Kapitel 3: Workflow-Modellierungssprachen – Einführung in High-Level Petrinetze

1. Überblick über Modellierungssprachen
   1. Ziel: Analyse
   2. Modellierungssprachen: Perspektiven und Anforderungen
2. Petrinetze und Workflow-Modellierung
   1. Geschichtliches
   2. Gründe und Bestandteile
   3. Interpretationen
   4. Formales
   5. High-Level Petrinetze
   6. Prozessdefinition mit Petrinetzen

Vorlesung Workflow-Management-Systeme
Unter Verwendung von Folien der Vorlesung
WFMS von Prof. Stucky, AIFB, WS 2000/01

1 Ziel der Modellierung: Analyse (I)

Arten der Analyse

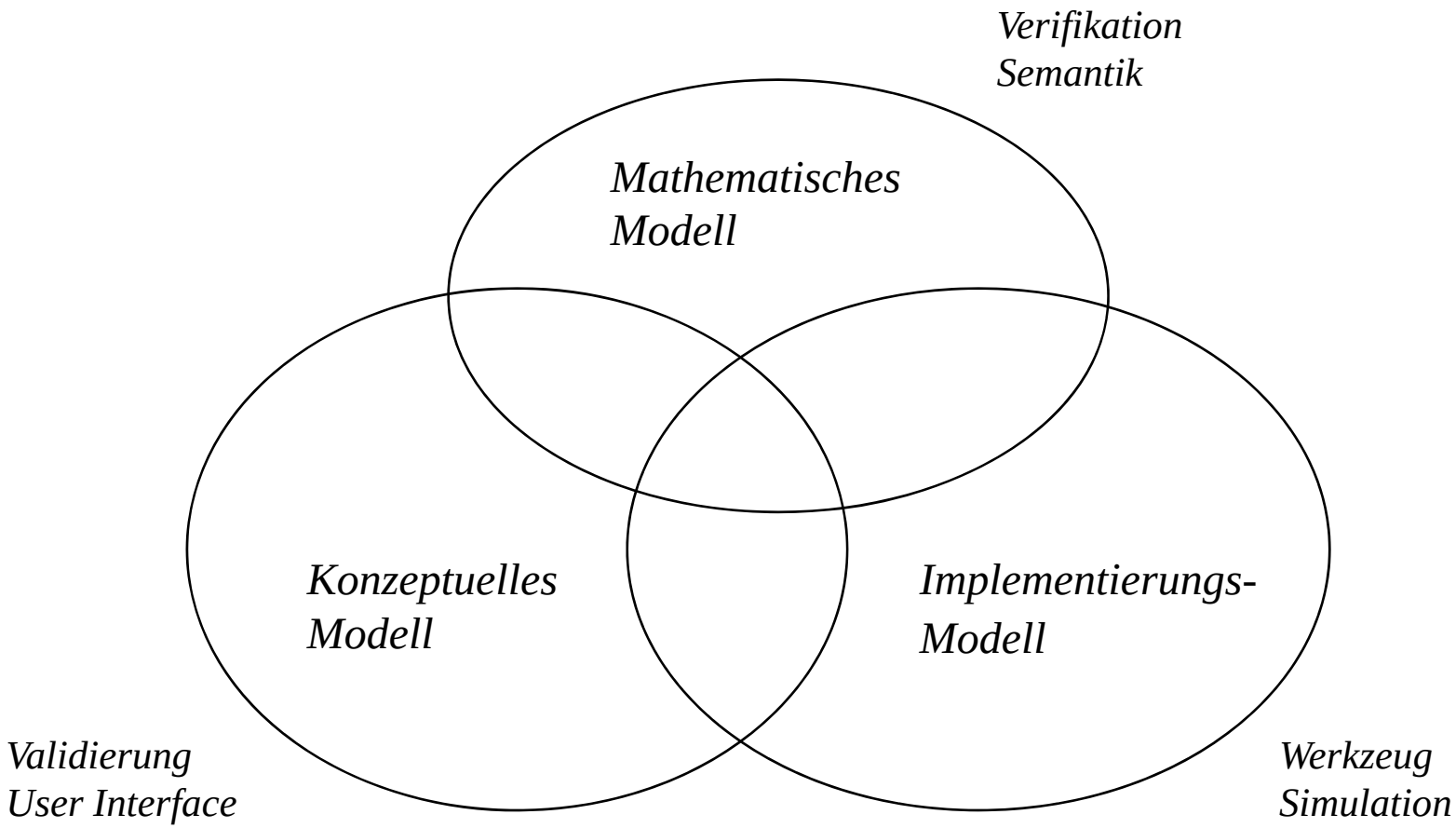
- Validierung
  - Ist das Modell richtig bzgl. der Realität/Vorstellung?
  - z.B. Kundenbezug, Medien- und Organisationsbrüche
- Verifikation
  - Nachweis der Korrektheit des Geschäftsprozesses
  - Struktur (z.B. Vor- und Nachbedingungen für alle Aktivitäten)
  - Verhalten (z.B. Deadlocks, nie ausgeführte Aktivitäten)
- Leistungsbewertung
  - Leistungsfähigkeit des Geschäftsprozesses
  - z.B. Durchlaufzeit, Kostenrechnung, Ressourcenauslastung

1 Ziel der Modellierung: Analyse (II)

Analyseverfahren

- „Hinschauen“
- Korrekte Verfahren
  - » automatische Verifikation:
    Ermittlung spezieller Eigenschaften (z.B. Invarianten, Ziele,...)
  - » semiautomatische Verifikation:
    Beweisverfahren (z.B. Proof Checker)
- Simulation
  - » sequentielle Abläufe/ nichtsequentielle Abläufe
  - » animierte Simulation

2 Modellierungssprachen: Perspektiven



2 Modellierungssprachen: Anforderungen

2 Modellierungssprachen: Anforderungen

- Formale Semantik
- Graphisch
- Leicht zu lernen
- Leicht zu benutzen
- Hohe Ausdrucksmächtigkeit
- Werkzeugunterstützung
- Unabhängigkeit von Herstellern
- Explizite Darstellung von Zuständen und Ereignissen

2 Modellierungssprachen: Überblick

Modellierung spezieller Aspekte wie Ablauf, Warteschlangen

- Flussdiagramme
- Datenflussdiagramme (DFD, ISAC, SADT, ...)

  SADT: Structured Analysis and Design Technique
- Transitions-Systeme, Zustandsdiagramme
- Warteschlangen-Modelle, Markov-Ketten

2 Modellierungssprachen: Überblick

Modellierung dynamischer Systeme

- Prozess-Algebren (z.B. ACP, CSP, CCS, ...)

  ACP: Algebra of Communicating Processes

  CSP: Communicating Sequential Processes
- (High-level) Petrinetze

Speziell auf Workflows und Geschäftsprozesse zugeschnittene Sprachen (kommen später noch):

- Workflownets, FlowNet
- Herstellerspezifische Modellierungssprachen
  - » Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK)
- BPMN, BPEL

High-Level-Petrinetze

1. Geschichtliches
2. Gründe und Bestandteile
3. Interpretationen
4. Formales
5. High-Level Petrinetze
6. Prozessdefinition mit Petrinetzen

1 Petrinetze: Geschichtliches

- Ursprung: Dissertationsschrift

  "Kommunikation mit Automaten" von Carl Adam Petri (1962)
- Seither: mehr als 10.000 Arbeiten auf dem Gebiet
- bis 1985: hauptsächlich von Theoretikern benutzt
- seit Mitte der 80er Jahre: vermehrter Einsatz in praktischen Anwendungen
- Gründe:
  - » Einführung der High-Level-Netze
  - » Entwurf von Werkzeugen

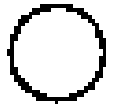
2 Petrinetze: Gründe

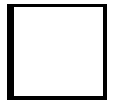
- Graphischer Formalismus
- Formale Syntax und Semantik
- Explizite Darstellung von Zuständen
- Herstellerunabhängig
- Viele Analyseverfahren und -werkzeuge

2 Petrinetze: Bestandteile

Ein Petrinetz besteht aus

- Stellen
- Transitionen
- Verbindungen zwischen Stellen und Transitionen
- Marken in Stellen





3 Petrinetze: Interpretationen (I)

- *Transitionen*
  - » Aktionen, Handlungen,
    Transporte, Transformationen,
    Anweisungen, Programme, ...
- *Stellen*
  - » Bedingungen, Medien,
    Materialbehälter, Datenträger,
    Puffer, Nachrichtenkanäle,...
- *Verbindungen*
  - » Vor- und Nachbedingungen von Aktivitäten,
    Start und Ziel von Transporten,
    Eingabe und Ausgabe von Programmen,...

3 Petrinetze: Interpretationen (II)

- *Marken*
  - » Zustände einer Bedingung, Gültigkeit von Bedingungen,

    Füllungsgrad von Speichern,

    Daten auf Datenträgern,

    Nachrichten in Puffern, ...
- *Markierungen*
  - » lokale Zustände
  - » Gesamtzustände

4 Petrinetze: Formales (I)

Struktur von Petrinetzen

- Ein **Petrinetz** ist ein Tripel N = (S,T,F) mit
  - S (Stellen), T (Transitionen) sind endliche Mengen
  - $S \cap T = \emptyset$
  - $S \cup T \neq \emptyset$
  - $F \subseteq (S \times T) \cup (T \times S)$ ist eine binäre Relation über $S \cup T$

- Alle Stellen und Transitionen eines Netzes heißen **Netzelemente**.

4 Petrinetze: Formales (II)

- **Vorbereich** eines Elementes x: Menge aller Eingangsknoten von x

  $\bullet x = \{ y \mid (y,x) \in \mathbf{F} \}$

- **Nachbereich** eines Elementes x: Menge aller Ausgangsknoten von x

  $x \bullet = \{ y \mid (x,y) \in \mathbf{F} \}$

4 Petrinetze: Formales (III)

Verzweigungen

Ein Knoten heißt

- Vorwärtsverzweigt, falls $|x\bullet| > 1$
- Rückwärtsverzweigt, falls $|\bullet x| > 1$

Vorwärtsverzweigte Stellen modellieren Alternativen, Konflikte.

Rückwärtsverzweigte Transitionen modellieren Synchronisation.

4 Petrinetze: Formales (IV)

Teil-Netz

Ein Netz N‘ = (S‘, T‘, F‘) heißt **Teilnetz** eines Netzes N = (S, T, F) wenn gilt:

i. $S' \subseteq S$

ii. $T' \subseteq T$

iii. $F' = F \cap ((S' \times T') \cup (T' \times S'))$

4 Petrinetze: Formales (V)

Rand

Der Rand eines Teil-Netzes N‘ = (S‘, T‘, F‘) (bzgl. eines Netzes N) sind diejenigen seiner Knoten, die über Kanten mit dem Restnetz verbunden. Er ist also definiert durch:

$$\{x \in S' \cup T' \mid (x\bullet \cup \bullet x) \setminus (S' \cup T') \neq \emptyset\}$$

(Vor- und Nachbereiche von x sind hierbei bzgl. N zu verstehen).

Ein Teilnetz N‘ heißt **stellenberandet**, wenn sein Rand nur Stellen enthält.

Ein Teilnetz N‘ heißt **transitionsberandet**, wenn sein Rand nur Transitionen enthält.

4 Petrinetze: Formales (VI)

Markierung

Eine Markierung m eines Netzes N= (S, T, F) ist eine Abbildung

$$m : S \rightarrow \mathbf{N}$$

Eine Markierung m **aktiviert** eine Transition $t \in T$, wenn $m(s) > 0$ für alle $s \in \bullet t$

4 Petrinetze: Formales (VII)

Falls t unter m aktiviert ist, kann t schalten.
Dies führt zu einer ***Folgemarkierung*** m' , definiert durch

$$m'(s) = \begin{cases} m(s) & \text{, falls } s \notin {}^\bullet t \text{ und } s \notin t^\bullet \\ m(s)-1 & \text{, falls } s \in {}^\bullet t \text{ und } s \notin t^\bullet \\ m(s)+1 & \text{, falls } s \notin {}^\bullet t \text{ und } s \in t^\bullet \\ m(s) & \text{, falls } s \in {}^\bullet t \text{ und } s \in t^\bullet \end{cases}$$

Schreibweise: $m \xrightarrow{t} m'$.

Ein Netz N mit Markierung m wird als
Stellen/Transitions-Netz bezeichnet und durch das Paar (N,m)
angegeben: **S/T-Netz (N,m)**

4 Petrinetze: Formales (VIII)

Schaltfolge

Sei m eine Markierung eines S/T-Netzes N.
Falls $m \xrightarrow{t_1} m_1$, $m_1 \xrightarrow{t_2} m_2$, ...,$m_{n-1} \xrightarrow{t_n} m_n$ Schaltvorgänge sind, ist $\tau = t_1\, t_2 \ldots t_n$ eine ***Schaltfolge*** von m nach m_n: $(m \xrightarrow{\tau} m_n)$

Dies gilt auch für die leere Sequenz ε: $m \xrightarrow{\varepsilon} m$ für jede Markierung m.

4 Petrinetze: Formales (IX)

Wir schreiben $m \xrightarrow{*} m'$ und nennen m' von m ***erreichbar***, wenn $m \xrightarrow{\tau} m'$ für irgendeine Schaltfolge τ gilt.

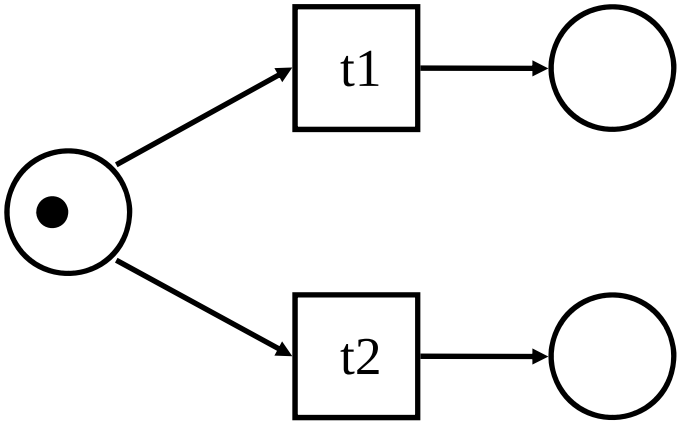
[m> bezeichnet die Menge aller von m ***erreichbaren Markierungen***.

Das Verhalten eines markierten S/T-Netzes wird beschrieben durch die Menge seiner Schaltfolgen.
Eine kompaktere Repräsentation liefert der Markierungsgraph.

4 Petrinetze: Formales (X)

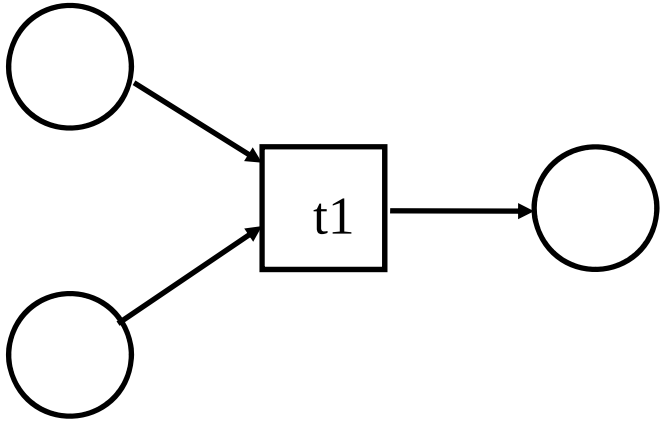
Konflikt

- Zwei Transitionen benötigen die gleiche Marke(n)

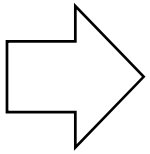


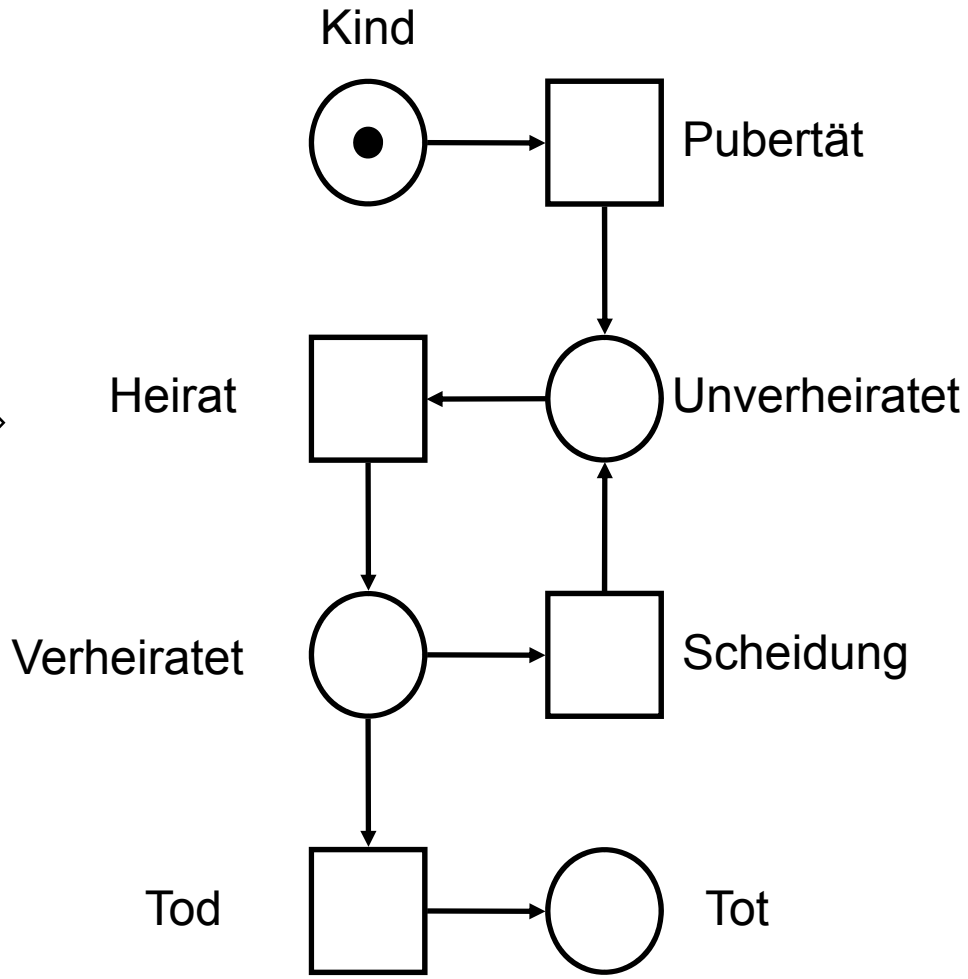
4 Petrinetze: Formales (XI)

Synchronisation



4 Beispiel: Lebenszyklus





Was stimmt da nicht?

5 High-Level-Petrinetze (I)

Beim praktischen Einsatz von „klassischen“ Petrinetzen treten oft Probleme auf:

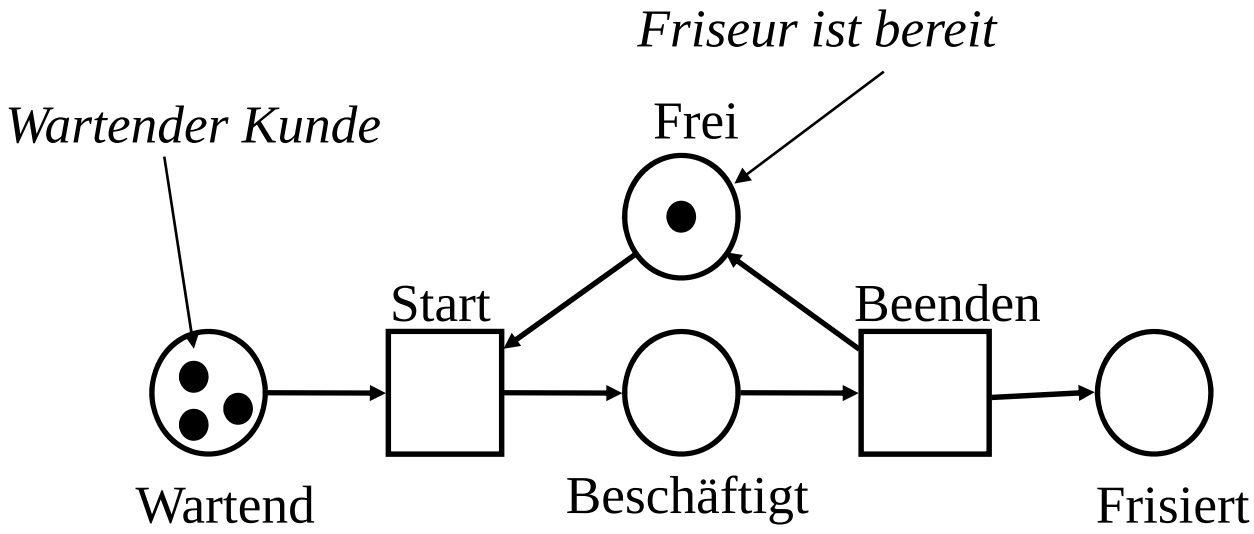
- Die Modelle werden zu groß und komplex.
- Die Modellierung ist langwierig und kompliziert.
- Zeit, Kosten und Daten können nicht modelliert werden.

5 High-Level-Petrinetze (II)

High-Level Petrinetze sind Petrinetze mit den folgenden Erweiterungen:

- Unterscheidbare Marken
  - » zur Modellierung von Attributen
  - » auch: gefärbte Marken, colored tokens
- Zeit
  - » zur Performance-Analyse
  - » verschiedene Zeitkonzepte
- Hierarchie
  - » zur Strukturierung der Modelle
  - » Modellierung auf verschiedenen Abstraktionsebenen

5 High-Level-Petrinetze – „Beim Friseur“ (I)



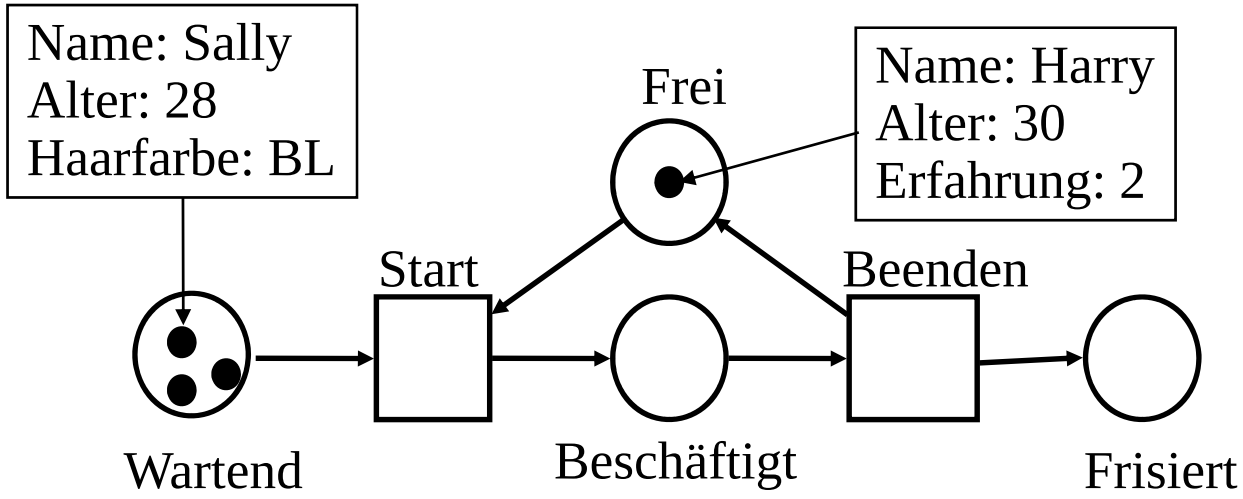
Anmerkung:

man beachte die problemlose Modellierung einer Situation mit mehreren Friseuren

5 High-Level-Petrinetze – „Beim Friseur“ (II)

Eine unterscheidbare Marke

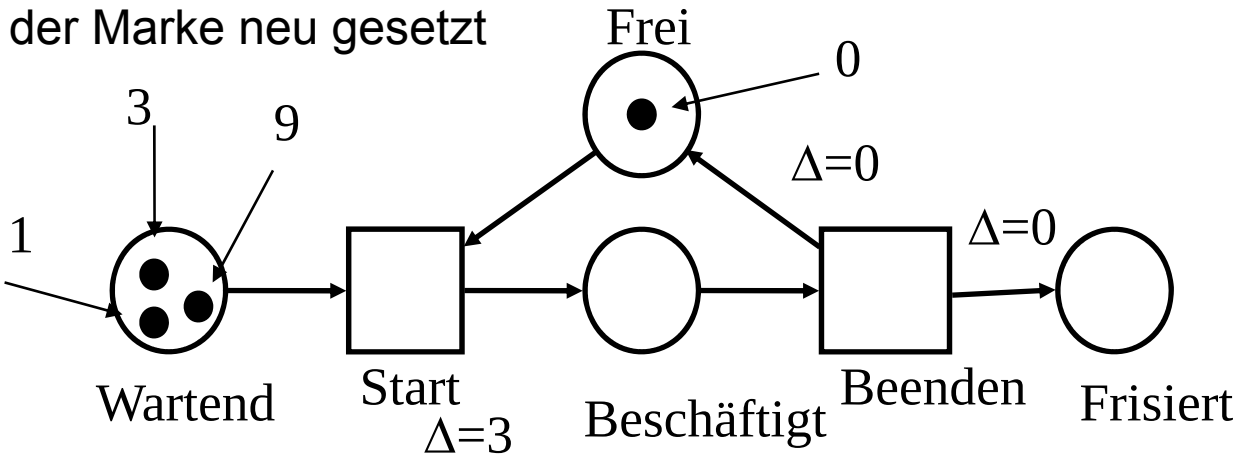
- stellt ein Objekt mit einer Menge von Attributen dar.
- beinhaltet Werte für alle Attribute.



5 High-Level-Petrinetze (III)

Die Erweiterung mit Zeit:

- für Performance-Analysen werden Zeitdauern, Verzögerungen etc. benötigt
- Jede Marke bekommt einen Zeitstempel
- Durch Transitionen wird das Alter (und damit die Verfügbarkeit) der Marke neu gesetzt



- vier verschiedene Zeitkonzepte

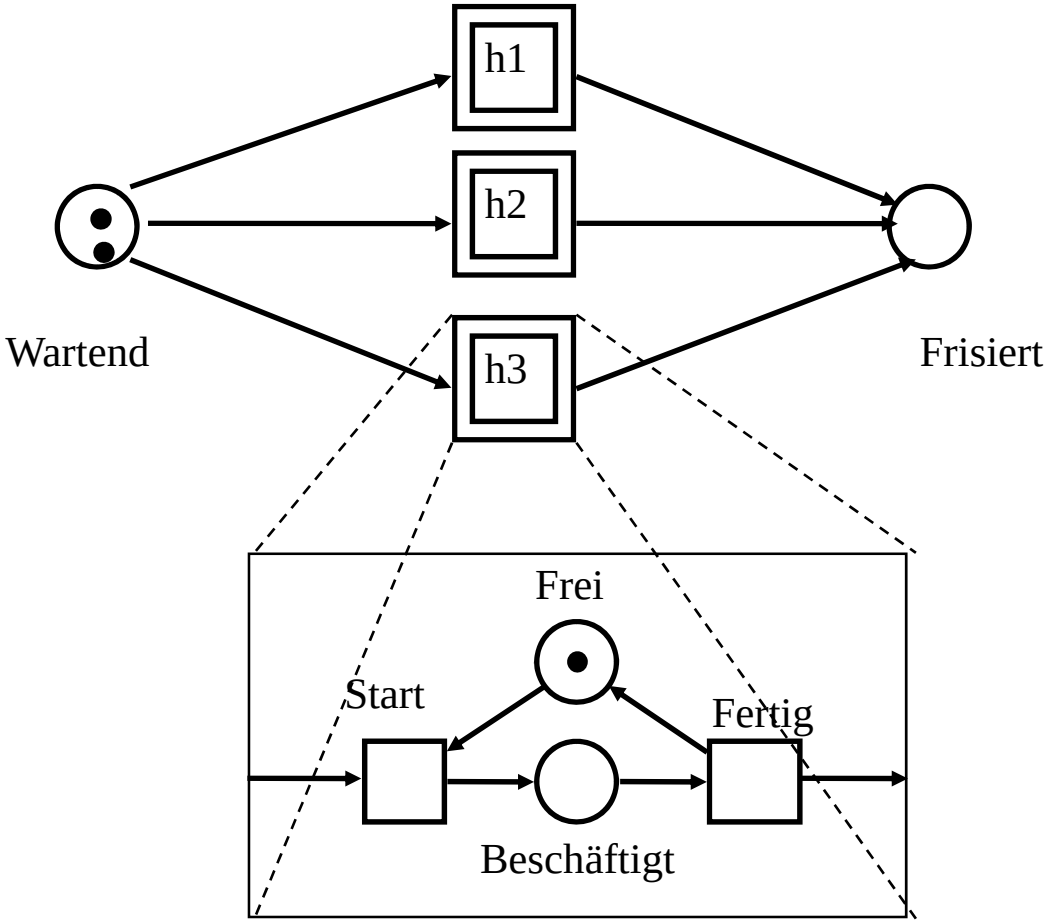
  (hier: Bestimmung der Verzögerung jedes Tokens)

5 High-Level-Petrinetze (IV)

Die Erweiterung um Hierarchie-Konzepte

- Ein Mechanismus zur Strukturierung komplexer Modelle ermöglicht das Modellieren und die Darstellung auf verschiedenen Abstraktionsstufen
- Ein Netzelement wird durch ein entsprechend berandetes Teilnetz (auch: Subnetz) ersetzt.

5 High-Level-Petrinetze – „Beim Friseur“ (III)

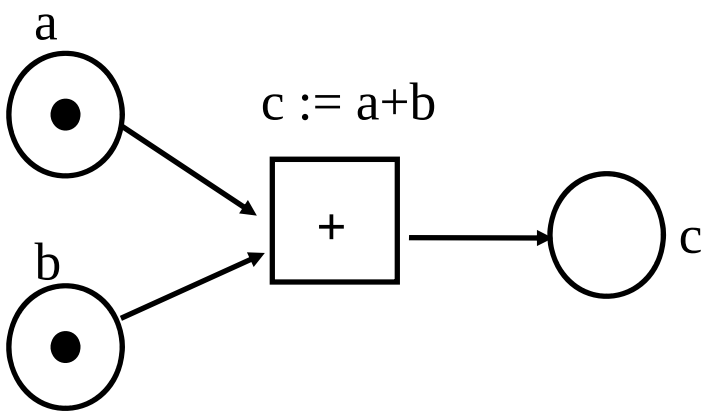


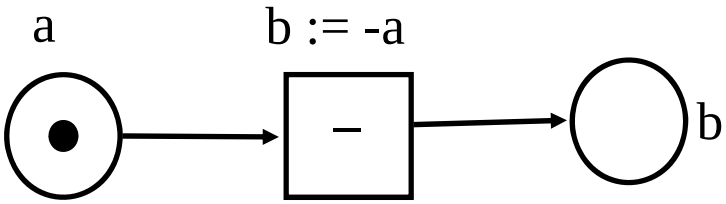
5 High-Level-Petrinetze (V)

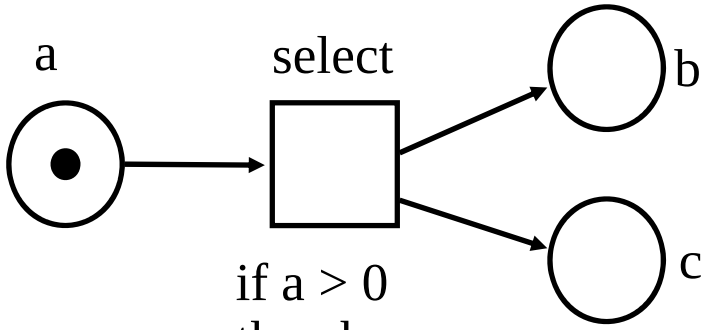
Für jede **Transition** wird spezifiziert:

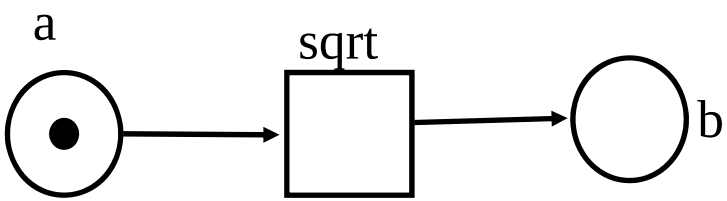
- die Anzahl der produzierten Marken
- die Werte der entsprechenden Attribute
- die Anzahl der konsumierten Marken
- (optional) eine Schaltbedingung (auch: guard)

5 High-Level-Petrinetze - Beispiele





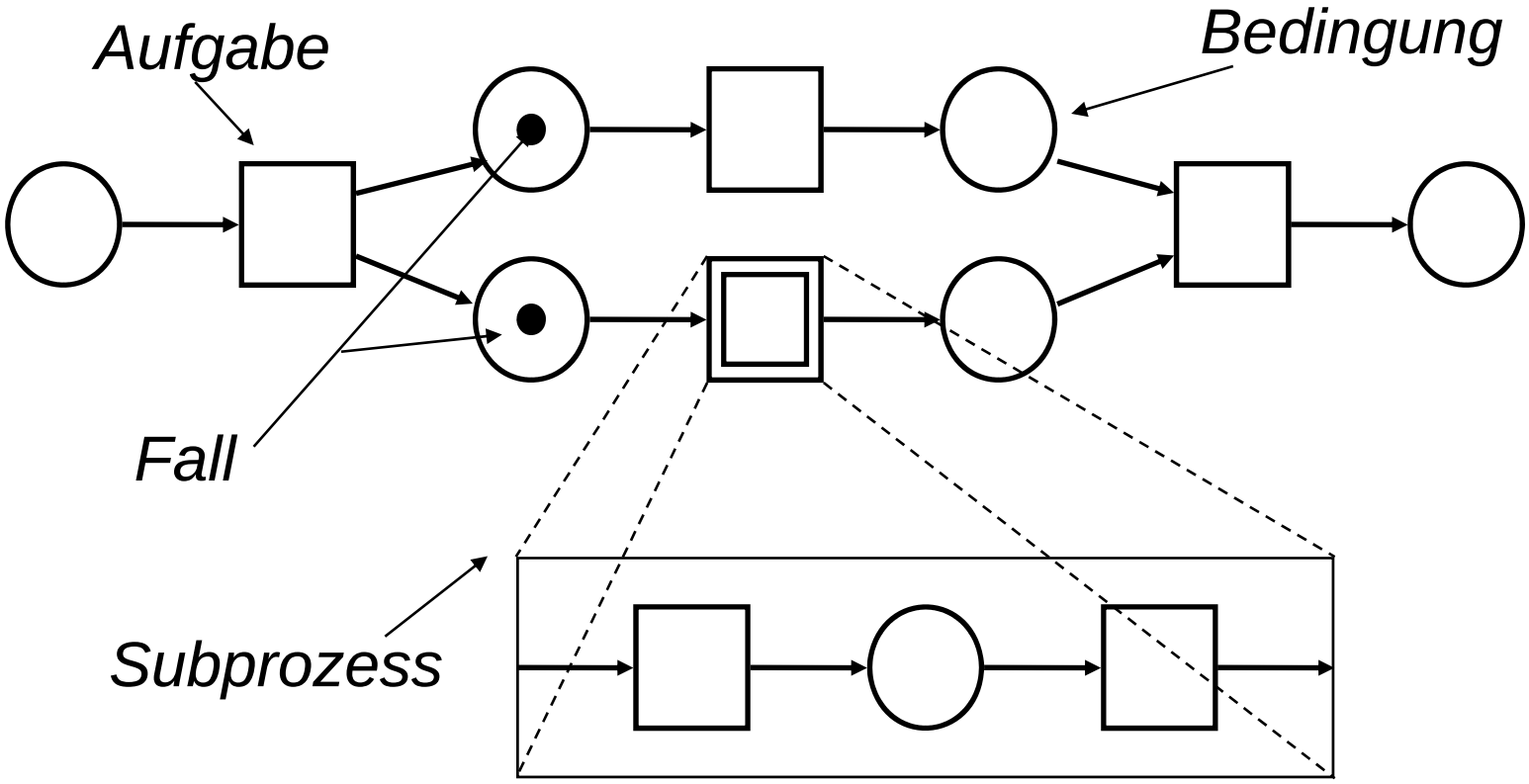




6 Terminologie bei Petri-Netzen für WFs

- A **Case** is the 'thing' which needs to be processed by following the process definition.
- Eine ***Prozess-Definition*** legt die Aufgaben und ihre Reihenfolge fest.
- ***Bedingungen*** legen die Reihenfolge der Aufgaben fest, sie können wahr oder falsch sein.
- Eine Aufgabe hat ***Vor-*** und ***Nachbedingungen***.

6 Prozessdefinition mit Petri-Netzen

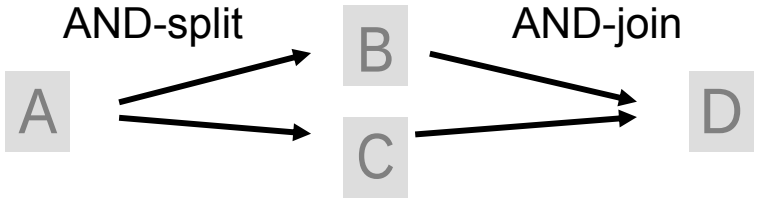


6 Routing von Fällen

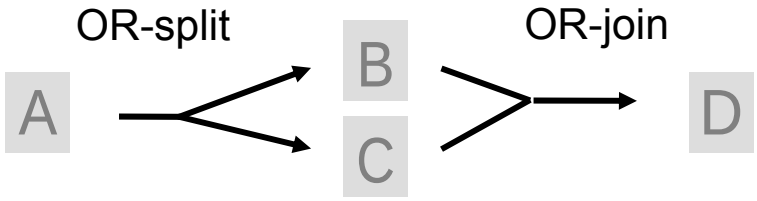
A, B, C, D - Aufgaben

- sequentiell

- parallel



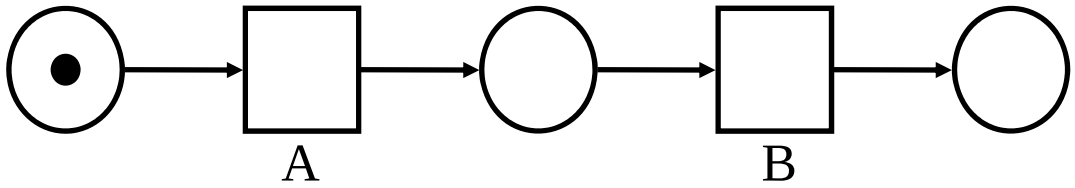
- wahlweise



(exclusive OR)

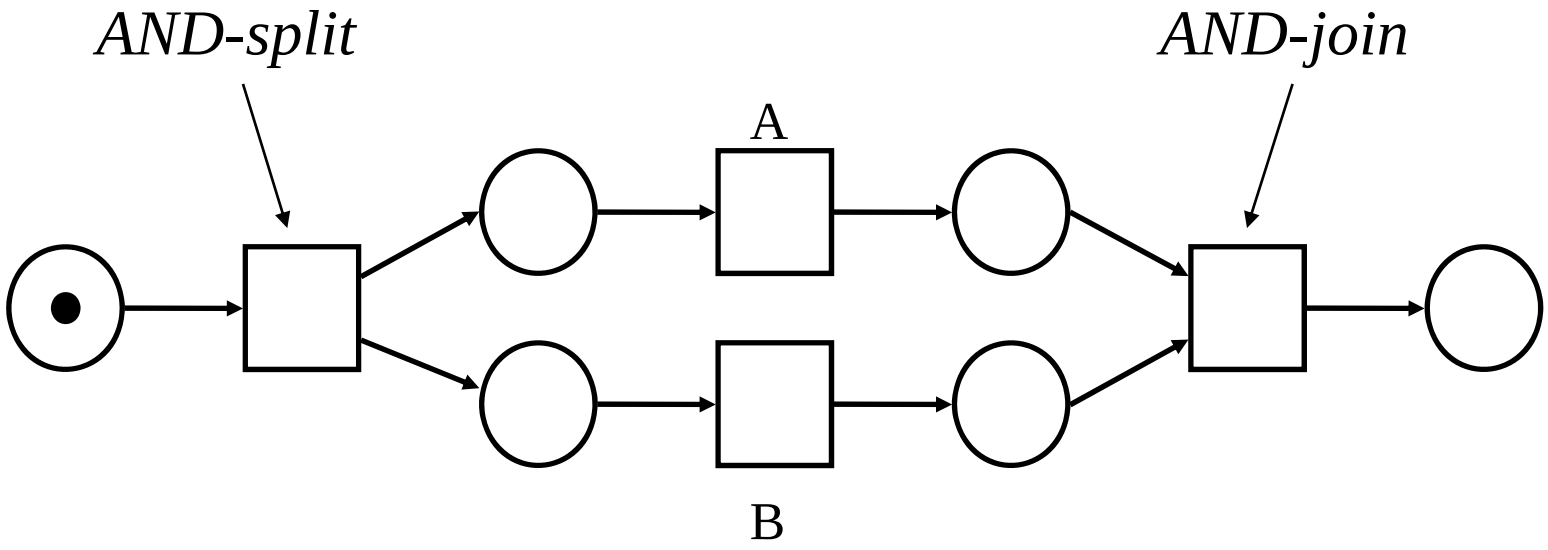
- iterativ

6 Sequentielles Routing



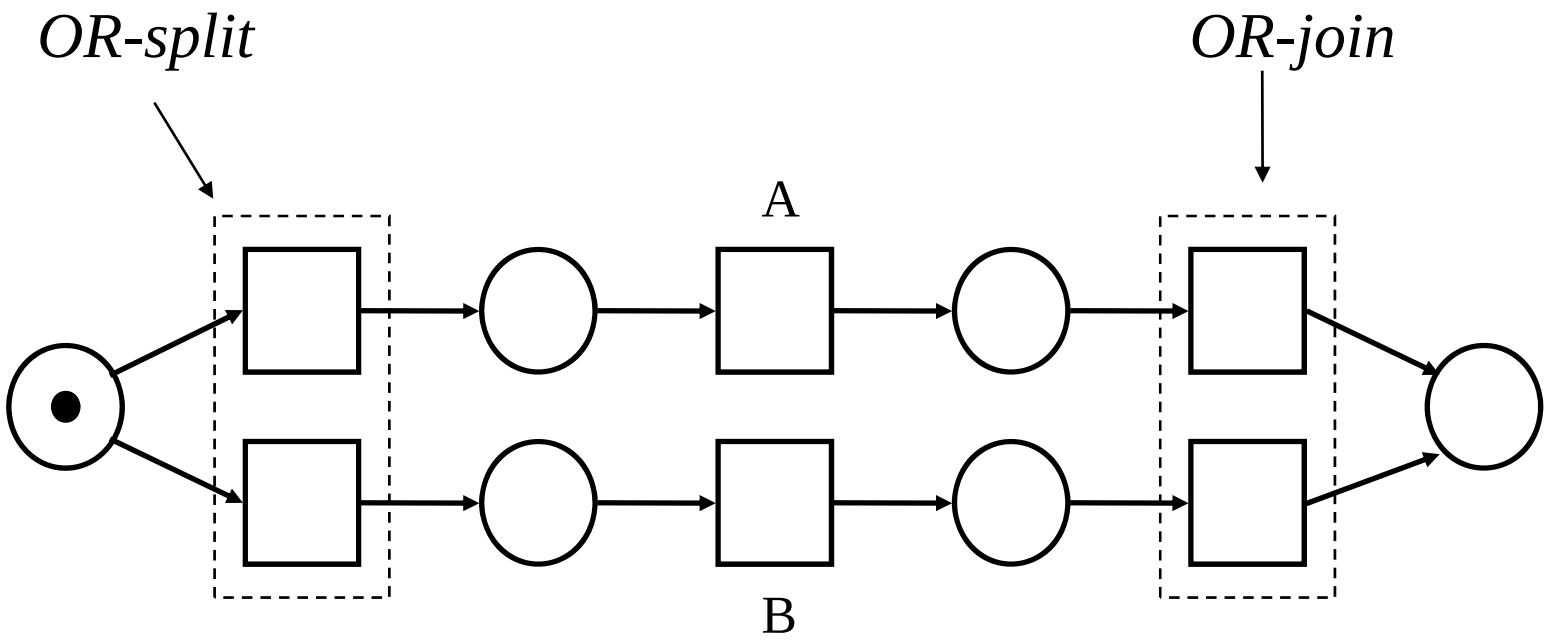
“Erst A, dann B"

6 Paralleles Routing



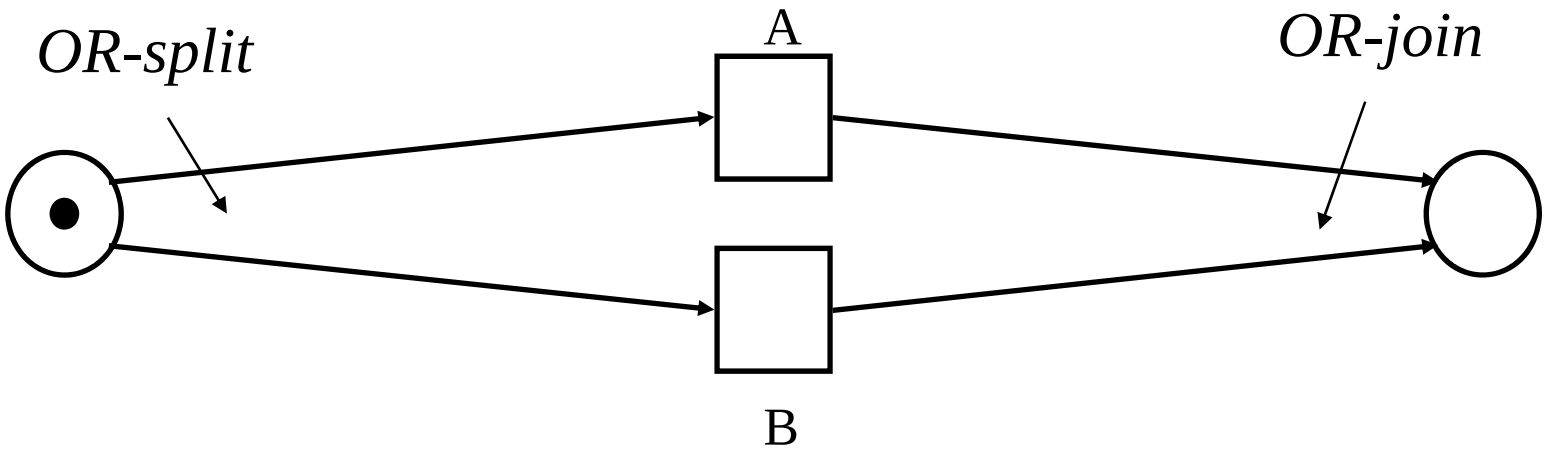
"A und B nebenläufig"

6 Auswahl (I)



"A oder B“ (exklusiv)

6 Auswahl (II)

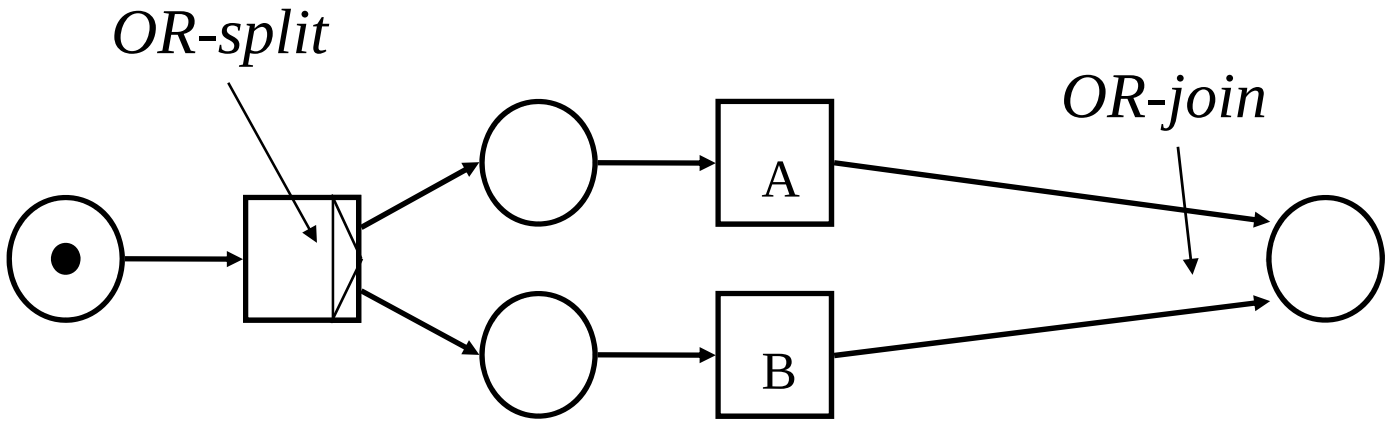


Implizite Auswahl: hängt von A und B ab

(d.h. die genaue Verzweigung steckt implizit in den Transitionen)

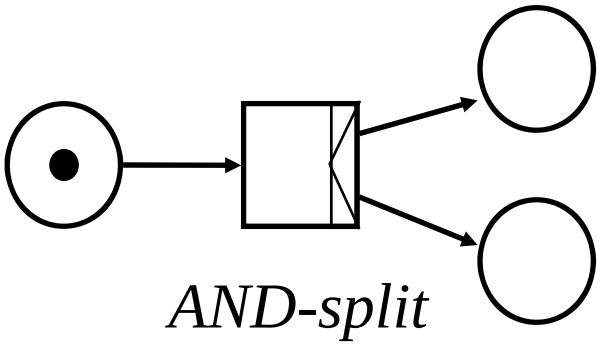
6 Auswahl (III)

Ein Modellierungsprimitiv zur Modellierung expliziter Auswahl:

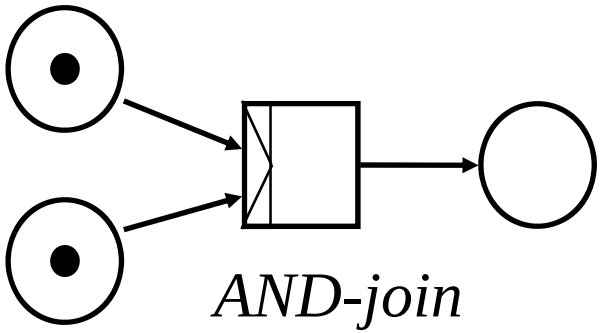


Explizite Auswahl: hängt nicht von A und B ab

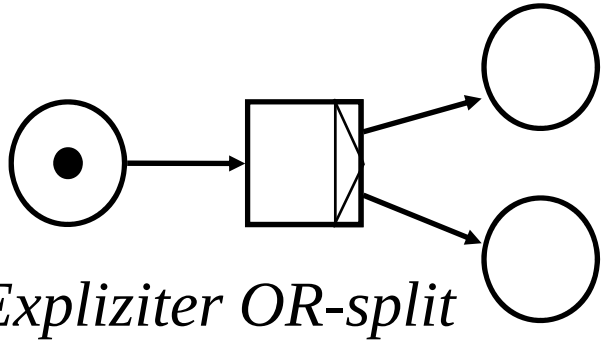
6 Überblick über die Routing-Erweiterungen



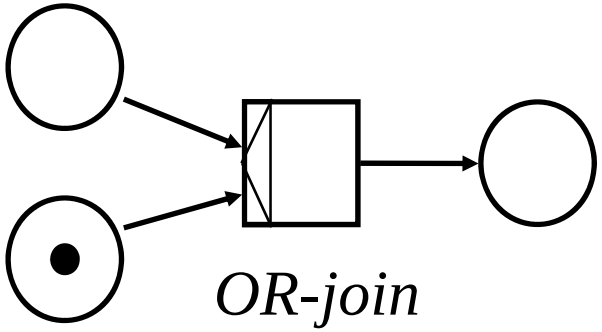
AND-split



AND-join

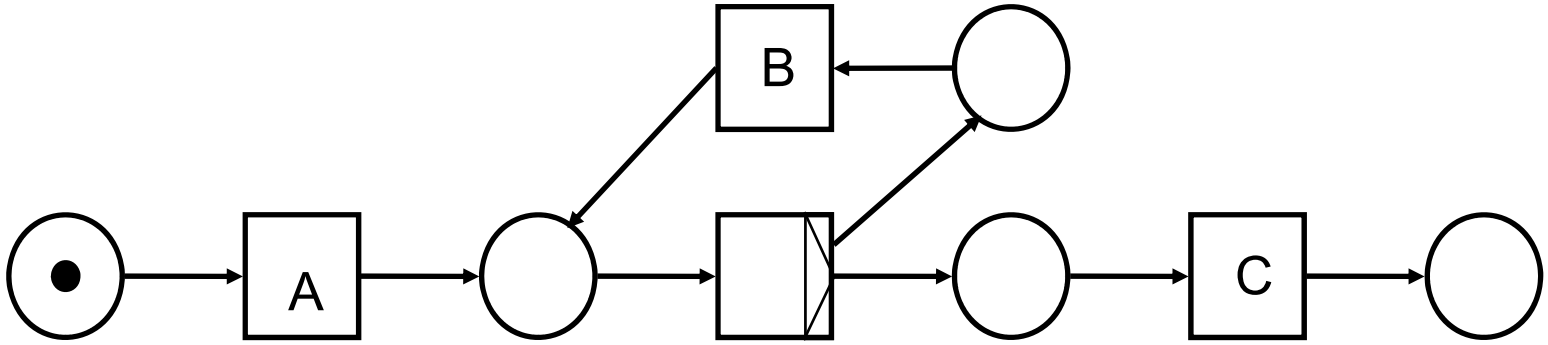


Expliziter OR-split



OR-join

6 Iteration

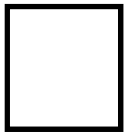


6 Trigger

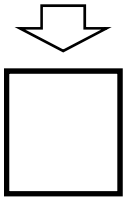
- Ein Workflowsystem ist ein reaktives System und als solches von der Umwelt abhängig:
  - Die Ankunft einer EDI-Nachricht.
  - Der Arbeitsbeginn einer Ressource.
  - Die Ankunft einer Akte.
  - Ein Anruf zur Auftragsbestätigung.
- Einige Aufgaben erfordern Trigger.

6 Trigger - Arten von Aufgaben

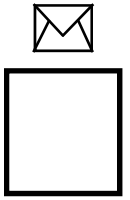
- Automatisch
  - » Kein Trigger erforderlich.



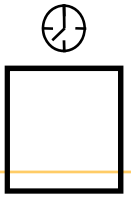
- Benutzer
  - » Initiiert durch eine Ressource.



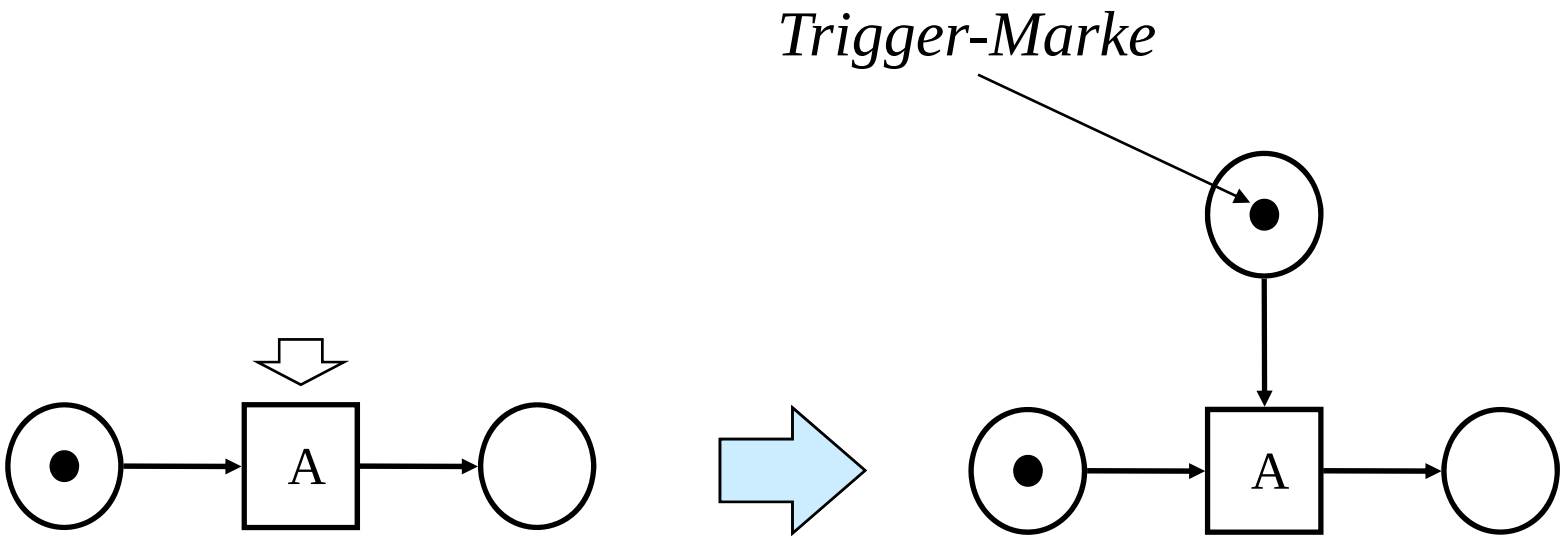
- Extern
  - » Ein externer Event (z.B. Nachricht, Anruf) ist erforderlich.



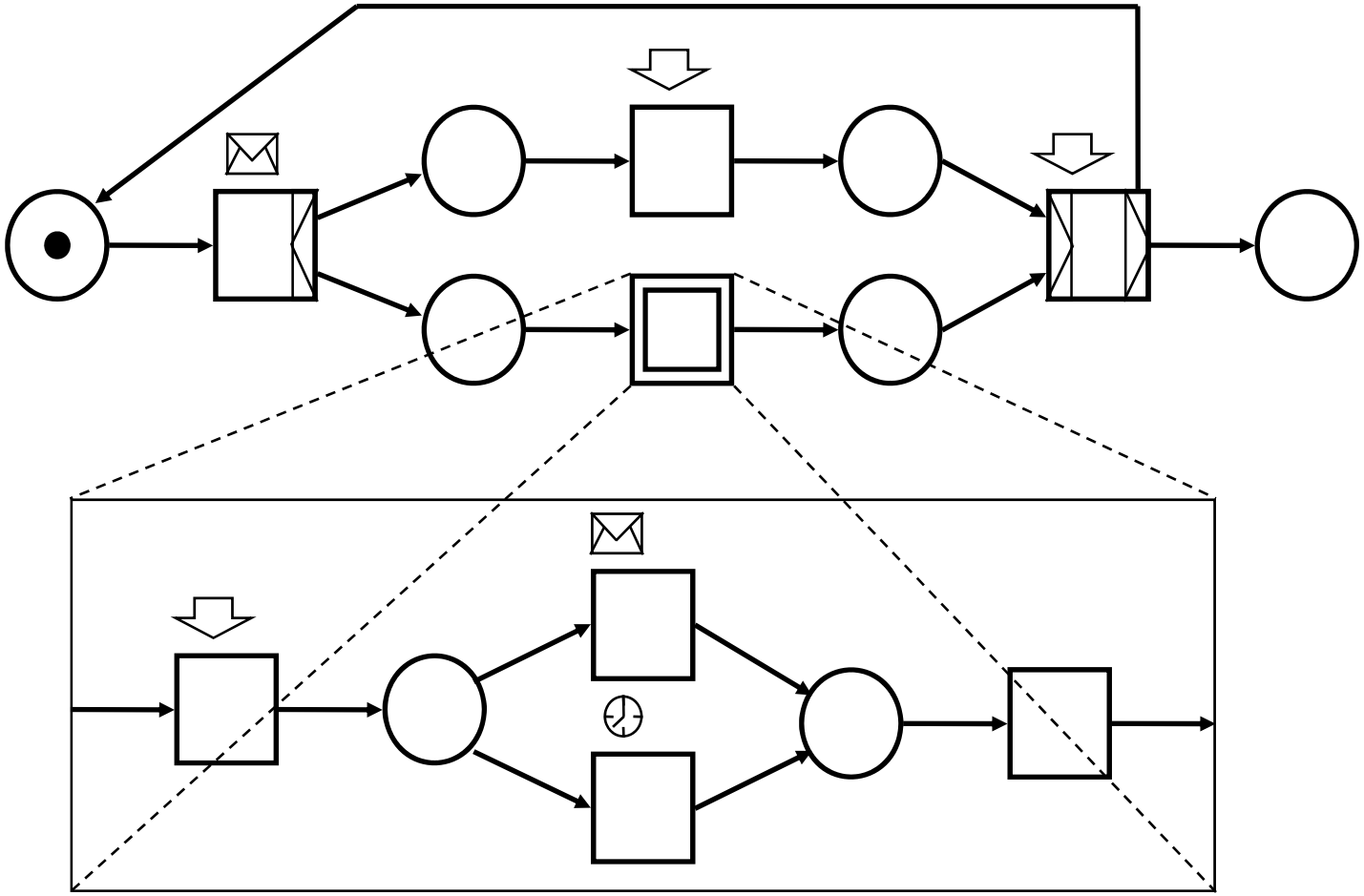
- Zeit
  - » Zeitdauern oder Zeitpunkte werden berücksichtigt.



6 Trigger – Darstellung als Stelle



6 Prozessdefinition – Alle Konstrukte



Exemplarische Fragen

- Was sind Vorteile von Petri-Netzen für die Ablaufmodellierung?
- Wozu werden Petri-Netze im Workflow-Bereich eingesetzt?
- Welche Analyseformen gibt es? Wo sind Petri-Netze nutzbar?
- Wie ist ein Petri-Netz aufgebaut?
- Welche Erweiterungen sind in High-Level-Petri-Netzen enthalten und wozu dienen diese?
- Was ist der Rand eines (Teil-)Petri-Netzes?
- Wie nutzt man Petri-Netze zur Prozessdefinition?
- Welche Routing-Konstrukte werden angeboten? Was sind die Vorteile, wenn solche Konstrukte genutzt werden?