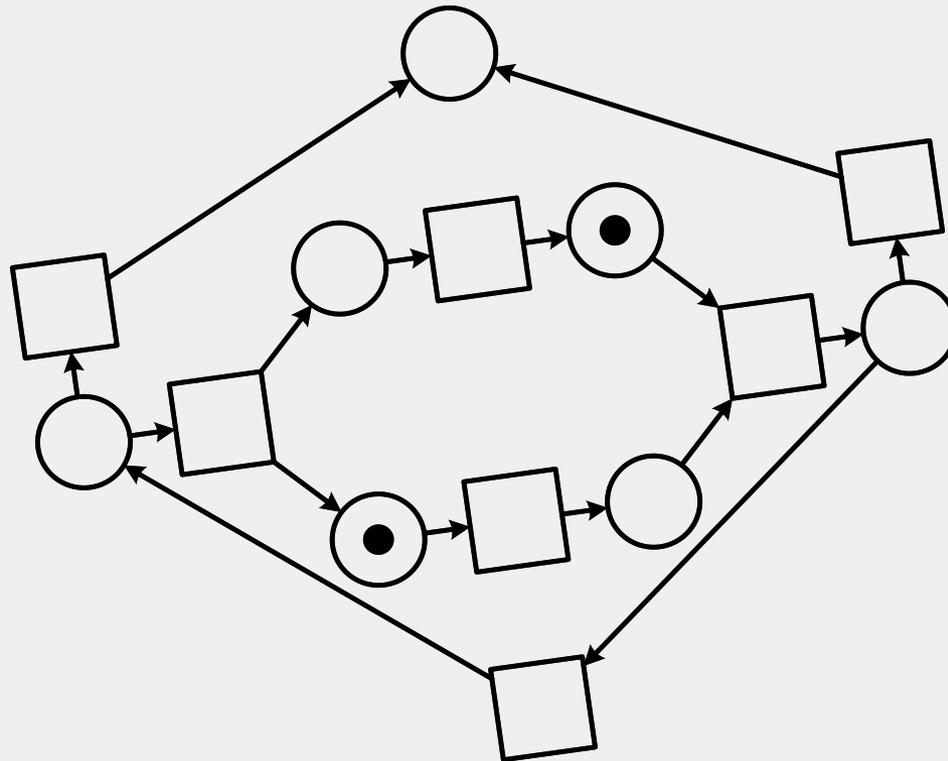
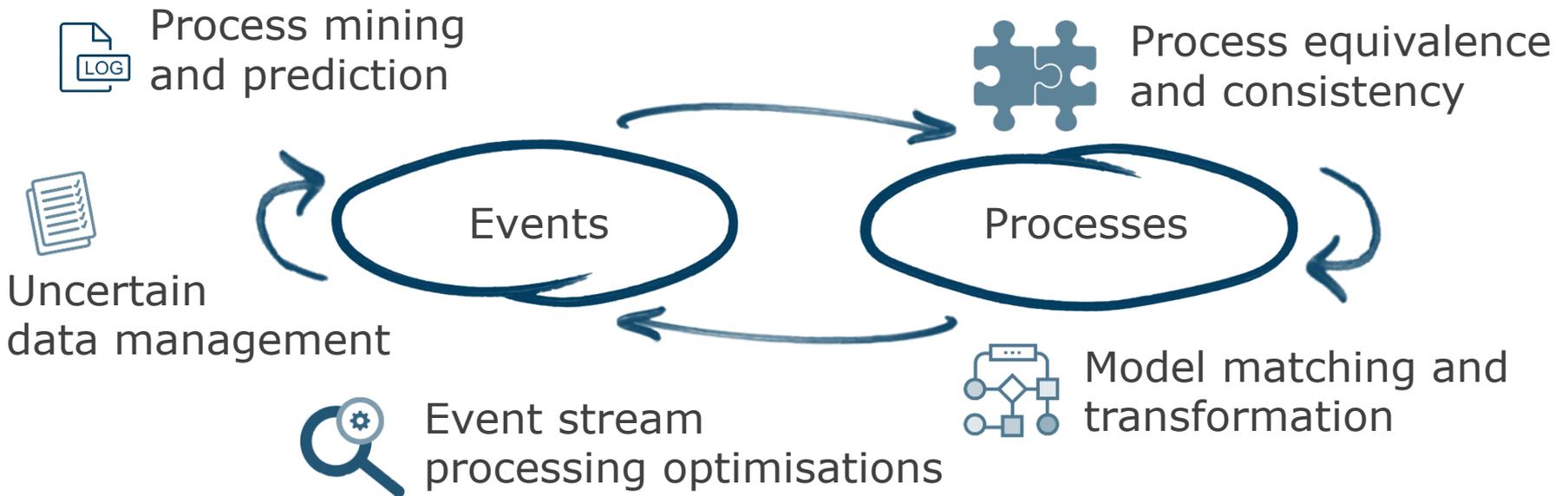


# ANALYSE VON PETRINETZMODELLEN



Matthias Weidlich



## Organisatorisches

- Planung/Anforderungen
- Spielregeln

## Einführung in das Seminarthema

- Modellierung
- Petrinetze

## Verteilung der Seminarthemen

# ORGANISATORISCHES

Termin bleibt Mittwoch, 13 Uhr, s.t., max 90 min.

Alles per Zoom

Kein Termin in der nächsten Woche

Danach Termine laut Webseite:

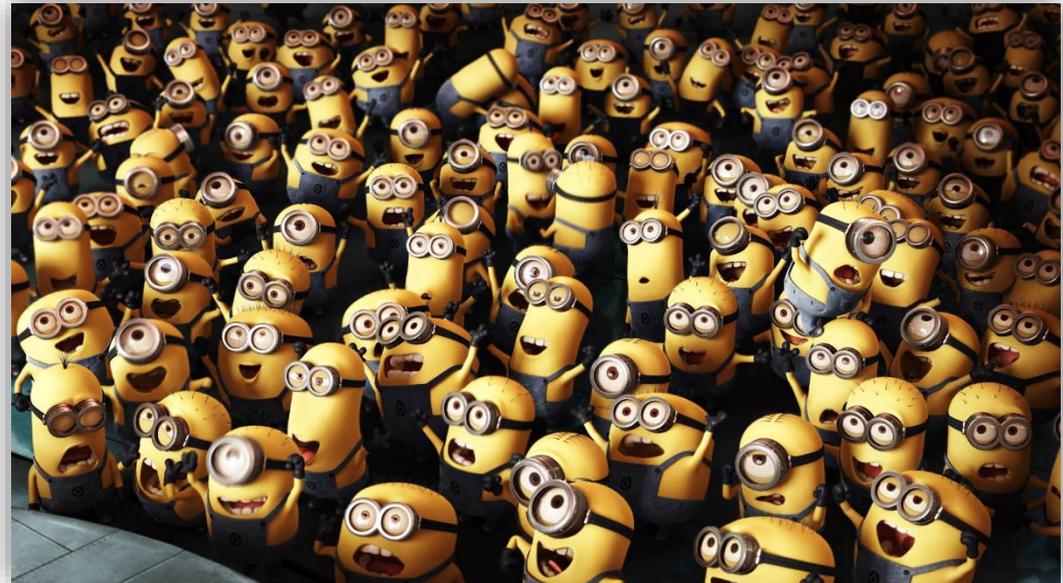
<https://hu.berlin/apm2021>

## Bachelor-Studierende Informatik – oder nicht?

### Vorkenntnisse

- Modellierung und Spezifikation?
- Software Engineering?
- Zeit und Petrinetze?

In AGNES  
eingeschrieben?



## Vorträge

- 2x im Semester
  - 1x5min Überblick und Motivation des Themas
  - 1x25min Details des Themas
- Selbständige Erarbeitung des Themas
- Einstiegsliteratur gegeben
- Mediennutzung: Folien und Zoom-Whiteboard

## Mitarbeit

- Beteiligung an inhaltlichen Diskussionen
- Beteiligung an der Vortragskritik

## Seminararbeit

- 10-15 Seiten
- Abgabezeitraum: Letzter eigener Vortrag bis 31.03.2021
- Wissenschaftlicher Stil / „Probe-Artikel“

Vortrag vorher durchsprechen

Mit Medien vorher vertraut machen

Gut lesbare Schriftgröße

**Gut erkennbare Farben**

Bloß keine ganzen Sätze auf die Folien schreiben und die dann auch noch vorlesen!

Von übermäßigen Animationen absehen

Folien nummerieren

Gut strukturieren

Alle Begriffe einführen (Allg. bekannt vs. vermutlich bekannt vs. neu)

Viele Beispiele nutzen

Tipp: Erst Beispiel, dann Definition/Theorem

In jedem Vortrag: Positives und Negatives

Immer erst positiv, dann negativ

Stets eigene Meinung von Fakten unterscheiden:

*Ich empfand die Struktur als sehr gelungen.*

*Mir war zu viel Text auf den Folien.*

*Jeder neue Begriff wurde eingeführt.*

*Die Folien waren nicht durchnummeriert.*

# **EINFÜHRUNG IN DAS SEMINARTHEMA**



# MODELLIERUNG

Modell: Abbildung eines realen Systems

Modellieren: Erzeugung eines Modells

Aspekte: **Verhalten** und Struktur

Analyse: Finden von Eigenschaften eines Modells

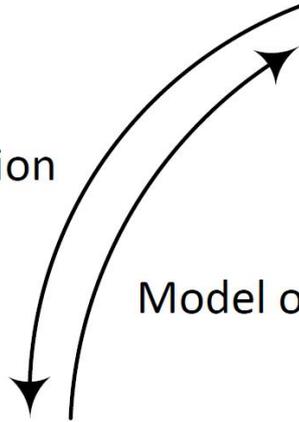
Verifikation: Nachweisen von Eigenschaften  
eines Modells

Original

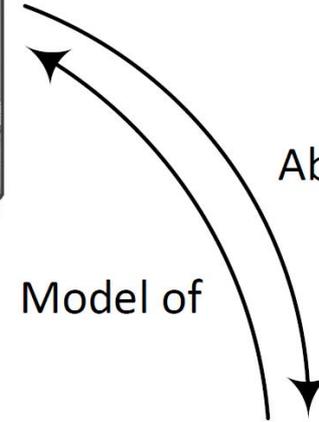


© National Aeronautics and Space Administration (NASA)

Abstraction



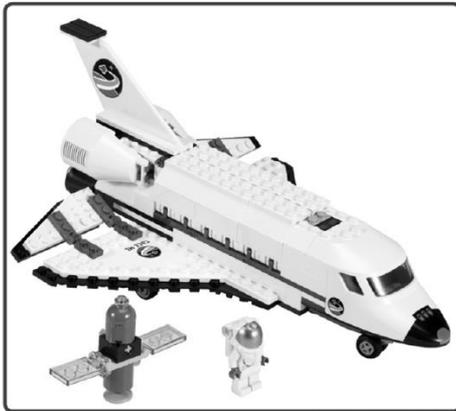
Model of



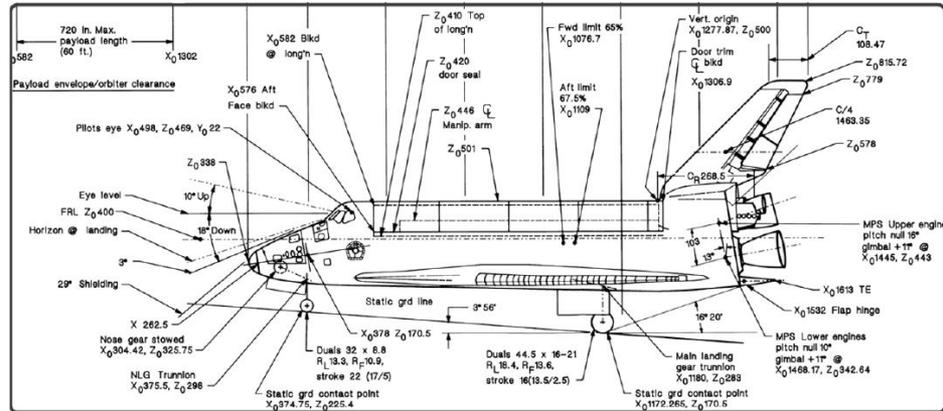
Abstraction

Model of

Model Level



© The LEGO Group



© Historic Space Systems at www.space1.com

Original



© Stiftung Deutsches Technikmuseum Berlin

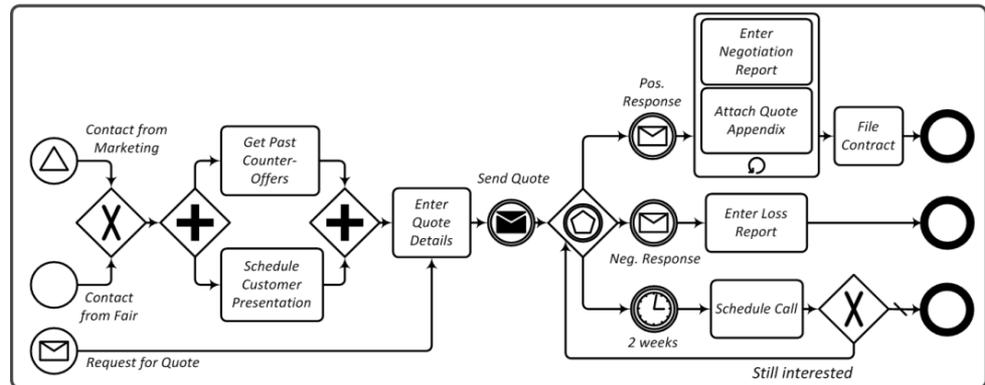
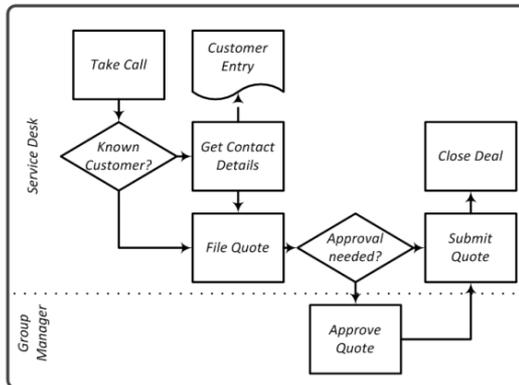
Abstraction

Abstraction

Model of

Model of

Model Level



Modellierung von...

- Zuständen (Variablen, Ressourcen, ...)
- Zustandsübergängen

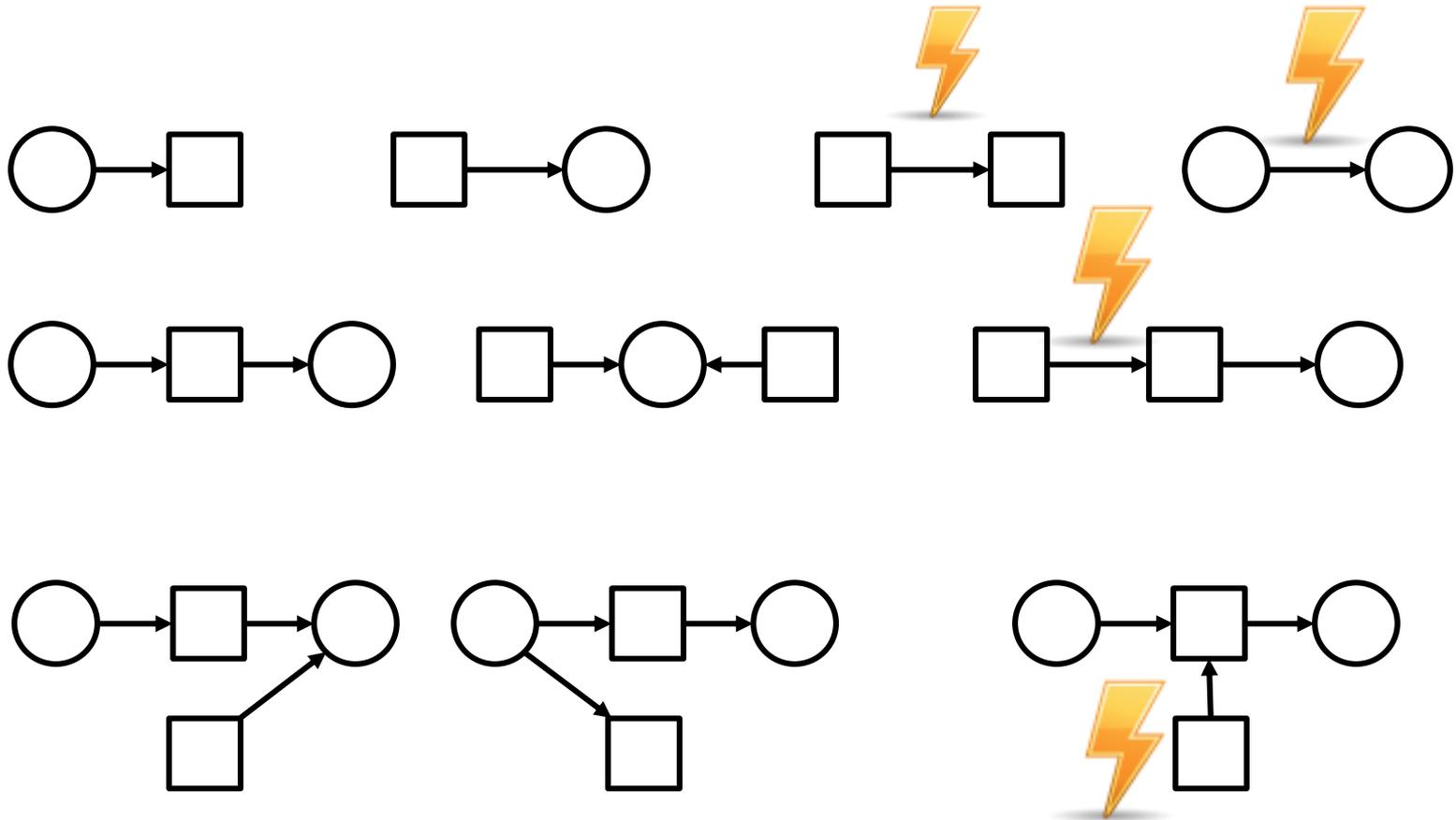
Zustandsautomaten, UML, Petrinetze, ...

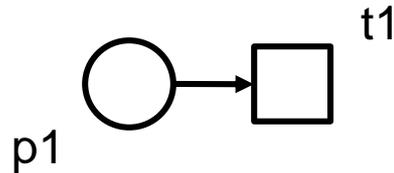
Petrinetzstrukturen

- Plätze/Stellen: Speicher/Bedingungen...
- Transitionen: Aktionen
- Pfeile/Kanten



Pfeile verbinden Stellen mit Transitionen



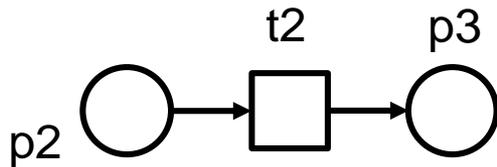


$$\text{vor}(p1) = \{ \}$$

$$\text{vor}(t1) = \{p1\}$$

$$\text{nach}(p1) = \{t1\}$$

$$\text{nach}(t1) = \{ \}$$



$$\text{vor}(p2) = \{ \}$$

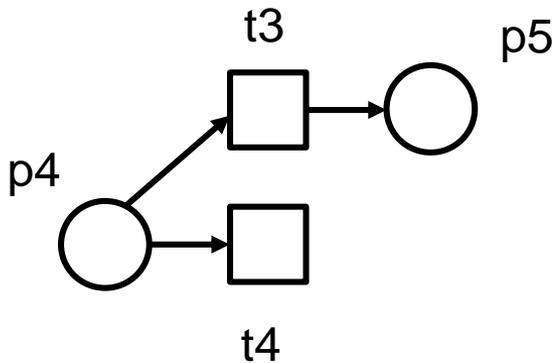
$$\text{vor}(t2) = \{p2\}$$

$$\text{vor}(p3) = \{t2\}$$

$$\text{nach}(p2) = \{t2\}$$

$$\text{nach}(t2) = \{p3\}$$

$$\text{nach}(p3) = \{ \}$$



$$\text{vor}(p4) = \{ \}$$

$$\text{vor}(t3) = \{p4\}$$

$$\text{vor}(t4) = \{p4\}$$

$$\text{vor}(p5) = \{t3\}$$

$$\text{nach}(p4) = \{t3,t4\}$$

$$\text{nach}(t3) = \{p5\}$$

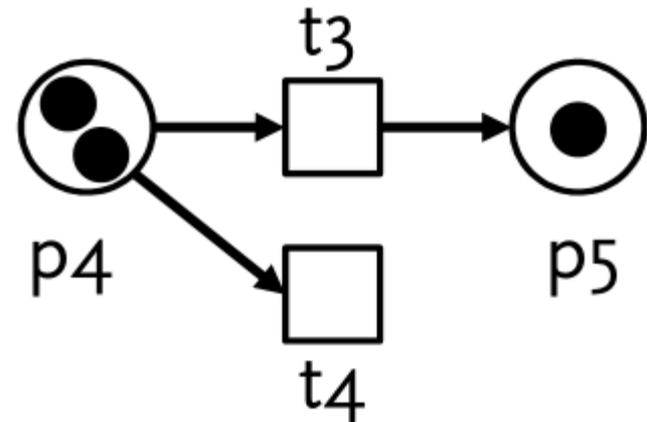
$$\text{nach}(t4) = \{ \}$$

$$\text{nach}(p5) = \{ \}$$

Marken (engl. Token) auf Stellen

Bedeutung abhängig von  
Bedeutung der Stelle

- Ressource
- Bedingung
- ...



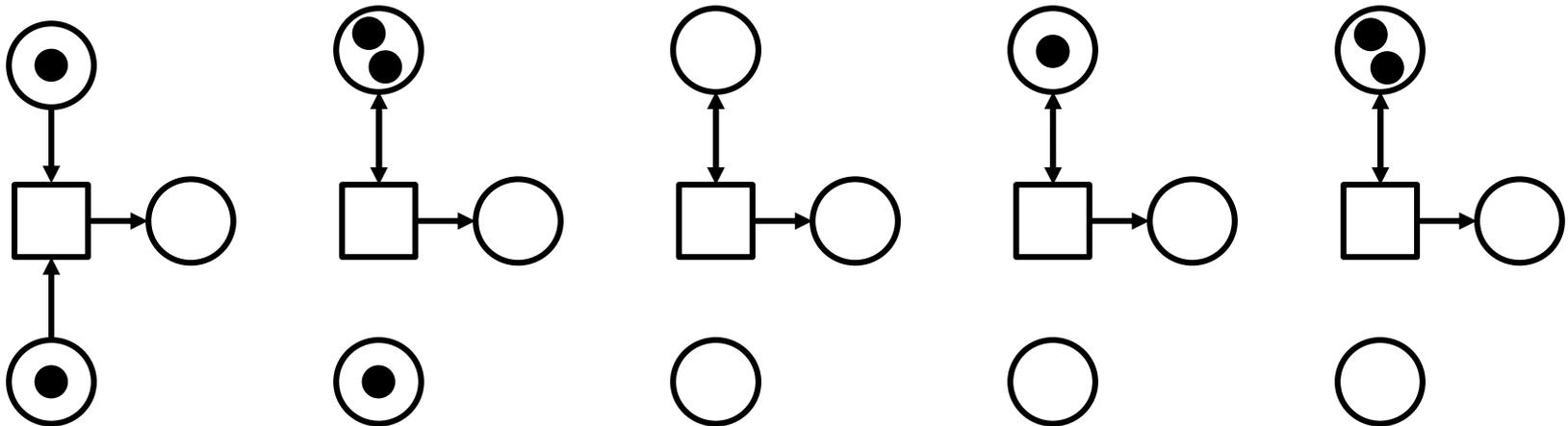
Aufzählung:  $[p_4=2, p_5=1]$

Vektor:  $(2, 1)$

Multimenge:  $[p_4, p_4, p_5]$

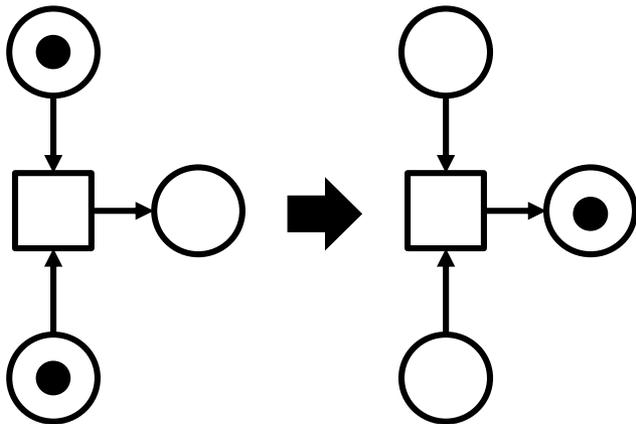
vor(t) markiert -> t ist **aktiviert**

- Alle Bedingungen erfüllt
- Alle Ressourcen vorhanden

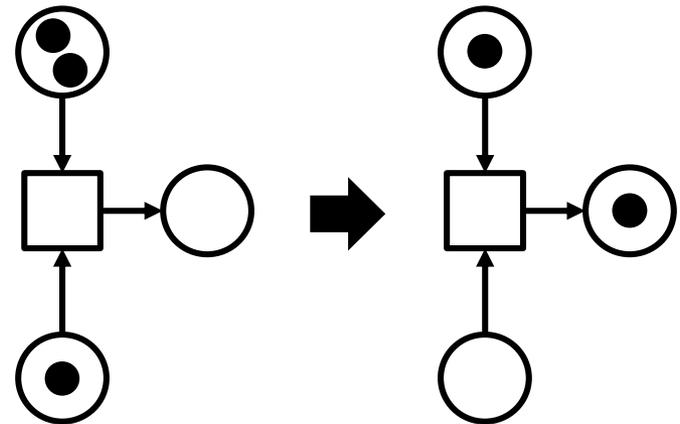


t ist aktiviert  $\rightarrow$  t **schaltet**

- Konsumieren von Token aus dem Vorbereich
- Produzieren von Token in den Nachbereich



$(1,1,0) \rightarrow (0,0,1)$



$(2,1,0) \rightarrow (1,0,1)$

Wenn  $t$  die Markierung  $M$  in Markierung  $M'$  überführt,  
heißt  $M \xrightarrow{t} M'$  **Schritt**

Folge von Schritten: sequenzieller Ablauf

Verhaltensmodellierung mit Petrinetzen

- Zustand: Markierung
- Zustandsübergang: Schritt

## Setting

- Vier Philosophen sitzen um einen Tisch
- Zwischen zwei Philosophen liegt jeweils eine Gabel

## Zustände/Regeln

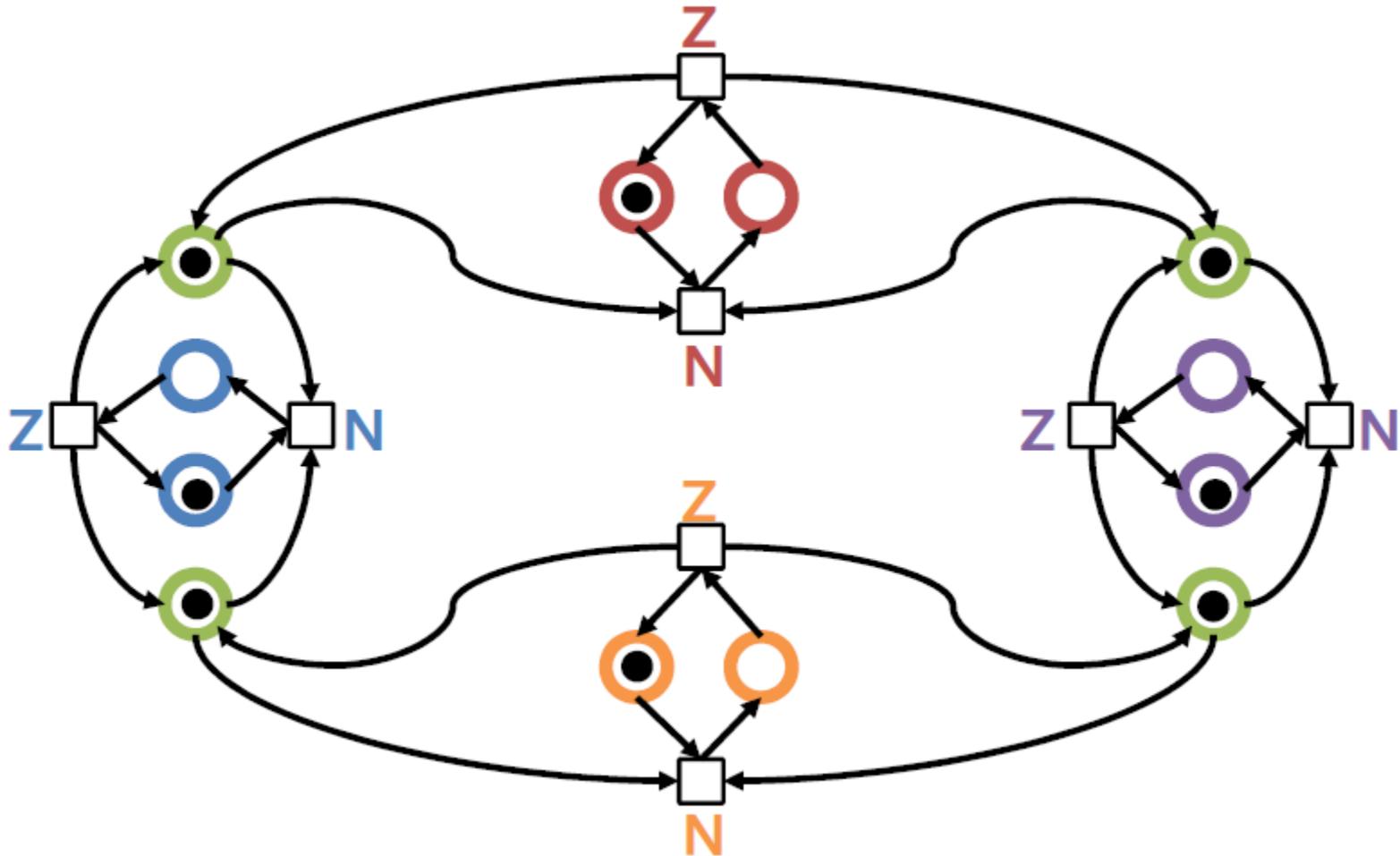
- Ein Philosoph kann immer nur essen oder denken – weder beides noch nichts davon.
- Ein Philosoph benötigt die rechte und die linke Gabel, um zu essen

## Ein Philosoph kann zwei Dinge tun:

- Beide Gabeln gleichzeitig nehmen
- Beide Gabeln gleichzeitig zurücklegen

## Initial:

- Alle Gabeln auf dem Tisch
- Alle Philosophen denken



Enthält alle von einem Anfangszustand erreichbaren Zustände

Notwendig: Anfangszustand -> **Anfangsmarkierung**

## Markierungsgraph:

- Gerichteter Graph
- Ein Knoten = eine Markierung
- Eine Kante = eine Transition
- Flussrelation = Schritt

**Erreichbarkeit:**  $M'$  erreichbar aus  $M$ , wenn ein Pfad von  $M$  nach  $M'$  im Markierungsgraphen existiert

**b-Beschränkt:** Höchstens  $b$  Token auf Stelle

**Beschränkt:** Ex.  $b$ , so dass  $b$ -beschränkt  $\rightarrow$   
Markierungsgraph endlich

**Lebendig:** F.a.  $M$  und  $t$ : Ex.  $M'$ , so dass  $M'$  erreichbar  
aus  $M$  und  $t$  aktiviert in  $M'$

...

**Petrinetz:** 4-Tupel  $N = (P, T, F, M)$  mit

- Plätzen  $P$
- Transitionen  $T$
- $P, T$  disjunkt und endlich
- Flussrelation  $F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$
- Anfangsmarkierung  $M: P \rightarrow \subseteq \mathbb{N}_0$

**Schritt:** Schalten einer Transition/Ein Übergang im Markierungsgraphen

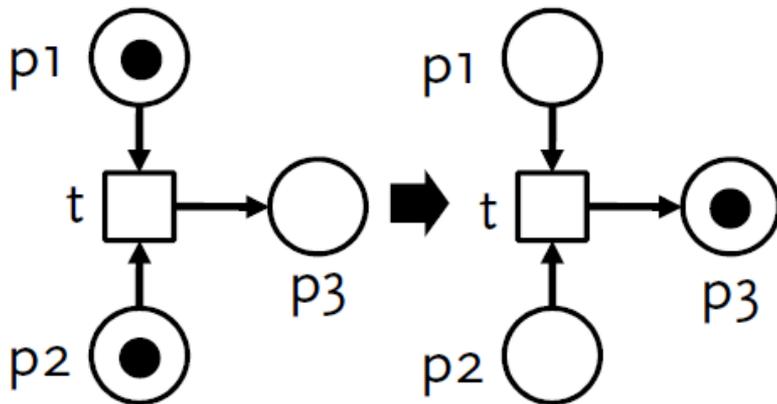
- Sei  $t$  aktiviert in  $M$  und  $t$  überführe  $M$  in  $M'$
- Dann ist  $M \xrightarrow{t} M'$  ein Schritt

**Sequentieller Ablauf:** Sequenz von Schritten/Weg im Markierungsgraphen

- Sei  $t_i$  aktiviert in  $M_i$  und  $t_i$  überführe  $M_i$  in  $M_{i+1}$
- Dann ist  $M_1 \xrightarrow{t_1} M_2 \xrightarrow{t_2} \dots$  ein sequenzieller Ablauf

## Rechnen mit Markierungen

- Markierung: Multimenge über  $P$
- Sei  $t$  aktiviert in  $M$ , dann:  
 $M \xrightarrow{t} M - \text{vor}(t) + \text{nach}(t)$



$$\begin{aligned}
 [p_1, p_2] &\xrightarrow{t} \\
 [p_1, p_2] - \text{vor}(t) + \text{nach}(t) \\
 &= [p_1, p_2] - [p_1, p_2] + [p_3] \\
 &= [p_3]
 \end{aligned}$$

# THEMENVERGABE

1. Spezielle Netzklassen
2. Strukturelle Deadlocks und Fallen
3. Der Überdeckbarkeitsgraph
4. Platz- und Transitionsinvarianten
5. Verteilte Abläufe
6. Regionentheorie
7. Symmetrien
8. Partial Order Reduction
9. Unfoldings
10. High-Level-Petrinetze
11. Zeit und Petrinetze
12. Stochastische Petrinetze
13. CPN-Tools
14. Vergleich von Werkzeugen für die Modellierung und Analyse
15. Die Sweep-Line-Methode für Petrinetze
16. Komposition von Petrinetzen
17. Szenario-basierte Spezifikation mit Petrinetzen
18. Petrinetze und formale Sprachen
19. Verfeinerung in Petrinetzen
20. Reversible Berechnungen in Petrinetzen