34. Verhaltensanalyse für die Lebenszyklen von Objekten: Aktionsdiagramme (Aktivitäten-, Zustandsdiagramme)

- wie modelliere ich das Leben von Objekten und andere Abläufe in Prozessen?

Prof. Dr. rer. nat. Uwe Aßmann

Institut für Software- und Multimediatechnik

Lehrstuhl Softwaretechnologie

Fakultät für Informatik

TU Dresden

Version 19-1.1, 15.06.19

1) Aktivitätendiagramme in UML
2) Zustandsdiagramme in UML
3) Verhaltens-, Steuerungs-, und Protokollmaschinen
4) Implementierung von Steuerungsmaschinen
5) Einsatz im Test

A1) Andere Notationen

A2) Impl. von Protokollmaschinen

Obligatorische Literatur

- Zuser 7.5.3
- Störrle Kap. 10 (Zustandsdiagramme), Kap. 11 (Aktivitätsdiagramme)
- ST für Einsteiger: Kap. 10

Grameen has given me an unshakeable faith in the creativity of human beings. This has led me to believe that human beings are not born to suffer the misery of hunger and poverty.
To me poor people are like bonsai trees. When you plant the best seed of the tallest tree in a flower-pot, you get a replica of the tallest tree, only inches tall. There is nothing wrong with the seed you planted, only the soil-base that is too inadequate. Poor people are bonsai people. There is nothing wrong in their seeds. Simply, society never gave them the base to grow on. All it needs to get the poor people out of poverty for us to create an enabling environment for them. Once the poor can unleash their energy and creativity, poverty will disappear very quickly.
Let us join hands to give every human being a fair chance to unleash their energy and creativity.

M. Yunus, Peace Nobel price lecture, Oslo, Dec 10, 2006

Weitere Literatur

- Modellierung des Tamagotchi-Spiels mit Statemate, einer professionellen Statechart-Umgebung
  - http://www4.in.tum.de/~philippj/tamasemi/slides/statemate.pdf
- Wie man professionell Zustandsmaschinen aus einer domänenspezischen Sprache auf C übersetzt, zeigt der RAGEL compiler
  - http://www.colm.net/open-source/ragel/
  -

Notation: Wir schreiben:

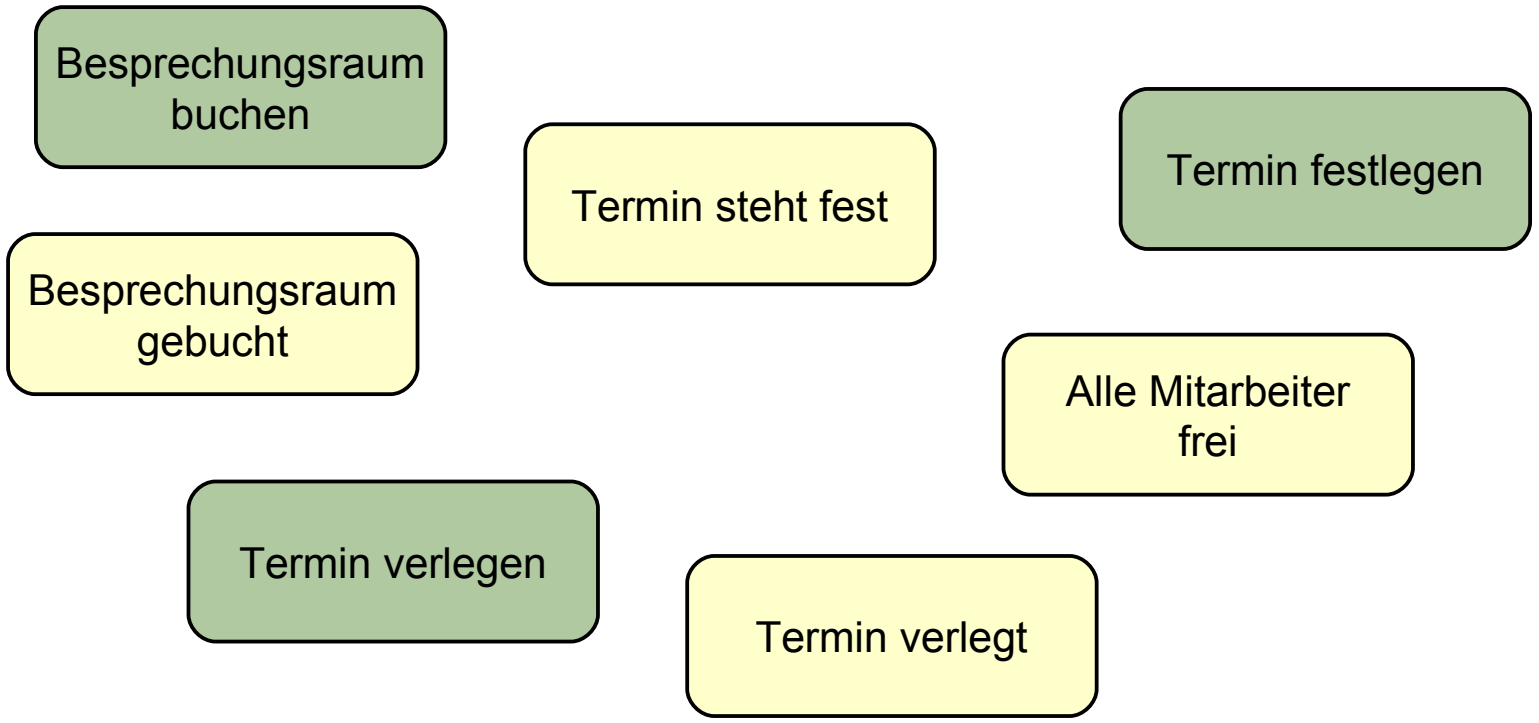
- Analysefragen in Font LeckerliOne: *Which tools does a text contain?*
- Zu analysierende Texte des Kunden in Font ComicJens: *Eine Teambesprechung ist ein Termin.*

Überblick Teil III: Objektorientierte Analyse (OOA)

1. Überblick Objektorientierte Analyse
   1. (schon gehabt:) Strukturelle Modellierung mit CRC-Karten
2. Strukturelle metamodellgetriebene Modellierung mit UML
   1. Strukturelle metamodellgetriebene Modellierung für das Domänenmodell
   2. Strukturelle Modellierung von komplexen Objekten
   3. Strukturelle Modellierung für Kontextmodell und Top-Level-Architektur
3. Analyse von funktionalen Anforderungen (Verhaltensanalyse)
   1. Funktionale Verfeinerung: Dynamische Modellierung und Szenarienanalyse mit Aktionsdiagrammen
   2. Funktionale querschneidende Verfeinerung: Szenarienanalyse mit Anwendungsfällen, Kollaborationen und Interaktionsdiagrammen
   3. (Funktionale querschneidende Verfeinerung für komplexe Objekte)
4. Beispiel Fallstudie EU-Rent

Problem: Wie analysiert man einen Text vom Kunden, der das Verhalten eines Objekts beschreibt?

- "Eine Teambesprechung benötigt einen Besprechungsraum. Bevor der gebucht werden kann, muss der Termin feststehen; das kann aber nur festgelegt werden, wenn alle Mitarbeiter, die an dem Termin teilnehmen sollen, frei sind. Andernfalls muss der Termin verlegt werden."



Dynamische Analyse (Verhaltensanalyse)

Dynamische Analyse fragt nach den zeitlichen Aussagen des Kunden über Reihenfolgen, zeitliche Abfolgen, Ordnungen.

- Ergebnis:
  - **Verhaltensmodelle**
  - **Steuerungsmaschinen** (Lebenszyklen von komplexen Objekten)
  - **Technische Steuerungsmaschinen** (Lebenszyklen von eingebetteten Systemen)

Welche Phasen durchläuft ein Objekt oder ein System?

In welche Zuständen befindet sich das Objekt?

Punktweise und querschneidende dynamische Verfeinerung

Punktweise funktionale Verfeinerung ist eine funktionale Verfeinerung eines Modellfragmentes (meist Objekt oder Methode), die *punktweise* geschieht, d.h. pro Modellfragment separat durchgeführt wird.

Kap. 34

- Ergebnis der Verfeinerung einer Klasse im Strukturmodell:
  - **Lebenszyklus** des komplexen Objektes
  - **Implementierung** einer Methode

Welchen Lebenszyklus durchläuft ein Objekt? Welche Zustände oder Aktivitäten hat eine Methode?

Querschneidende funktionale Verfeinerung ist eine funktionale Verfeinerung *mehrerer* Modellfragmente gleichzeitig, die *querschneidend* geschieht.

Kap. 35

- Damit kann man das Zusammenspiel mehrerer Objekte oder Methoden untersuchen, eine *Szenarienanalyse*, die quasi die Draufsicht auf ein Szenario ermittelt
  - Siehe Kapitel “Szenarienanalyse”

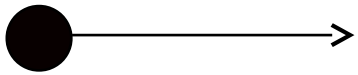
Welches Interaktionsprotokoll durchläuft eine Gruppe von Objekten?

34.1. Modellierung von Prozessen mit Aktionsdiagrammen

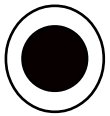
Aktionsdiagramme: Aktivitätsdiagramme (AD), Statecharts (SC)

Start- und Endzustand

- Jedes Aktionsdiagramm (Statechart, Aktivitätendiagramm) sollte einen eindeutigen Startzustand haben. Der Startzustand ist ein "Pseudo-Zustand".
- **Notation:**



- Ein Aktionsdiagramm kann einen oder mehrere Endzustände haben.
- **Notation:** *("bull's eye")*

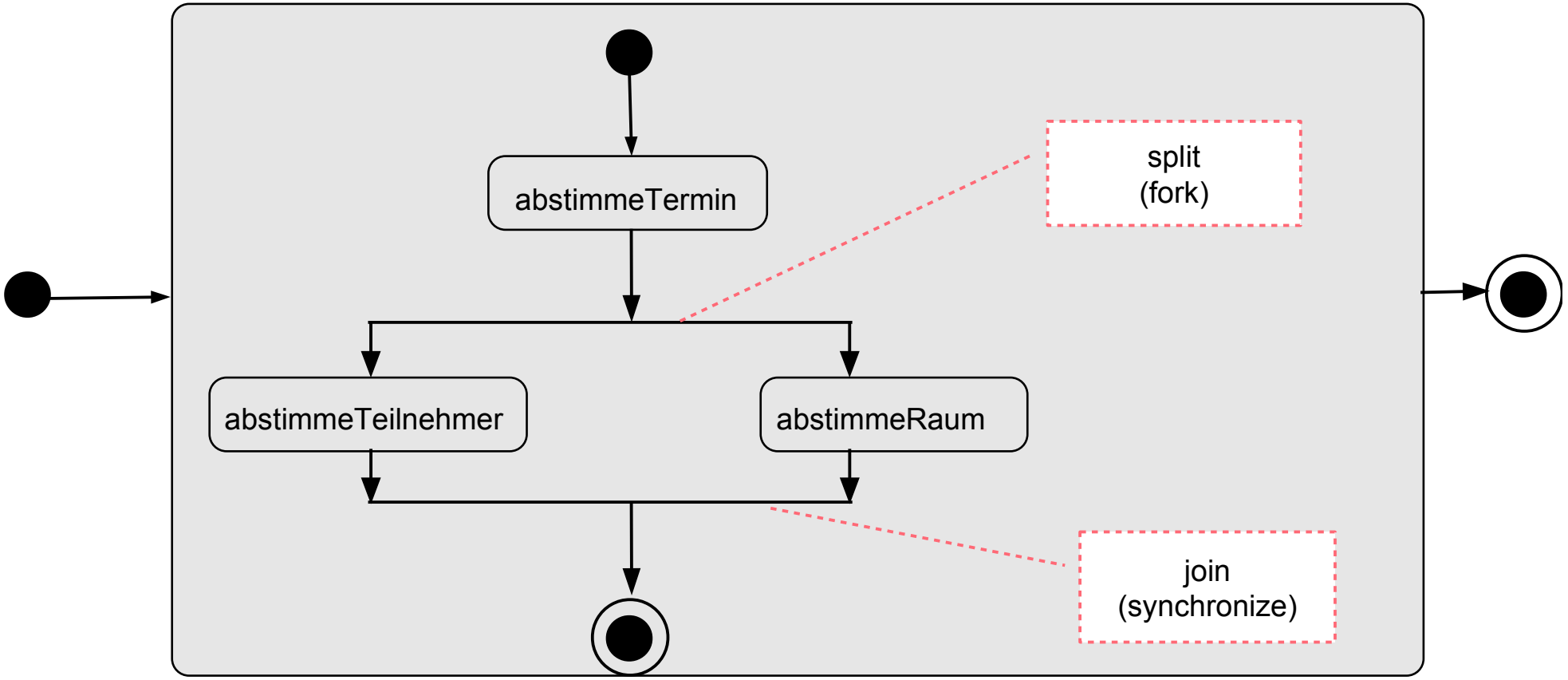


34.1.1. Aktivitätsdiagramme

- zur Spezifikation von Aktivitäten und ihren Abhängigkeiten

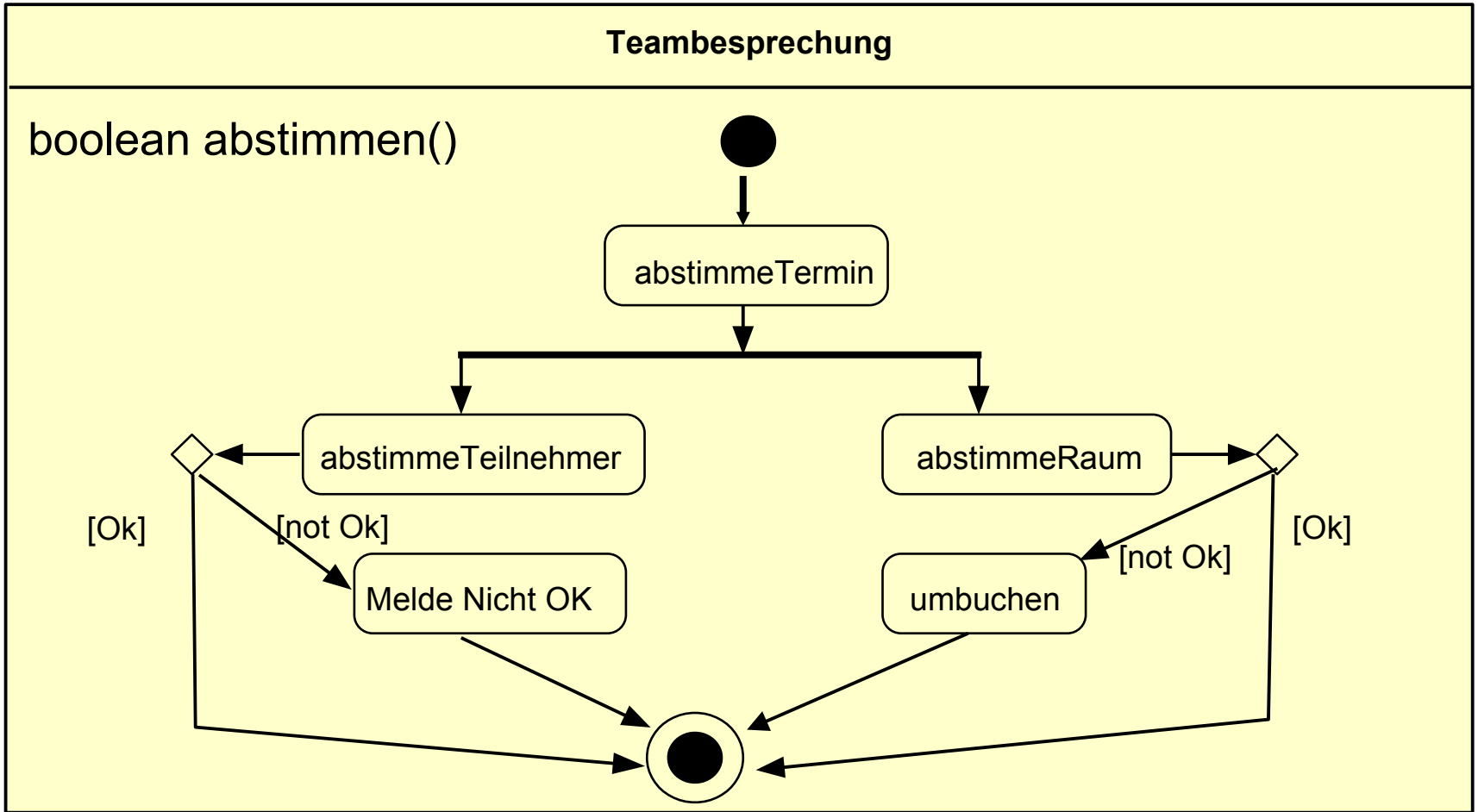
Dynamische Modellierung (Verhaltensmodellierung)

- Eine Signatur eines Objektes oder einer Methode muss ***funktional verfeinert*** werden
  - Das Verhalten (dynamische Semantik) muss spezifiziert werden (partiell oder vollständig)
  - Daher spricht man von *Verhaltensmodellierung* oder *dynamischer Modellierung*
  - und von *punktweiser Verfeinerung* einer Klassen- oder Methoden-Signatur
- Einfachste Form: Angabe von Aktivitäten, verknüpft mit Steuer- und Datenfluss
  - Geschachtelt in eine Oberaktivität



Aktivitätsdiagramm als Verhalten einer Methode (activity diagram)

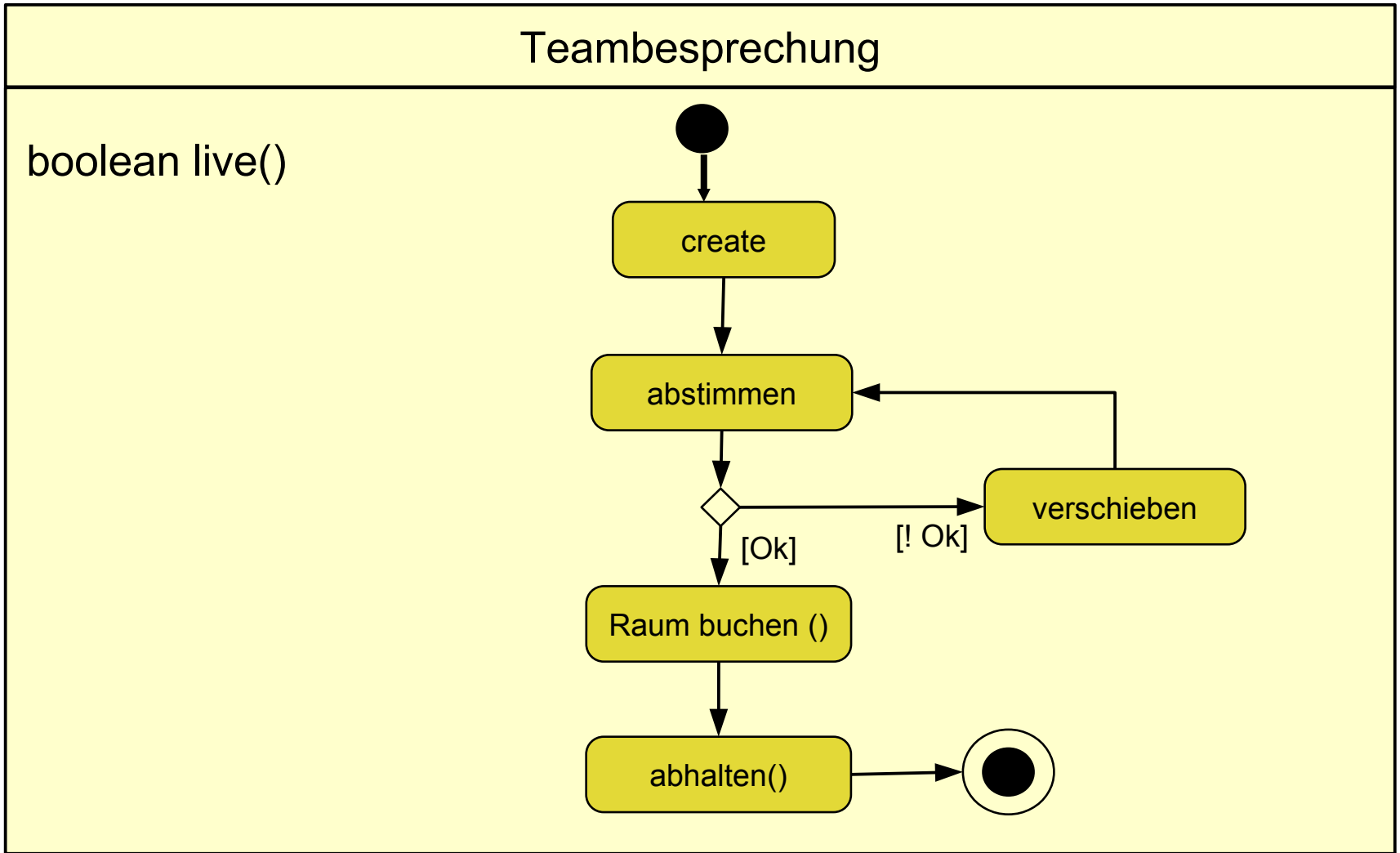
- Aktivitätsdiagramme können das Verhalten einer Methode beschreiben, dann werden sie in ein Abteil der Klasse notiert
- Aktivitäten, verbunden durch Datenfluß (Datenflußdiagramm, data-flow diagram)
  - Parallele Aktivitäten in parallelen Zweigen
  - Bedingungen (guards) bestimmen, ob über eine Kante Daten fliessen (*bedingter* Datenfluß)



[nach Pfleeger]

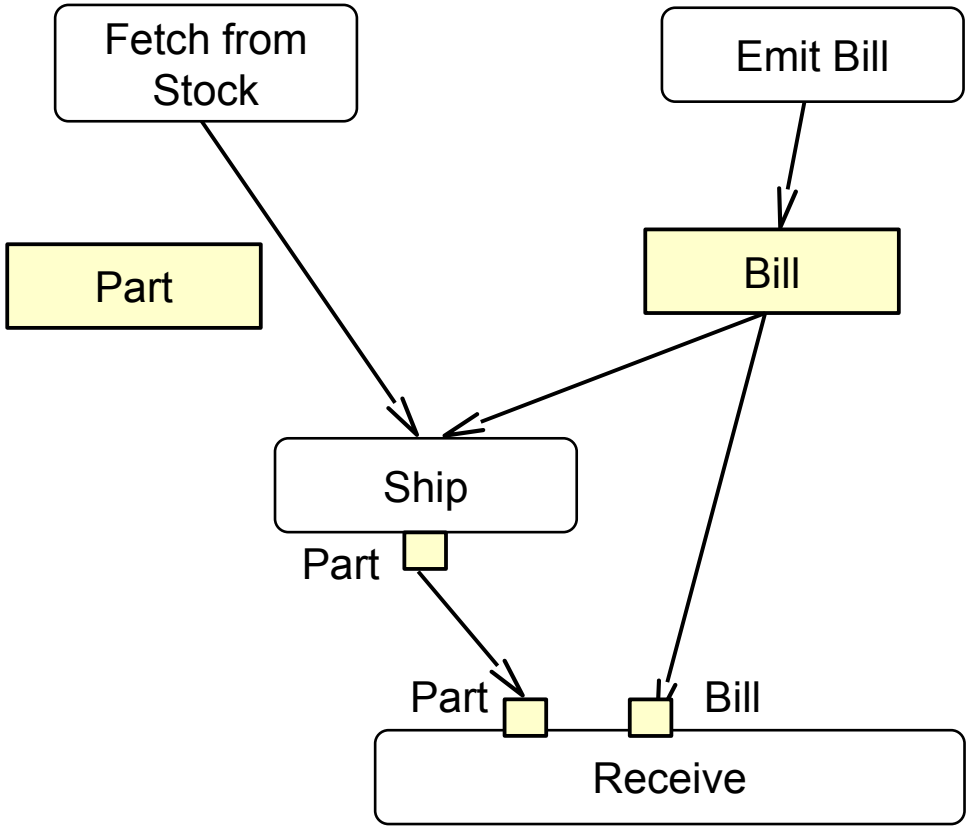
Aktivitätsdiagramm für Lebenszyklus eines Objekts

- Viele Objekte müssen in einer bestimmten Art und Weise aufgerufen werden, von ihrer Geburt bis zum Tod
- AD beschreiben den *Arbeitsfluss (Workflow)* der Methoden (hier: abstimmen() wird aufgerufen)



Verschiedene Notationen für Datenfluß

- Objekte, die zwischen Aktivitäten fließen, können verschieden notiert werden
- *Pins* sind benamte Parameter der Aktivitäten
  - Unterscheide von Ports von Komponenten!



34.2 UML-Zustandsdiagramme (Zustandsmaschinen, Statecharts)

Zustandsmaschinen spezifizieren *Zustände* und ihr Aufeinanderfolgen

Zustandsmaschinen gehören zu jUML, wenn sie verlustfrei in Code überführt und zurücküberführt werden können (round-trip engineering)

Zustandsbasierte dynamische Modellierung für sicherheitskritische Systeme

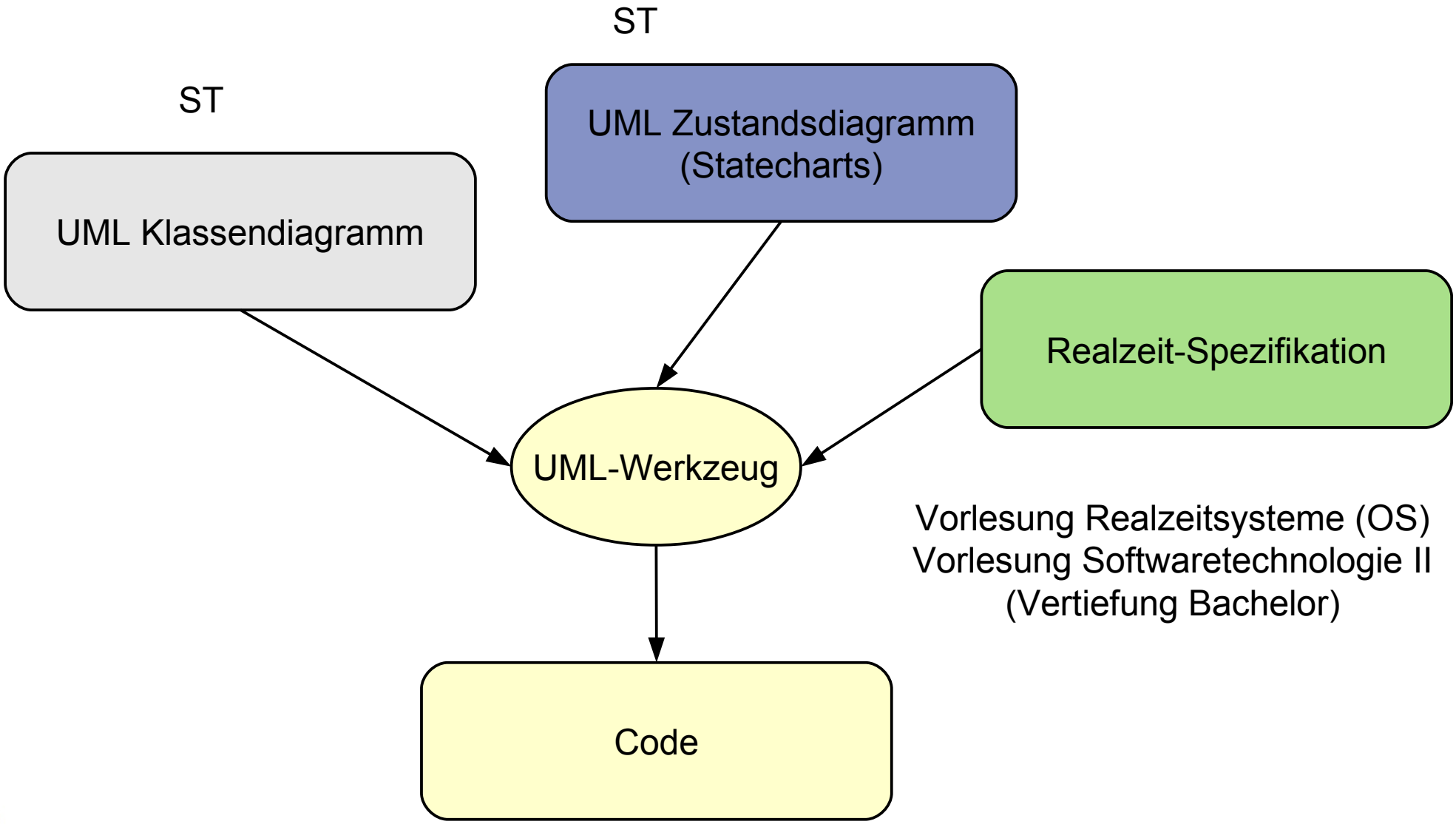
- Objekt-Verhalten und Szenarien können auch *zustandsbetont (phasen-orientiert, modi-orientiert)* analysiert werden
- Beispiel: Spezifikationen von Zustandsautomaten für Fly-by-wire und Drive-by-wire
- Methodik: Analyse und Entwurf mit UML-Statecharts

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Hands-free_Driving.jpg

Railcabs

https://de.wikipedia.org/wiki/RailCab

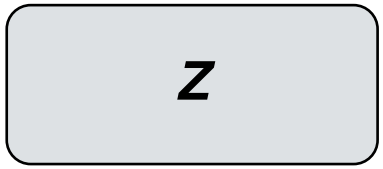
- Die Paderborner Railcabs arbeiten mit UML-Statecharts, die mit Realzeit-attributen angereichert sind (real-time statecharts):



Vorlesung Realzeitsysteme (OS)
Vorlesung Softwaretechnologie II
(Vertiefung Bachelor)

UML-Zustandsmodelle

- **Definition:** Ein ***Zustand (Phase, Modus)*** ist eine Eigenschaft eines Objektes oder Systems, die über einen begrenzten Zeitraum besteht.
- **Notation:**



- Ein (technisches) **System** besteht aus einem (komplexen) Objekt oder einem Netz von Objekten, das Aufgaben ausführt
  - eines komplexes Softwaresystem
  - ein Arbeitsprozess
  - ein Produkt eines Arbeitsprozesses
  - ein einzelnes Objekt

- *Vorsicht! Zustände werden wie Aktivitäten mit ovalen Boxen notiert, gehören aber zu einem Zustandsdiagramm!*

34.2.1 Endliche Automaten ohne Aktionen (Akzeptoren)

- Theoretische Informatik, Automatentheorie:

  Ein **endlicher Zustandsautomat (Akzeptor)** über einem Eingabealphabet A ist ein Tupel, bestehend aus:

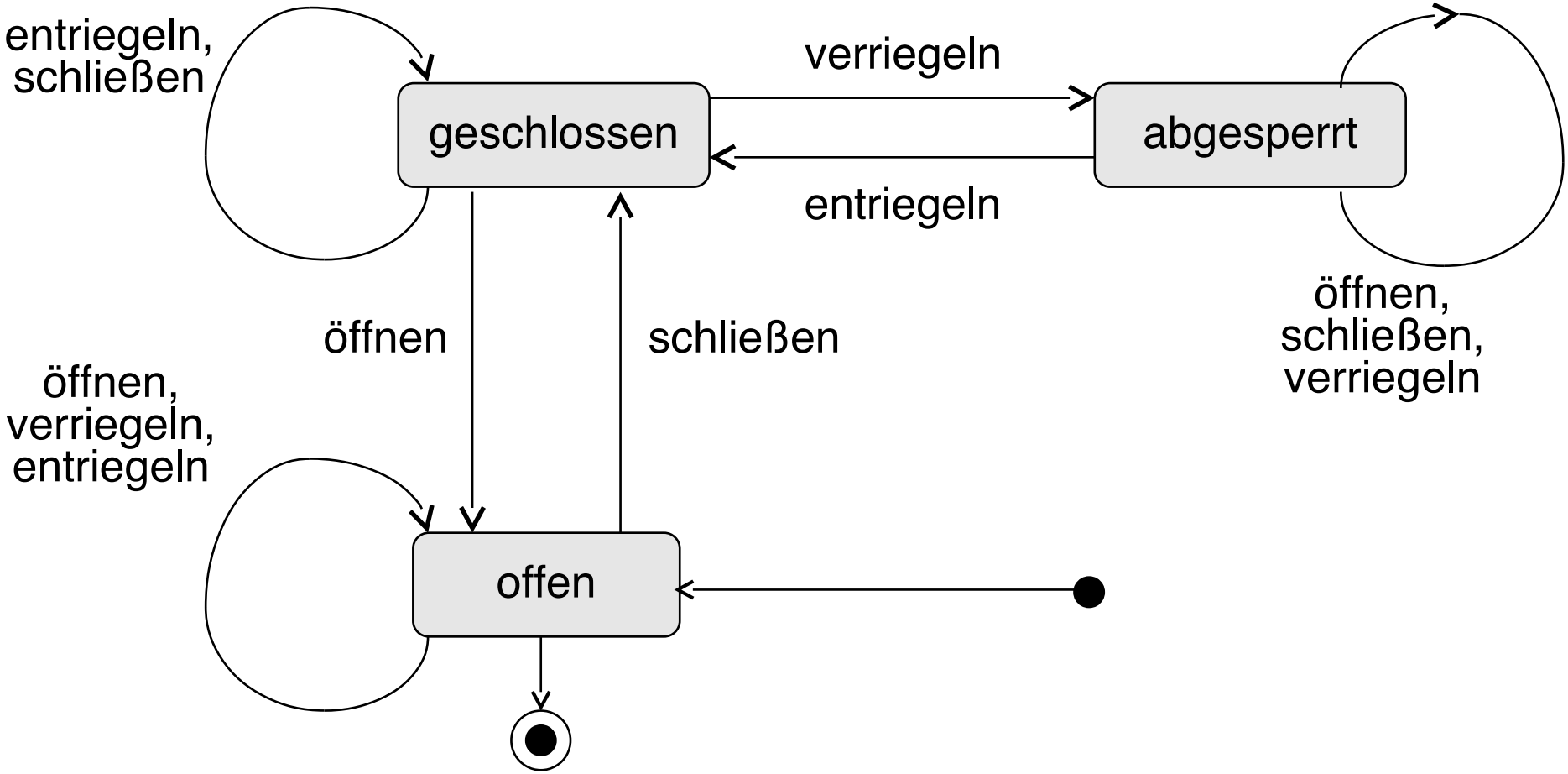
  - einer Menge S von Zuständen (Phasen, Modi)
    - einer (partiellen) Übergangsfunktion trans : S x A → S
  - einem Startzustand s0 ∈ S
    - einer Menge von Endzuständen $S_f \subseteq S$

trans(geschlossen, verriegeln) = abgesperrt

Achtung! Notation von Zuständen ähnlich zur Notation von Aktivitäten!

Beispiel: Zustandsmodell einer Tür

- Der Tür-Akzeptor stellt einen Prüfer für mögliche Aktionsfolgen für eine Tür dar
- In UML heisst der Akzeptor ***Protokoll(zustands)maschine***, denn er akzeptiert eine Folge von Ereignissen (Protokoll)
- Der Zustandsautomat bildet die Phasen im Leben einer Tür ab



Zustandsübergangstabellen von Protokollmaschinen

Tür Ausgangs-/ Endzustand	geschlossen	offen	abgesperrt
geschlossen	entriegeln, schließen	öffnen	verriegeln
offen	schließen	öffnen, verriegeln, entriegeln	-
abgesperrt	entriegeln	-	öffnen, schließen, verriegeln

- Tabellen bilden eine alternative Notation

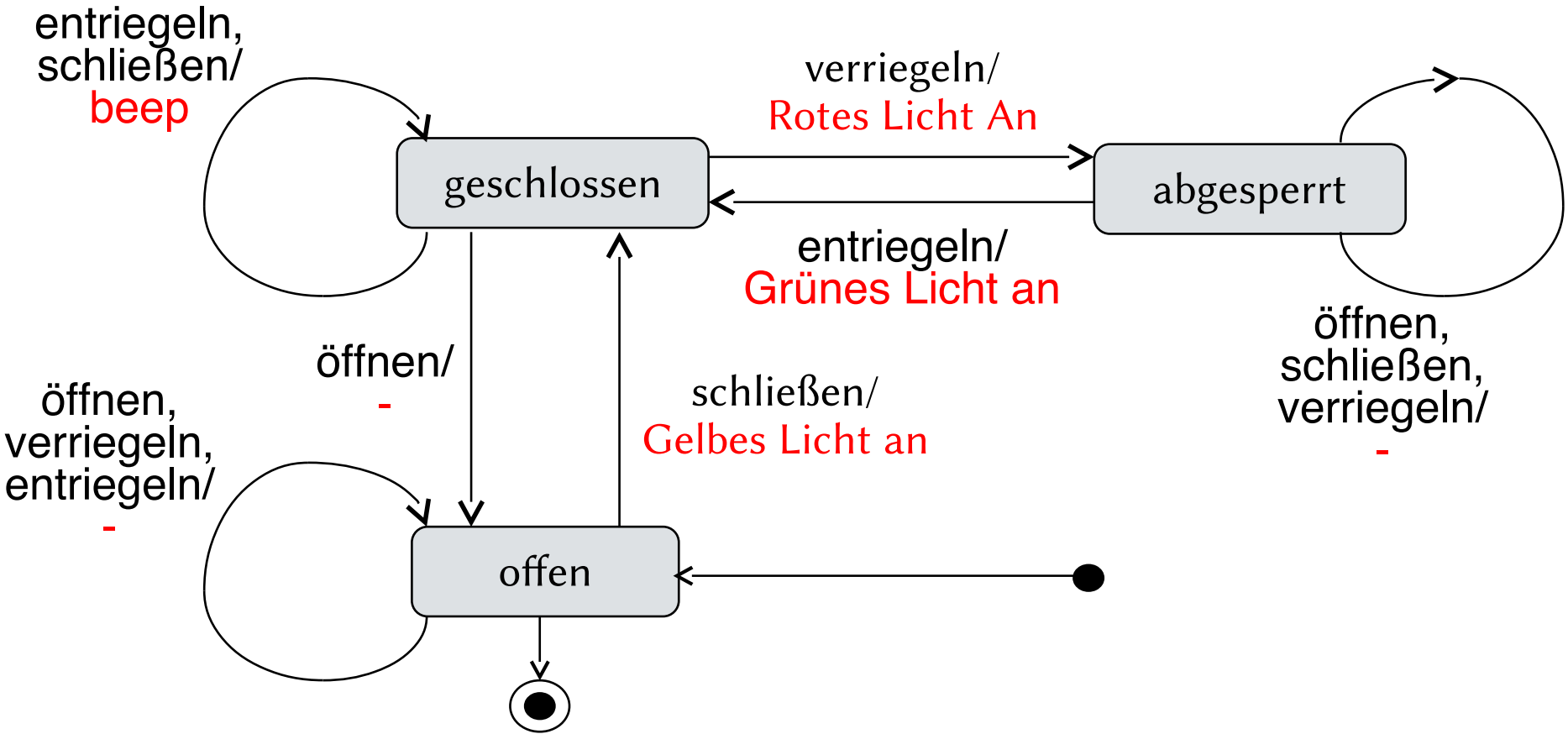
34.2.2. Endliche Automaten mit Aktionen (Transduktoren)

- Ein **endlicher Zustandsübersetzer (Transduktor, endlicher Übersetzer)** übersetzt eine Folge von Zeichen aus einem Eingabealphabet A in eine Folge von Zeichen aus einem Ausgabealphabet B. Er ist ein Tupel, bestehend aus:
  - einer Menge S von Zuständen
  - einer (partiellen) Übergangsfunktion trans : S x A → S
    - einem Startzustand s0 ∈ S
    - einer Menge von Endzuständen $S_f \subseteq S$

trans(geschlossen, verriegeln) = (abgesperrt) / rotes Licht einschalten

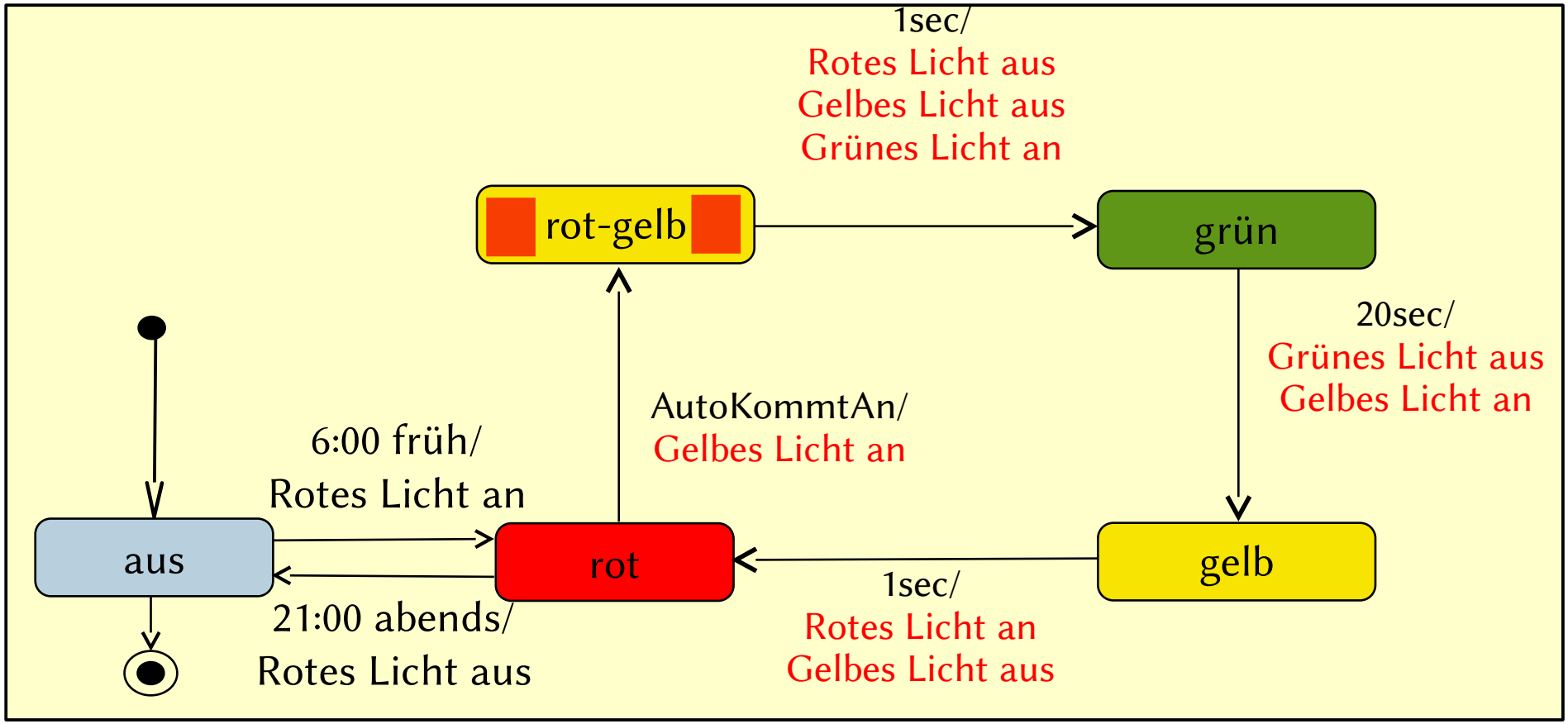
Beispiel: Zustandsmaschine einer Tür

- Der Tür-Transduktor stellt zusätzlich zum Prüfer einen Steuerer (controller) für eine Tür-Zustandsmeldeampel dar
  - aus ihm kann ein Steuerungsalgorithmus für die Türampel abgeleitet werden
- In UML: ***Zustandsmaschine (Verhaltensmaschine)***



Beispiel: Zustandsmaschine einer bedarfsgesteuerten Ampel

- Welches Ereignis löst den Ampelzyklus aus?
- Welches Eingabealphabet hat der Transduktor (Ereignisse)? Welches Ausgabealphabet?
- Welche Sprachen (Mengen von Folgen von Ereignissen) übersetzt der Transduktor in einander?

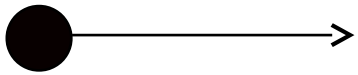


Semantik eines Zustandsmodells

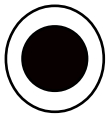
- Wir verstehen unter “Semantik eines Modells” seine Interpretation bzw. Seinen Ablauf bzgl. eines Interpretierers der Modellierungssprache.
- Ein Zustandsmodell ist endlich, definiert aber einen unendlichen Zustandsfolgenraum:
  - seine Semantik ist eine unendliche Menge von Pfaden über Zuständen und Aktionen (Aktionsfolgen):
  - Rollt man die Pfade des Zustandsmodells ab, entsteht ein unendlich tiefer Zustandsfolgen-Baum
- Die Semantik eines Zustandsmodells ist definiert als **Menge von Sequenzen (Aktionsfolgen):**
  - in der Theoretischen Informatik:
    - Menge von "akzeptierten Wörtern" (Sprache über Grundalphabet von Ereignissen)
  - in der Softwaretechnik wird das interpretiert als:
    - Menge von zulässigen *Ereignisfolgen (Ereignissprache)*
    - Menge von zulässigen *Aufruffolgen* oder *Aktionen (Aufrufsprache)*
    - Menge von zulässigen *Pfaden in einem Graphen (Pfadsprache)*
- Wichtige Arten von Automaten:
  - *Akzeptor (Moore-Automat)*: "Automaten mit Ausgabe": Ausgabe bei Erreichen eines Zustands → Protokollmaschine
  - *Transduktor (Mealy-Automat)*: Ausgabe bei Übergang → Zustandsmaschine
    - Softwaretechnik: *Aktion* bei Übergang

Start- und Endzustand (wie bei AD)

- Jedes Zustandsdiagramm sollte einen eindeutigen Startzustand haben. Der Startzustand ist ein "Pseudo-Zustand".
- **Notation:**



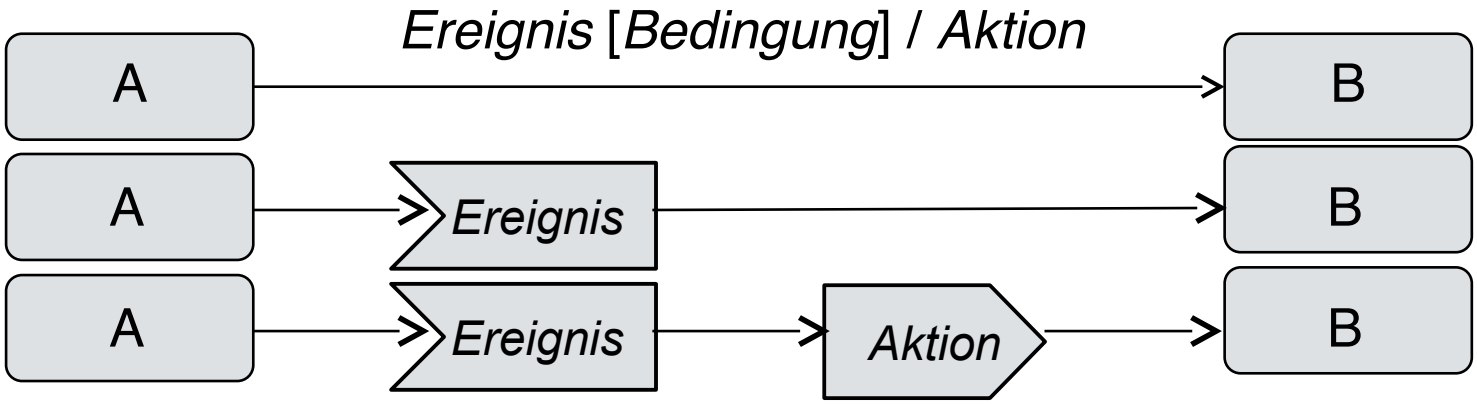
- Ein Zustandsdiagramm kann einen oder mehrere Endzustände haben.
- **Notation:** *("bull's eye")*



Bedingte Zustandsübergänge in Protokollmaschinen

- **Definition** Eine ***Bedingung*** *(guard)* ist eine Boolesche Bedingung, die zusätzlich bei Auftreten des Ereignisses erfüllt sein muß, damit der beschriebene Übergang eintritt.
- **Notation:** Eine Bedingung kann folgende Informationen verwenden:
  - Parameterwerte des Ereignisses
  - Attributwerte und Assoziationsinstanzen (Links) der Objekte
  - ggf. Navigation über Links zu anderen Objekten
- **Beispiel:**

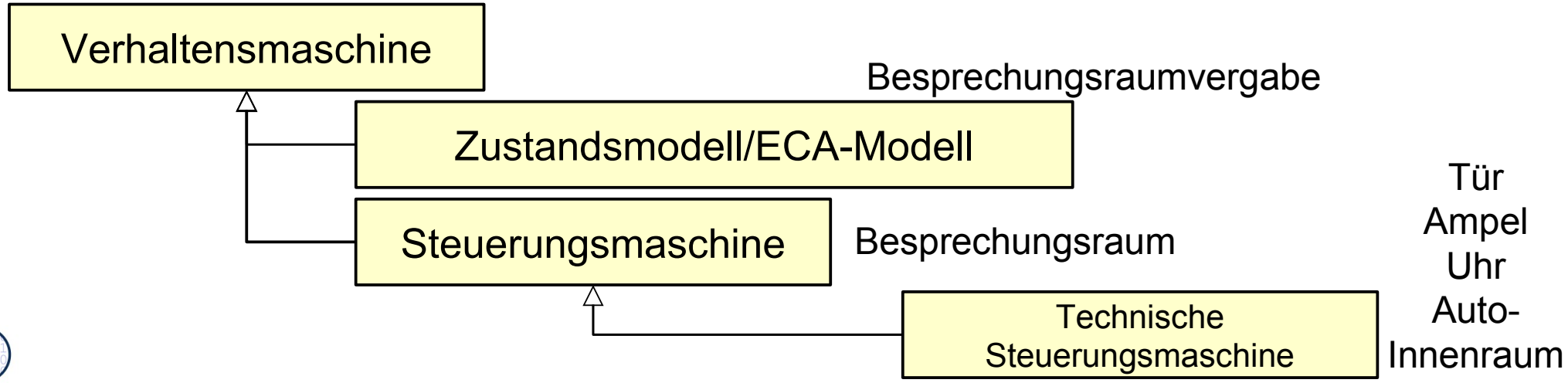
Aktionen bei Zustandsübergängen in Verhaltensmaschinen (Zustandsmaschinen)



- **Definition** Eine *Aktion* ist die Beschreibung einer ausführbaren Anweisung.
  Dauer der Ausführung vernachlässigbar. Nicht unterbrechbar.
  Eine Aktion kann auch eine Folge von Einzelaktionen sein.
- In UML heissen Zustandsübergänge mit Aktionen **volle Zustandsübergänge**
- Typische Arten von Aktionen:
  - Lokale Änderung eines Attributwerts
  - Versenden einer Nachricht an ein anderes Objekt (bzw. eine Klasse)
  - Erzeugen oder Löschen eines Objekts
  - Rückgabe eines Ergebniswertes für eine früher empfangene Nachricht

Spezielle Verhaltensmaschinen (Transduktoren):

- Ein **Zustandsmodell (Ereignis/Bedingungs/Aktionsmodell, event/condition/action model, ECA model)** ist eine Verhaltensmaschine, die keinem Objekt (keiner Klasse) zugeordnet ist
- Eine **Steuerungsmaschine** ist eine spezielle Verhaltensmaschine, die einem Objekt zugeordnet ist und das Verhalten eines Objekts beschreibt
  - Sie beschreibt dann einen vollständigen *Objektlebenszyklus* (white-box object life cycle)
- Eine **technische Steuerungsmaschine** beschreibt das Verhalten eines technischen Gerätes
  - Aus Steuerungsmaschinen kann die Implementierung der Steuerungssoftware des Objekts bzw. des Geräts abgeleitet werden (wichtig für eingebettete Systeme)

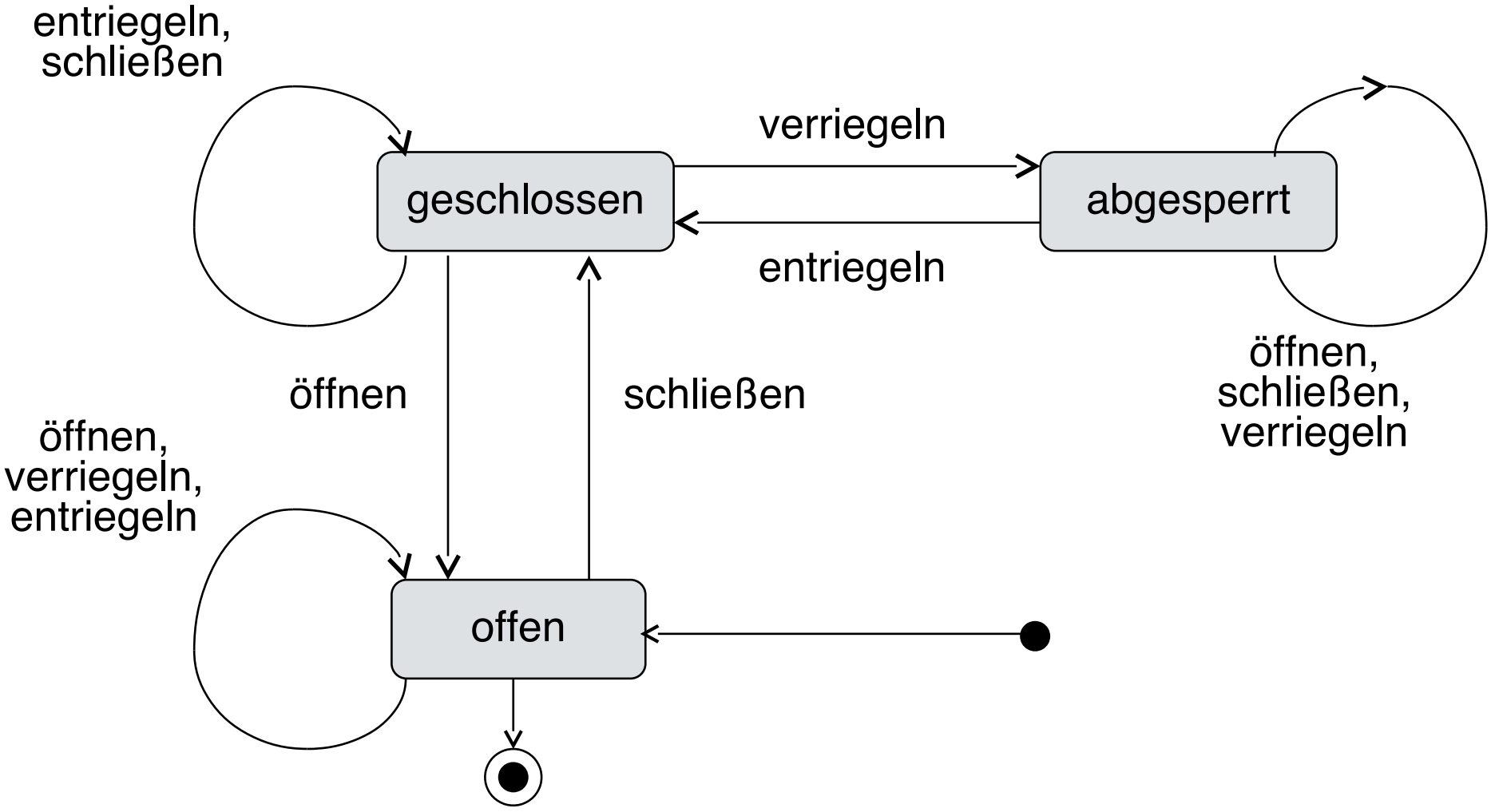


34.3 Unterschied von Verhaltens-, Steuer und Protokollmaschinen

Bonuspunkte Klausur aus INLOOP

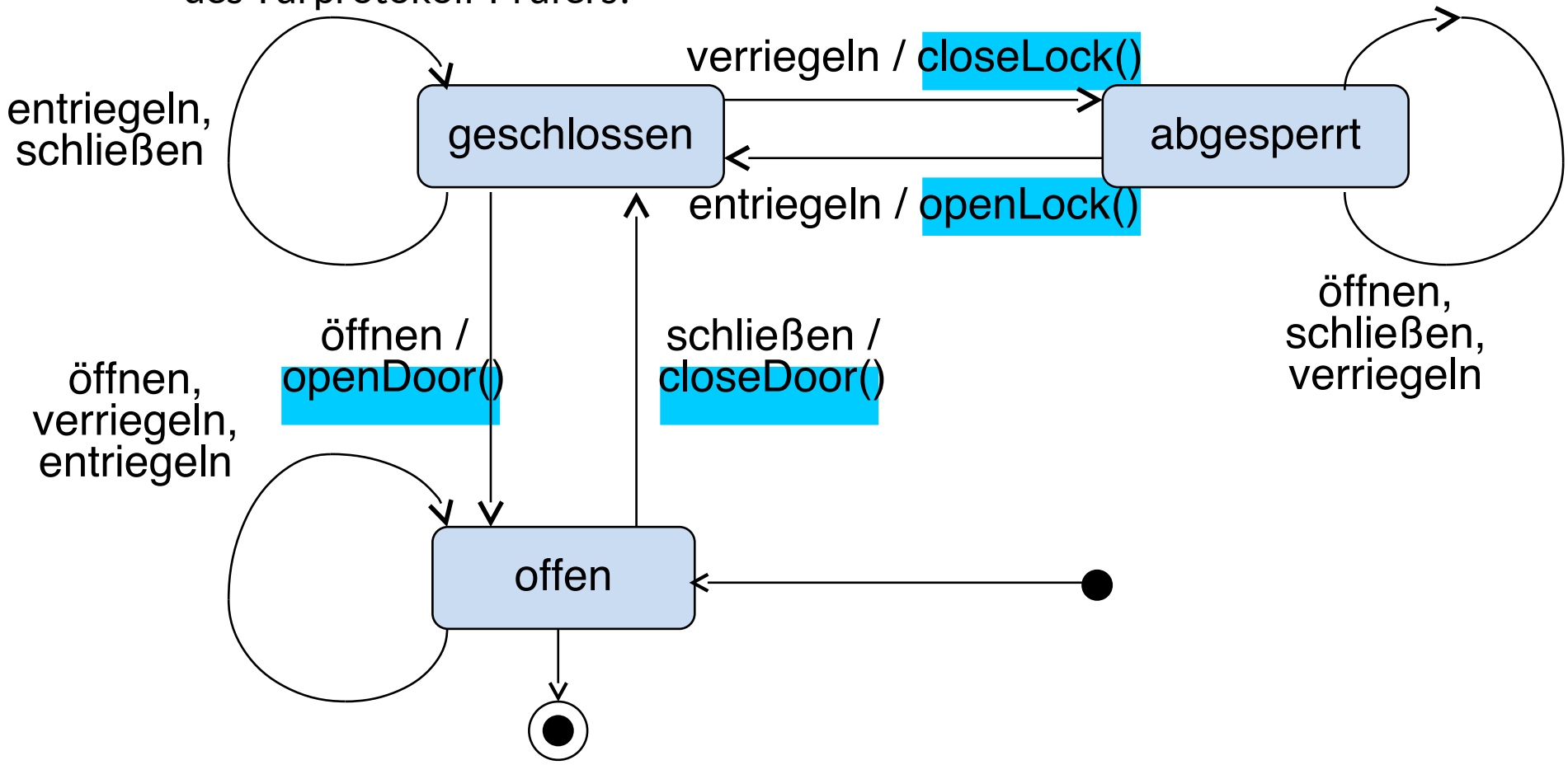
Beispiel: Protokollmaschine kontrolliert die Benutzung einer Tür

- Eine Protokollmaschine *kontrolliert*, ob ein Benutzer eine Zustandsmaschine richtig bedient,
  - d.h. ob die Benutzungsreihenfolge einer Zustandsmaschine folgt (akzeptierend, beobachtend, prüfend).



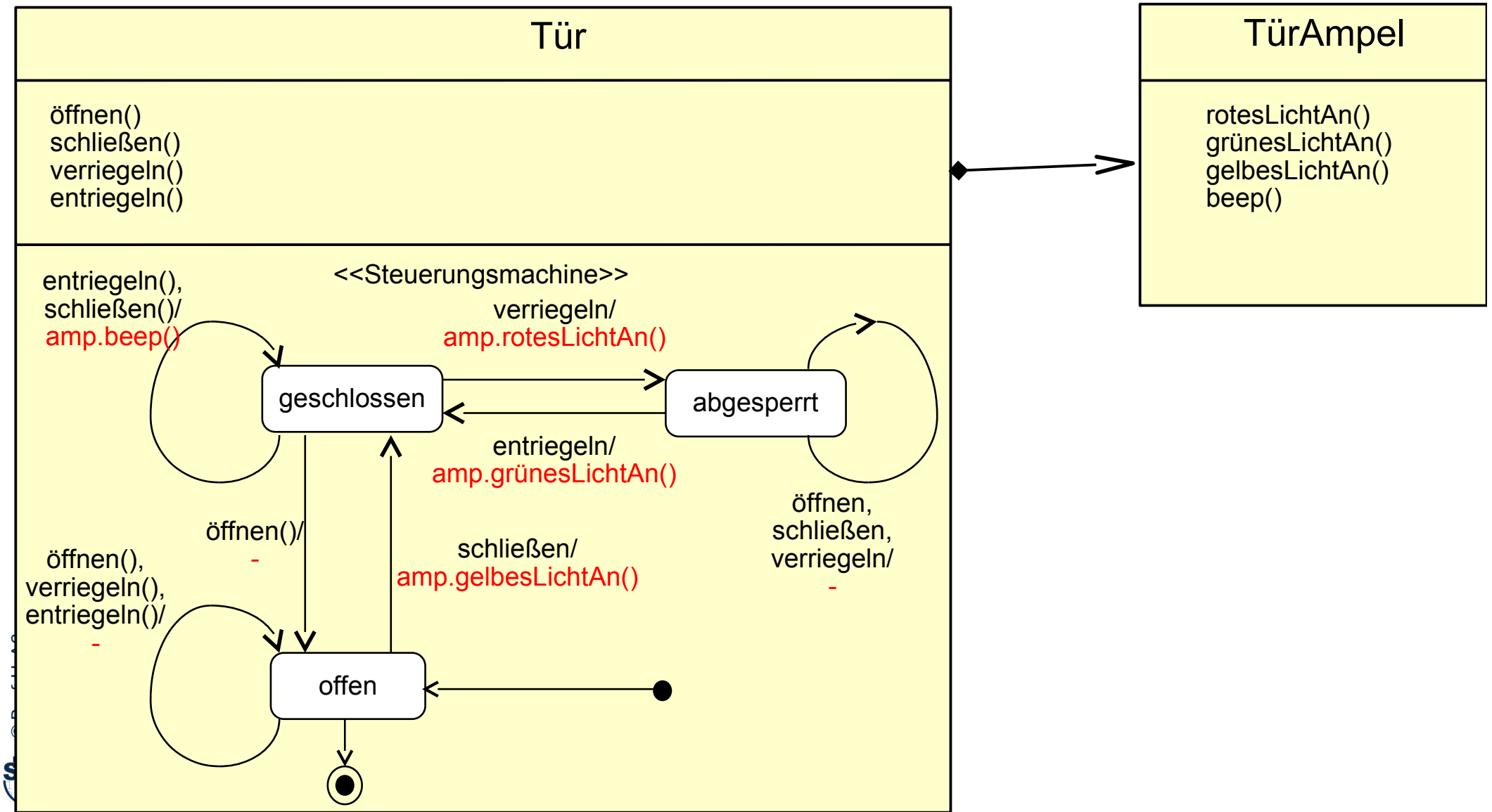
Beispiel: Steuerungsmaschine für eine Tür einer Behindertentoilette

- Eine Steuerungsmaschine steuert zusätzlich weitere Objekte/Klassen an
- Hier: die Tür*steuerung* empfängt die Signale des Türbenutzers und *steuert* Servo-Motoren *an*
  - Achtung: das ist bereits die zweite Steuerungsmaschine zur Protokollmaschine des Türprotokoll-Prüfers!



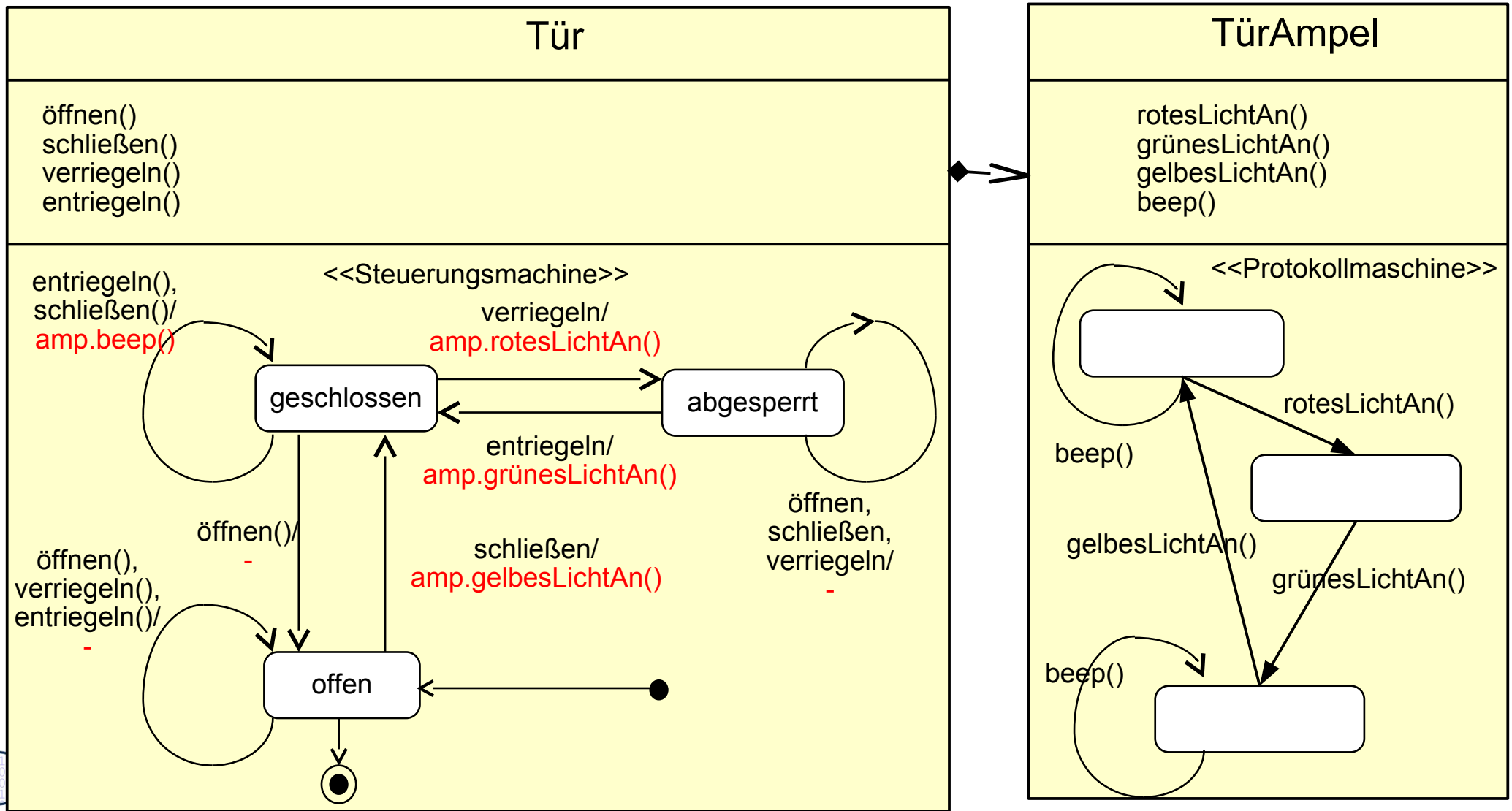
Objektlebenszyklus von innen und aussen

- Eine Steuerungsmaschine kann im Compartment einer Klasse erscheinen; sie beschreibt einen *whitebox*-Objektlebenszyklus



Objektlebenszyklus von nur von aussen

- Auch eine Protokollmaschine kann im Compartment einer Klasse erscheinen. Dann beschreibt sie einen *blackbox*-Objektlebenszyklus, d.h. die beobachtbare Sicht von aussen, das *Protokoll* der Schnittstelle oder Klasse



Unterschied

- **Verhaltens-(Zustands-, Steuerungs-)maschinen**
  - steuern
  - müssen das Wissen über das gesteuerte System *vollständig* repräsentieren, ansonsten gerät das System ausser Kontrolle
  - geben mit ihren Aktionen eine Implementierung der Steuerungssoftware des technischen Systems an
  - können verschiedene Dinge steuern:
    - sich selbst (reine Steuerungsmaschine)
    - andere Klassen
    - ein Subsystem von Klassen

- **Protokollmaschinen**
  - kontrollieren, prüfen
  - können ein *partielles* Wissen über das geprüfte System kontrollieren (der Rest des Verhaltens wird *nicht* abgeprüft)
  - Beschreiben eine Sicht von aussen auf das System
  - Beschreiben das Aufruf- oder Ereignisprotokoll des Systems

34.4 Implementierung von Steuerungsmaschinen

Implementierung von Steuerungsmaschinen mit Implementierungsmuster *IntegerState*

- **Zustand wird als Integer-Variable repräsentiert**, Bereich [1..n]
  - Alle Ereignisse werden zu “Reaktions”-Methoden, die von aussen aufgerufen werden
    - Externe Ereignisse werden mit “Reaktions-Methoden” modelliert
    - Interne Ereignisse werden den Implementierungen der Methoden zugeordnet
- **Reaktionsmethoden** schalten den Zustand fort, indem sie Fallanalyse betreiben
  - In jeder Methode wird eine Fallunterscheidung über den Zustand durchgeführt
  - Jeder Fall beschreibt also ein Paar (Ereignis, Zustand)
  - Der Rumpf des Falles beschreibt
    - den Zustandsübergang (Wechsel des Zustands)
    - die auszulösende Aktion
- Einsatz von *IntegerState:*
  - Einsatz in der Phase eines Compilers, der die Zeichen von Datei liest
  - Einsatz bei Protokollprüfern in der Telekommunikation
  - Einsatz bei allen Anwendungen von Zustandsmaschinen, die Performanz benötigen

IntegerState
Beispiel: Code zur Steuerung einer Tür (1)

Modifier "final" bei Attributen: unveränderlich

Reaktionsmethode

```
class Tuer {

    // Konstante zur Zustandskodierung
    private static final int Z_offen = 0;
    private static final int Z_geschlossen = 1;
    private static final int Z_abgesperrt = 2;

    // Zustandsvariable
    private int zustand = Z_offen;


    // Reaktionsmethode oeffnen (Reaktion auf Ereignis)
    public void oeffnen() {
      // Fallanalyse über Zustand
      switch (zustand) {
            case Z_offen:
                  break;
            case Z_geschlossen:
                  zustand = Z_offen;
                  System.out.println("Klack");
                  break;
            case Z_abgesperrt:
                  break;
      }
    }
```

IntegerState
Beispiel: Code zur Steuerung einer Tür (2)

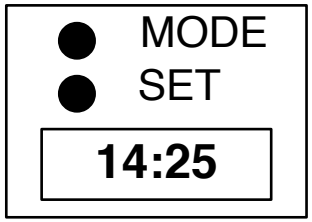

```
public void schliessen() {
  // Fallanalyse
  switch (zustand) {
        case Z_offen:
              zustand = Z_geschlossen;
              System.out.println("Klick");
              break;
        case Z_geschlossen:
              break;
        case Z_abgesperrt:
              break;
  }
}
public void verriegeln() {
  switch (zustand) {
      case Z_offen:
              break;
        case Z_geschlossen:
              zustand = Z_abgesperrt;
              System.out.println("Knirsch");
              break;
        case Z_abgesperrt:
              break;
  }
}
```

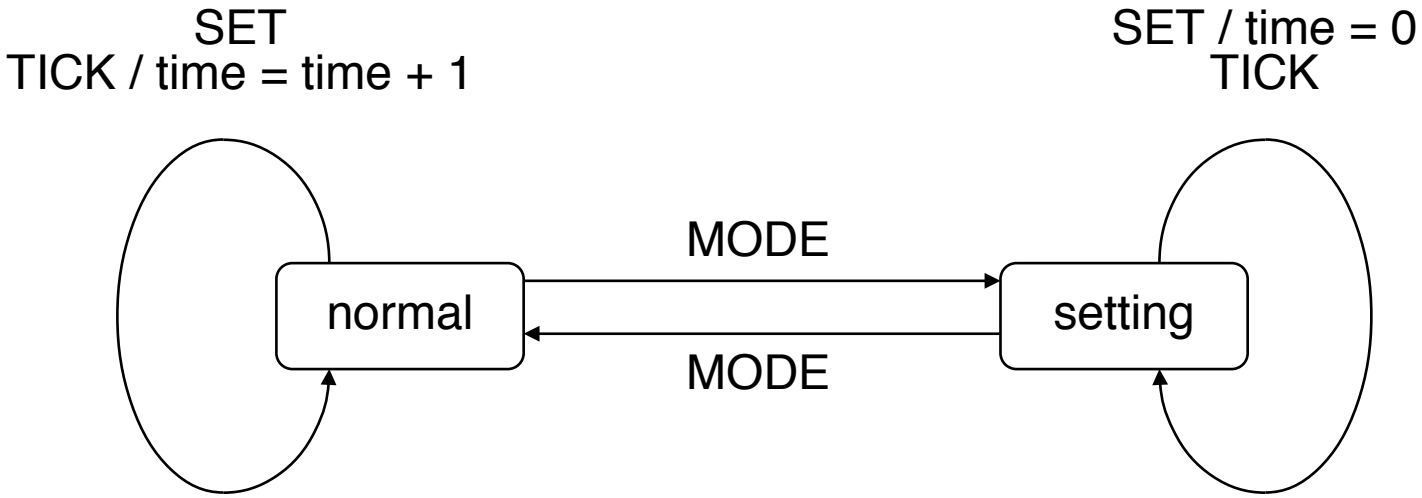
IntegerState
Beispiel: Code zur Steuerung einer Tür (3)


```
    public void entriegeln() {
      switch (zustand) {
            case Z_offen:
                  break;
            case Z_geschlossen:
                  break;
            case Z_abgesperrt:
                  zustand = Z_geschlossen;
                  System.out.println("Knirsch");
                  break;
      }
    }
}
// Client-Klasse
class TuerBediener {
    public static void main(String[] args) {
      Tuer t1 = new Tuer();
      t1.oeffnen();
      t1.schliessen();
      t1.verriegeln();
      t1.entriegeln();
      t1.oeffnen();
      t1.schliessen();
    }
}
```

Aufgabe: Steuerungsmaschine realisieren

- Beispiel: Betriebsmodi einer Taschenuhr (stark vereinfacht)





Implementierung mit IntegerState


```
class Clock {

  private int time = 0;
  private static final int NORMAL = 0;
  private static final int SETTING = 1;

  private int state = NORMAL;

  // Reaktionsmethode
  public void set () {
      switch (state) {
            case NORMAL: {
                  time = time+1;
                  break;
            };
            case SETTING: {
                  time = 0;
                  setChanged();
                  break;
            };
      };
  }

  ...// analog tick(), mode()
}
```

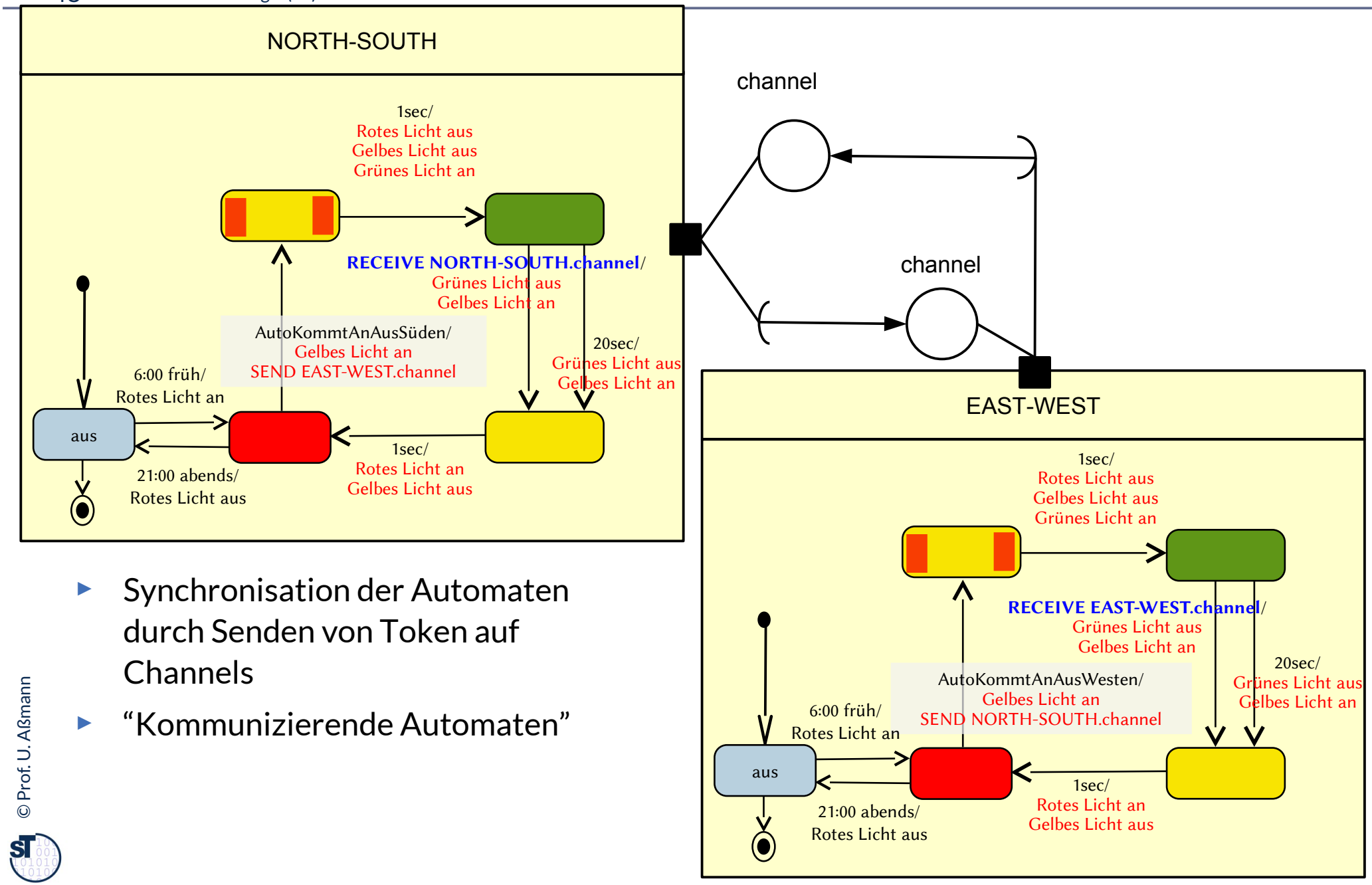
Übung

- Implementieren Sie den Ampelautomaten mit dem Implementierungsmuster IntegerState.
- Wieviele Reaktionsmethoden brauchen Sie?

34.5 Kooperierende Zustandsmaschinen

- Eine besonders einfache Art von Objektnetz bilden solche, in denen alle Objekte Zustandsmaschinen bilden, die kooperieren
  - sich Nachrichten senden (Ereignisse)
  - auf Ereignisse in Nachbarobjekten mit eigenen Reaktionsmethoden reagieren

Bsp.: Kopplung zweier Ampeln an einer Kreuzung durch Ereignis-Kanäle



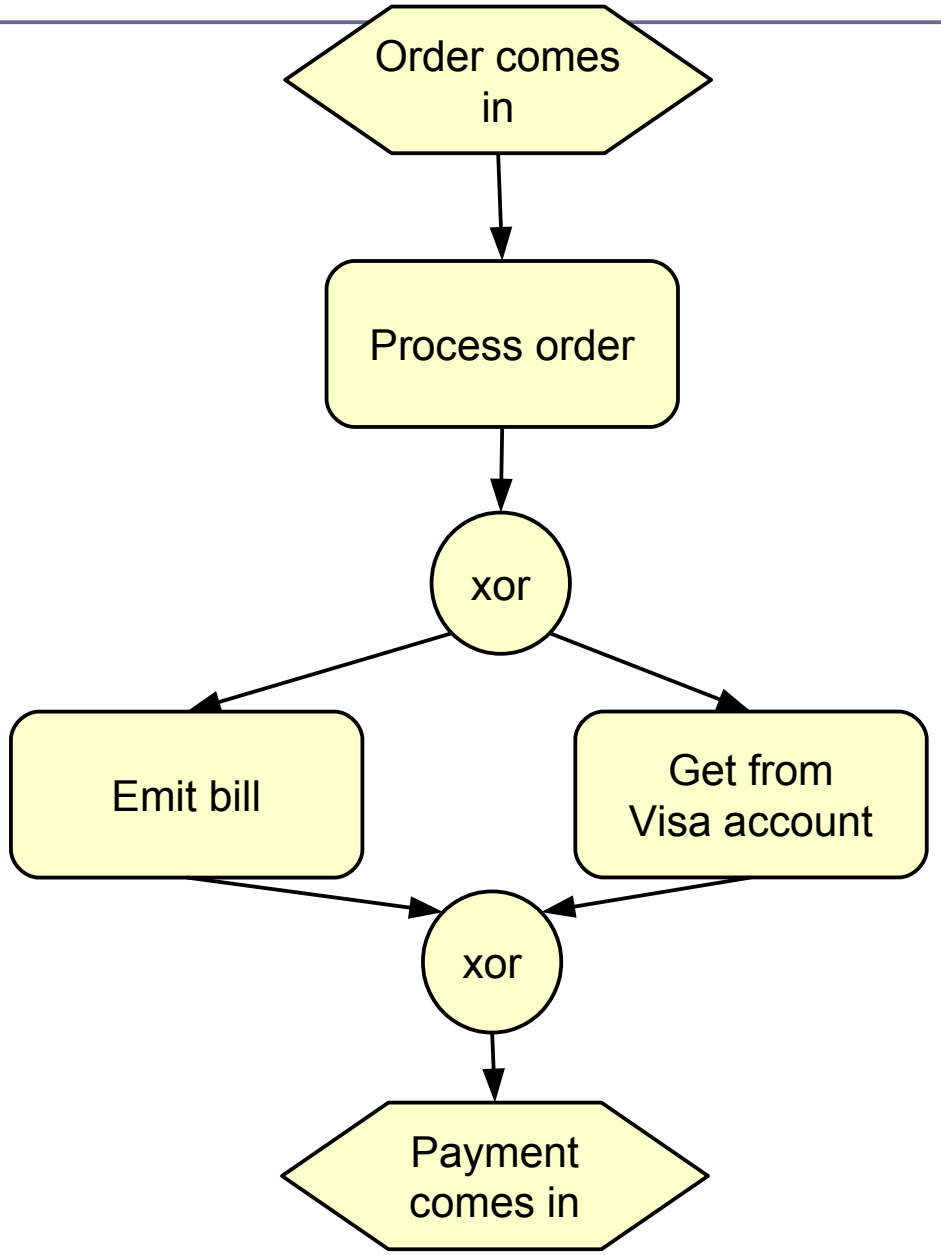
- Synchronisation der Automaten durch Senden von Token auf Channels
- “Kommunizierende Automaten”

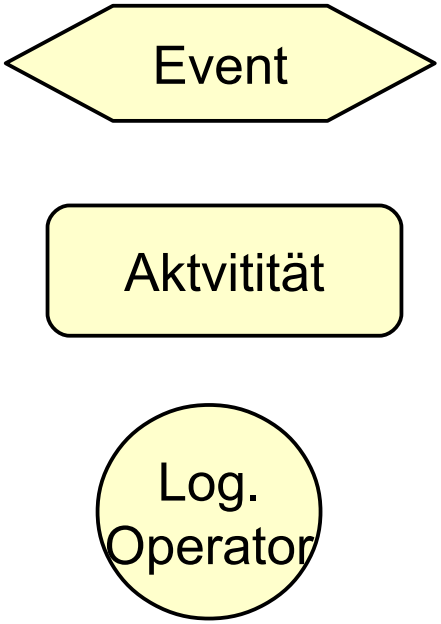
Appendix

- Many slides courtesy to © Prof. Dr. Heinrich Hussmann. Used by permission.
- Warum betreubt man Verhaltensanalyse mit Aktivitätsdiagrammen und Zustandsdiagrammen?
- Erklären Sie typische Steuerungsmaschinen:
  - Erweitern Sie das Stellverhalten der Uhr zu einer Funkarmbanduhr
  - Beschreiben Sie den Lebenszyklus von Autotüren und -heckklappen
  - Warum ist ein Geldautomat nur mit endlich vielen Zuständen ausgestattet?
  - Ist ein Bahnkarten-Verkaufsautomat ebenfalls noch ein endlicher Automat?
  - Fahrstühle können sehr viele Zustände haben. [Jazayeri] Wann wäre ein Fahrstuhl ein Automat mit unendlich vielen Zuständen?
- Erklären Sie typische Zustandsmaschinen für Abläufe, und beschreiben Sie sie jeweils alternativ mit einem Aktionsdiagramm. Was ist jeweils einfacher?
  - Hausbau
  - Projekte
  - Immatrikulation eines Studenten

34.A.1 Andere Notationen für Aktivitätsdiagramme

- Ähnlich, wird in der industriellen Praxis oft benutzt: Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK), Sprache des ARIS-Toolkits für Prozessmodellierung von SAP-Systemen



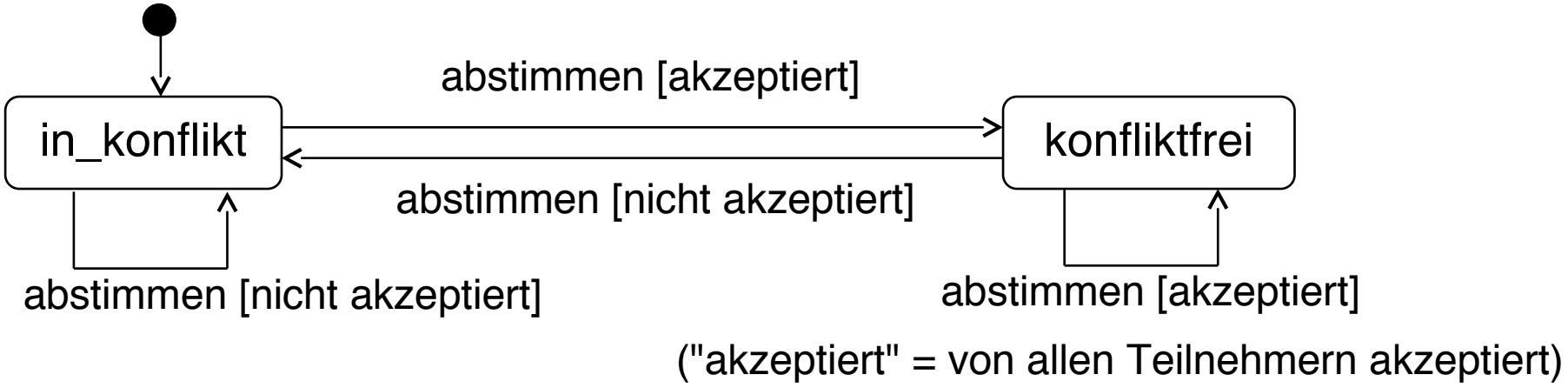


http://de.wikipedia.org/wiki/Ereignisgesteuerte_Prozesskette

34.A.2 Implementierung von Protokollmaschinen

Beispiel: Protokollmaschine

- Folgende Protokollmaschine definiert die zulässigen Aufrufreihenfolgen der Klasse `Terminverschiebung`:



- Begriff "Protokoll":
  - Kommunikationstechnologie
  - Regelwerk für Nachrichtenaustausch
- Protokollmaschinen in der Softwarespezifikation:
  - **zusätzliche** abstrakte Sicht auf komplexen Code (partielles Wissen)
  - Vertragsprüfer zur Einhaltung von Aufrufreihenfolgen

Implementierungsmuster Protokollmaschine
Explicit Tracing State


```
public Teambesprechung
       (String titel, Hour beginn, int dauer,
        Teammitglied[] teilnehmer) {
    int zustand = Z_nicht_abgestimmt;
    super(titel, beginn, dauer);
    this.teilnahme = teilnehmer;
    if (! abstimmen(beginn, dauer)){
      System.out.println("Termin bitte verschieben!");
      zustand = Z_in_konflikt;
    }
    else {
       for (int i=0; i<teilnahme.length; i++)
         teilnahme[i].teilnahmeSetzen(this);
       zustand = Z_konfliktfrei;
    }
}
```

Explizites Zustandsattribut

- Analog zu IntegerState, aber keine Aktionen
- Ablauflogik kann den Zustandswert benutzen (muß aber nicht!)

Implementierungsmuster Protokollmaschine
Implicit Tracing State

- Information über Zustand jederzeit berechenbar - hier aus den Werten der Assoziationen und den Datumsangaben
- Zustandsinformation gibt zusätzliches Modell, nicht direkt im Code wiederzufinden

```
public Teambesprechung
       (String titel, Hour beginn, int dauer,
        Teammitglied[] teilnehmer) {
    super(titel, beginn, dauer);
    this.teilnahme = teilnehmer;
    if (! abstimmen(beginn, dauer)) {
       System.out.println("Termin bitte verschieben!");
    }
    else {
       for (int i=0; i<teilnahme.length; i++)
         teilnahme[i].teilnahmeSetzen(this);
    }
}
```

Zustandswechsel

Zustand unklar

Zustand in_konflikt

Zustand konfliktfrei

Protokoll-Maschinen: Zusammenfassung

- Anwendungsgebiet: Prüfen von Aufrufreihenfolgen
- Codegenerierung von Implementierungen aus Zustandsmodell:
  - Implementierungsmuster ImplicitTracingState, ExplicitTracingState, State (aber ohne Aktionen)
  - Nur zur Ableitung von Prüfcode! Zustandsmodell liefert Information für Teilaspekte des Codes (zulässige Reihenfolgen), keine vollständige Implementierung
- Praktische Aspekte:
  - In der Analyse zur Darstellung von Geschäftsprozessen und -regeln
  - komplexen Lebenszyklen für Geschäftsobjekte (Modellierung mit Sichten, die jeweils durch eine Protokollmaschine beschrieben werden)
  - Nützlich für den Darstellung von Klassen mit komplexen Regeln für die Aufrufreihenfolge
  - Hilfreich zur Ableitung von Status-Informationen für Benutzungs-Schnittstellen
  - Hilfreich zum Definieren sinnvoller Testfälle für Klassen