

VORLESUNG

Automatisierung industrieller Workflows

Teil B: Die Sprache UML

Joachim Fischer

Inhalt (letzte Vorlesung)

- ⊙ **Teil A**
Aspekte von Modellierung und Simulation dynamischer Systeme

- ⊙ **Teil B**
Die Modellierungssprache UML

- ⊙ **Teil C**
Die ausführbare Modellierungssprache SLX

- ⊙ **Teil D**
Modellierung von Lieferketten

- ⊙ **B.1**
Wozu UML im Kontext der Computersimulation?
- ⊙ **B.2**
UML-Teilsprachen, Sprachkonzepte
- ⊙ **B.3**
Klassendiagramme
- ⊙ **B.4**
Verhaltensbeschreibung mit Zustandsautomaten
 - ⊙ Aktive Klasse und Zustandsautomat
 - ⊙ Automaten zur Laufzeit (außerhalb von UML)
 - ⊙ Beispiel-1 „Flugreservierung“
 - ⊙ Trigger und verschachtelte Zustände
 - ⊙ Beispiel-2 „Heizungssteuerung“
 - ⊙ Beispiel-3 „Fahrkartenautomat“
 - ⊙ Beispiel-4 „Maschinenbelegung“
- ⊙ **B.5**
OCL

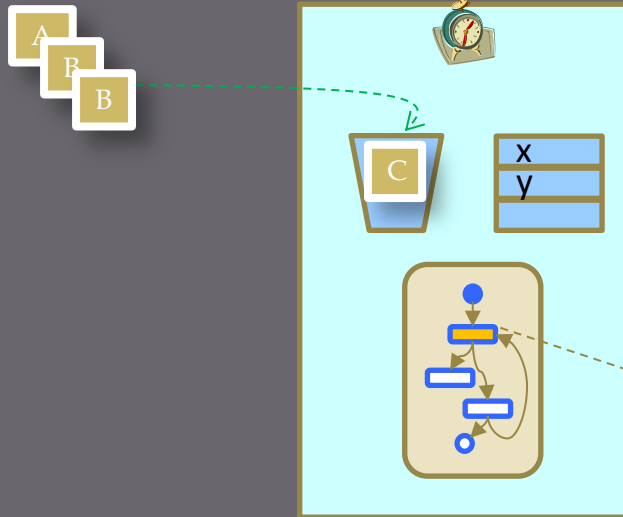
Inhalt

- ④ **Teil A**
Aspekte von Modellierung und Simulation dynamischer Systeme
- ④ **Teil B**
Die Modellierungssprache UML
- ④ **Teil C**
Die ausführbare Modellierungssprache SLX
- ④ **Teil D**
Modellierung von Lieferketten

- ④ **B.1**
Wozu UML im Kontext der Computersimulation?
- ④ **B.2**
UML-Teilsprachen, Sprachkonzepte
- ④ **B.3**
Klassendiagramme
- ④ **B.4**
Verhaltensbeschreibung mit Zustandsautomaten
- ④ **B.4' (zweite Lesung)**
Verhaltensbeschreibung mit Zustandsautomaten
 - ④ Wirkung von Triggerkombinationen
 - ④ Beispiel-3 „Fahrkartenautomat“
 - ④ Beispiel-4 „Maschinenbelegung“
- ④ **B.5**
OCL

Automaten zur Laufzeit (1.Situation)

zulässige Empfangssignale B, C, D



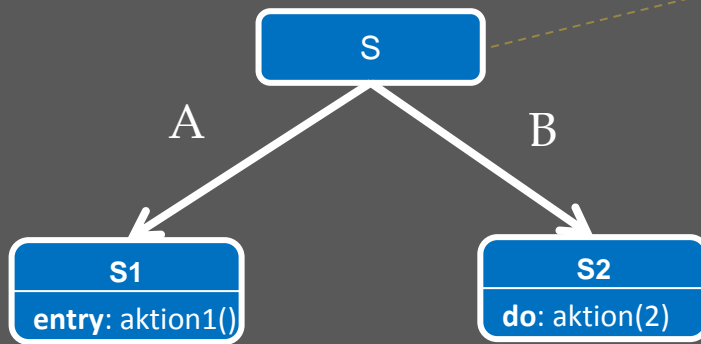
Beispiel für Zustand zu einem Zeitpunkt t_0 :

- Stand des gestarteten Timers:
Annahme **Timer** nicht gestartet
- Belegung des Empfang-Pools:
Annahme **C**
(weiterhin: **B, B, A** treffen in dieser Reihenfolge zum Zeitpunkt t_1 ein)
- Aktueller Zustand des Objektes
Annahme $x= 1.0$, $y= FALSE$
- Aktueller Zustand der Zustandsmaschine
Annahme **S**

Was passiert zum Zeitpunkt t_0 ?

- **C** wird entfernt und ignoriert
- der Automat verharrt in **S** bis zum nächsten Ereigniszeitpunkt ... t_1

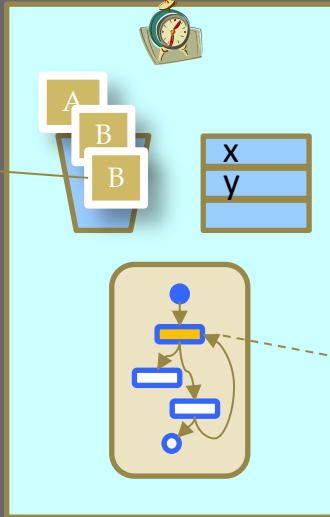
Was passiert zum Zeitpunkt t_1 ?



Automaten zur Laufzeit (Forts.)

zulässige Empfangssignale B, C, D

aktuelles Signal: B



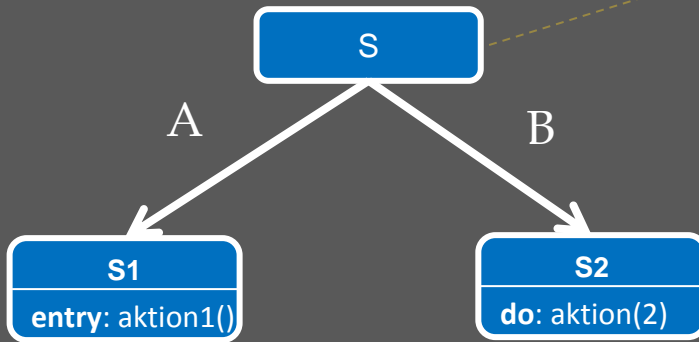
Zustand

zum Zeitpunkt t_1 :

- Stand des gestarteten Timers:
Annahme **Timer** nicht gestartet
- Belegung des Empfang-Pools:
B, B, A
- Aktueller Zustand des Objektes
Annahme $x = 1.0$, $y = \text{FALSE}$
- Aktueller Zustand der Zustandsmaschine
Annahme **S**

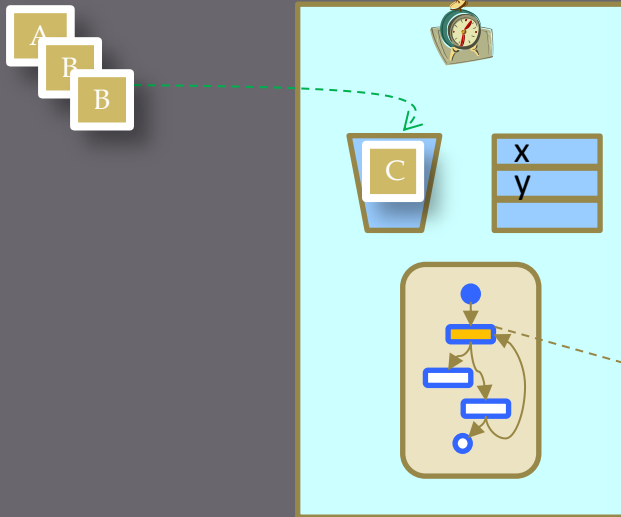
Was passiert zum Zeitpunkt t_1 ?

- Konsumtion des ersten **B**-Signals
- Übergang nach **S2**
- Start der **aktion2()**



Automaten zur Laufzeit (2.Situation)

zulässige Empfangssignale B, C, D



Beispiel für Zustand zu einem Zeitpunkt t_0 :

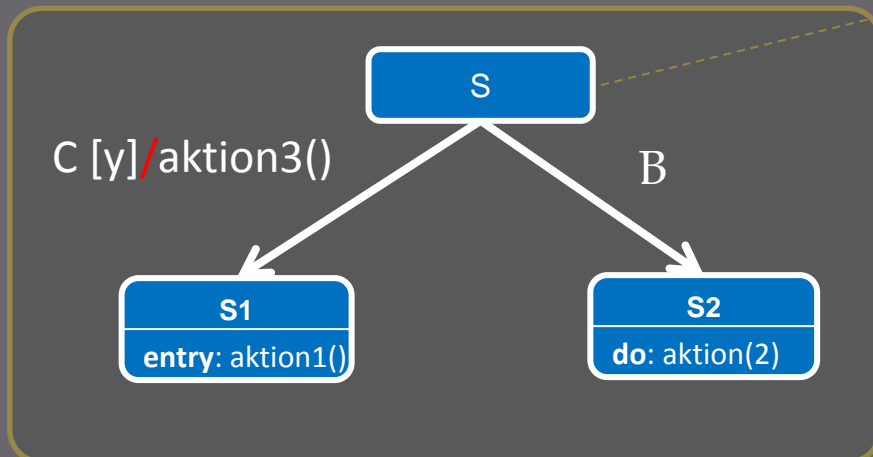
- Stand des gestarteten Timers:
Annahme **Timer** nicht gestartet
- Belegung des Empfang-Pools:
Annahme **C**
(weiterhin: **B, B, A** treffen in dieser Reihenfolge zum Zeitpunkt t_1 ein)
- Aktueller Zustand des Objektes
Annahme **x= 1.0, y= FALSE**
- Aktueller Zustand der Zustandsmaschine
Annahme **S**

Was passiert zum Zeitpunkt t_0 ?

- Signal **C** wird betrachtet, Bedingung **y** ist aber nicht erfüllt
- der Automat verharrt in **S** bis zum nächsten Ereigniszeitpunkt ... t_1

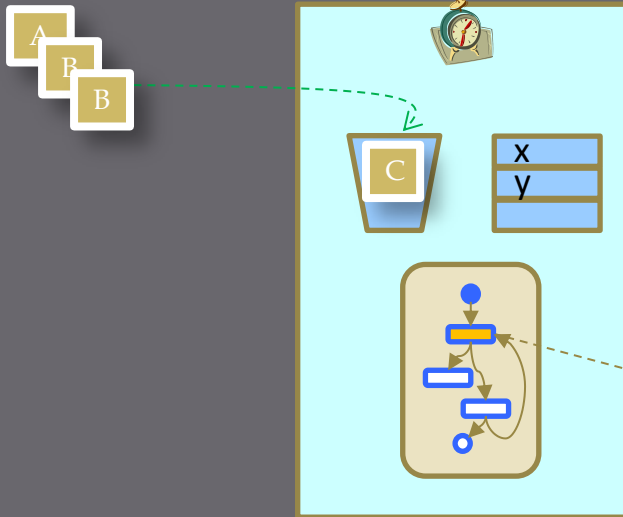
Was passiert zum Zeitpunkt t_1 ?

- Konsumtion des ersten **B**-Signals
- Übergang nach **S2**
- Start von **aktion2()**



Automaten zur Laufzeit (3.Situation)

zulässige Empfangssignale B, C, D



Beispiel für Zustand zu einem Zeitpunkt t_0 :

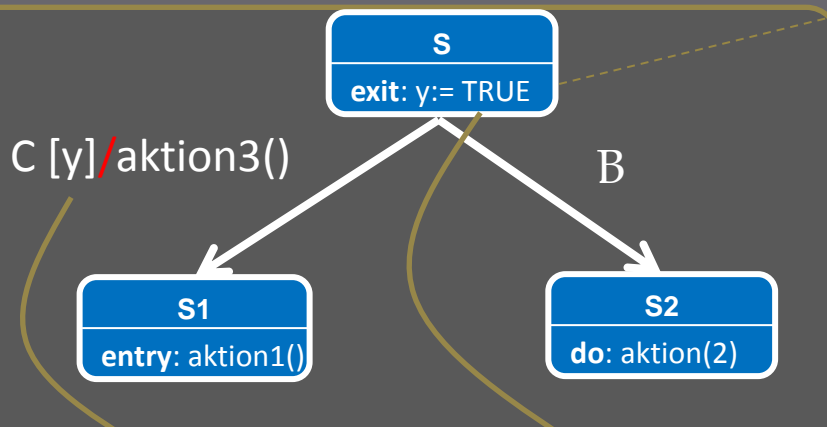
- Stand des gestarteten Timers:
Annahme **Timer** nicht gestartet
- Belegung des Empfang-Pools:
Annahme **C**
(weiterhin: **B, B, A** treffen in dieser Reihenfolge zum Zeitpunkt t_1 ein)
- Aktueller Zustand des Objektes
Annahme **x= 1.0, y= FALSE**
- Aktueller Zustand der Zustandsmaschine
Annahme **S**

Was passiert zum Zeitpunkt t_0 ?

- Signal **C** wird betrachtet, Bedingung **y** aber ist nicht erfüllt
- der Automat verharrt in **S** bis zum nächsten Ereigniszeitpunkt ... t_1

Was passiert zum Zeitpunkt t_1 ?

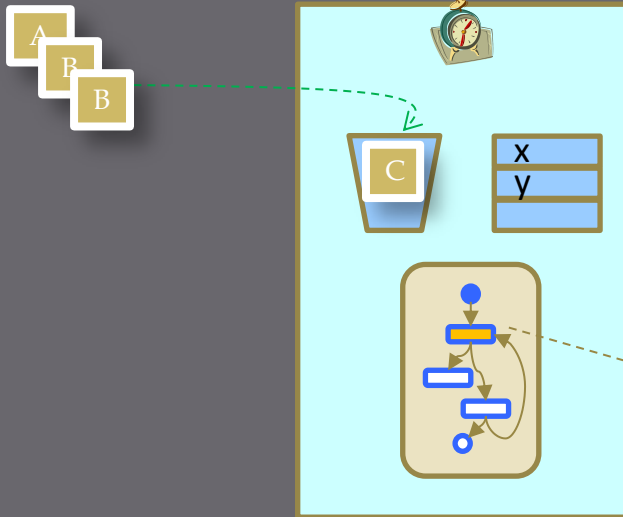
- Konsumtion des ersten **B**-Signals (**C**-Signal bleibt im Puffer!)
- Übergang nach **S2**
- Start von **aktion2()**



Test wird vor der Änderung ausgeführt !!!

Automaten zur Laufzeit (4.Situation)

zulässige Empfangssignale B, C, D

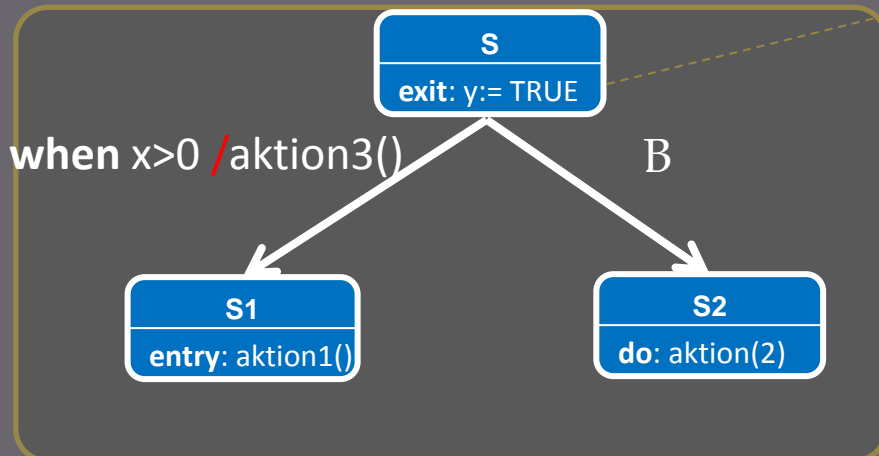


Beispiel für Zustand zu einem Zeitpunkt t_0 :

- Stand des gestarteten Timers:
Annahme **Timer** nicht gestartet
- Belegung des Empfang-Pools:
Annahme **C**
(weiterhin: **B, B, A** treffen in dieser Reihenfolge zum Zeitpunkt t_1 ein)
- Aktueller Zustand des Objektes
Annahme **x= 1.0, y= FALSE**
- Aktueller Zustand der Zustandsmaschine
Annahme **S**

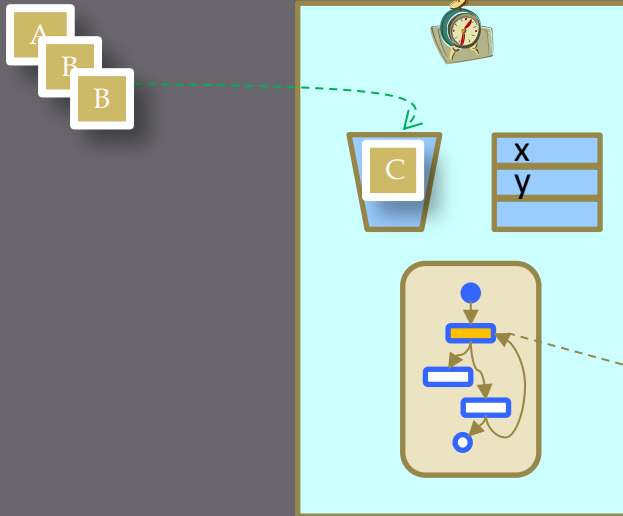
Was passiert zum Zeitpunkt t_0 ?

- **C** wird entfernt und ignoriert
- Zustandsbedingung ist erfüllt,
- Exit-Op wird realisiert
- Ausführung von **aktion3**
- Übergang nach **S1**
- Ausführung von **aktion1**



Automaten zur Laufzeit (5.Situation)

zulässige Empfangssignale B, C, D

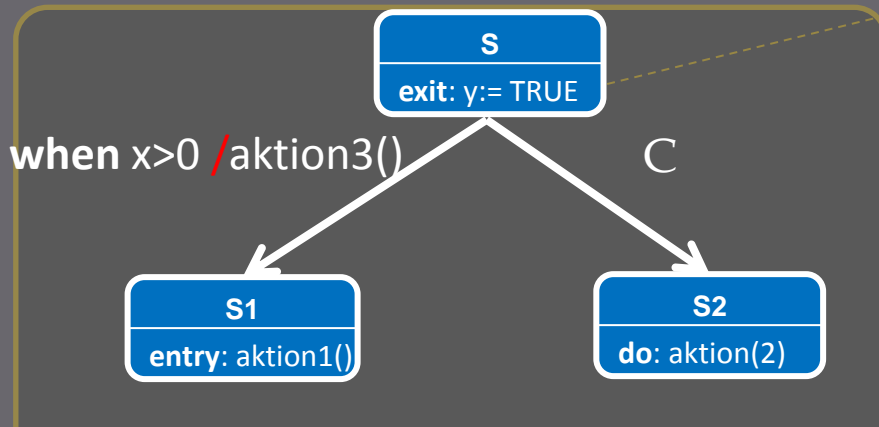


Beispiel für Zustand zu einem Zeitpunkt t_0 :

- Stand des gestarteten Timers:
Annahme **Timer** nicht gestartet
- Belegung des Empfang-Pools:
Annahme **C**
(weiterhin: **B, B, A** treffen in dieser Reihenfolge zum Zeitpunkt t_1 ein)
- Aktueller Zustand des Objektes
Annahme $x=1.0$, $y=FALSE$
- Aktueller Zustand der Zustandsmaschine
Annahme **S**

Was passiert zum Zeitpunkt t_0 ?

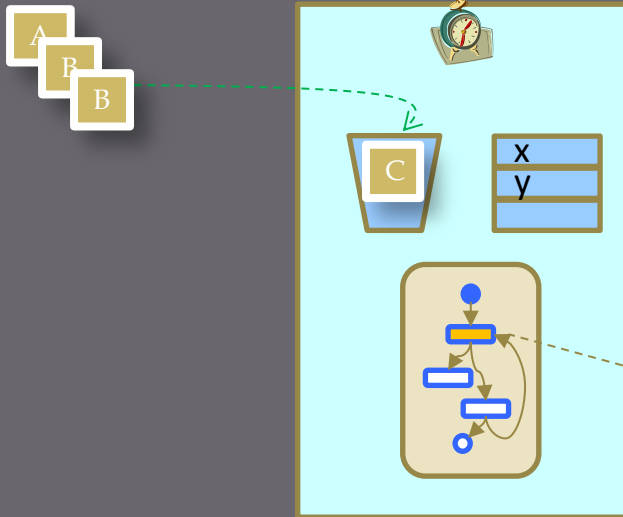
- **C** wird konsumiert
- Exit-Op wird realisiert
- Übergang nach **S2**
- **aktion2** wird ausgeführt



Priorität des Signalempfangs vor Zustandsbedingung

Automaten zur Laufzeit (6.Situation)

zulässige Empfangssignale B, C, D

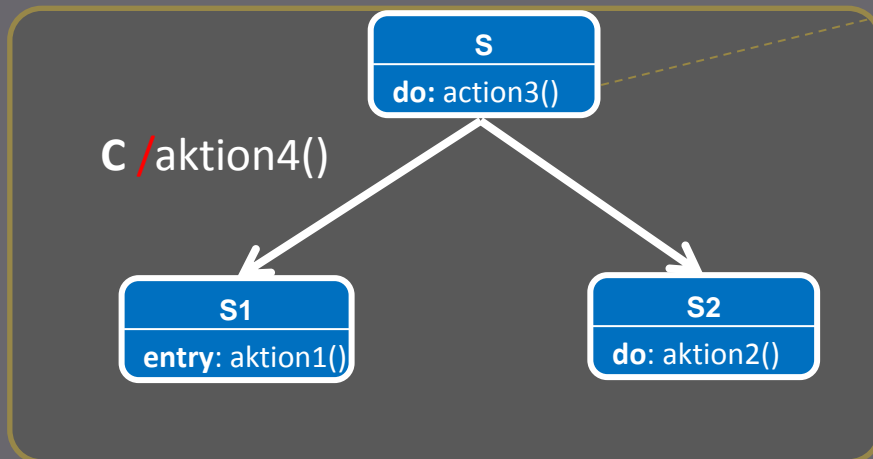


Beispiel für Zustand zu einem Zeitpunkt t_0 :

- Stand des gestarteten Timers:
Annahme **Timer** nicht gestartet
- Belegung des Empfang-Pools:
Annahme **C**
(weiterhin: **B, B, A** treffen in dieser Reihenfolge zum Zeitpunkt t_1 ein)
- Aktueller Zustand des Objektes
Annahme **x= 1.0, y= FALSE**
- Aktueller Zustand der Zustandsmaschine
Annahme **S**

Was passiert zum Zeitpunkt t_0 ?

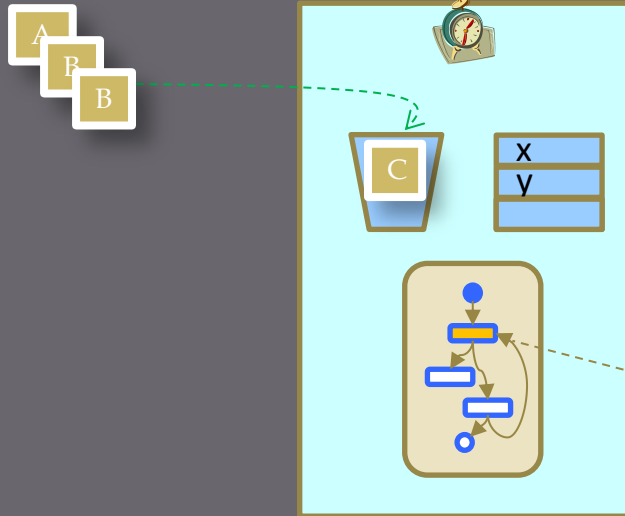
- Ann.: **action3** noch nicht beendet
dann verharrt der Automat in **S**
- Ann.: **action3** wird gerade beendet
Finalisierungsereignis bewirkt
Übergang nach **S2**
- Start von **action2**



Priorität des Finalisierungsereignisses gegenüber anderen Triggern

Automaten zur Laufzeit (7.Situation)

zulässige Empfangssignale B, C, D

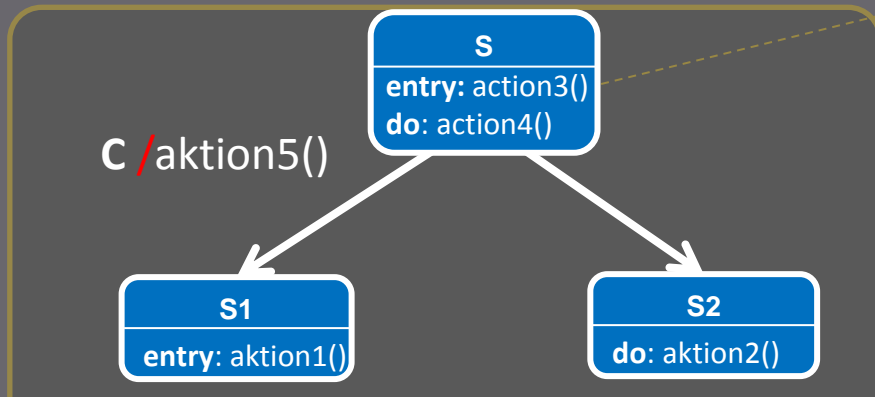


Beispiel für Zustand zu einem Zeitpunkt t_0 :

- Stand des gestarteten Timers:
Annahme **Timer** nicht gestartet
- Belegung des Empfang-Pools:
Annahme **C**
(weiterhin: **B, B, A** treffen in dieser Reihenfolge zum Zeitpunkt t_1 ein)
- Aktueller Zustand des Objektes
Annahme **x= 1.0, y= FALSE**
- Aktueller Zustand der Zustandsmaschine
Annahme **S**

Was passiert zum Zeitpunkt t_0 ?

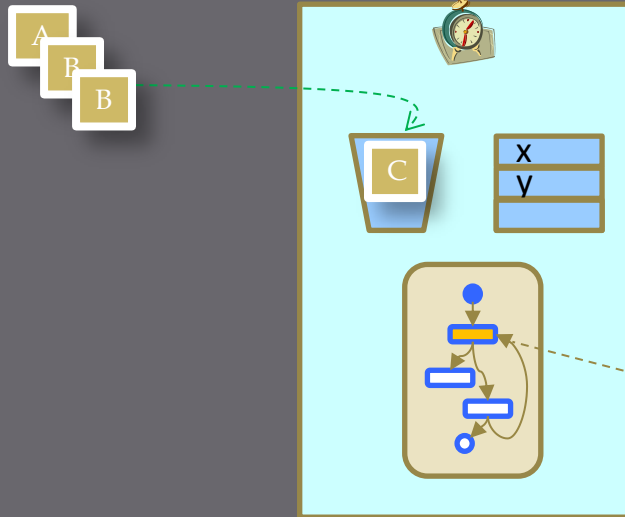
- Finalisierungsereignis wird bei Beendigung von **action4** ausgelöst
- dann Übergang nach **S2**
- Start von **action2**



Hat ein Zustand sowohl eine **entry-** als auch eine **do-**Aktivität, kann nur die **do-**Aktivität eine Finalisierung auslösen

Automaten zur Laufzeit (8.Situation)

zulässige Empfangssignale B, C, D

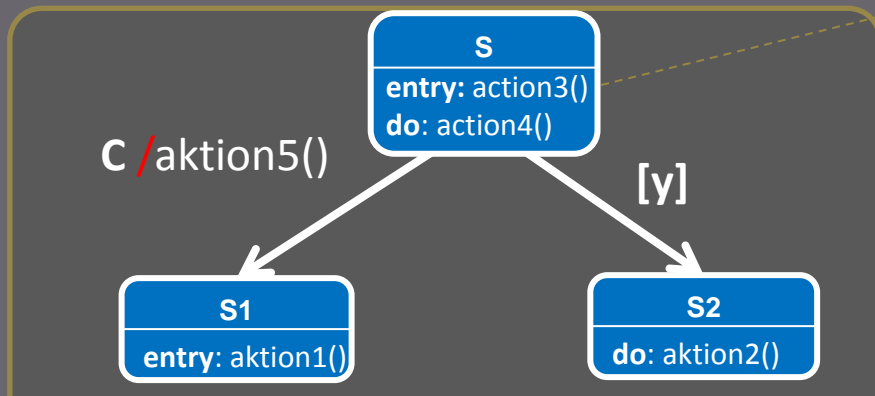


Beispiel für Zustand zu einem Zeitpunkt t_0 :

- Stand des gestarteten Timers:
Annahme **Timer** nicht gestartet
- Belegung des Empfang-Pools:
Annahme **C**
(weiterhin: **B, B, A** treffen in dieser Reihenfolge zum Zeitpunkt t_1 ein)
- Aktueller Zustand des Objektes
Annahme **x= 1.0, y= FALSE**
- Aktueller Zustand der Zustandsmaschine
Annahme **S**

Was passiert zum Zeitpunkt t_0 ?

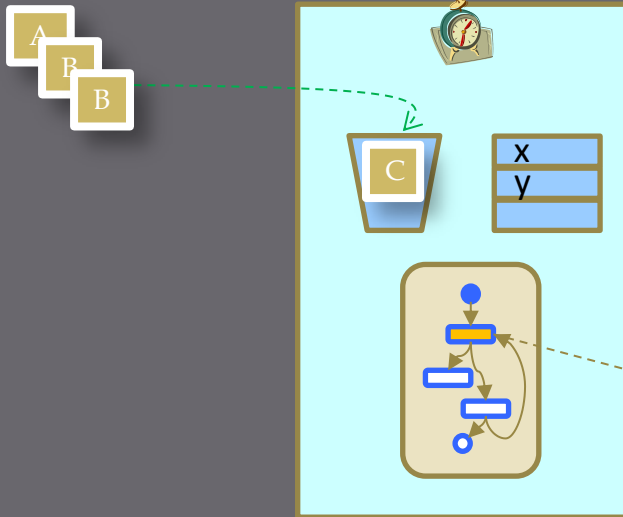
- Finalisierungsereignis wird bei Beendigung von **action4** ausgelöst
- Bedingung **y** ist aber nicht erfüllt
- dann Übergang nach **S1**
- Start von **action1**



Hat ein Zustand sowohl eine **entry-** als auch eine **do-**Aktivität, kann nur die **do-**Aktivität eine Finalisierung auslösen

Automaten zur Laufzeit (9.Situation)

zulässige Empfangssignale B, C, D

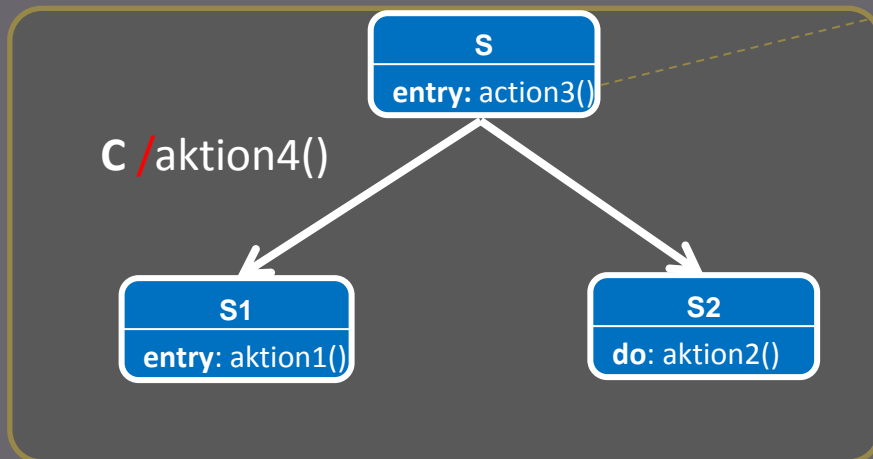


Beispiel für Zustand zu einem Zeitpunkt t_0 :

- Stand des gestarteten Timers:
Annahme **Timer** nicht gestartet
- Belegung des Empfang-Pools:
Annahme **C**
(weiterhin: **B, B, A** treffen in dieser Reihenfolge zum Zeitpunkt t_1 ein)
- Aktueller Zustand des Objektes
Annahme $x= 1.0$, $y= FALSE$
- Aktueller Zustand der Zustandsmaschine
Annahme **S**

Was passiert zum Zeitpunkt t_0 ?

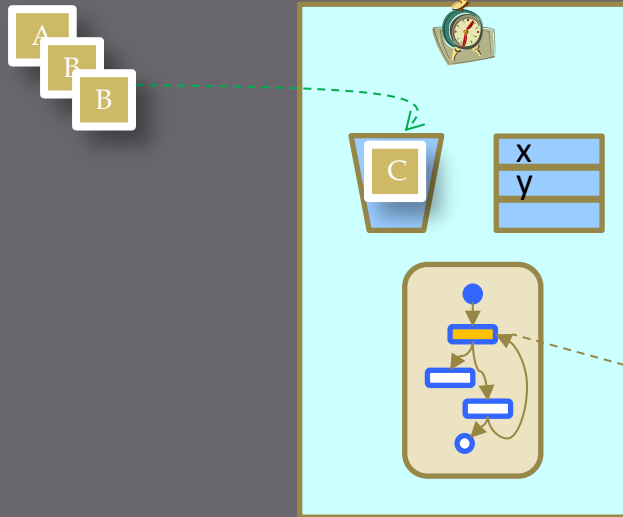
- Verharren in **S** bis **entry**
Finalisierungsereignis auslöst
- dann Übergang nach **S2**
- Start von **aktion2**



Priorität des Finalisierungsereignisses gegenüber anderen Triggern

Automaten zur Laufzeit (10.Situation)

zulässige Empfangssignale B, C, D

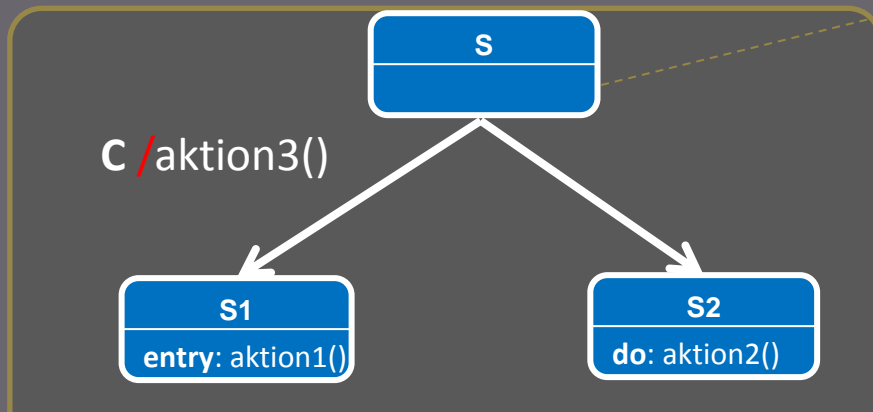


Beispiel für Zustand zu einem Zeitpunkt t_0 :

- Stand des gestarteten Timers:
Annahme Timer nicht gestartet
- Belegung des Empfang-Pools:
Annahme **C**
(weiterhin: **B, B, A** treffen in dieser Reihenfolge zum Zeitpunkt t_1 ein)
- Aktueller Zustand des Objektes
Annahme $x= 1.0$, $y= FALSE$
- Aktueller Zustand der Zustandsmaschine
Annahme **S**

Was passiert zum Zeitpunkt t_0 ?

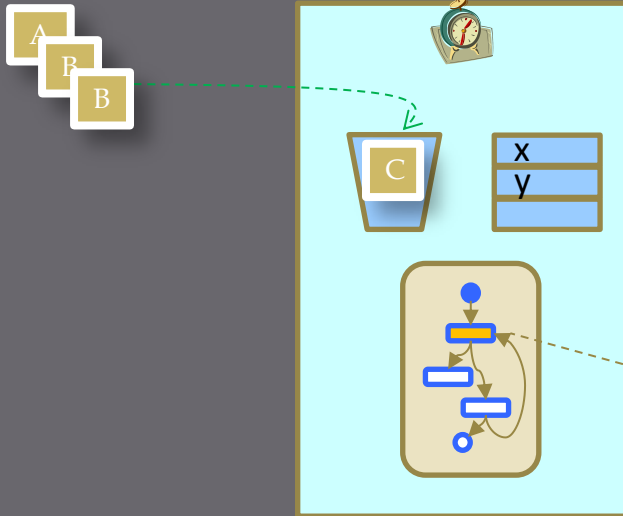
- Bei Eintritt in **S** wurde Finalisierungsereignis ausgelöst
- dann Übergang nach **S2**
- Start von **aktion2**



Hat ein Zustand **S** weder **entry**- noch **do**-Aktivität wird ein Finalisierungsereignis synchron mit der Einnahme von **S** ausgelöst

Automaten zur Laufzeit (11.Situation)

zulässige Empfangssignale B, C, D

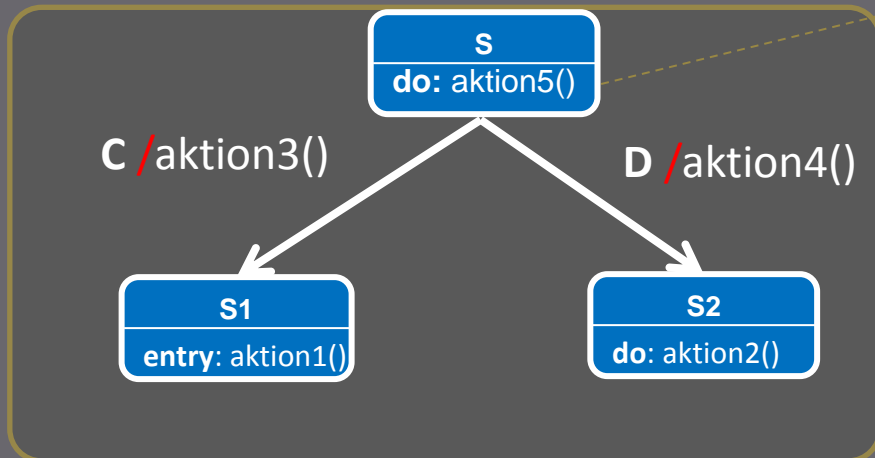


Beispiel für Zustand zu einem Zeitpunkt t_0 :

- Stand des gestarteten Timers:
Annahme Timer nicht gestartet
- Belegung des Empfang-Pools:
Annahme C
(weiterhin: B, B, A treffen in dieser Reihenfolge zum Zeitpunkt t_1 ein)
- Aktueller Zustand des Objektes
Annahme $x = 1.0$, $y = \text{FALSE}$
- Aktueller Zustand der Zustandsmaschine
Annahme S

Was passiert zum Zeitpunkt t_0 ?

- Warten bis **aktion5** endet und Finalisierungsereignis ausgelöst
- C wird konsumiert
- **aktion3** mit Übergang nach S1
- start von **aktion1**



Inhalt

- ④ **Teil A**
Aspekte von Modellierung und Simulation dynamischer Systeme
- ④ **Teil B**
Die Modellierungssprache UML
- ④ **Teil C**
Die ausführbare Modellierungssprache SLX
- ④ **Teil D**
Modellierung von Lieferketten

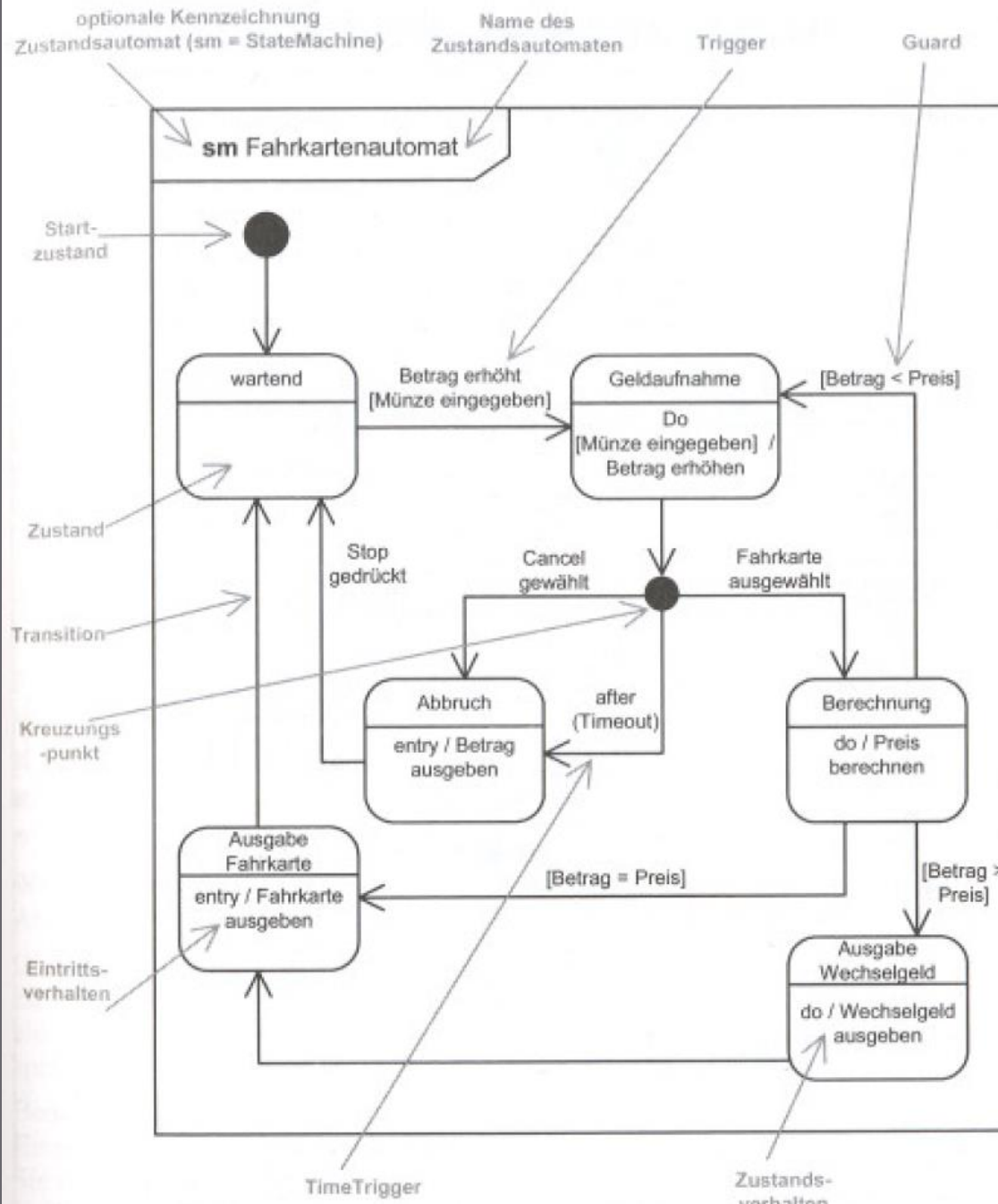
- ④ **B.1**
Wozu UML im Kontext der Computersimulation?
- ④ **B.2**
UML-Teilsprachen, Sprachkonzepte
- ④ **B.3**
Klassendiagramme
- ④ **B.4**
Verhaltensbeschreibung mit Zustandsautomaten
- ④ **B.4' (zweite Lesung)**
Verhaltensbeschreibung mit Zustandsautomaten
 - ④ Wirkung von Triggerkombinationen
 - ④ Beispiel-3 „Fahrkartenautomat“
 - ④ Beispiel-4 „Maschinenbelegung“
- ④ **B.5**
OCL

Beispiel-3

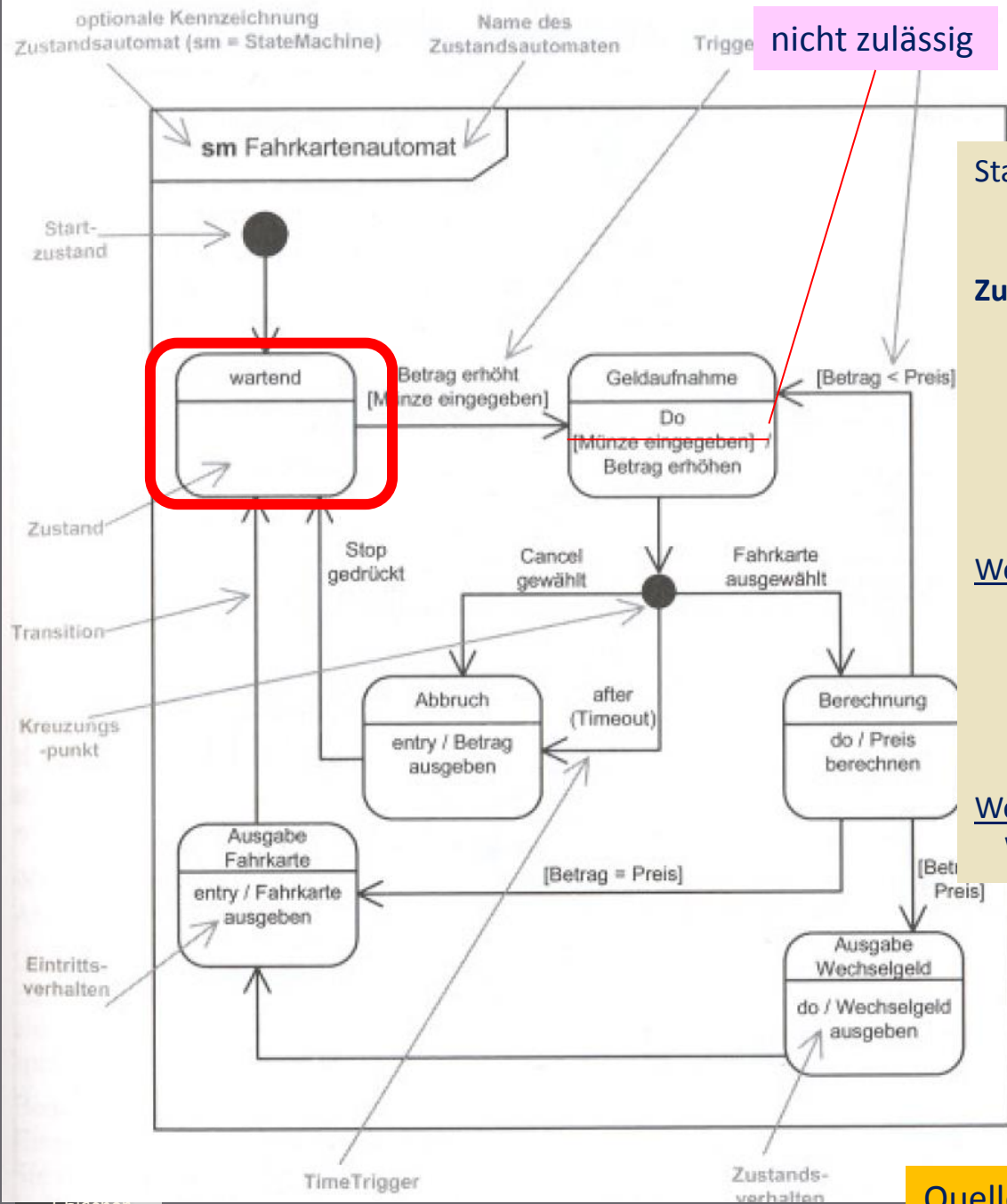
Aufgabe der letzten Vorlesung:

Klarmachen der Wirkungsweise

Quelle: „UML-Glasklar“



Beispiel-3



nicht zulässig

Start → wartend

Zustand wartend

warten auf Signal Betrag erhöht

- Trifft das Signal ein, muss Bedingung geprüft werden: wurde Münze eingegeben ?

Wenn ja:

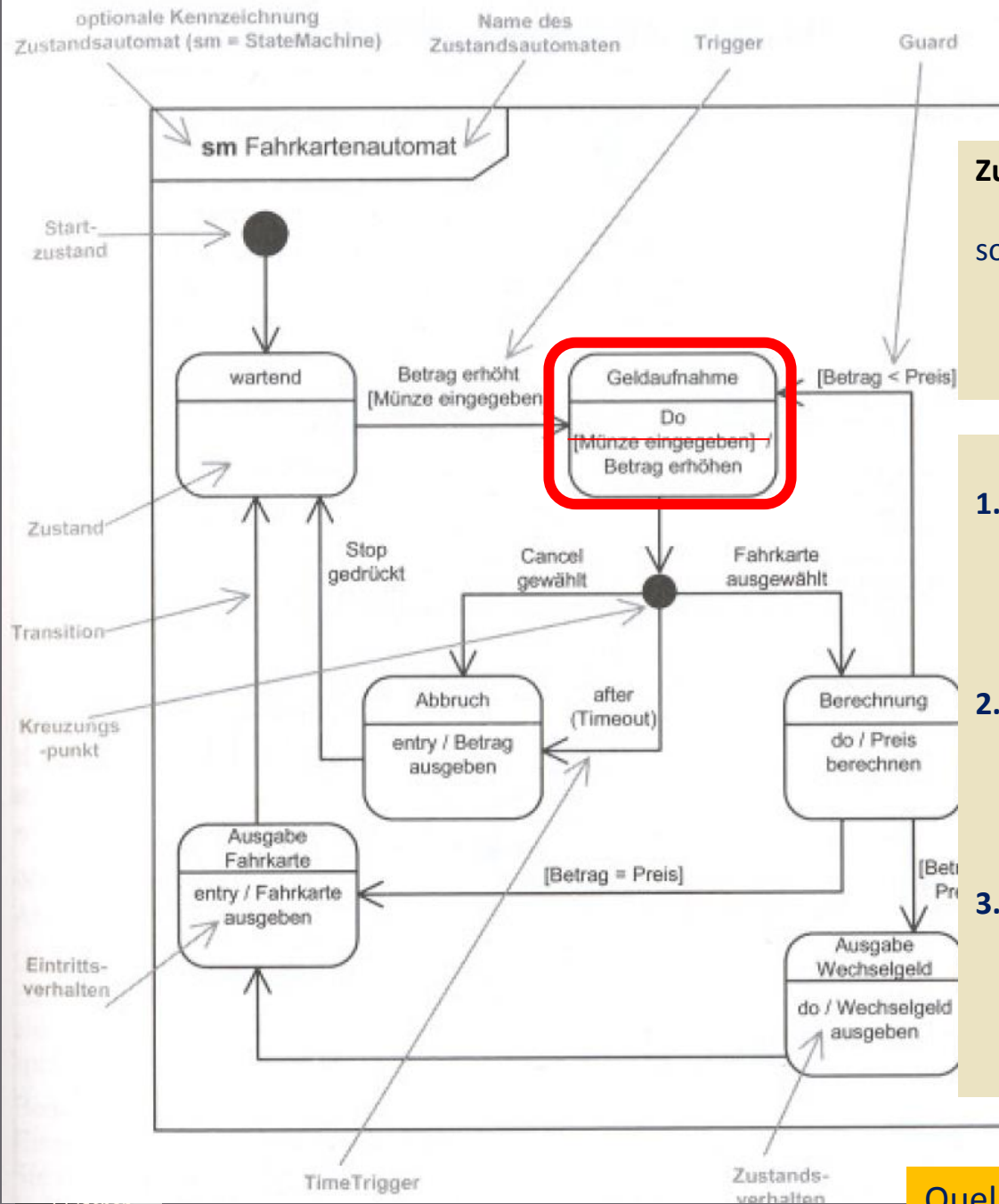
Wartend → Geldaufnahme mit gleichzeitigem Start

- der Operation Betrag erhöhen
- Start des Timers mit Zeitwert von Timeout

Wenn nein:

Warten auf weiteres Signal Betrag erhöht

Beispiel-3



Zustand: Geldaufnahme

sobald Operation Betrag erhöhen abgeschlossen ist,
- wird Finalisierungsereignis ausgelöst mit drei Fortsetzungsmöglichkeiten

1. Cancel-Taste:

Bedingung **Cancel gewählt** ist erfüllt
Geldaufnahme → Abbruch
bei Geldrückgabe und Stopp des Timers

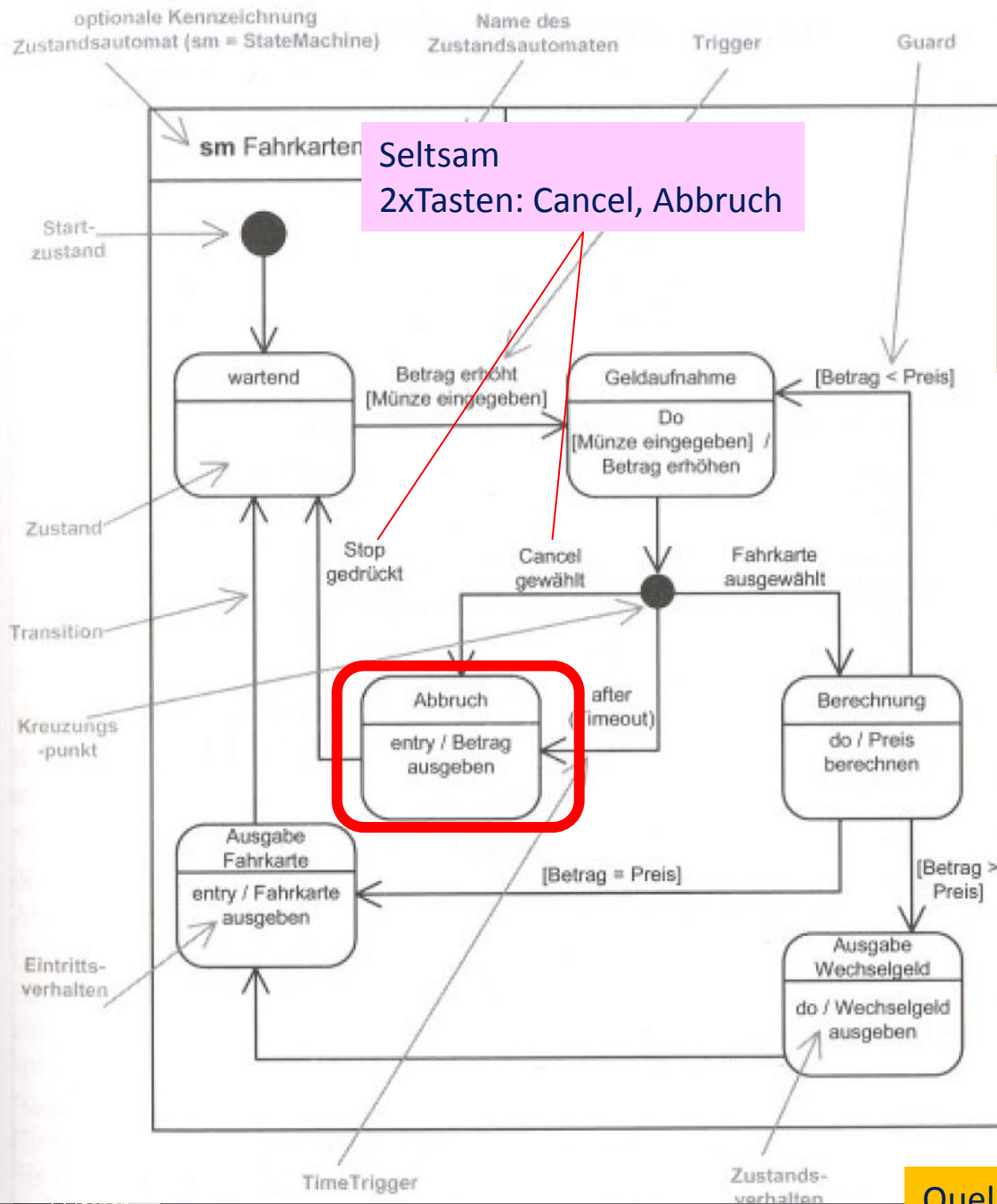
2. Fahrkarte wurde gewählt:

Bedingung **Fahrkarte ausgewählt** ist erfüllt
Geldaufnahme → Berechnung
bei Start der Preisberechnung und Stopp des Timers

3. Ablauf des Timers:

Geldaufnahme → Abbruch
bei Geldrückgabe durch Start der Operation **Betrag ausgeben**

Beispiel-3 (Forts.)

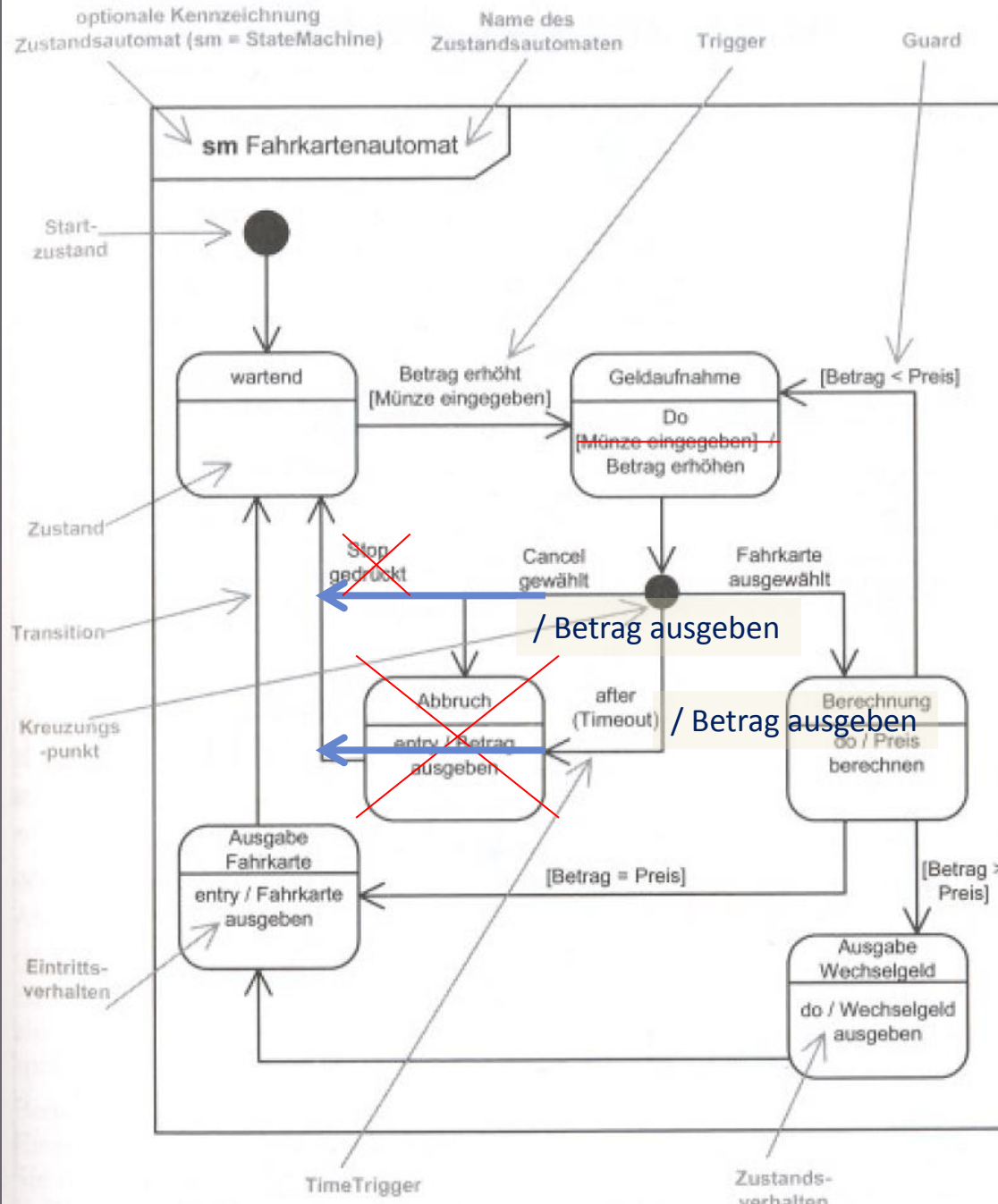


Zustand: Abbruch

- Automat **verklemt**, falls nicht Stopp-Taste betätigt wird
- sonst: Abbruch → wartend

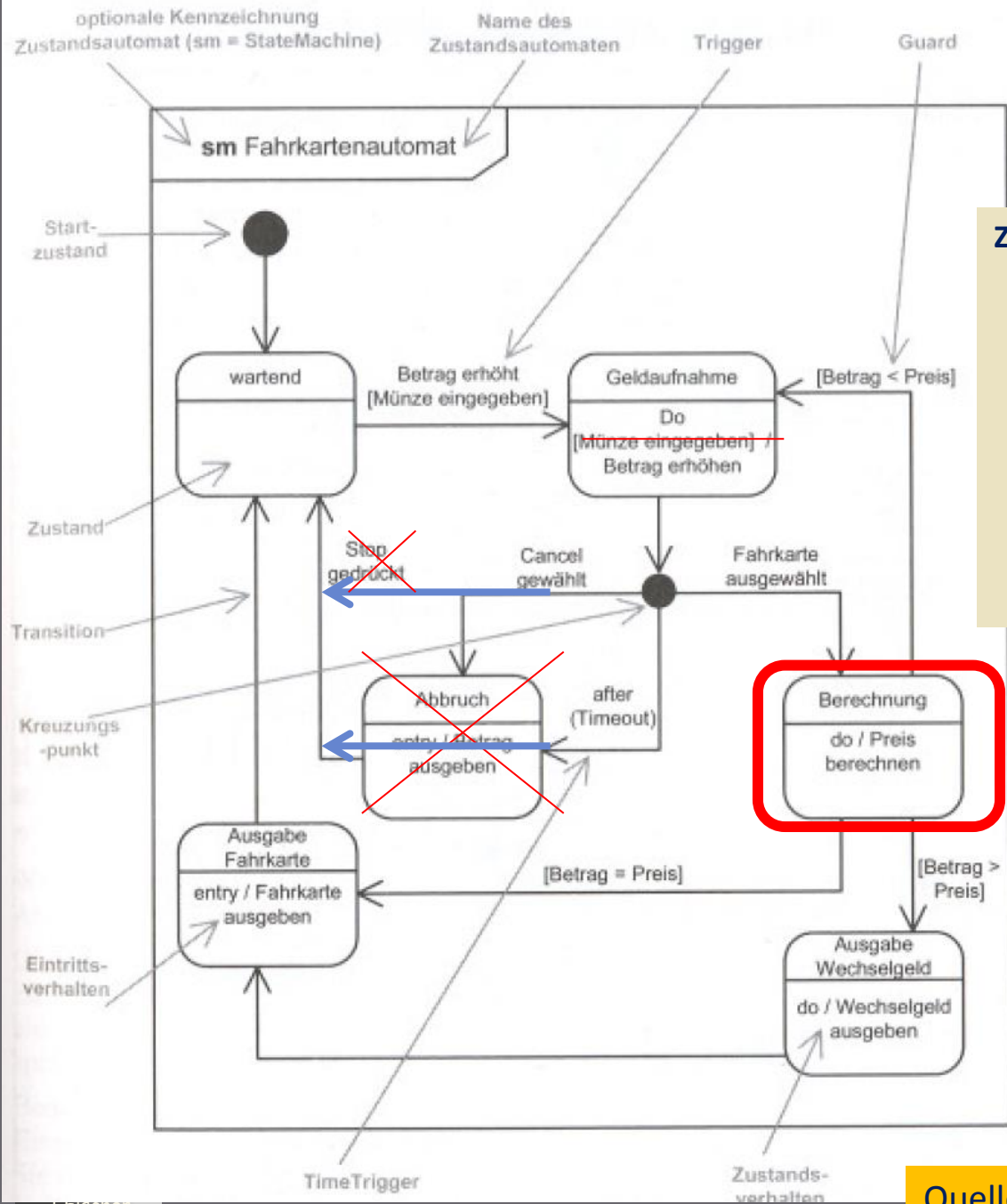
Beispiel-3

Korrektur-
Vorschlag



Quelle: „UML-Glasklar“

Beispiel-3 (Forts.)



Zustand: Berechnung

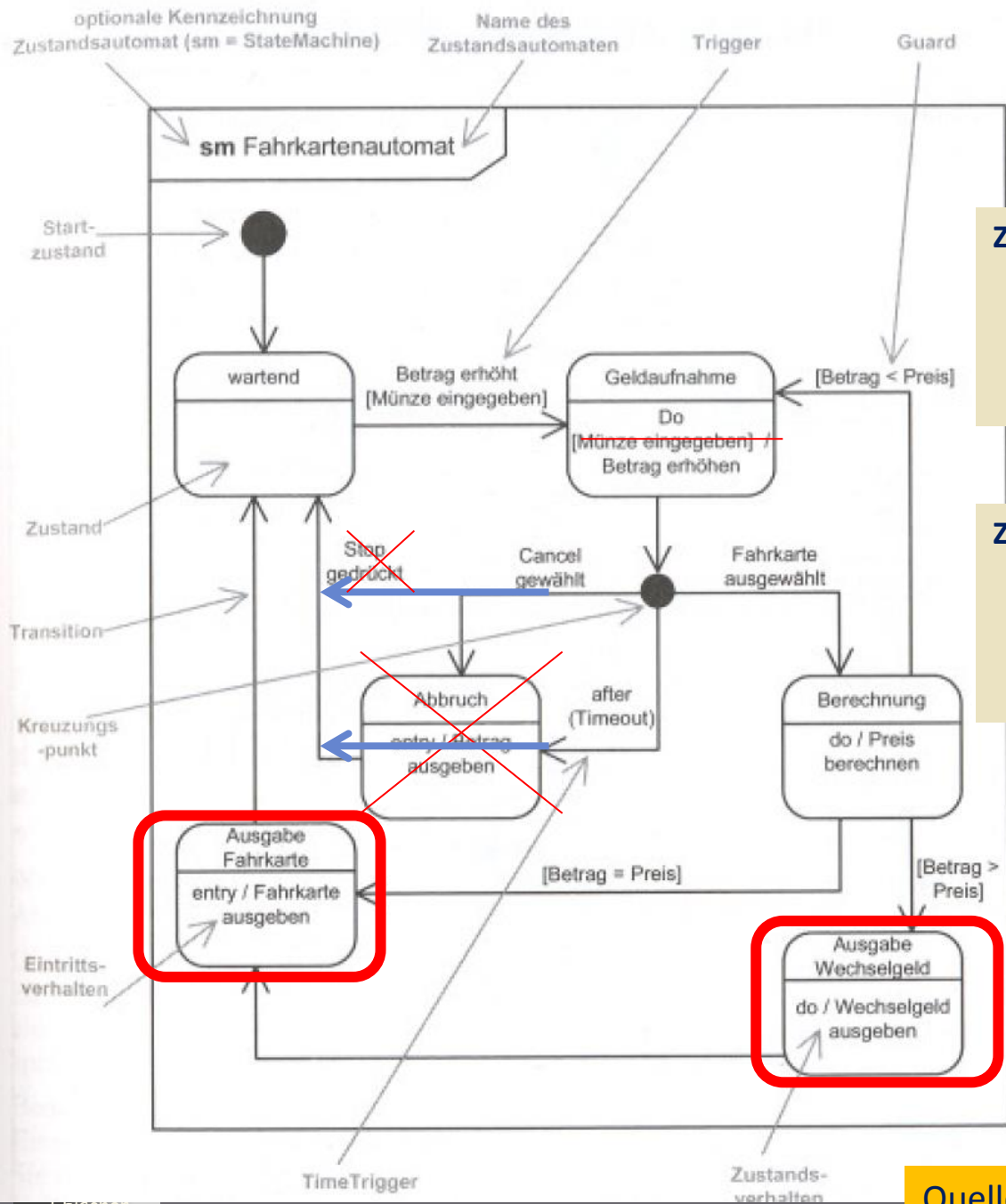
- sobald Berechnung abgeschlossen ist, wird Finalisierungsereignis ausgelöst

- mit drei Fortsetzungsmöglichkeiten

WECHSEL in einen der Zustände

1. Geldaufnahme
2. Ausgabe Fahrkarte
3. Ausgabe Wechselgeld

Beispiel-3 (Forts.)



Zustand: Ausgabe Wechselgeld

- sobald das Wechselgeld ausgegeben ist,
- Zustandswechsel:
AusgabeWechselGeld → AusgabeFahrkarte
bei Start von *Fahrkarte ausgeben*

Zustand: AusgabeFahrkarte

- sobald das Finalisierungsereignis der entry-Operation eingetreten ist,
- Zustandswechsel:
AusgabeFahrkarte → wartend

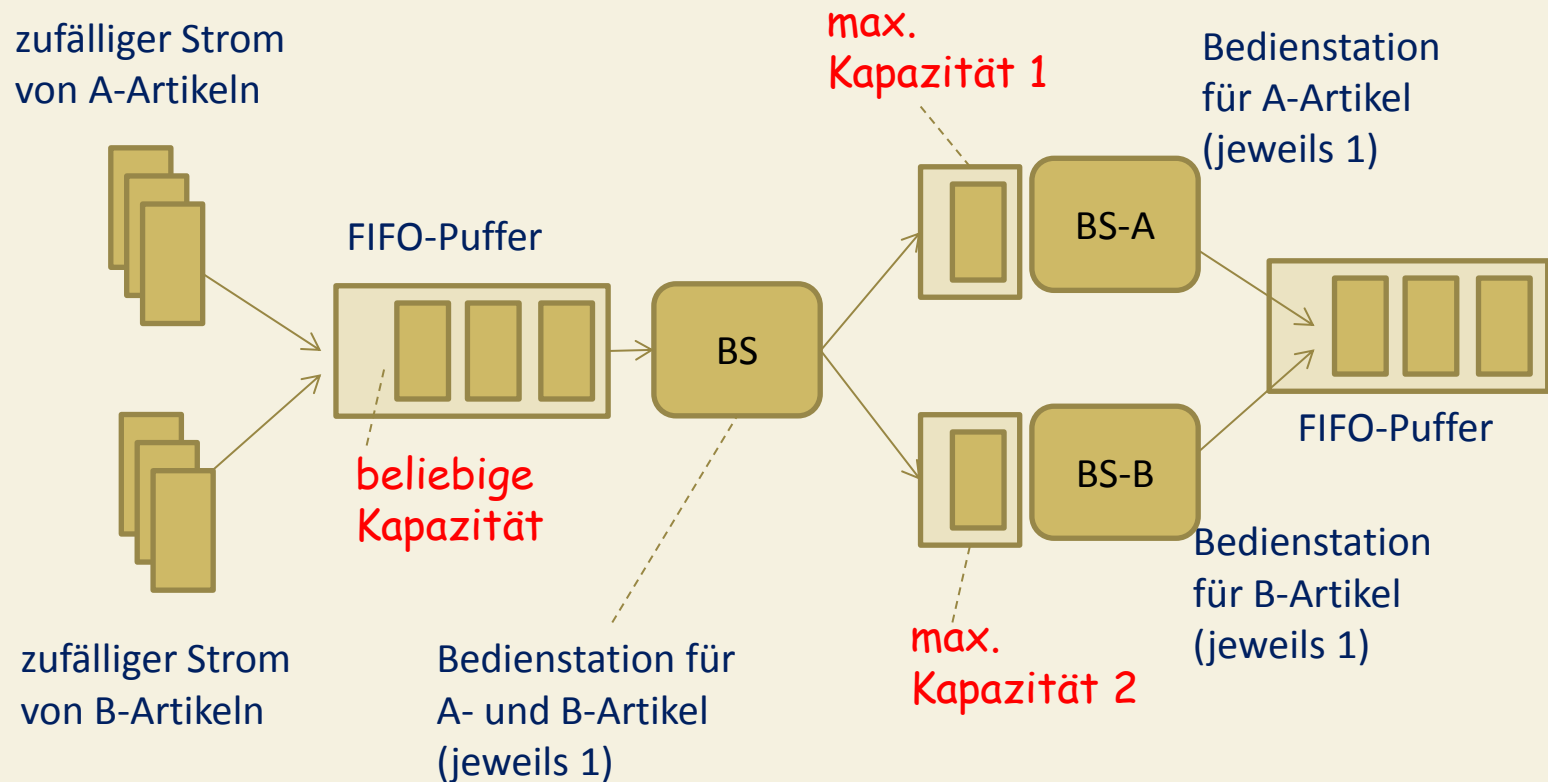
Inhalt

- ④ **Teil A**
Aspekte von Modellierung und Simulation dynamischer Systeme
- ④ **Teil B**
Die Modellierungssprache UML
- ④ **Teil C**
Die ausführbare Modellierungssprache SLX
- ④ **Teil D**
Modellierung von Lieferketten

- ④ **B.1**
Wozu UML im Kontext der Computersimulation?
- ④ **B.2**
UML-Teilsprachen, Sprachkonzepte
- ④ **B.3**
Klassendiagramme
- ④ **B.4**
Verhaltensbeschreibung mit Zustandsautomaten
- ④ **B.4' (zweite Lesung)**
Verhaltensbeschreibung mit Zustandsautomaten
 - ④ Wirkung von Triggerkombinationen
 - ④ Beispiel-3 „Fahrkartenautomat“
 - ④ Beispiel-4 „Maschinenbelegung“
- ④ **B.5**
OCL

Beispiel-4: Maschinenbelegung

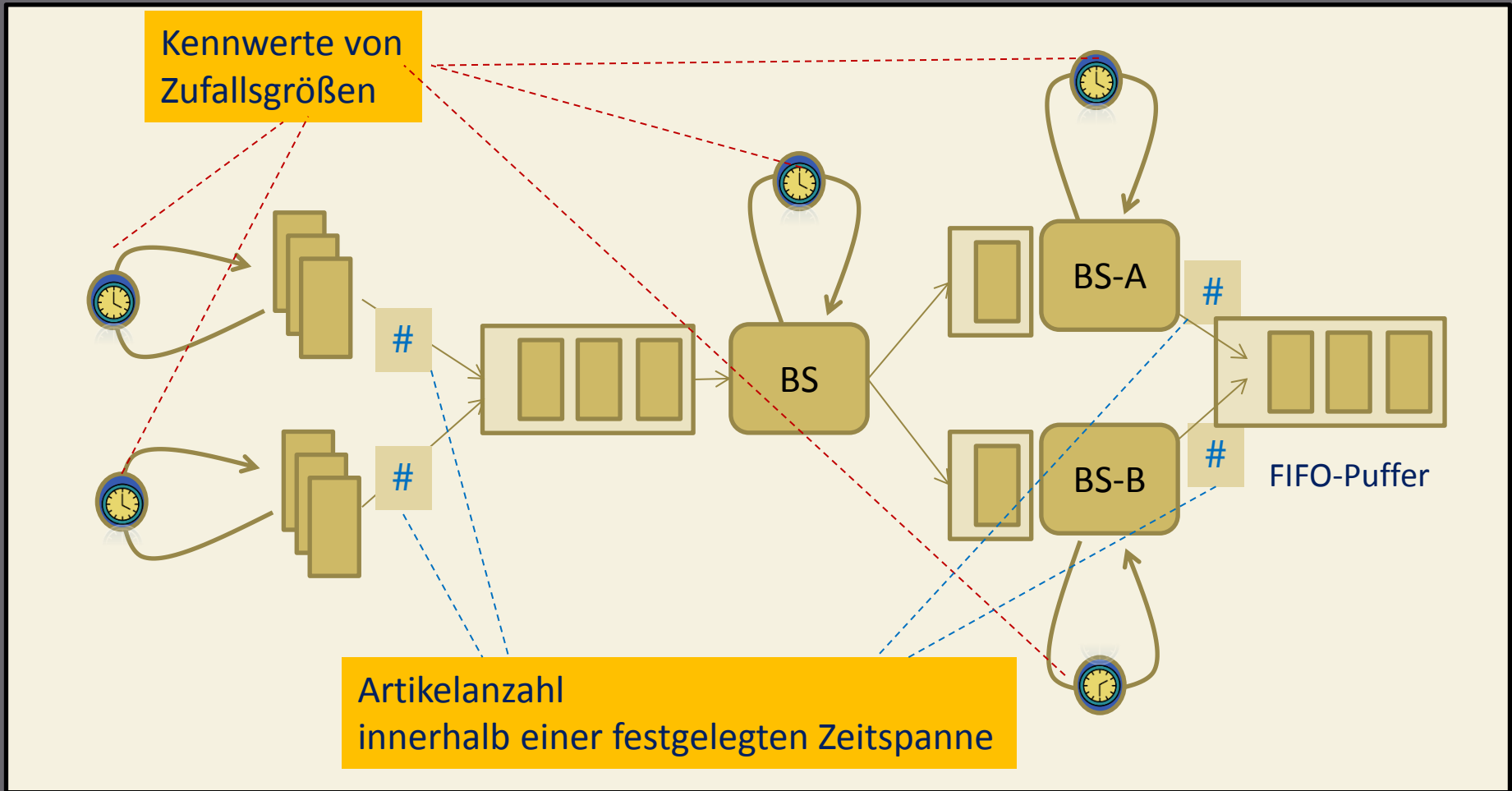
Informales Modell ~ Ziel: Durchsatzermittlung i-Abh. stochastischer Parameter



Bearbeitungsstation mit zufällig schwankenden Fertigungszeiten

Beispiel-4: Maschinenbelegung

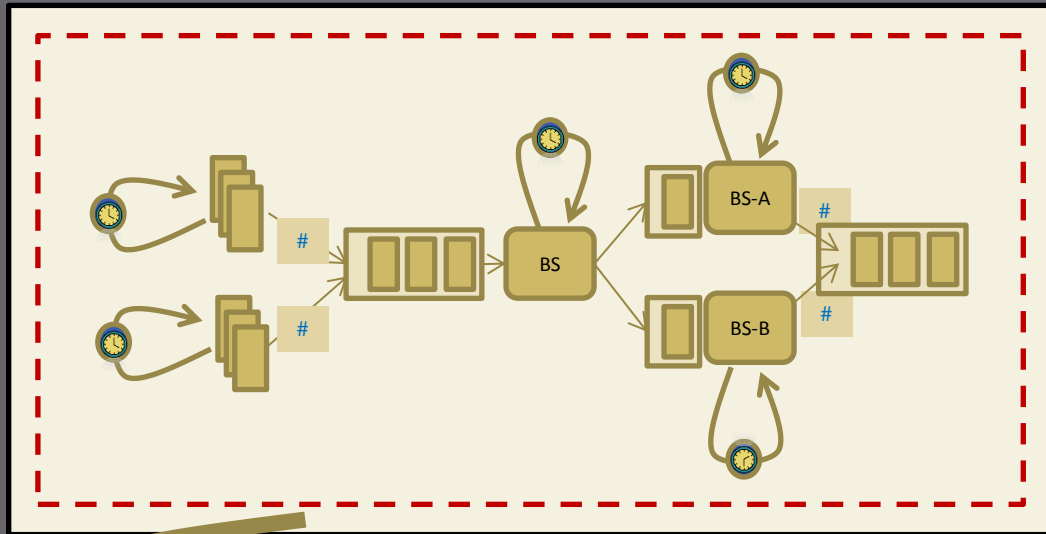
ExperimentierParameter



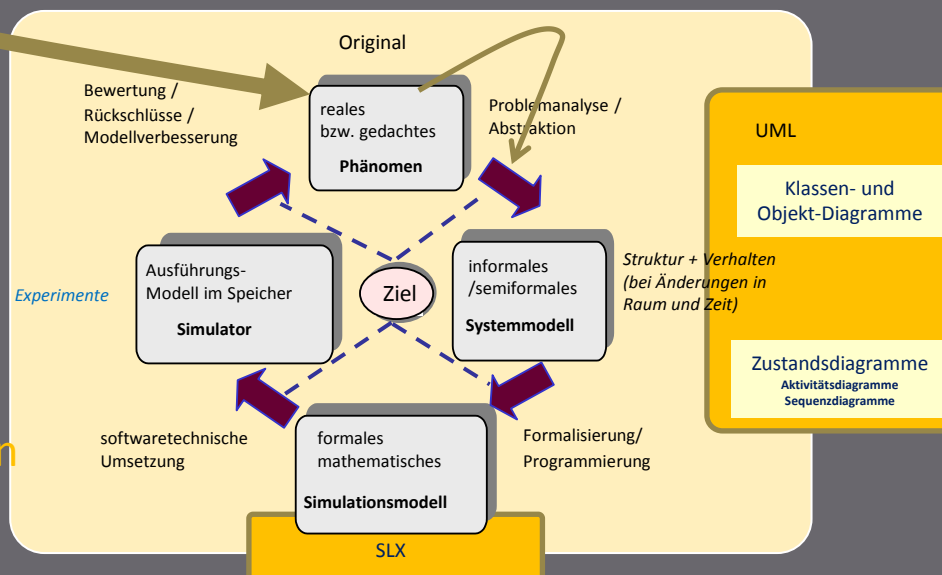
Beobachtungsgrößen

Beispiel-4: Maschinenbelegung

Darstellung unseres Systems in UML



Phänomen
als
hypothetisches Original-System
bei
formulierter
Zielstellung



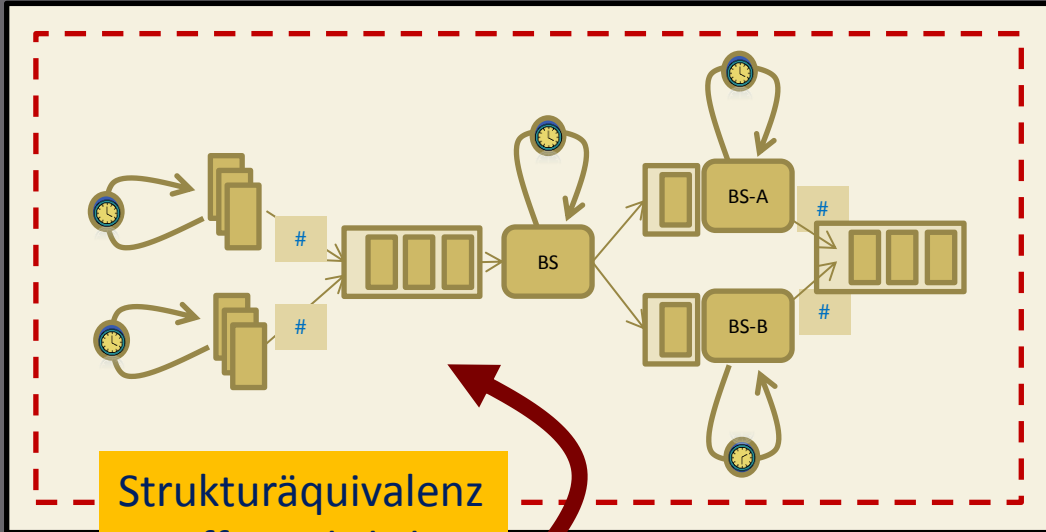
Vorgriff:
SLX hat dafür
passende
Datenstrukturen

Annahme:
verfügen über Paket mit

- generischer Factory (Template für aktive Klasse)
- Generischer FIFO-Warteschlange (Template für passive Klasse)

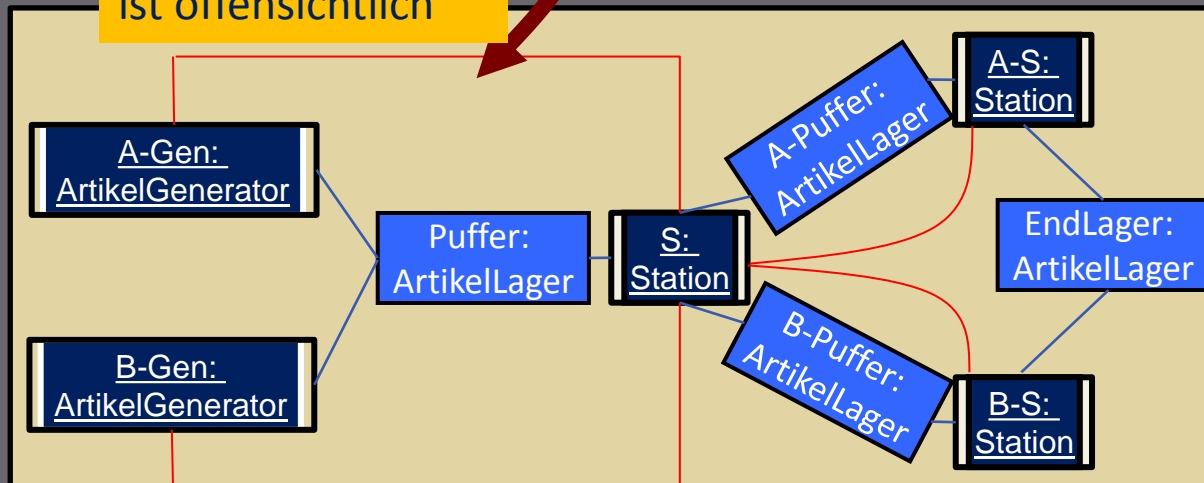
Beispiel-4: Maschinenbelegung

UML-Systemkonfiguration als Objektdiagramm bei Festlegung von aktiver und passiver Klasseigenschaft



Strukturäquivalenz ist offensichtlich

- Artikel ~ passive Klasse
- ArtikelGenerator ~
- ArtikelLager ~ passive Klasse
- Factory ~ aktive Klasse
- Station ~ aktive Klasse



Link — der Assoziation
AuftragsZustellung:
 Automat → Automat
 (~ per Signalversand)

Link — der Assoziation
ArtikelZustellung:
 Automat → ArtikelLager
 (~ per Artikelversand)

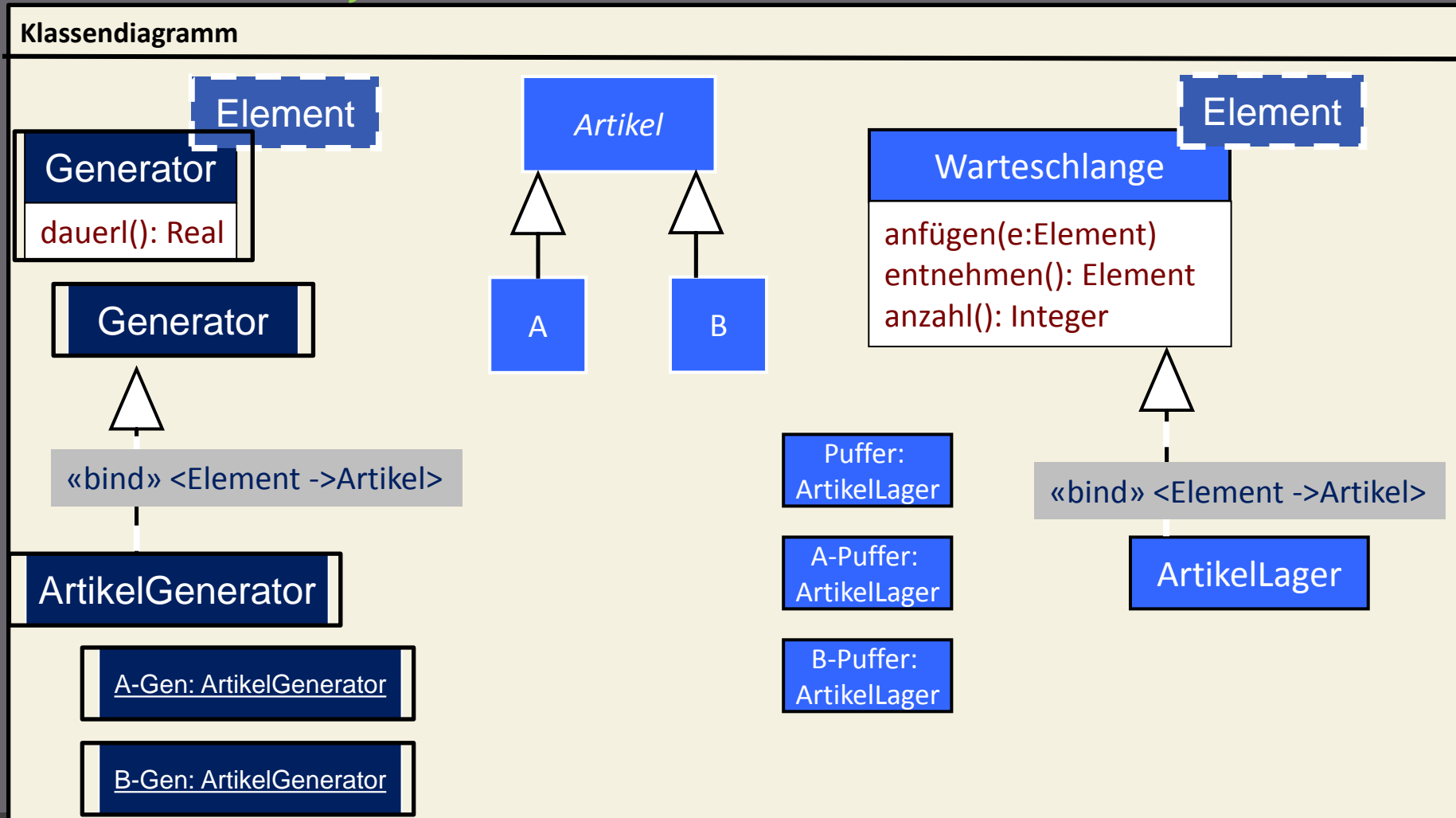
Jeder UML-Zustandsautomat hat einen lokalen Timer (Uhr)

Links zu Objekten der Artikel, Aufträge als Signale fehlen noch

Beispiel-4: Maschinenbelegung

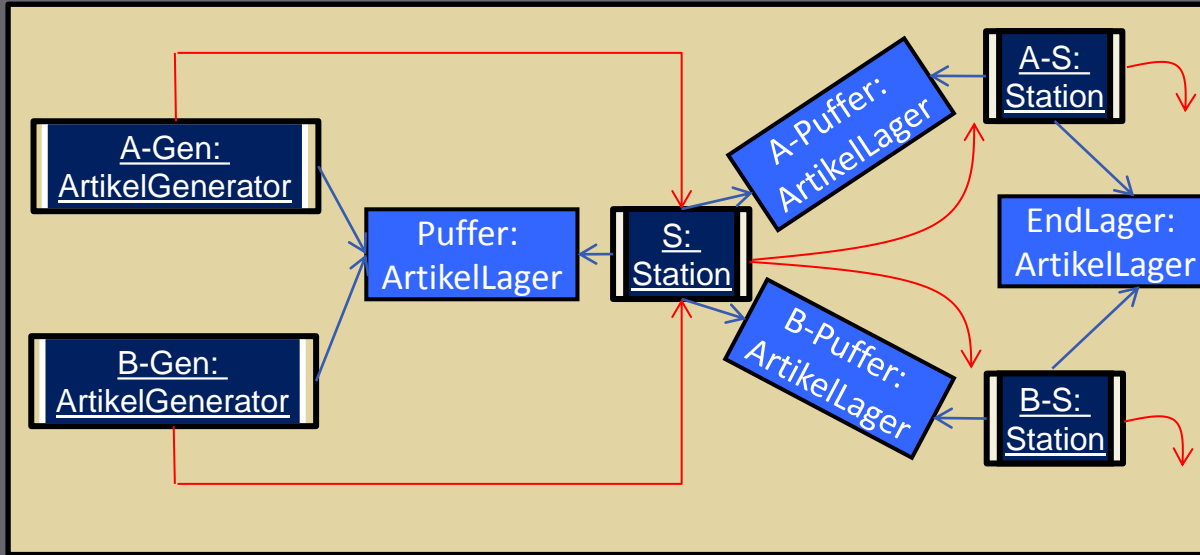
Anwendung von Typschablone zur Definition von

- ArtikelGenerator
- ArtikelLager



Beispiel-4: Maschinenbelegung

Dualität: Assoziationsende und Attribut



Richtungsangabe hilfreich
aber nicht UML-Konform

Kardinalitätsangabe

Klasse ArtikelGenerator

ausgabe: ArtikelLager [1] // in dem zugordneten Objekt kann dann generiertes
// Artikel-Objekt abgelegt werden

nachfolger: Station [1] // zu dem zugeordneten Objekt kann ein Auftragsignal geschickt
// werden

Klasse Station

eingabe: ArtikelLager [1]
ausgabe: ArtikelLager [1..2]

nachfolger: Station [0..2]

Beispiel-4: Maschinenbelegung

Klassendiagramm: Assoziationen zur Definition der Links im Objektdiagramm

Klassendiagramm

Klasse **ArtikelGenerator**

ausgabe: ArtikelLager [1]

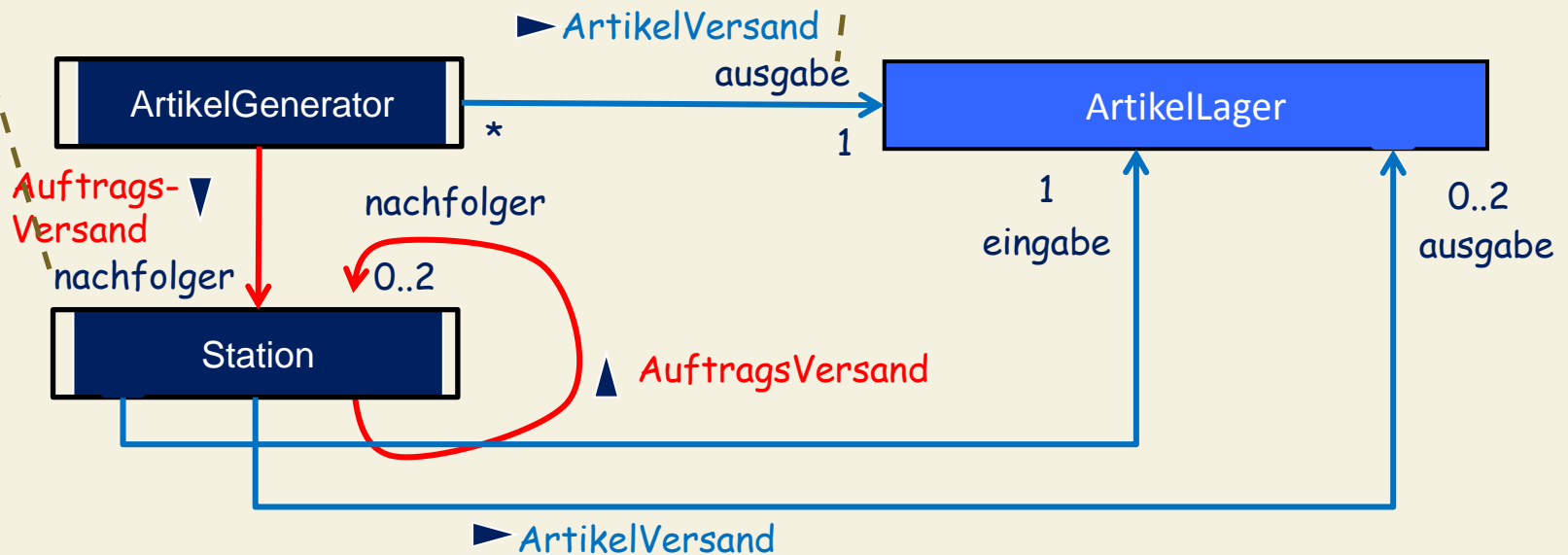
nachfolger: Station [1]

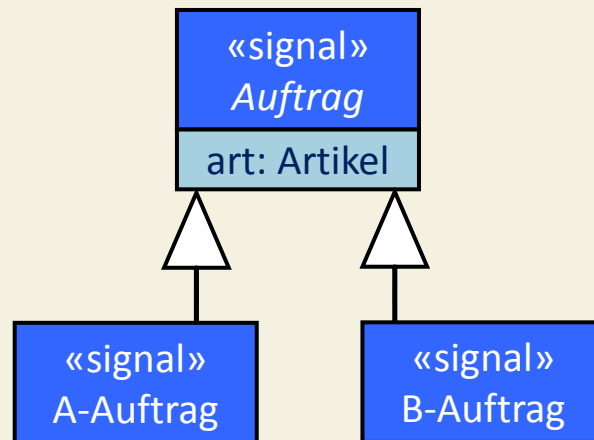
Klasse **Station**

eingabe: ArtikelLager [1]

ausgabe: ArtikelLager [1..2]

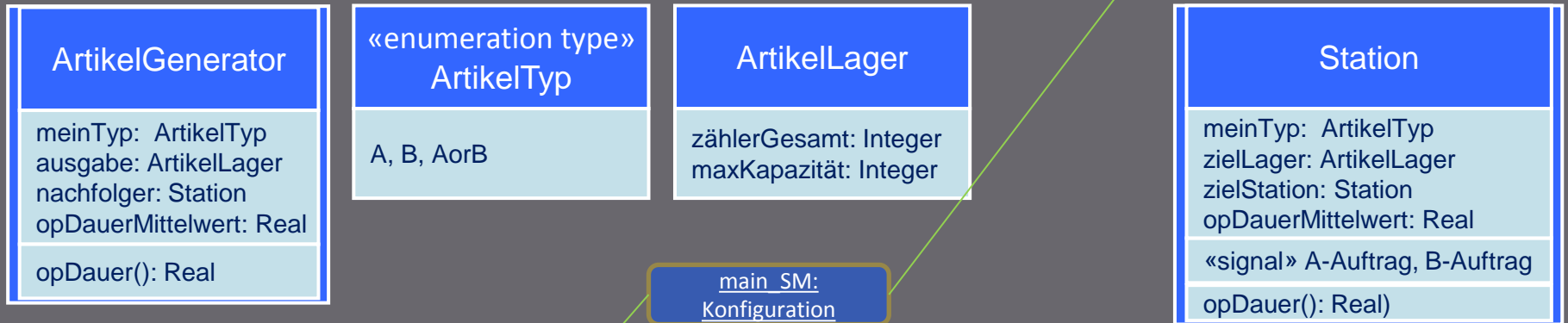
nachfolger: Station [0..2]



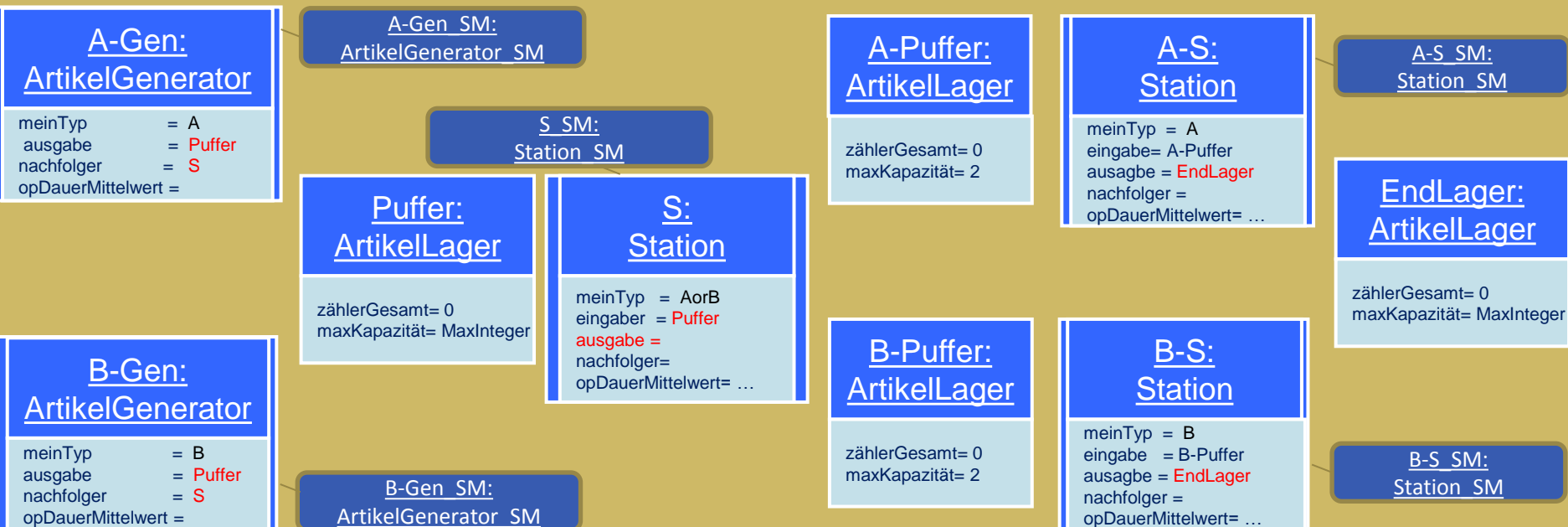


Beispiel-4: Maschinenbelegung

Erzeugung des UML-Systems: Unklar, wer die Objektconstructoren ruft



Initiale Objektkonfiguration



Beispiel-4: Maschinenbelegung

Verhaltensbeschreibung der Zustandsmaschinen (als Typen), so dass sich Zustandsmaschinen als Instanzen bilden lassen

ArtikelGenerator_SM

Station_SM

Initiale Objektkonfiguration

A-Gen:
ArtikelGenerator

A-Gen SM:
ArtikelGenerator_SM

S SM:
Station_SM

S:
Station

A-S:
Station

A-S SM:
Station_SM

B-Gen:
ArtikelGenerator

B-Gen SM:
ArtikelGenerator_SM

B-S:
Station

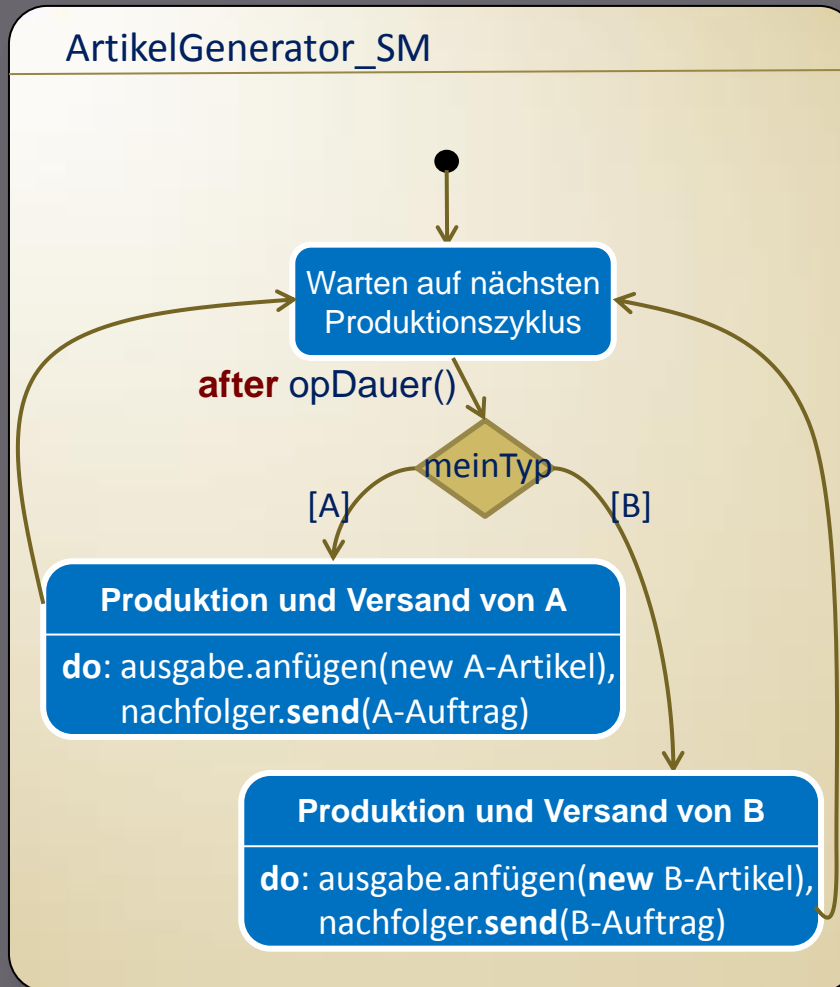
B-S SM:
Station_SM

JETZT

geht es weiter ...

Beispiel-4: Maschinenbelegung

Verhaltensbeschreibung für die Klasse ArtikelGenerator als Zustandsmaschine



ArtikelGenerator

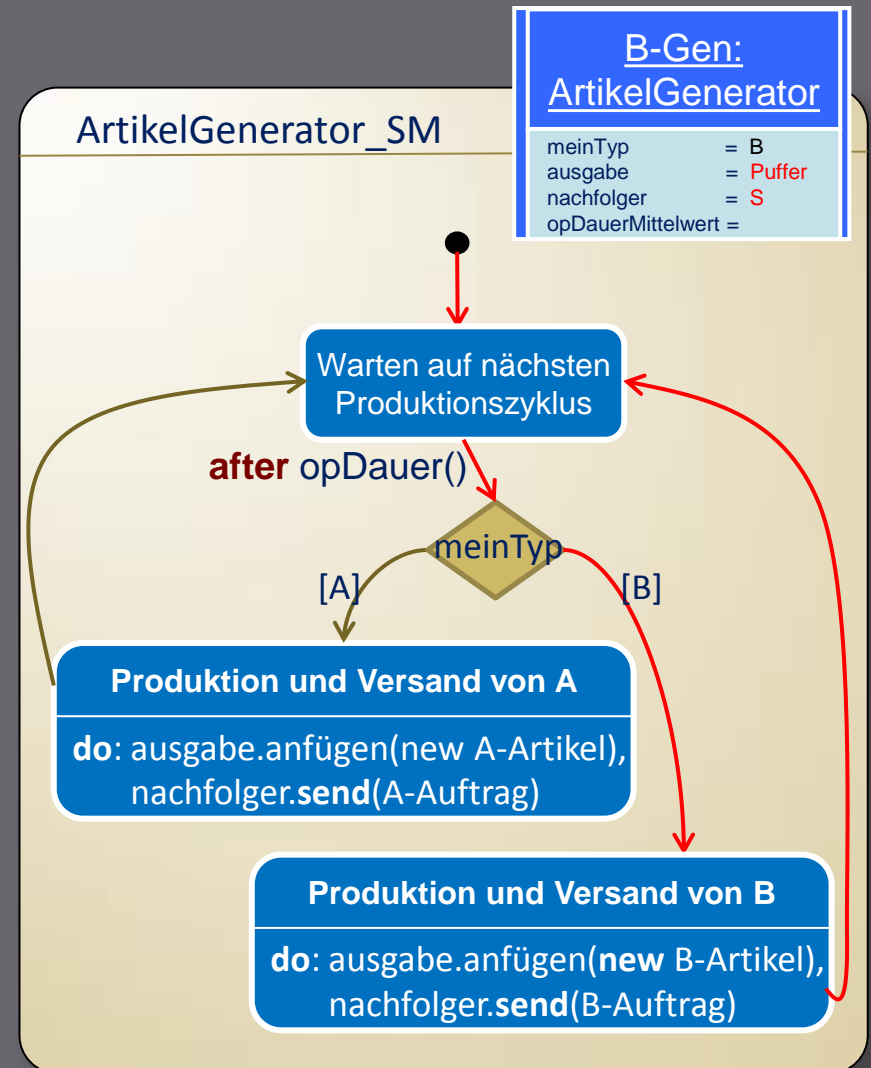
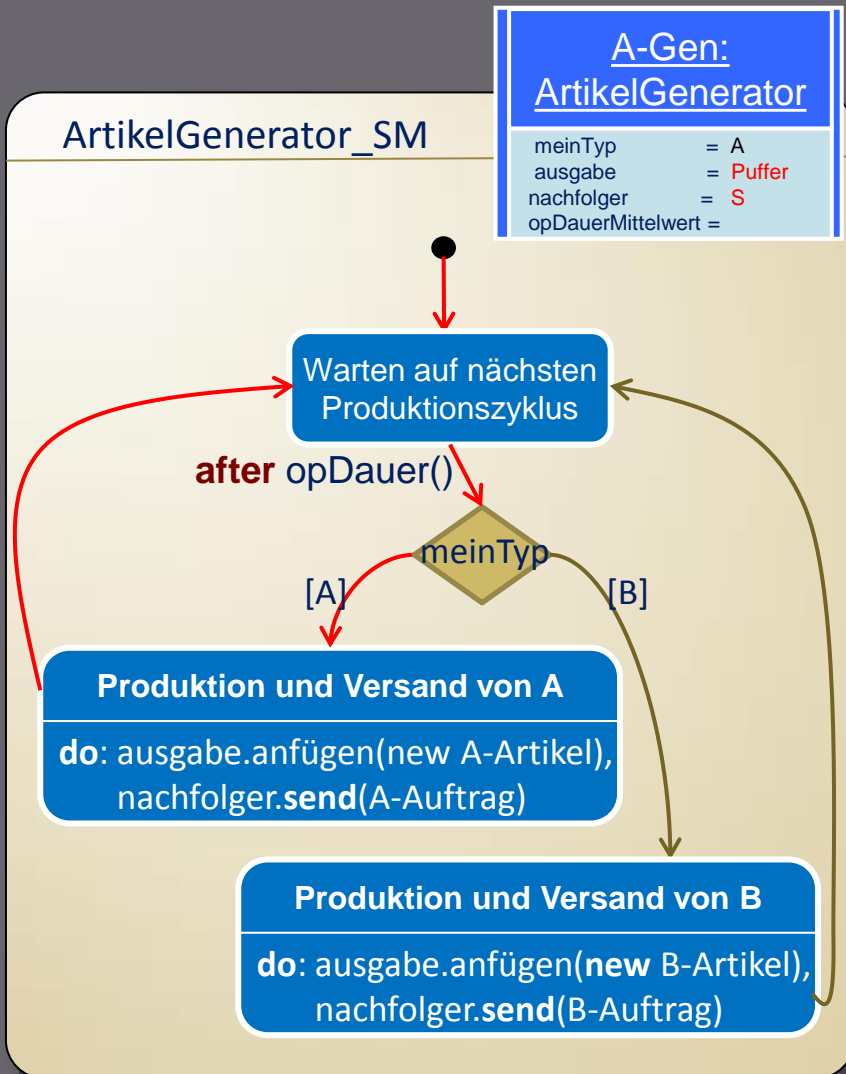
meinTyp: ArtikelTyp
ausgabe: ArtikelLager
nachfolger: Station
opDauerMittelwert: Real
opDauer(): Real

«enumeration type»
ArtikelTyp

A, B, AorB

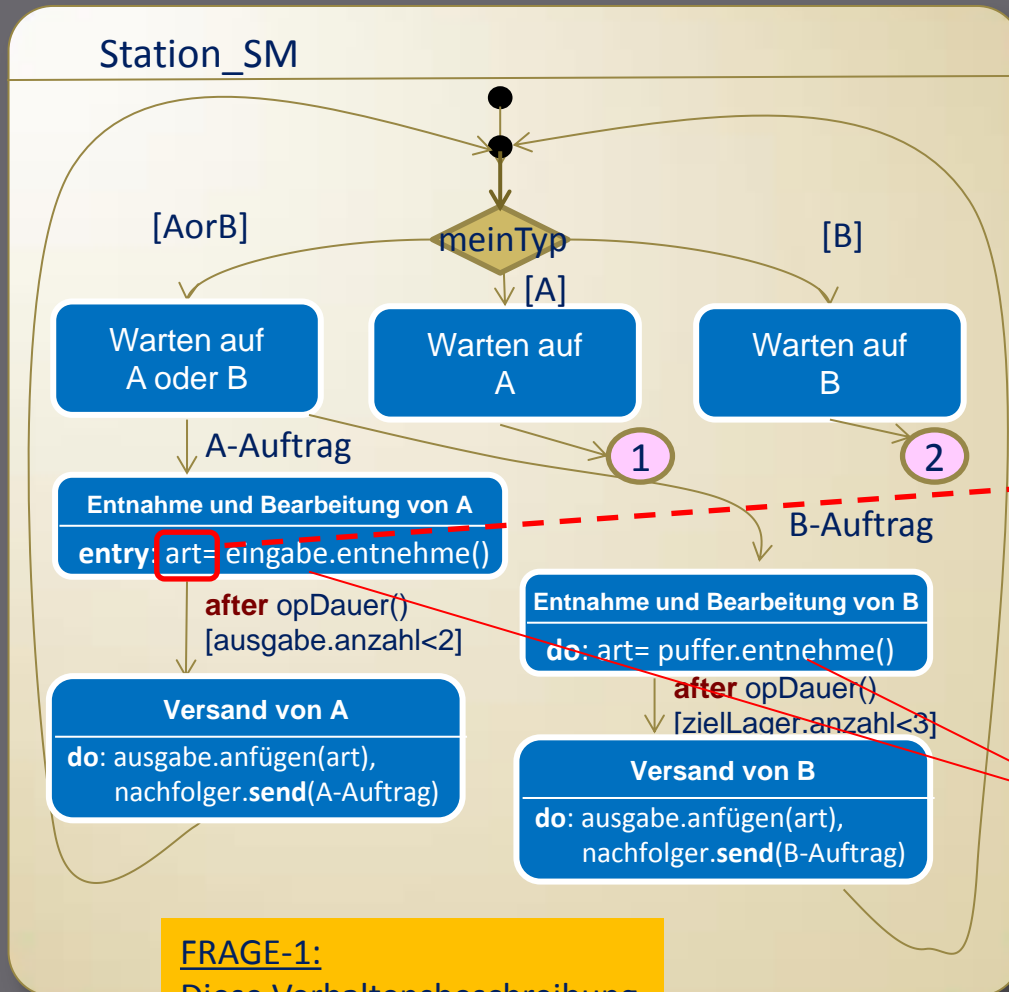
Beispiel-4: Maschinenbelegung

Arbeitsweise der Zustandsmaschine für die Objekte: A-Gen, B-Gen



Beispiel-4: Maschinenbelegung

Verhaltensbeschreibung für die Klasse Station als Zustandsmaschine



Station
meinTyp: ArtikelTyp
zielLager: ArtikelLager
zielStation: Station
opDauerMittelwert: Real
«signal» A-Auftrag, B-Auftrag
opDauer(): Real

lokale Variable der Zustandsmaschine
art: Artikel

UML geht von der Möglichkeit aus, regelt dies aber nicht aber MagicDraw schon

FRAGEN-2:

- die zugewiesenen Objekte sind von welchem Typ?
- Ist die Art Zuweisung erlaubt?
- Warum?

FRAGE-1:
Diese Verhaltensbeschreibung gilt für welche Objekte ?

Beispiel-4: Maschinenbelegung

Verhaltensbeschreibung: zyklisch arbeitende Automaten

