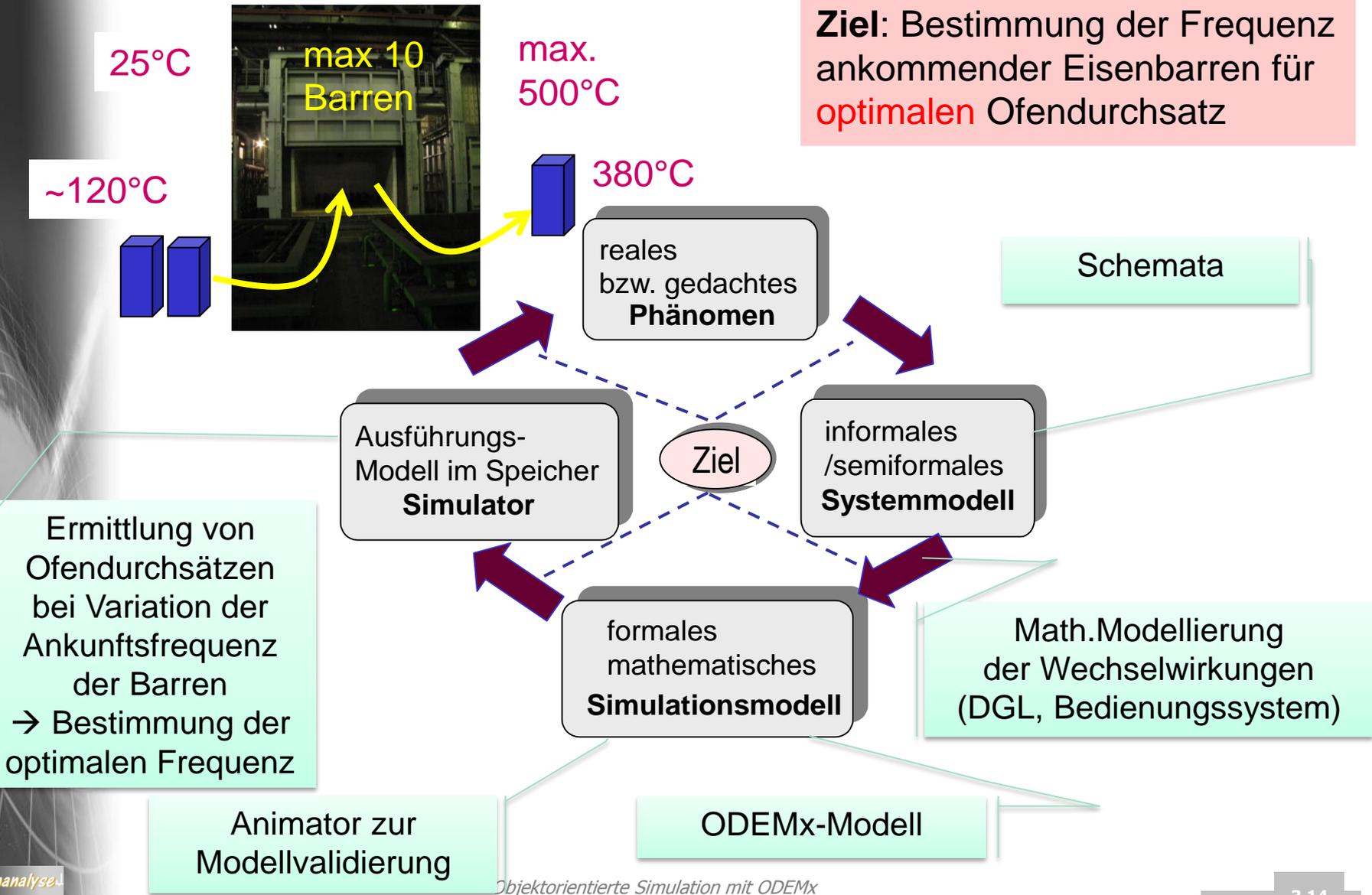


Alg. ist unabhängig von konkreter DGL

Einführung

1. Systemsimulation – was ist das?
2. Ein Blick zurück in die Anfänge
3. Modelle und Originale
4. Modellierungssprachen, Simulationsumgebungen
5. Beispiele aus der aktuellen Forschung
6. Paradigma der objektorientierten Modellierung
7. Klassifikation dynamischer Systeme
8. M&S eines Niedertemperaturofens

Beschickung eines Niedrigtemperaturofens



1. Schritt: Problemanalyse

- allgemein -

mit informaler Darstellung des Phänomens als System
(aus systemtheoretischer Sicht)

bei Identifikation von

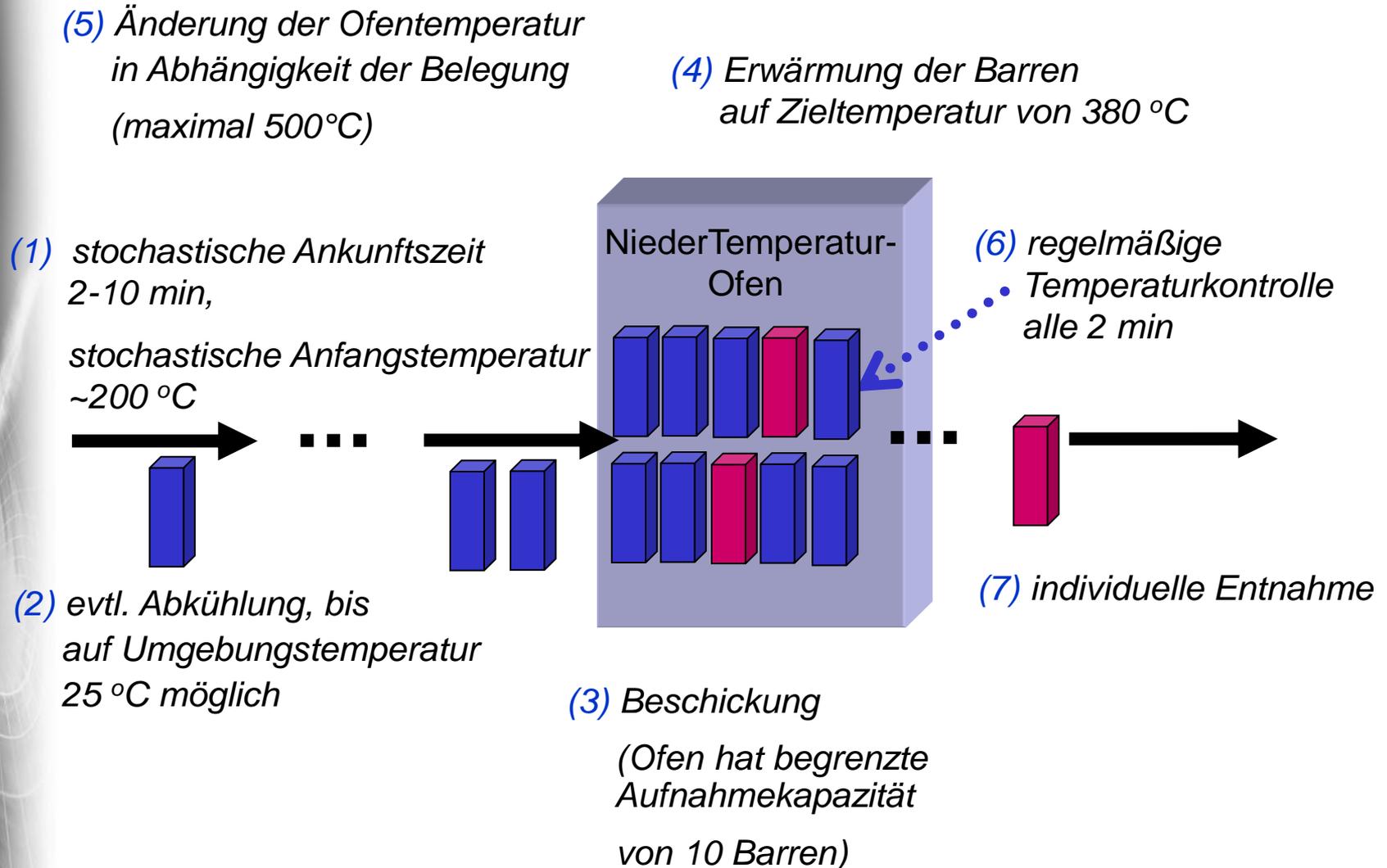
- Systemelementen und Systemumgebung
- Relationen (Wechselwirkungen) zwischen Systemelementen untereinander und zur Umgebung

zur Erbringung des bereits bestimmten

- Systemzwecks / Untersuchungsziels

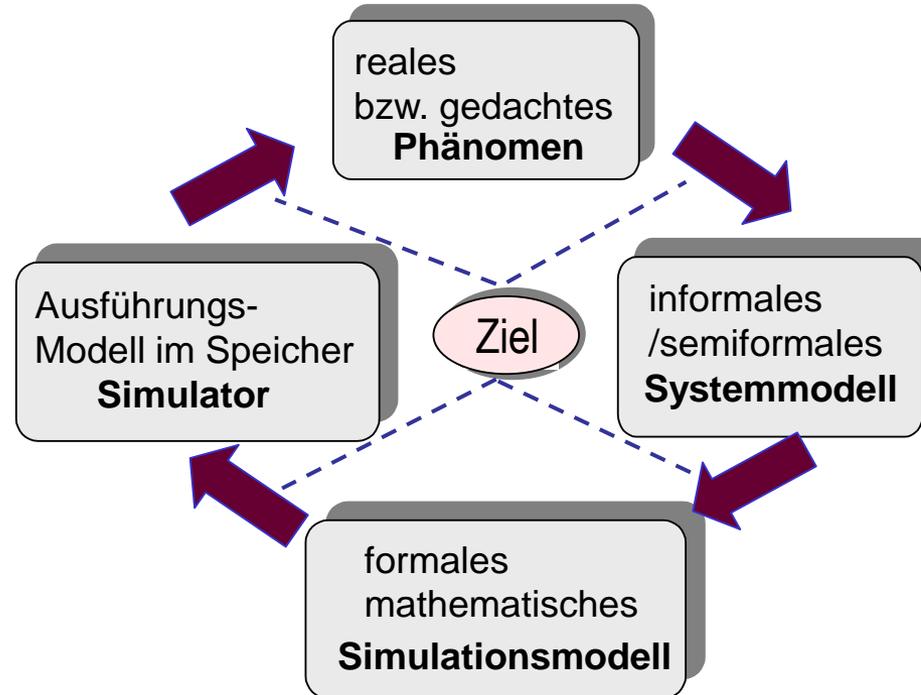
1. Schritt: Problemanalyse

- Informale Darstellung am Beispiel -



1. Schritt: Problemanalyse

- Identifikation des prinzipiellen Herangehensweise -



Untersuchungsziel:

Wie beeinflusst die Intensität des Ankunftsstroms den Ausgangsstrom von Barren?

Methodik: Verhaltensmodellierung (Erfassung von Belegungszeiten), Wechselwirkung der Ofentemperatur und der jeweiligen Barrentemperaturen
Simulation unterschiedlicher Varianten, Vergleich

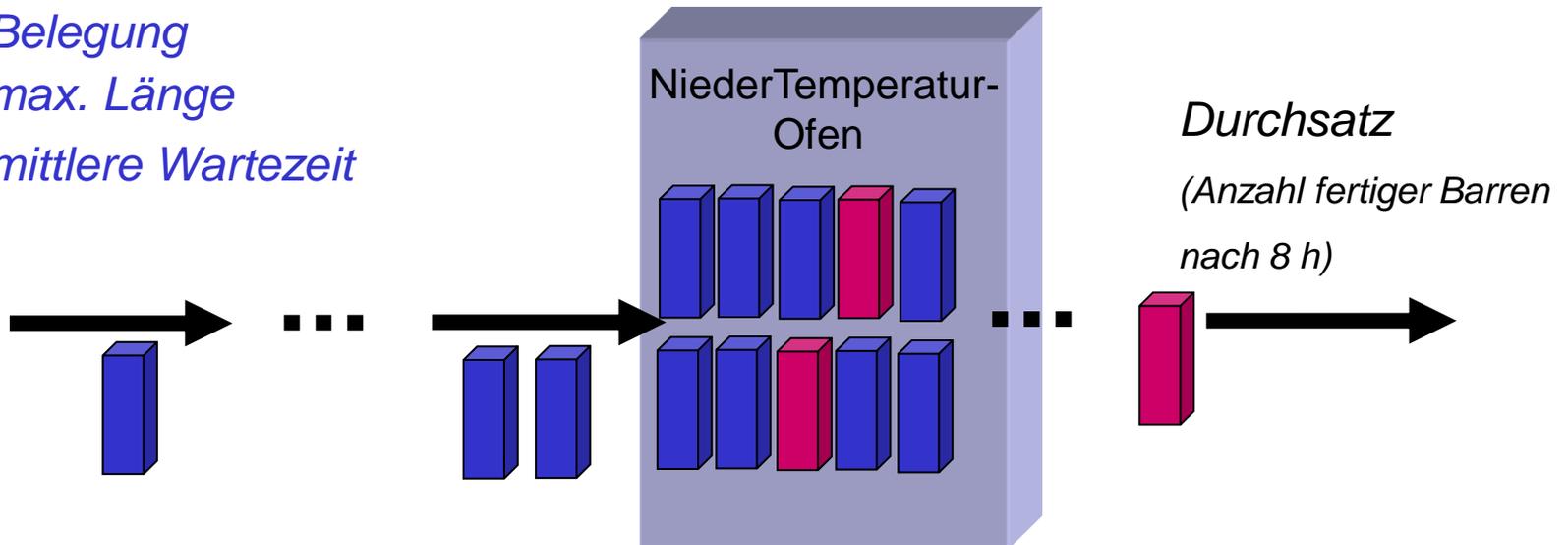
1. Schritt: Problemanalyse

- Identifikation von Modellbeschreibungsgrößen -

Warteschlangenstatistik

- Belegung
- max. Länge
- mittlere Wartezeit

Experiment/Beobachtung
bei Veränderung der
Kontrollabstände



Durchsatz
(Anzahl fertiger Barren
nach 8 h)

Experiment/Beobachtung
bei Veränderung der
Beschickungsintensität

Ofenstatistik

- Temperaturen von Ofen und Barren
- Belegung des Ofens
- Auslastung des Ofens

2. Schritt: Modellformalisierung - allgemein -

von

- Struktur (Objekt- und Klassenstruktur) und
- Verhalten

bei Identifikation

- verwendeter Modellklassen
- und von Zustands- und Bewertungsgrößen

bei Bestimmung

- der Verhaltensfunktionen/-Gleichungen
- zeit- und zustandsabhängiger Wechselwirkungen

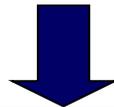
2. Schritt: Modellformalisierung

- Identifikation von Verhaltensarten -

verwendete Modelltypen

zeitkontinuierliche Vorgänge:

- Veränderung der Ofen- und
- Eisenbarrentemperaturen



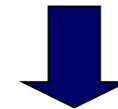
Beschreibung als

**Gewöhnliche
Differentialgleichungen (AWA)**

- Stoffkonzentrationen,
- Gasdrücke,
- Temperaturen, ...

zeitdiskrete Vorgänge:

- Ankunft/Anordnung der Barren
in Warteschlange und Ofen,
- Ablesen der Temperaturen
- Entfernung der Barren



Beschreibung als

überlagerte Folgen von Ereignissen

- Bedienungsvorgänge,
- Steuerungseingriffe
- Kommunikationen

2. Schritt: Modellformalisierung

- Festlegung der Art der Zustandsänderung → Verhaltensklassen

von

- Struktur (Objekt- und Klassenstruktur) und
- Verhalten

bei Identifikation

- verwendeter Modellklassen
- und von Zustands- und Bewertungsgrößen

bei Bestimmung

- der Verhaltensfunktionen/-Gleichungen

passive Klassen

aktive Klassen

UML bietet
Zustandsmaschine
zur Beschreibung

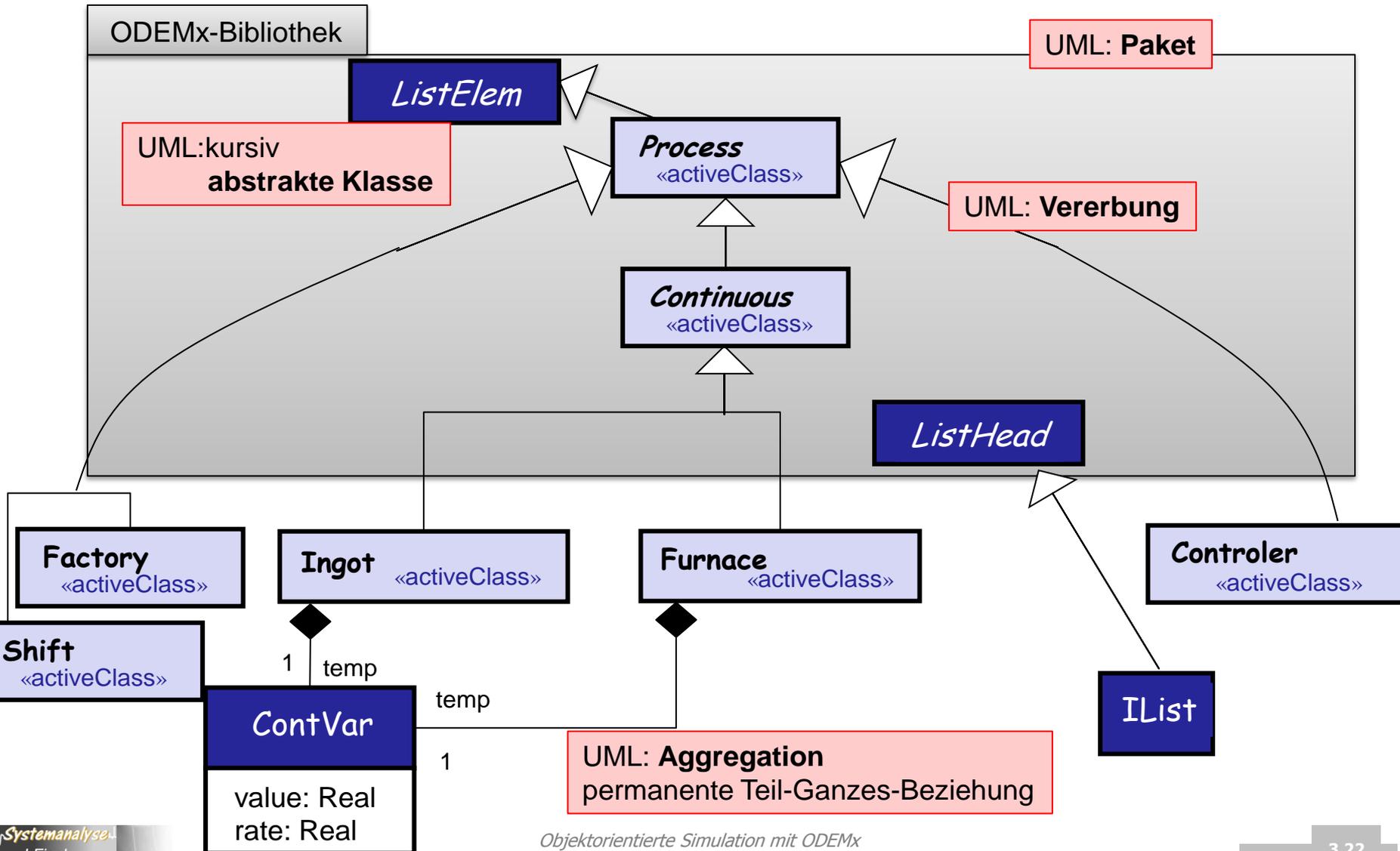
lifeCycle

zeitdiskrete
Zustandsänderungen

zeitkontinuierliche
Zustandsänderungen

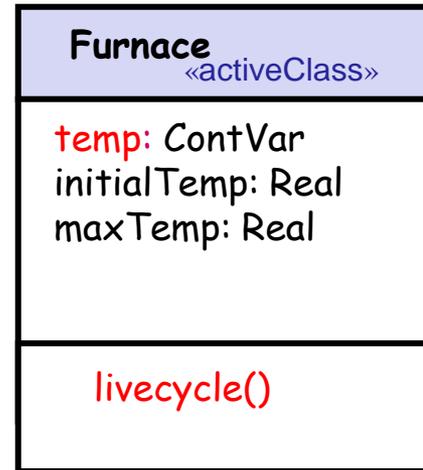
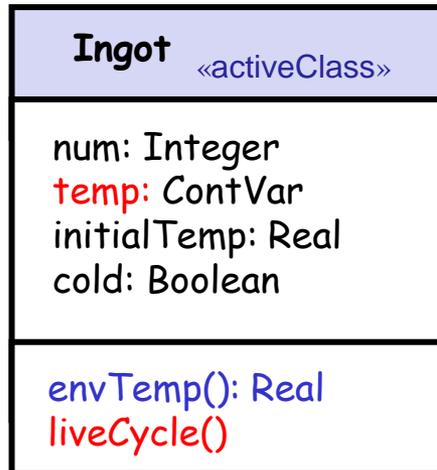
2. Schritt: Modellformalisierung

- Identifikation von Strukturelementen (d.h. ihrer Klassen)



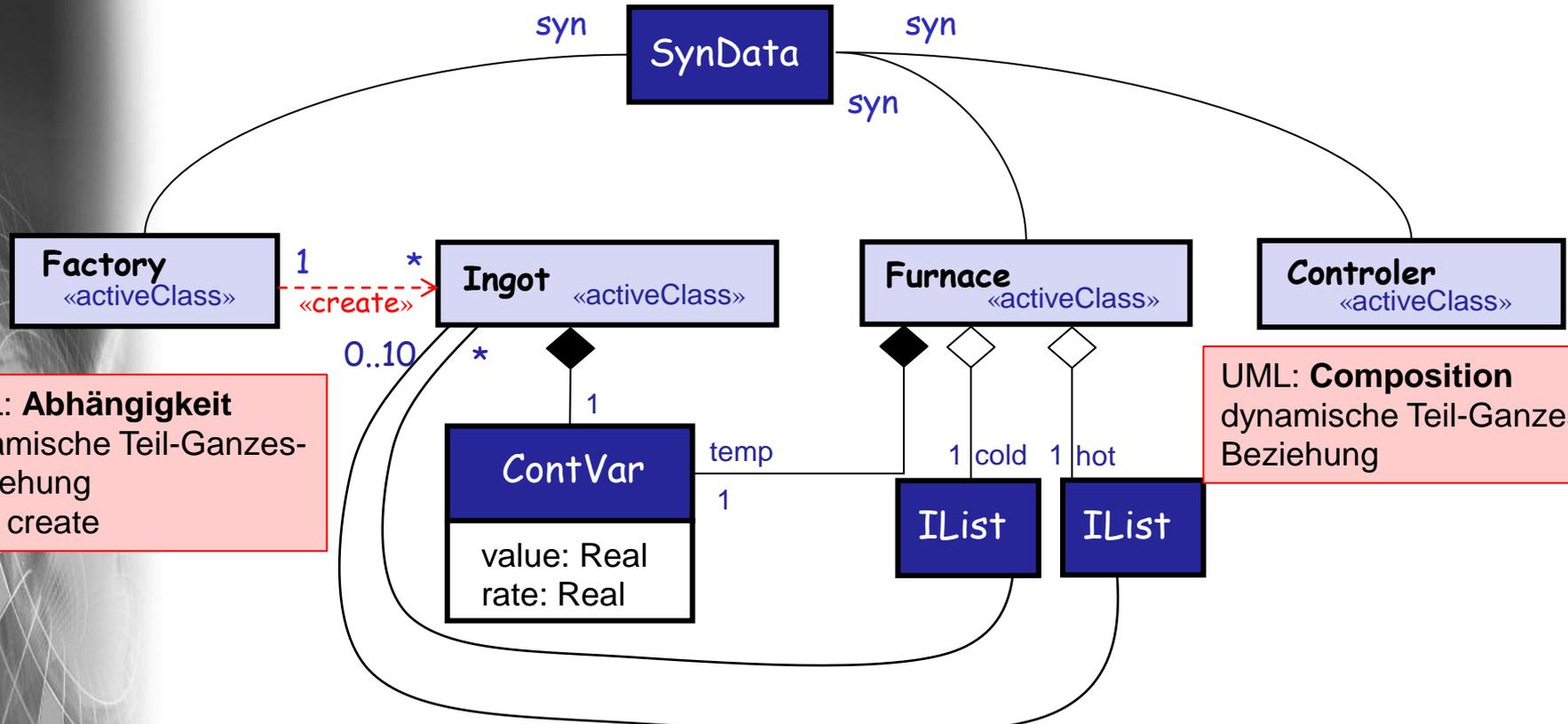
2. Schritt: Modellformalisierung

- Identifikation von Modellgrößen der Strukturelemente



2. Schritt: Modellformalisierung

- Identifikation von Strukturelementen (d.h. ihrer Klassen)



UML: **Abhängigkeit**
dynamische Teil-Ganzes-Beziehung
hier: create

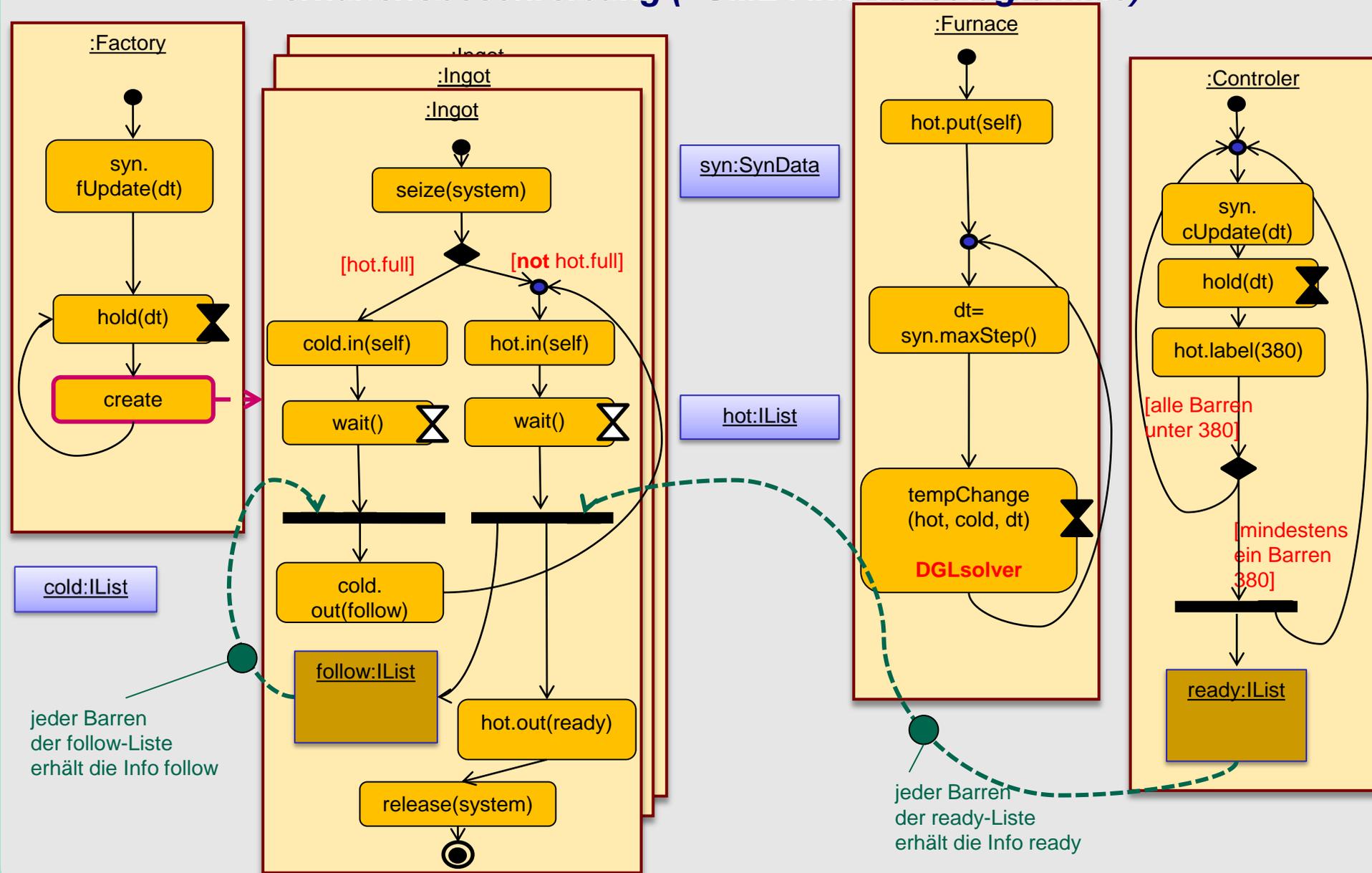
UML: **Composition**
dynamische Teil-Ganzes-Beziehung

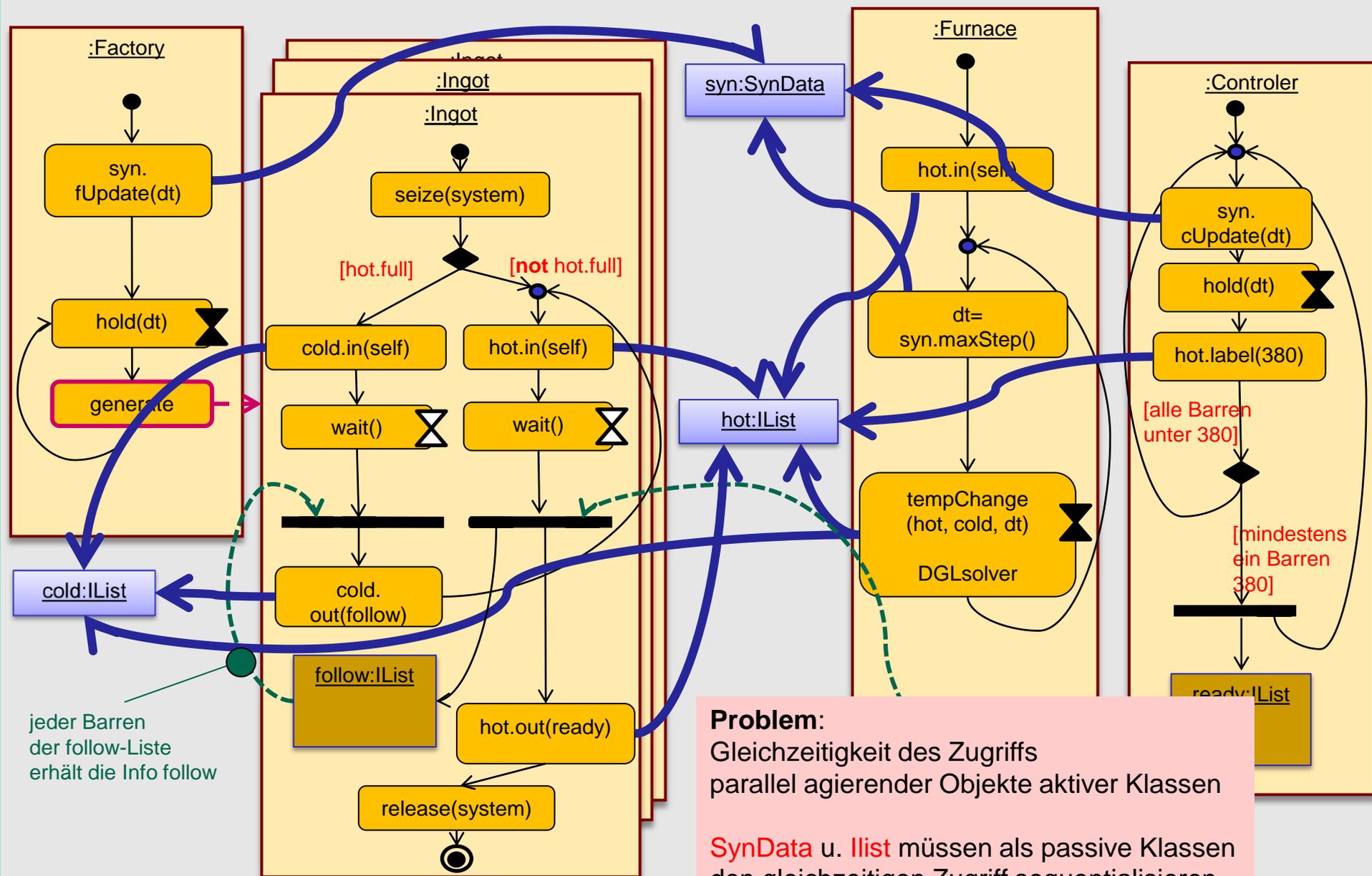
UML

- jedes Assoziationsende hat (falls nicht explizit) implizit einen Namen (kleingeschriebener Klassenname) u. dieses wird als Attribut der Klasse der ausgehenden Assoziation aufgefasst (Typ, Kollektion, ...)
- Kardinalität 1 ist Default-Wert
- Unterscheidung zwischen aktiven u. passiven Klassen

3. Schritt: Modellformalisierung

- Verhaltensbeschreibung (~UML-Aktivitätsdiagramme)





jeder Barren der follow-Liste erhält die Info follow

Problem:
 Gleichzeitigkeit des Zugriffs parallel agierender Objekte aktiver Klassen
 SynData u. Ilist müssen als passive Klassen den gleichzeitigen Zugriff sequenzialisieren (z.B. mittels Semaphore, Monitore, ...)

4. Schritt: Modellformalisierung

- Identifikation zeitkontinuierlicher Verhaltensklassen -

Differentialgleichungen

Klassifikationsmöglichkeiten

n-ter Ordnung (erster Ordnung)

partielle
Differentialgleichungen

gewöhnliche
Differentialgleichungen

nichtlineare
Differentialgleichungen

lineare
Differentialgleichungen

Randwertaufgaben

Anfangswertaufgaben

- zeitkontinuierliche Prozesse im Beschreibungsmodell
- Approximation durch zeitdiskrete Prozesse (Anwendung numerischer Integrationsverfahren)
- zeitdiskrete Prozesse als Folgen von Ereignisrealisierungen im Simulationsmodell

ODEMx unterstützt:

Gewöhnliche DGL-Systeme 1.Ordnung als AWA (linearer und nichtlinearer Art)

4. Schritt: Modellformalisierung

- Beschreibung des Verhaltens bei gewählter Modellklasse -

Modellierung der Abkühlungsvorgänge (Barren)

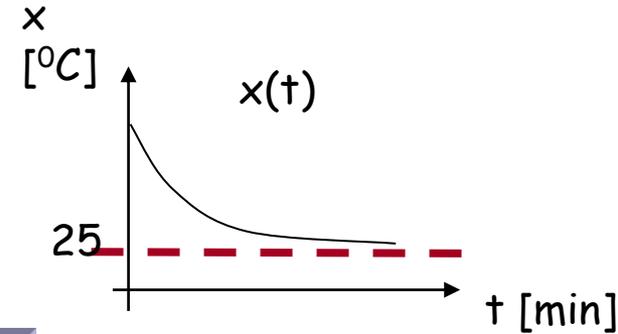
Ingot::temp.rate

Ingot::temp.value

Barrentemperatur

$$x'(t) = \{ u(t) - x(t) \} / 7$$

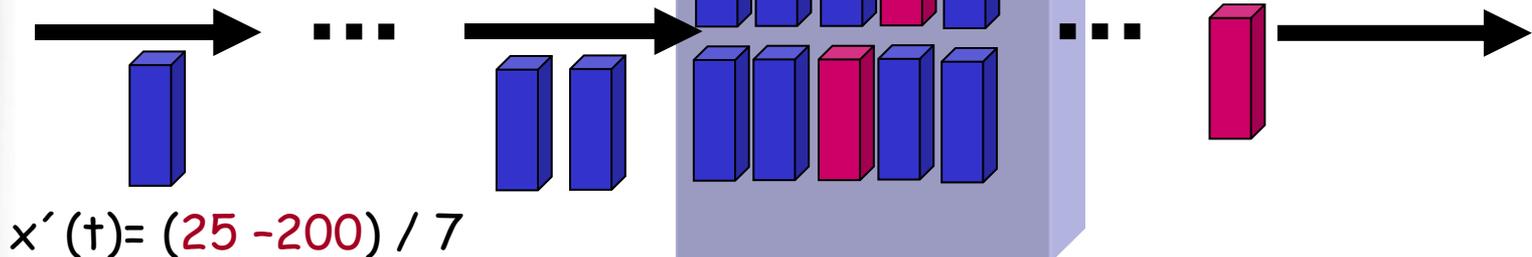
Anfangstemperatur: ca. 200 °C



Umgebungstemperatur

$$u(t) = 25$$

Ingot::envTemp()



$$x'(t) = (25 - 200) / 7$$

negativer Wert für $x'(t)$ → Reduktion von $x(t)$

Änderung von $x(t)$:

- zunächst stark,
- dann schwach,

→ asymptotische Annäherung an den Wert 25

4. Schritt: Modellformalisierung

- Beschreibung des Verhaltens bei gewählter Modellklasse -

Modellierung der Erhitzungsvorgänge (Barren)

Umgebungstemperatur $u(t) = y(t)$

Barrentemperatur

$$x'(t) = \{ u(t) - x(t) \} / 7$$

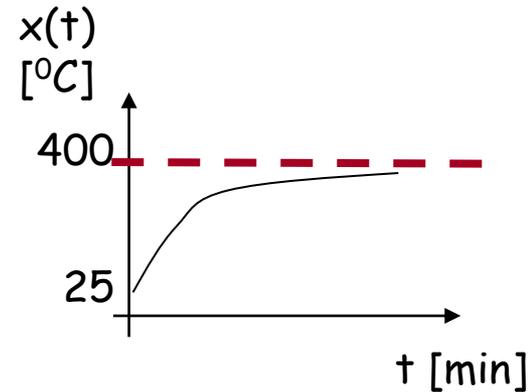
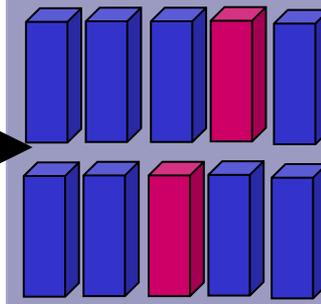
Eintrittstemperatur:
200 °C .. 25 °C

$$x'(t) = (400 - 25) / 7$$

Ofentemperatur $y(t)$

~400 °C

NiederTemperatur-Ofen



positiver Wert für $x'(t)$, d.h. Zunahme von $x(t)$
Änderung von $x(t)$:

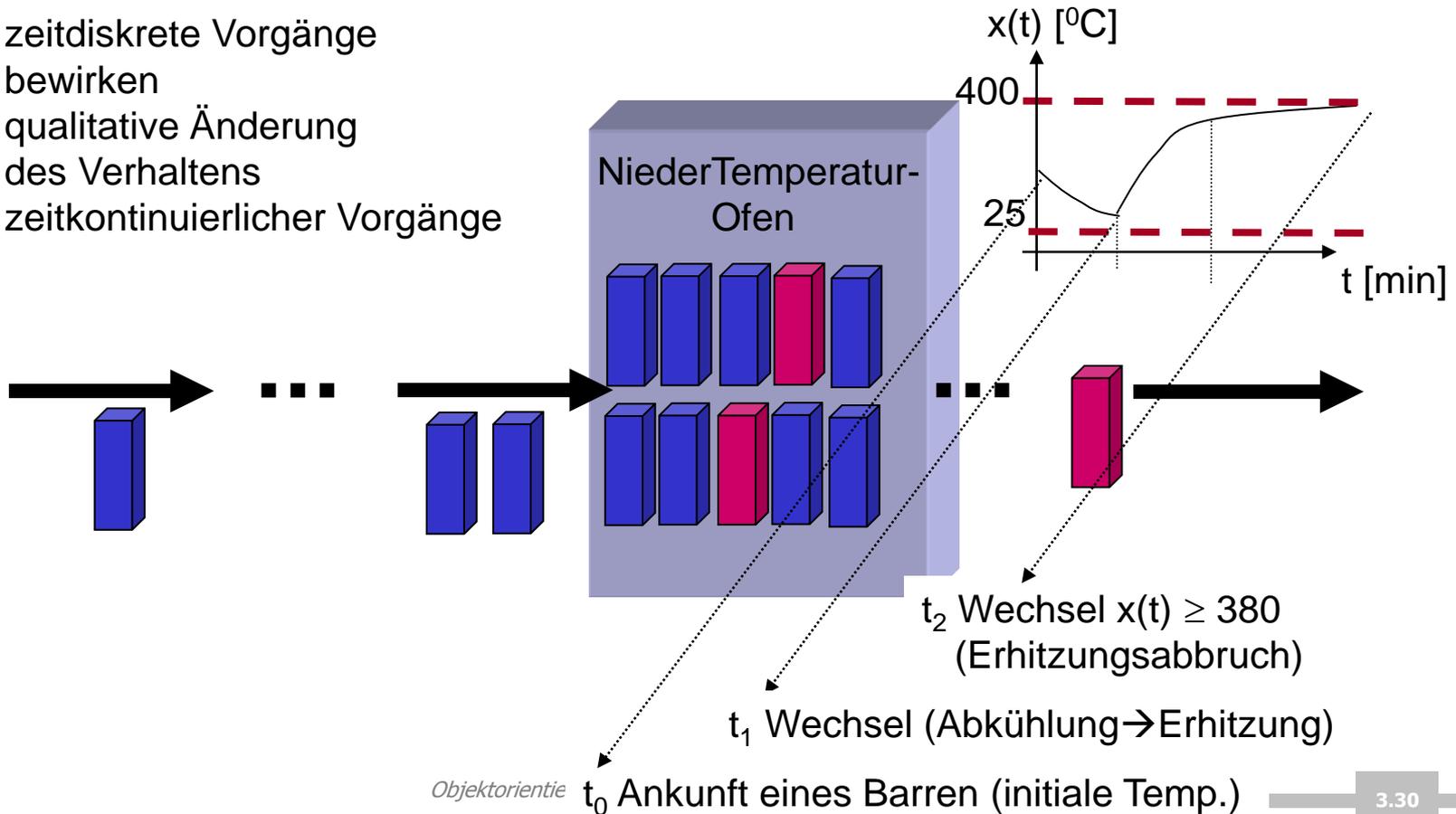
- zunächst stark, dann schwach und schwächer,
- asymptotische Annäherung an den Wert 400 (wenn Ofentemperatur konstant bliebe !!!)

4. Schritt: Modellformalisierung

- Beschreibung des Verhaltens bei gewählter Modellklasse -

Modellierung von (zeitdiskreten) Ereignissen

zeitdiskrete Vorgänge
bewirken
qualitative Änderung
des Verhaltens
zeitkontinuierlicher Vorgänge



4. Schritt: Modellformalisierung

- Beschreibung des Verhaltens bei gewählter Modellklasse -

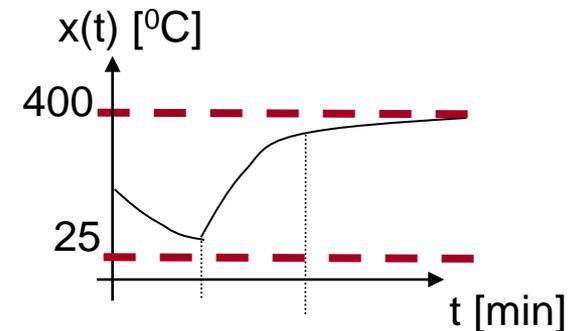
Modellierung von (zeitdiskreten) Ereignissen

Ereignismodellierung

Erfassung von Modellgrößenänderungen zu einem festen Zeitpunkt

Ereignisklassen

- Zeitereignisse
(Zeitpunkt bekannt)
- Zustandereignisse
(Zeitpunkt nicht a priori bekannt,
vom Erreichen eines Zustands abhängig)



- t_2 Wechsel (Erwärmungsabbruch)
- t_1 Wechsel (Abkühlung \rightarrow Erwärmung)
- t_0 Ankunft eines Barren (Abkühlung)

4. Schritt: Modellformalisierung

- Beschreibung des Verhaltens bei gewählter Modellklasse -

Modellierung der Änderung der Ofentemperatur

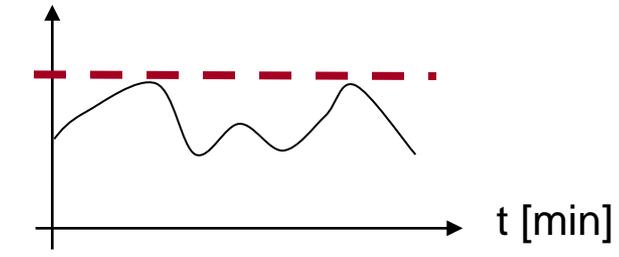
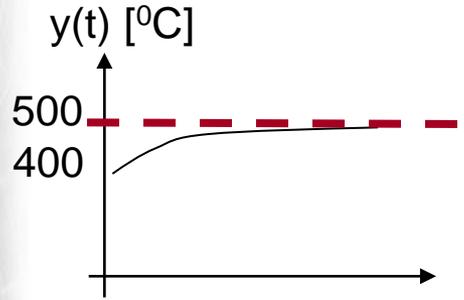
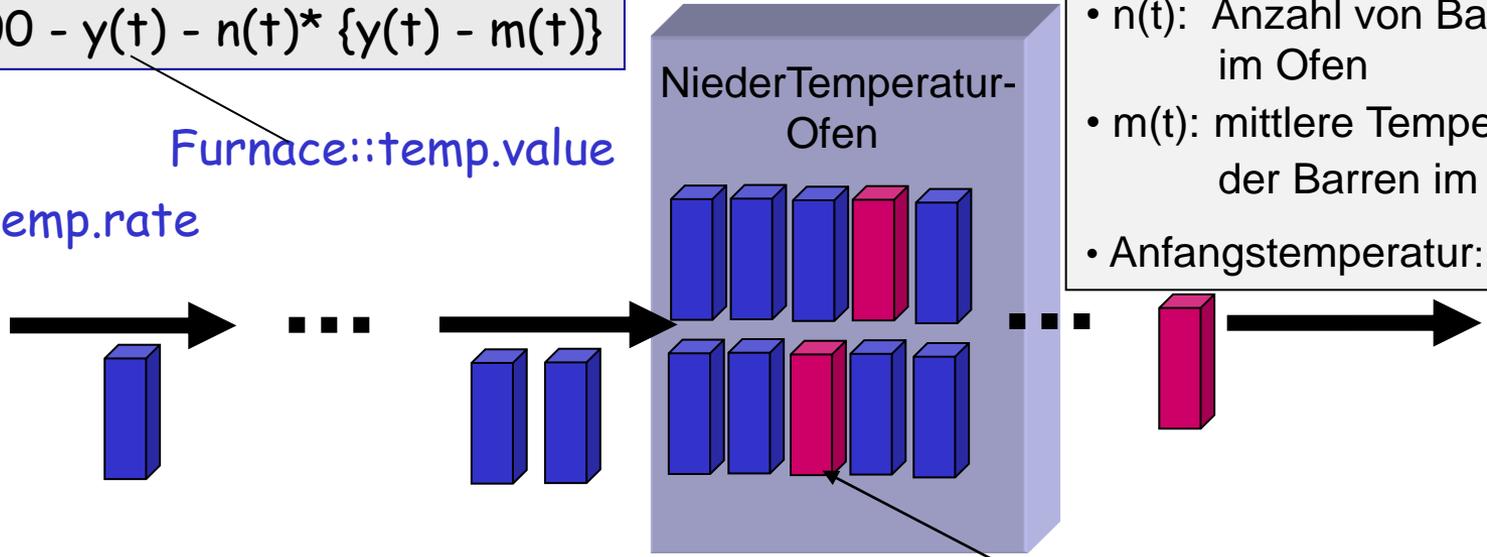
Ofentemperatur y als $y(t)$

$$y'(t) = 500 - y(t) - n(t) * \{y(t) - m(t)\}$$

Furnace::temp.value

Furnace::temp.rate

- Energiezufuhr: max. 500°C
- $n(t)$: Anzahl von Barren im Ofen
- $m(t)$: mittlere Temperatur der Barren im Ofen
- Anfangstemperatur: 400°C



Zieltemperatur

$x(t) = 380$ °C
per Beobachtung