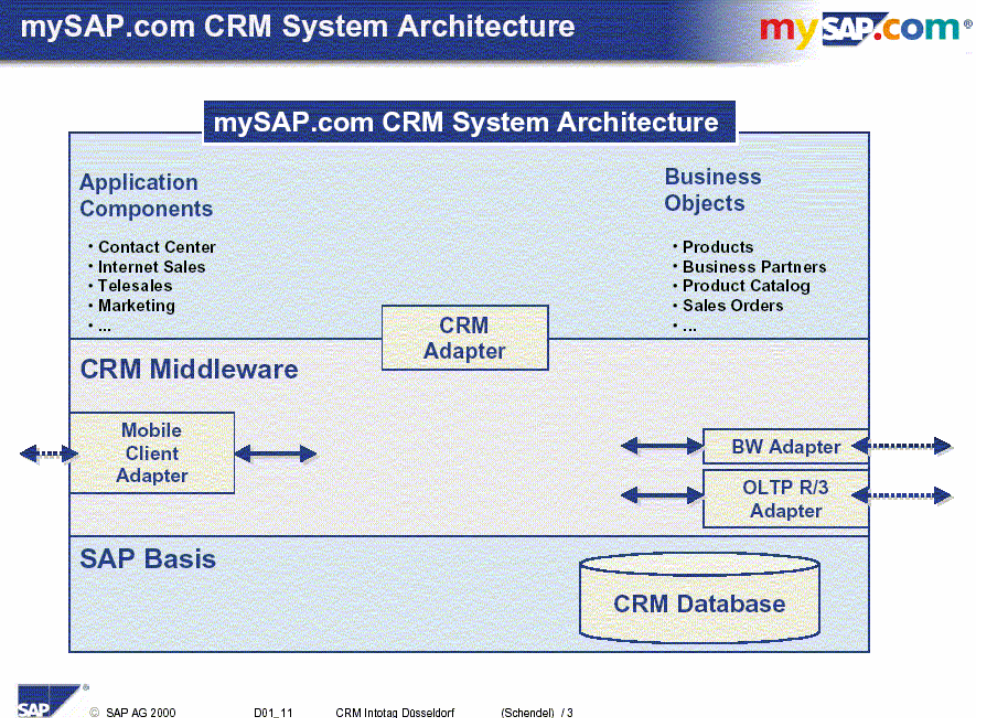
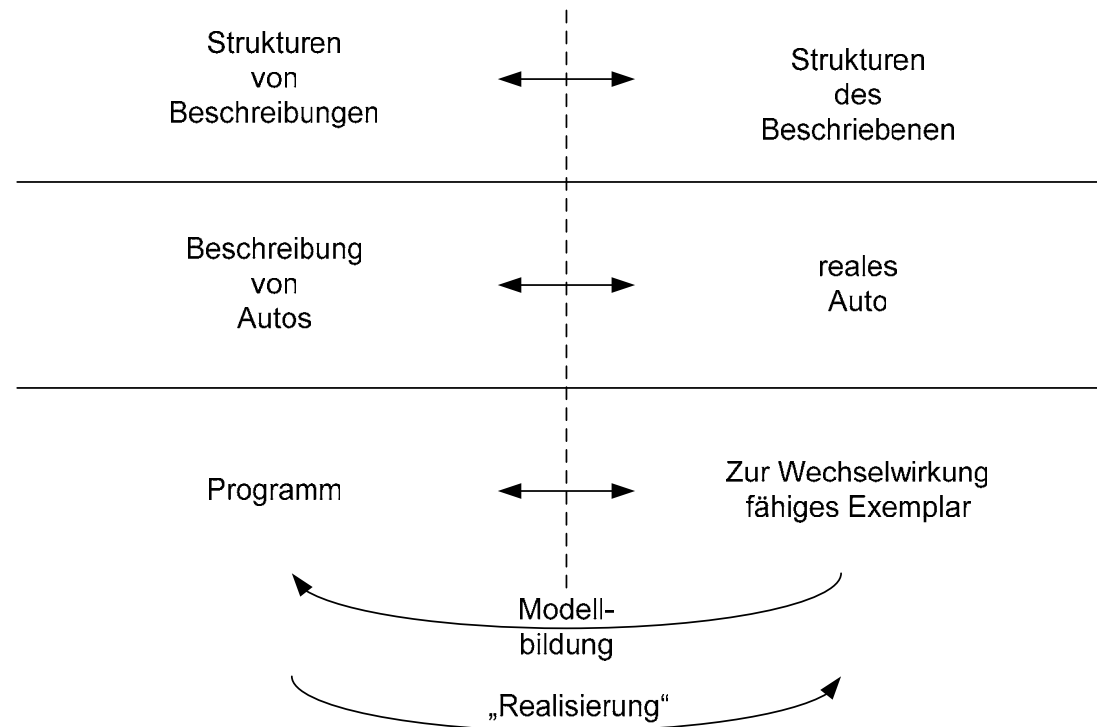


Abstraktion und Komplexitätsreduktion auf Interessante

- Kommunikation über das Vorhaben
- Identifikation von gemeintem





- Grundbegriffe der Netztheorie**
- Petri-Netze, erweiterte**
 - **Ziele**
 - **Formale Definition**
 - **Netzelemente**
 - **Ablaufsemantik: Temporal- und Kausalordnung**
- Sprach- und Darstellungsmittel von Petri-Netzen**

„Zu den wesentlichen Ansprüchen an eine Theorie der Kommunikation und Organisation gehört, dass ihre mathematischen Ausdrucksmittel, ihre Grundbegriffe und Grundzusammenhänge auch dem Nichtmathematiker verständlich und mindestens bei der Beschreibung von Zusammenhängen, Aufgaben und Ergebnissen hilfreich sein müssen.“

(Aus dem Vorwort von Peter H. Starke)

Grundstein zur Forschung Dissertation von Petri 1962

Bedingungen und Ereignisse in Automatengraphen

Maximale Nebenläufigkeit als *Fall*

- Fallgraphen: Maximale Nebenläufigkeit

Lose gekoppelte Systeme

- Phasen als lokale Teile von globalen Fällen

Darstellung eines B-E-Systems:

- Bedingung ... ○
- Ereignis □
- Flußrelation... →
- Fälle •

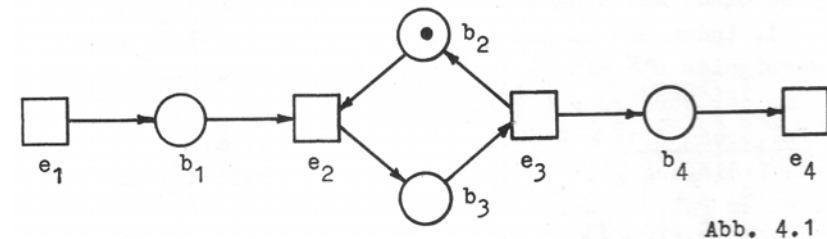


Abb. 4.1

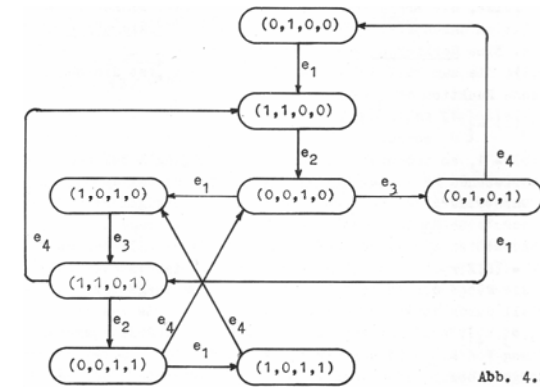
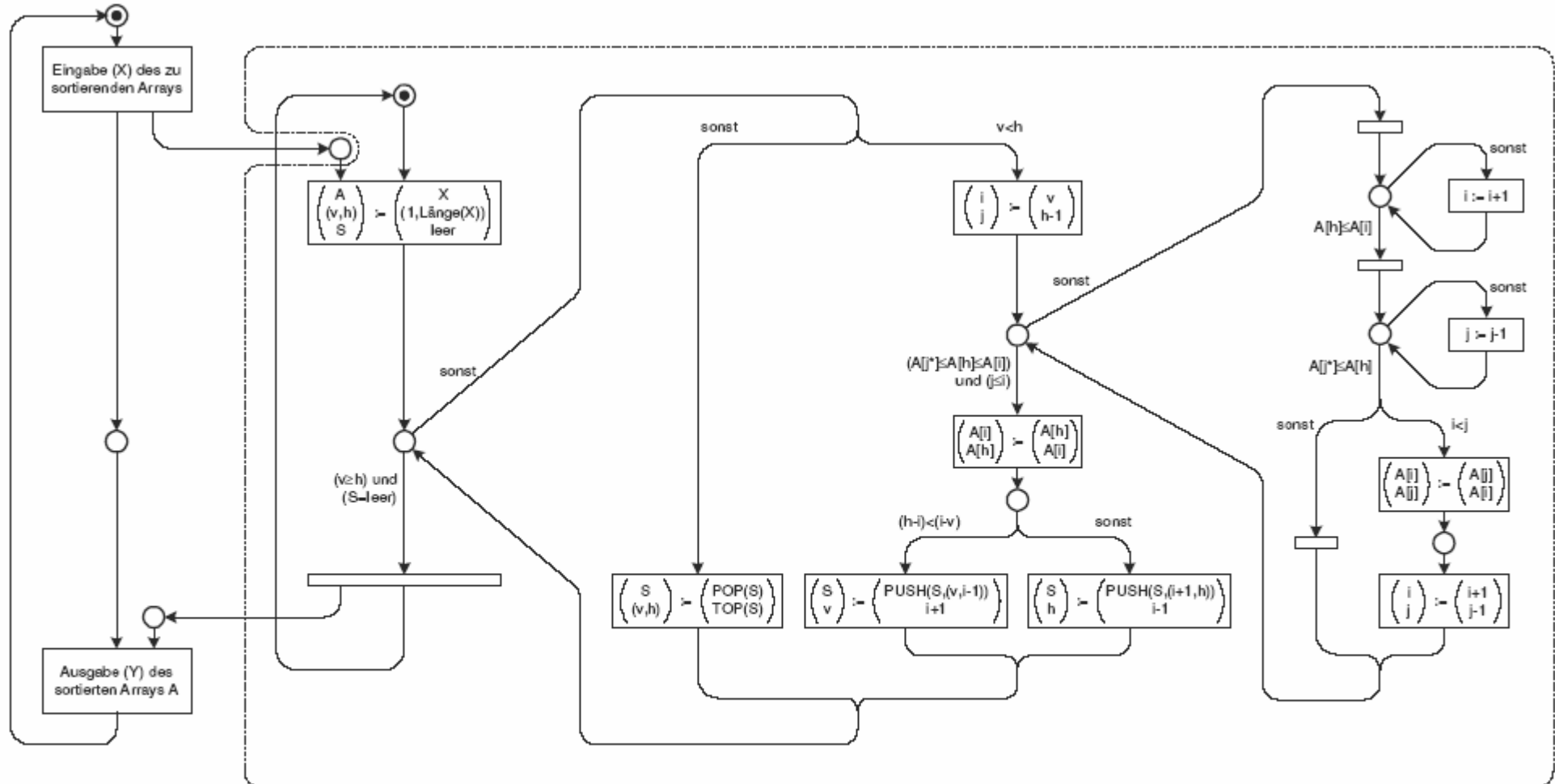


Abb. 4.2

Konfusion

...

Petri-Netz Ziel



Dieser Ausschnitt beschreibt Zustände und Zustandsübergänge des Sortierers

Legende:

Länge(A): liefert Anzahl der Elemente eines Arrays A

$$i^* = \begin{cases} j & \text{falls } v \leq j \leq h-1 \\ h & \text{falls } j = v-1 \end{cases}$$

- Beschreibung und Analyse:**
 - **Informationsfluss**
 - **Kontrollfluss**
- Hohe Strukturierbarkeit**
 - **Abstraktionsebenen**
 - **Detaillierungsgrad**
- Lösbarkeit von Fragen nach:**
 - **Synchronisation**
 - **Konflikt**
 - **Lebendigkeit**
 - **Sicherheit**

Ein Petri-Netz ist:

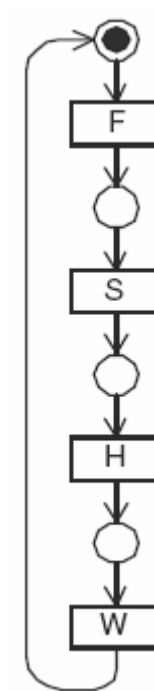
- 6-Tupel (P, T, F, K, W, M_0)
- 3-Tupel (P, T, F) bipartit, gerichteten Graph

Beschreibung:

- P : nichtleere Menge von Plätzen $P = \{p_1, p_2, \dots, p_{|P|}\}$
- T : nichtleere Menge von Transitionen $T = \{t_1, t_2, \dots, t_{|T|}\}$
- F : nichtleere Menge der Kanten $F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$
- K : Kapazitäten der Plätze, mit $K : P \rightarrow \mathbb{N} \cup \{\infty\}$
- W : Kantengewicht, mit $W : F \rightarrow \mathbb{N}$
- M_0 : Startmarkierung

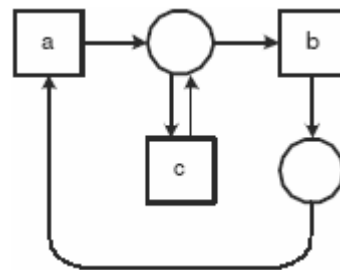
Plätze und Transitionen sind disjunkt

Markierung kennzeichnet Zustand des Netzes

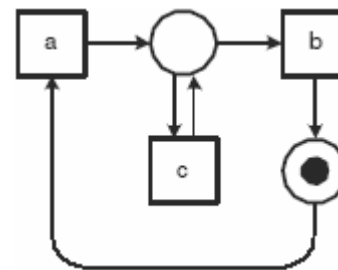


□ Knotentypen, Kante und Marke

- **Transition** Handlung
- **Stelle** ●
- **Kante**
- **Marke** ●

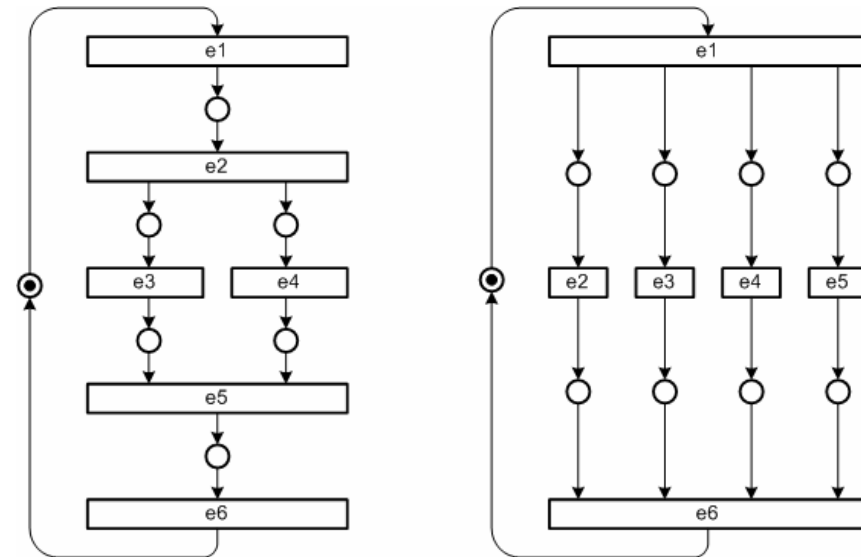
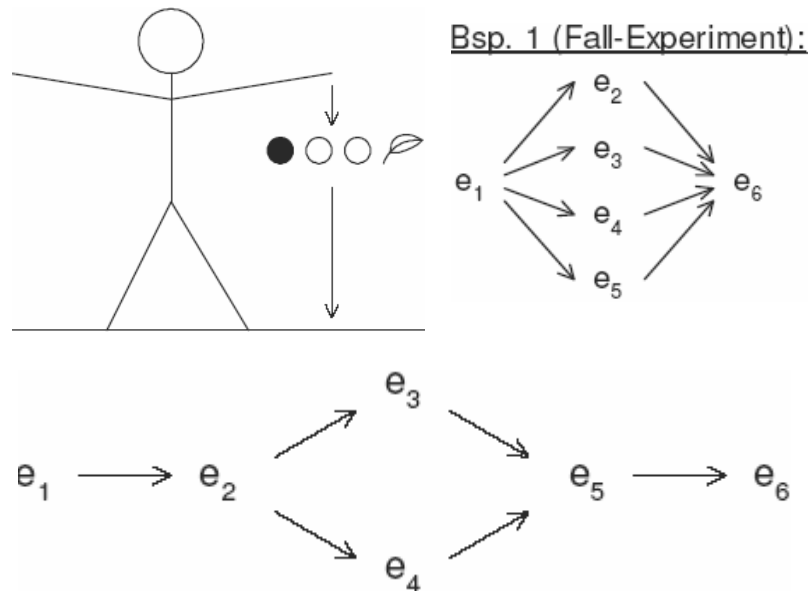


unmarkiert



markiert

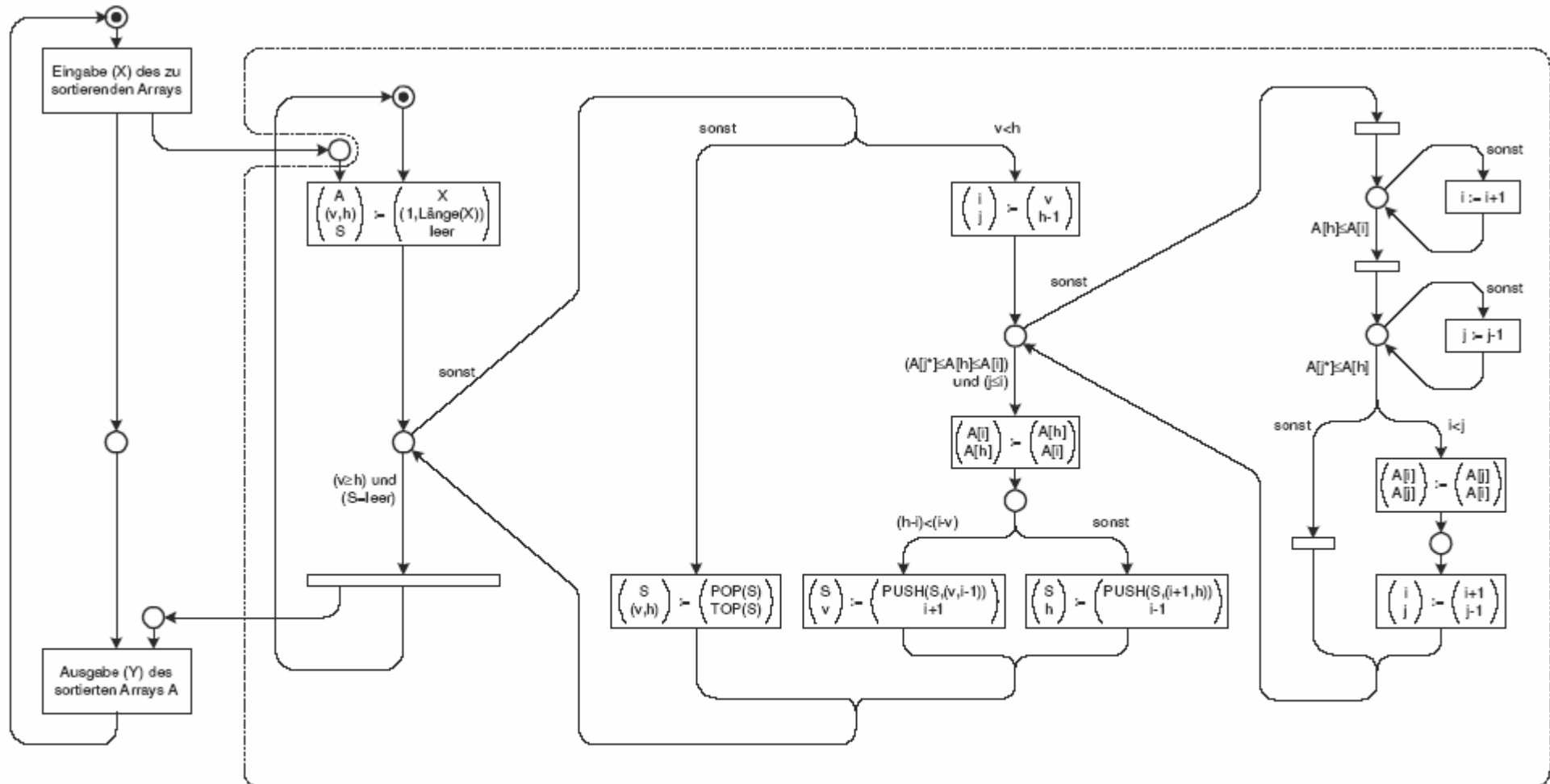
- Modellidealisierung: *Ereignis in einem Zeitpunkt*
- Temporalordnung: Menge zeitlich geordneter Ereignisse
- Kausalordnung: Menge kausal geordneter Ereignisse



$$\left(e_1 \xrightarrow{K} e_2 \right) \rightarrow \left(e_1 \xrightarrow{T} e_2 \right)$$

Petri-Netz

Sprach- und Darstellungsmittel von Petri-Netzen



Dieser Ausschnitt beschreibt Zustände und Zustandsübergänge des Sortierers

Legende:

Länge(A): liefert Anzahl der Elemente eines Arrays A

$$i^* = \begin{cases} j & \text{falls } v \leq j \leq h-1 \\ h & \text{falls } j = v-1 \end{cases}$$

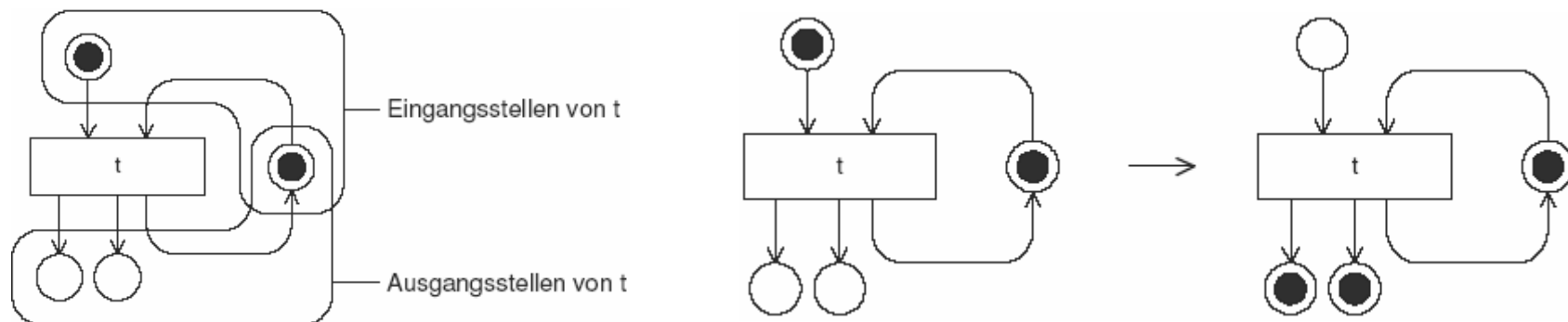
- Übersicht Grundbegriffe der Netztheorie**
- Petri-Netze, erweiterte**
- Sprach- und Darstellungsmittel von Petri-Netzen**
 - **Abwicklung, Schaltregel**
 - **Konflikt, nebenläufige Schaltbereitschaft**
 - **Markierungsübergangsgraph (MÜG)**
 - **Sicher markiertes Netz, Schaltregel**
 - **Komplementäre Stellen**
 - **Äquivalenznetze**
 - **Un- und gleichbenannte Transitionen**
 - **Prozesstransition**
 - **Kanten- und Stellengewicht**
 - **...**

□ Eingangs- und Ausgangsstellen einer Transition T

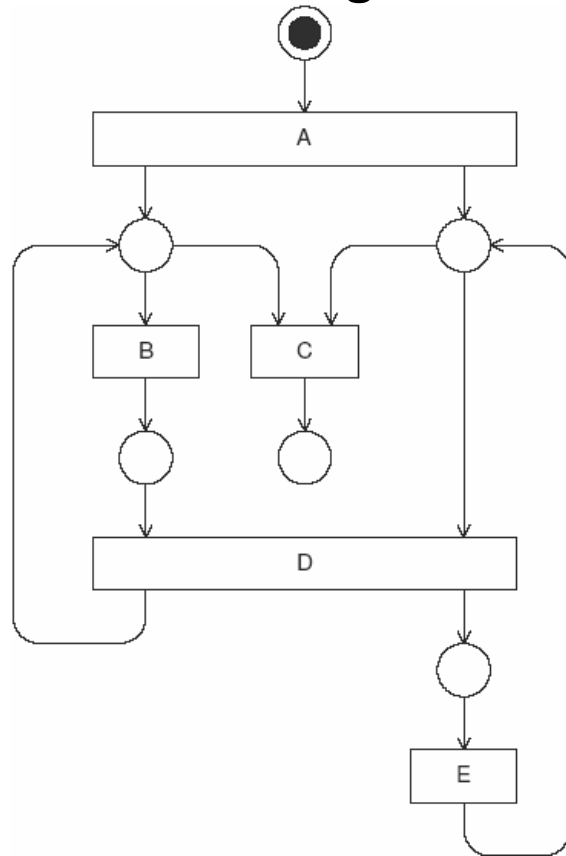
- **Eingangsstelle** = gerichtete Kante führt zu T
- **Ausgangsstelle** = gerichtete Kante führt von T

□ Schaltbereitschaft und Schalten

- **Schaltbereit**, wenn alle Eingangsstellen markiert und alle Ausgangsstellen, die nicht zeitgleich Eingangsstellen sind, unmarkiert sind
- Bei Schaltbereitschaft *kann* eine Transition schalten; Dabei werden alle Eingangsstellen unmarkiert und alle Ausgangsstellen markiert



- Vorteil der Petrinetze u.a. die kompakte Darstellung einer großen Klasse möglicher Vorgänge:



A — C

oder

A — B — D $\left\langle \begin{array}{l} B \\ E \end{array} \right\rangle$ D — E — C

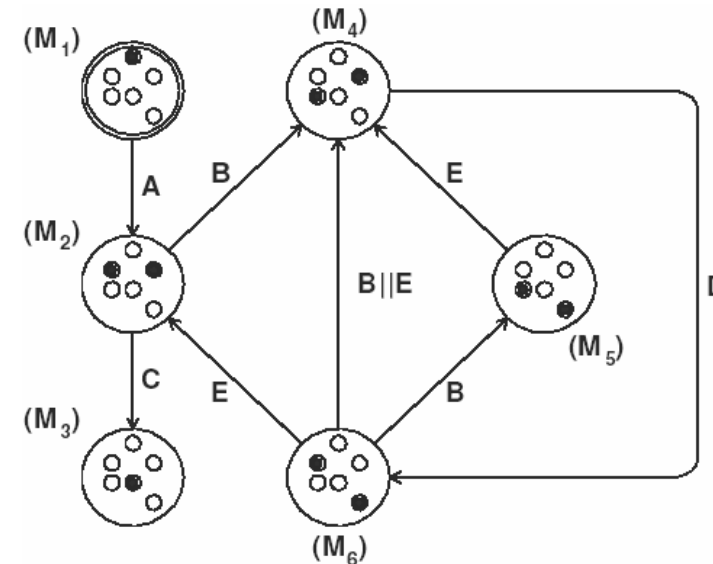
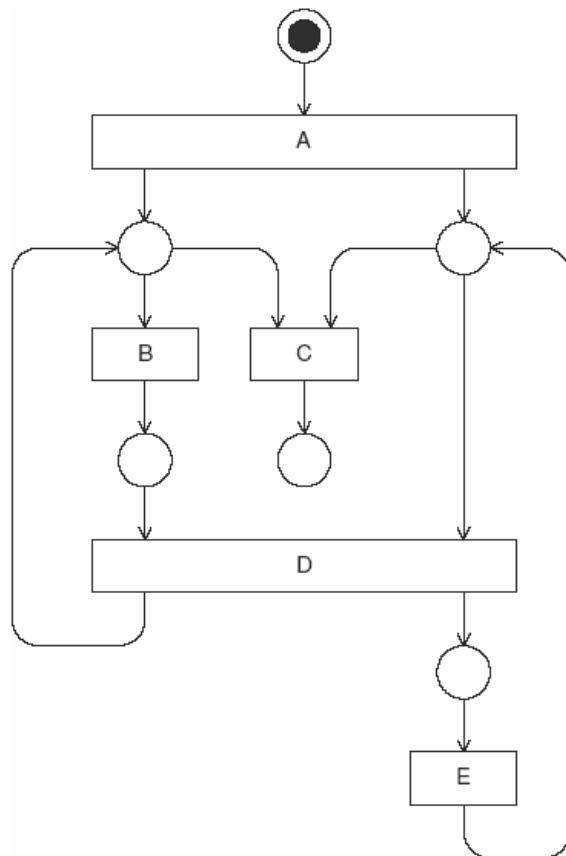
oder

A — B — D $\left\langle \begin{array}{l} B \\ E \end{array} \right\rangle$ D $\left\langle \begin{array}{l} B \\ E \end{array} \right\rangle$ D — E — C

usw.

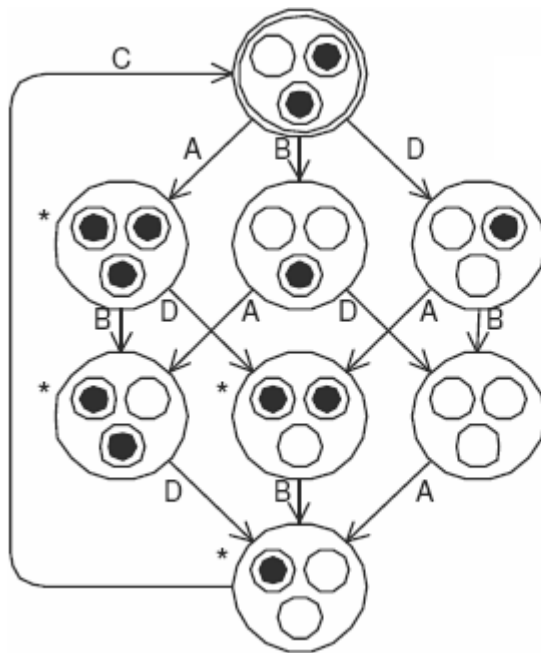
- **Konflikt**

- **Nebenläufige Schaltbereitschaft**

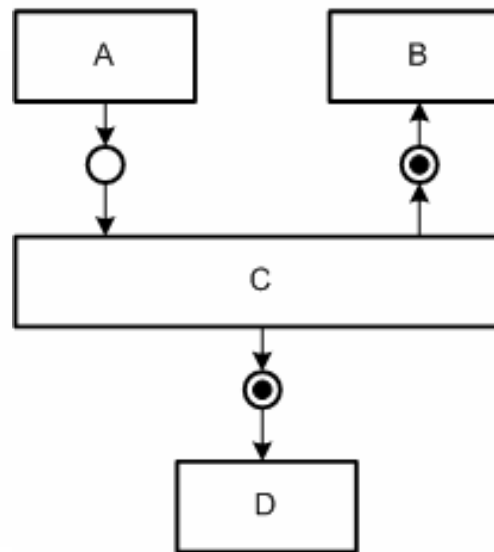


- Markierungsübergangsgraph (MÜG)
- Markierungsklasse
- Nebenläufigkeitsgrad

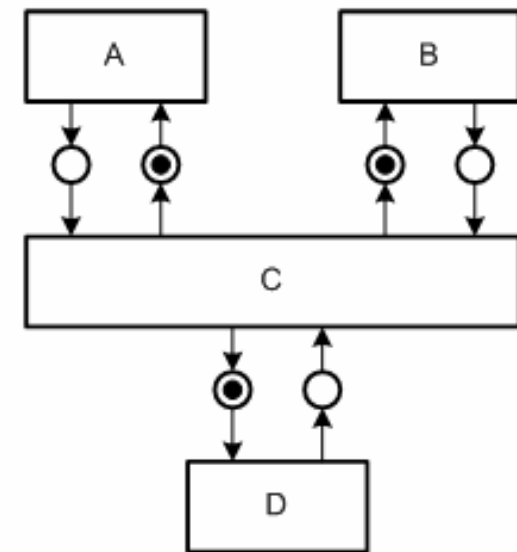
- Für alle Markierungen der Markierungsklasse gilt:
 - Sind alle Eingangsstellen einer Transition markiert, dann ist die Transition schaltbereit, d.h. alle Ausgangsstellen sind frei

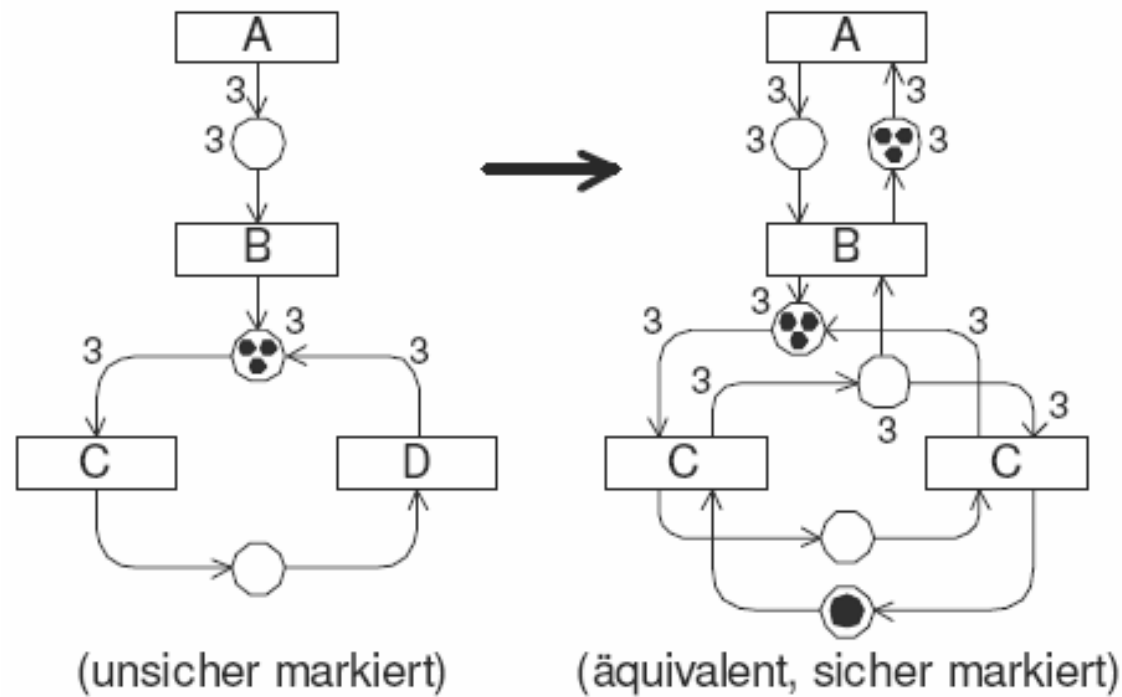


unsicher markiert
siehe Markierung „*“

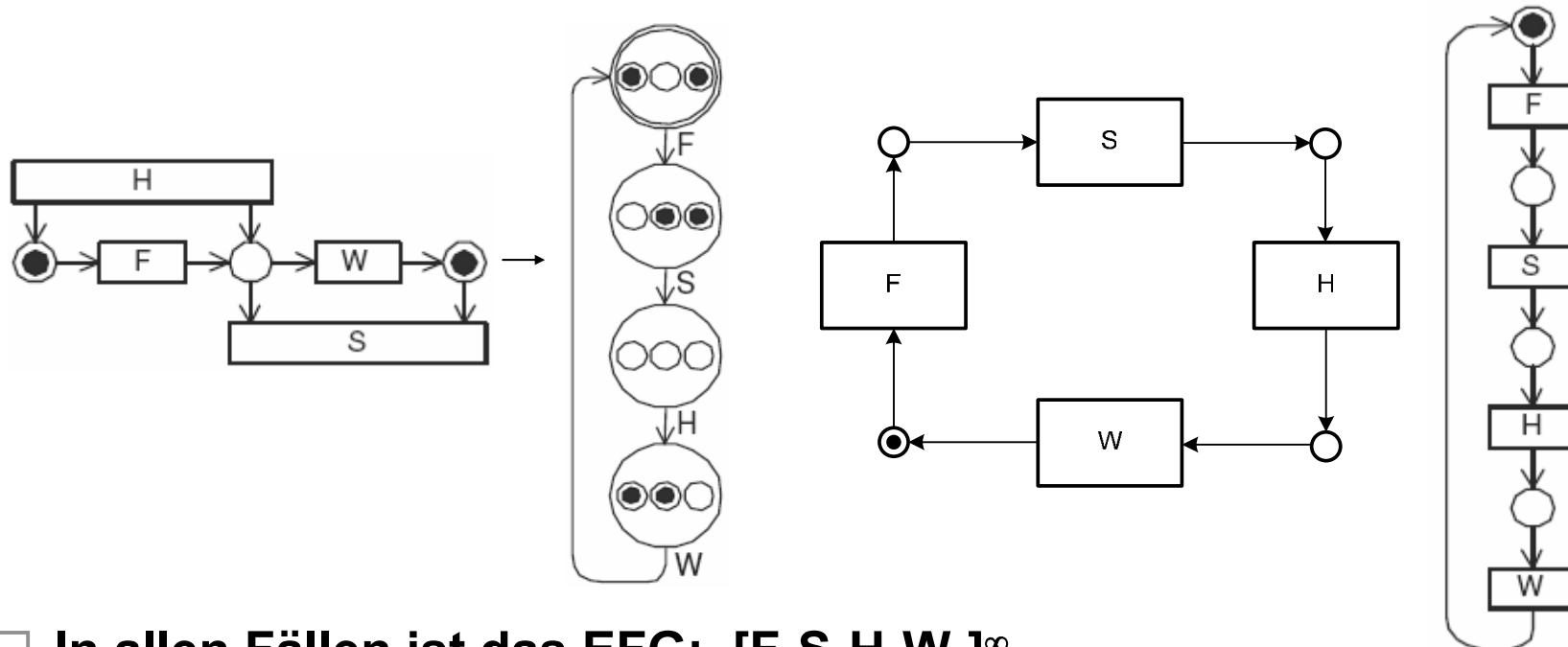


sicher markiert





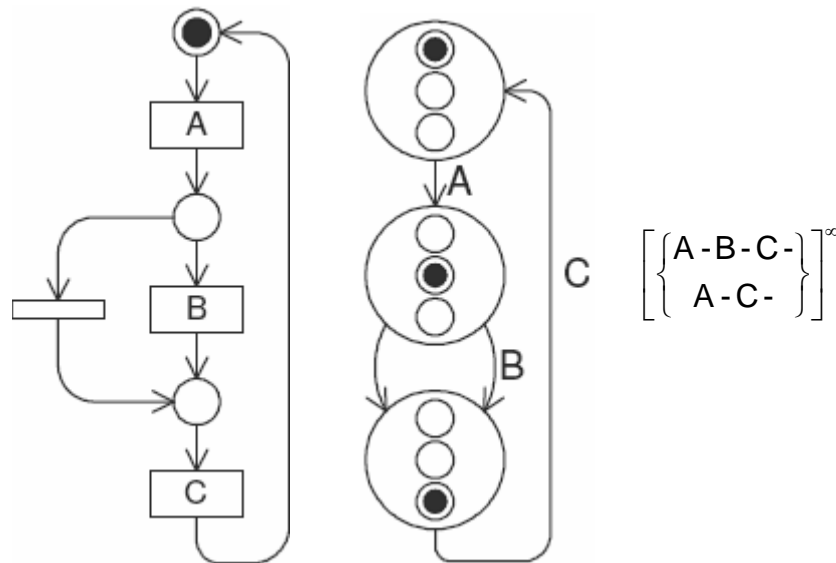
- Zwei Petri-Netze sind äquivalent, wenn die Klasse der jeweils generierbaren Ereignisfolgengeflechte identisch ist



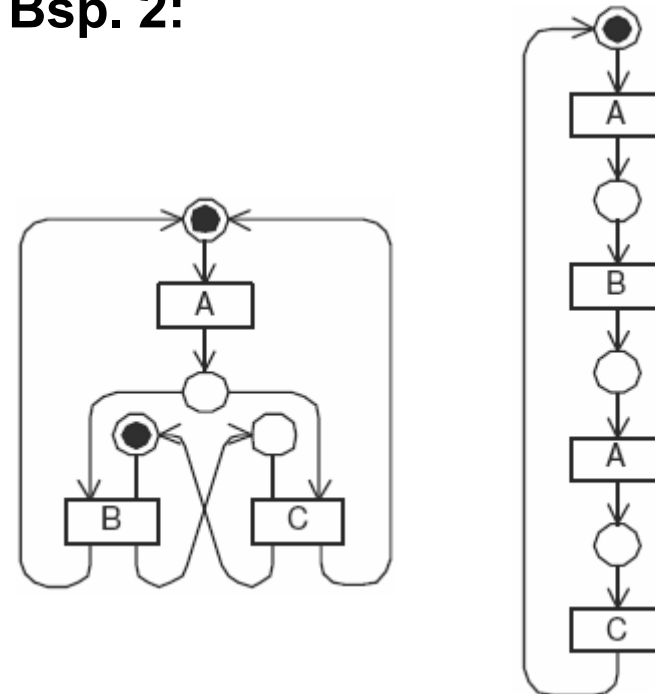
- In allen Fällen ist das EFG: $[F-S-H-W]^\infty$

- Unbenannte Transitionen sind „leer“-Transitionen
 - Auch „NOP“-Transition genannt – No Operation

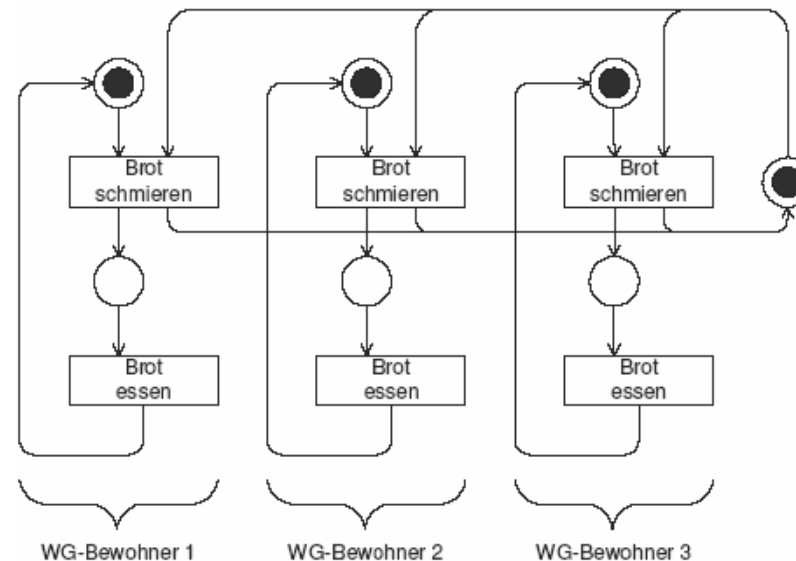
□ Bsp. 1:



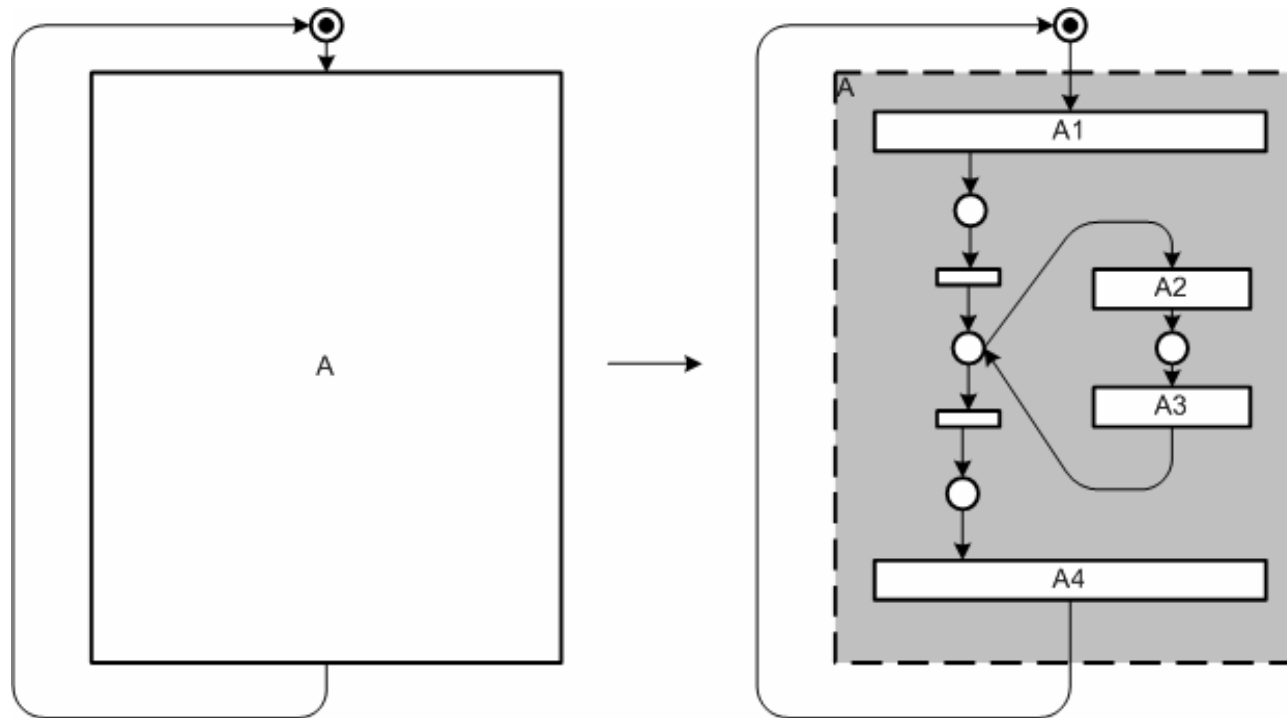
Bsp. 2:



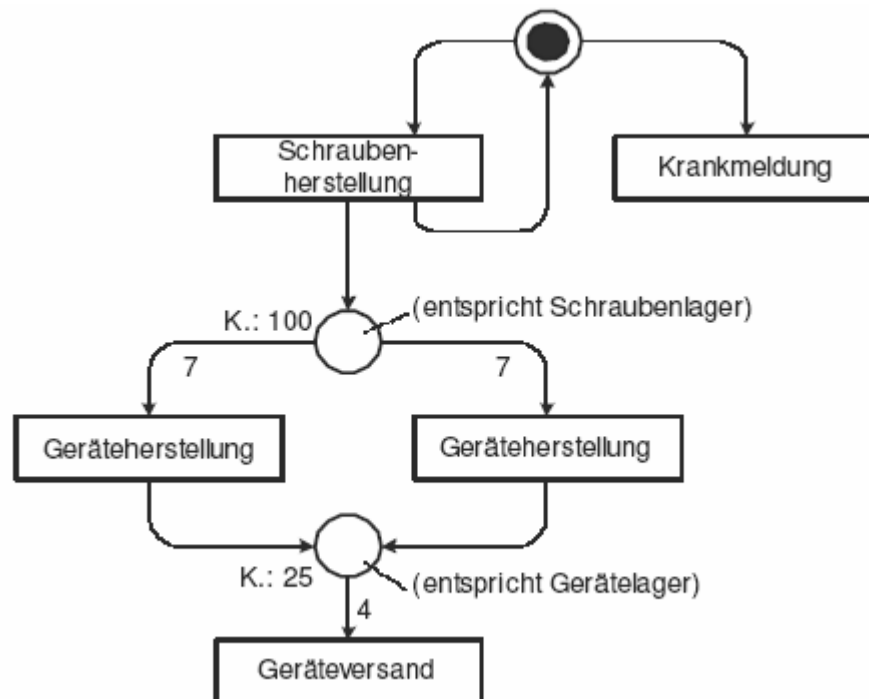
- Wenn in nebenläufigen Systemen Teilprozesse gemeinsame Ressourcen benötigen, die nicht gleichzeitig von mehr als einem Prozess benutzt werden können, so hat man den gegenseitigen Ausschluss



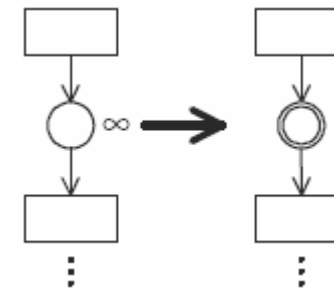
- **Prozesstransitionen anstelle von komplexen Teilnetzen**
 - **Verfeinerung erfolgt in gesondertem Petri-Netz**
- **Ermöglicht unterschiedlichen Detaillierungsgrad**



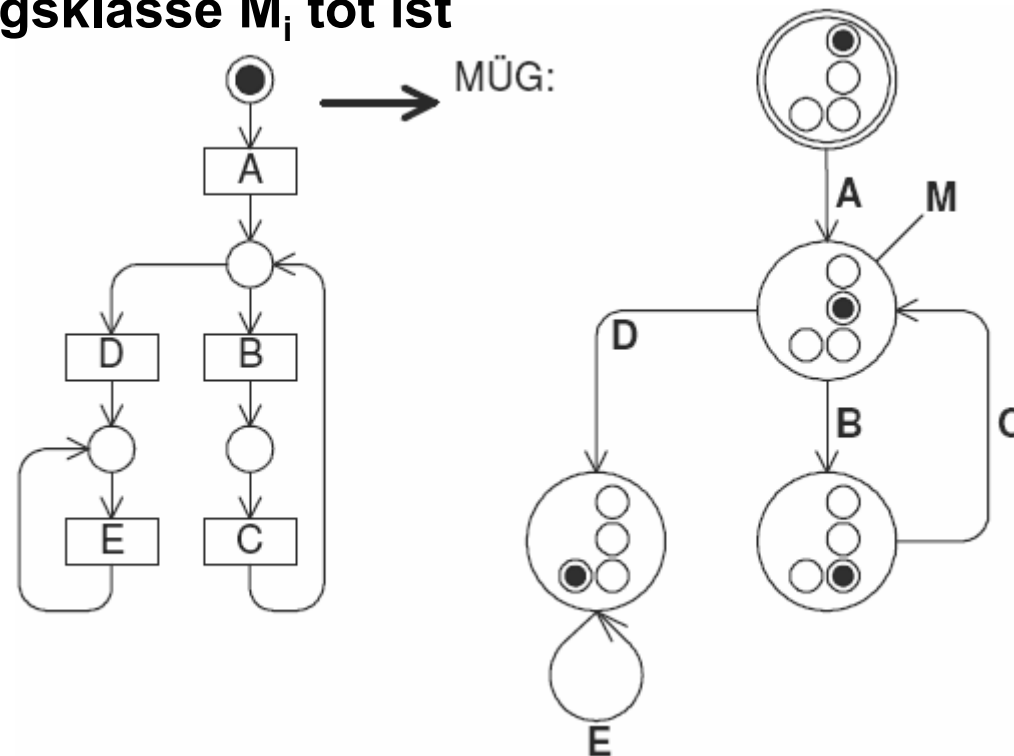
- **Modellierung: Verbrauch und Erzeugung von Ressourcen**
 - **Materiell-energetisch oder informationell**



Unendliche Kapazität

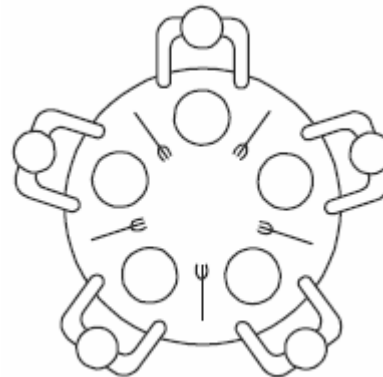


- Transition ist tot, wenn sie aus der Markierungsklasse M_i nicht mehr feuern kann
- Transition ist lebendig, wenn sie in keiner Markierung der Markierungsklasse M_i tot ist

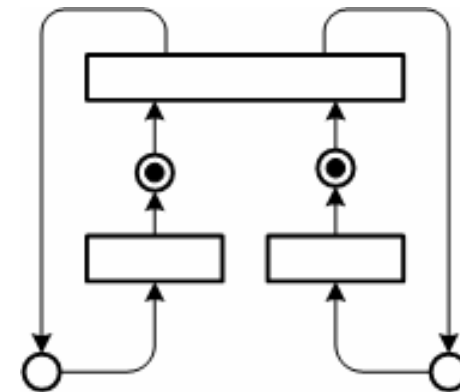
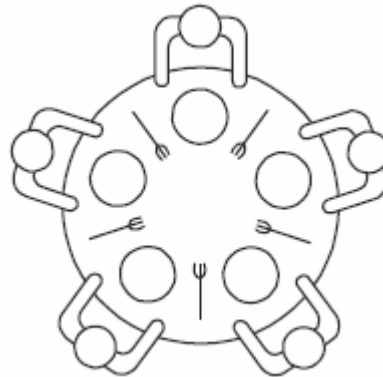
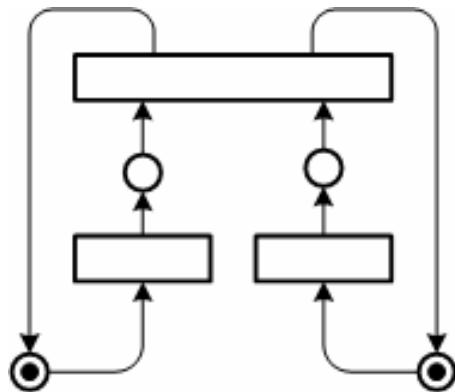


- Eine Markierung heißt tot, wenn bei ihrem Vorliegen keine Transition schaltbereit ist
 - Endzustand ist eine gewollte tote Markierung
 - Verklemmung ist eine ungewollte tote Markierung

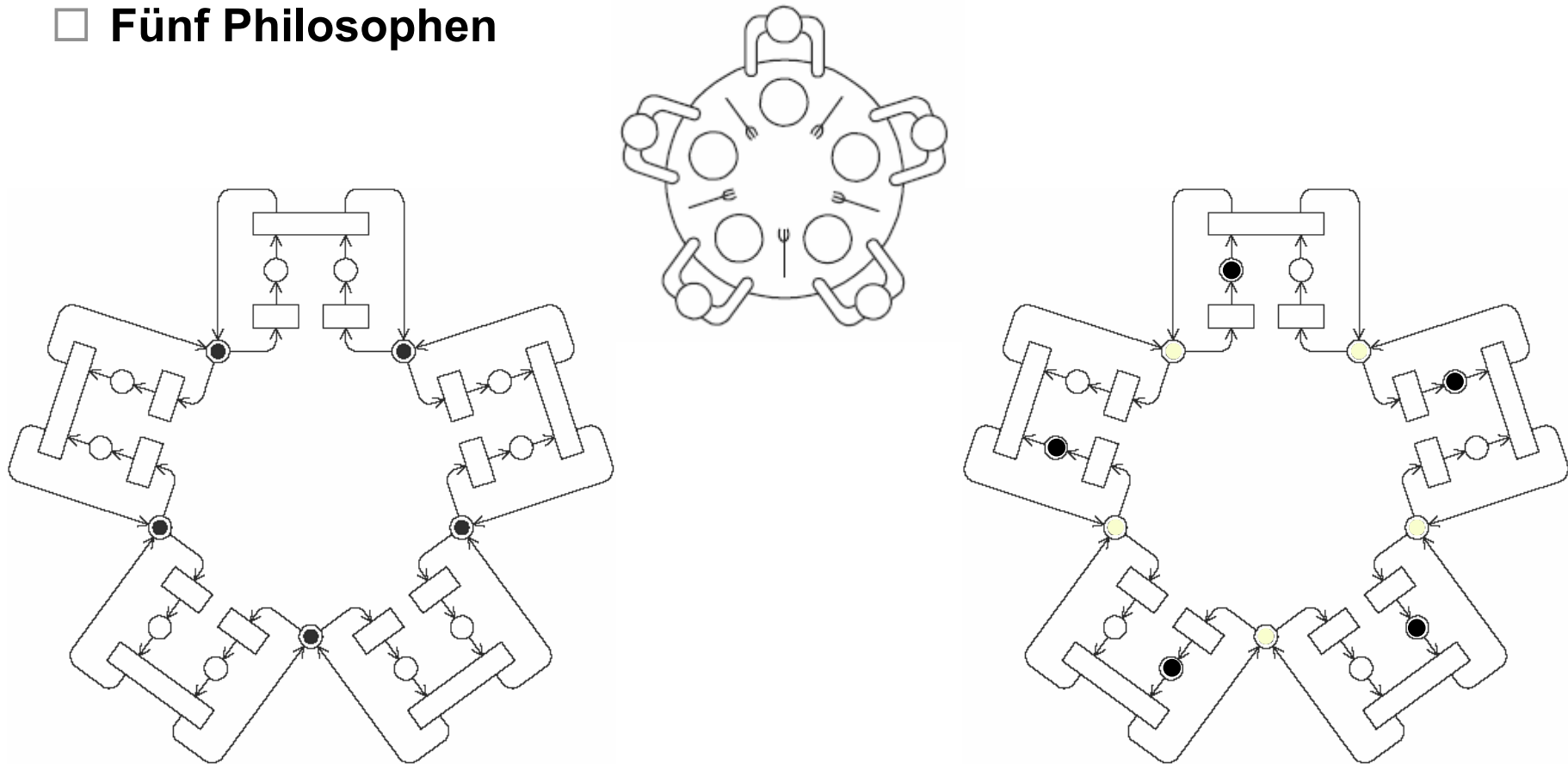
- Dazu das Philosophenproblem: ...



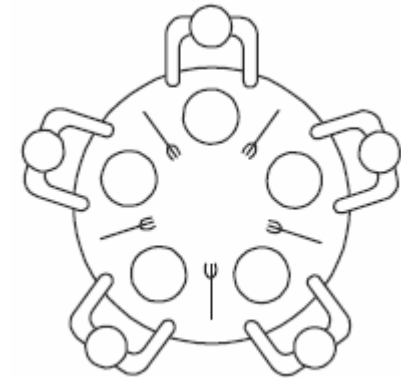
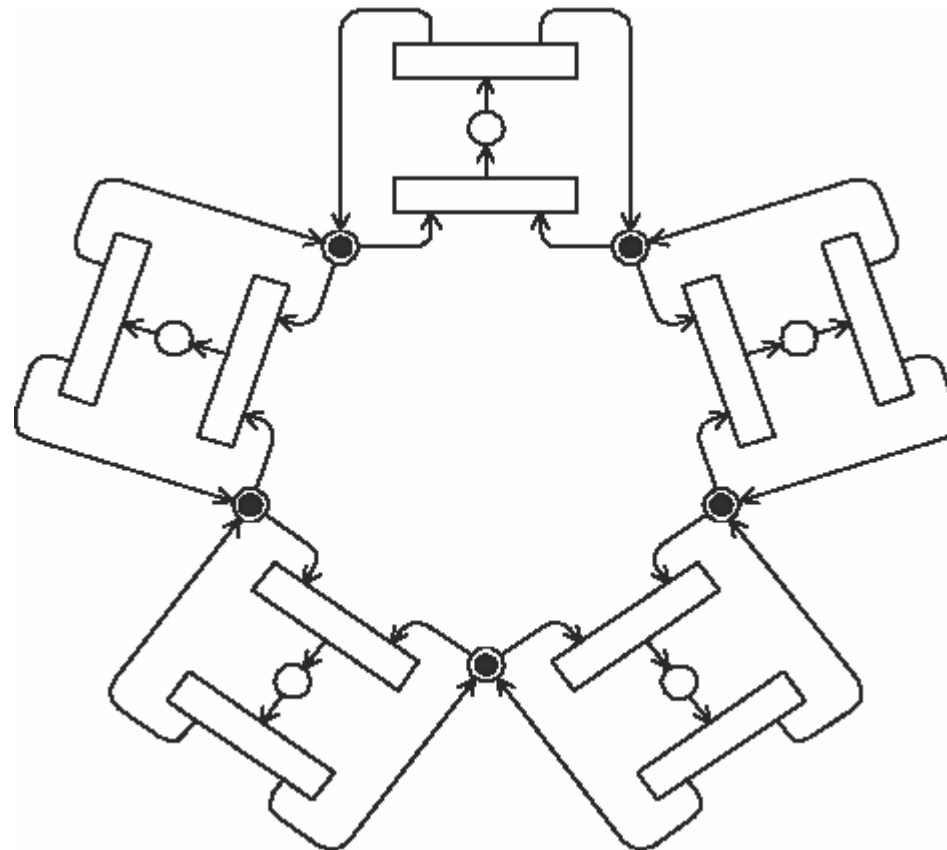
□ Ein Philosoph

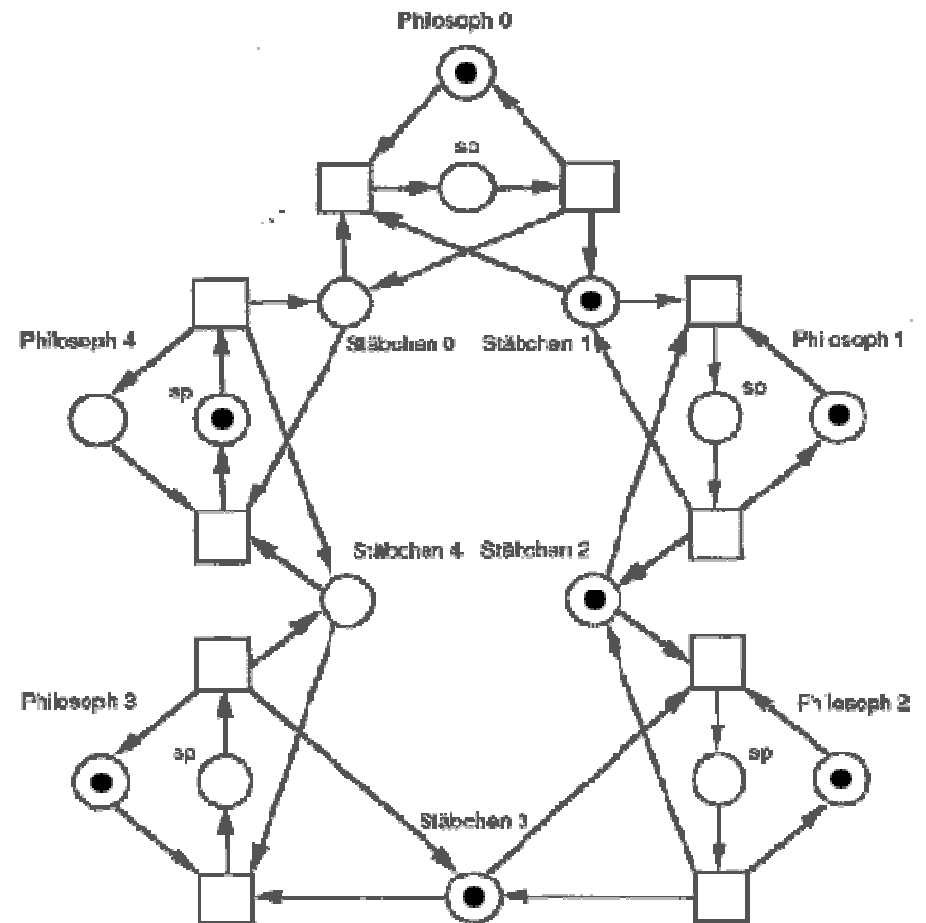
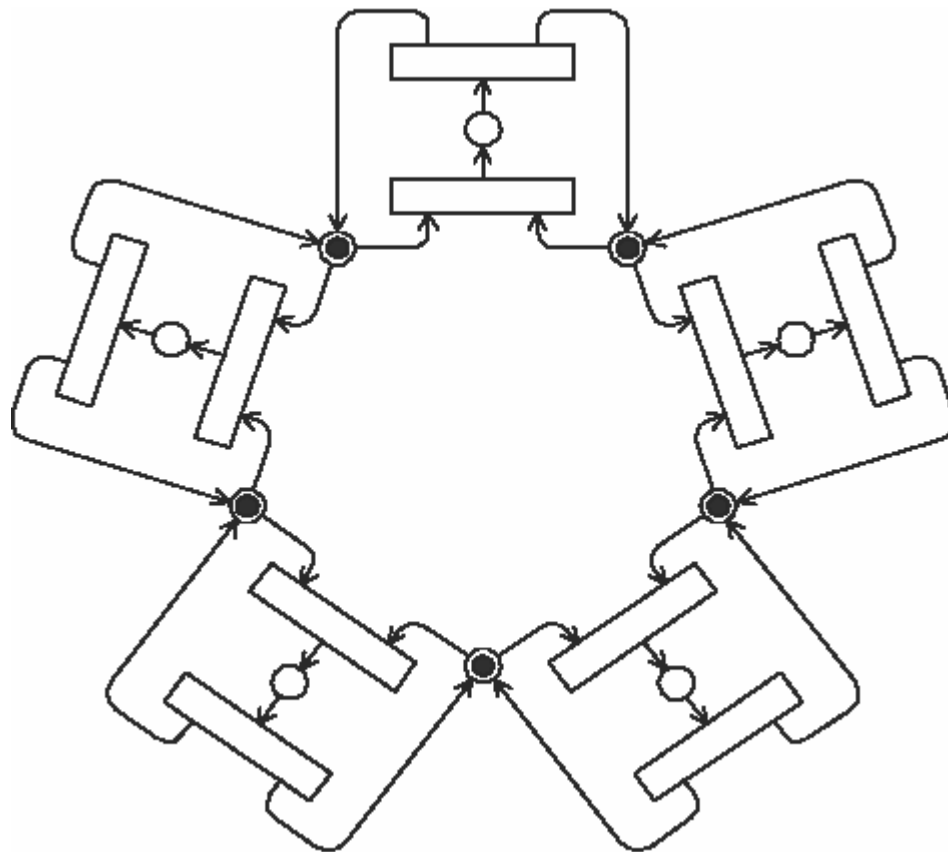


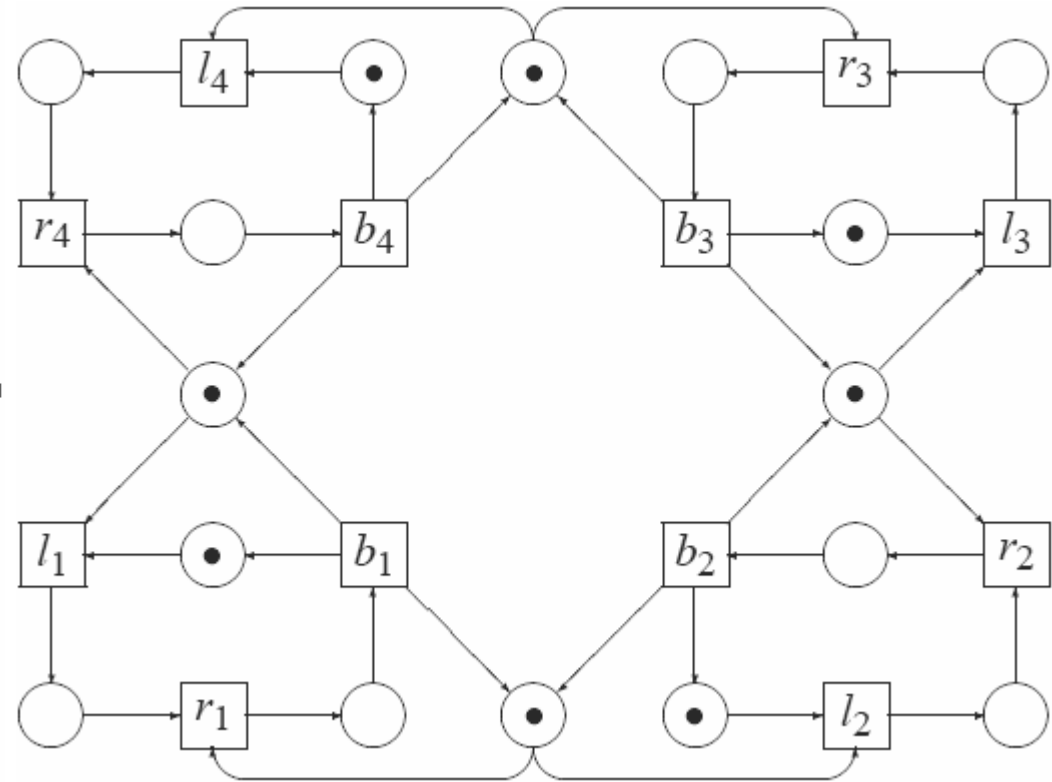
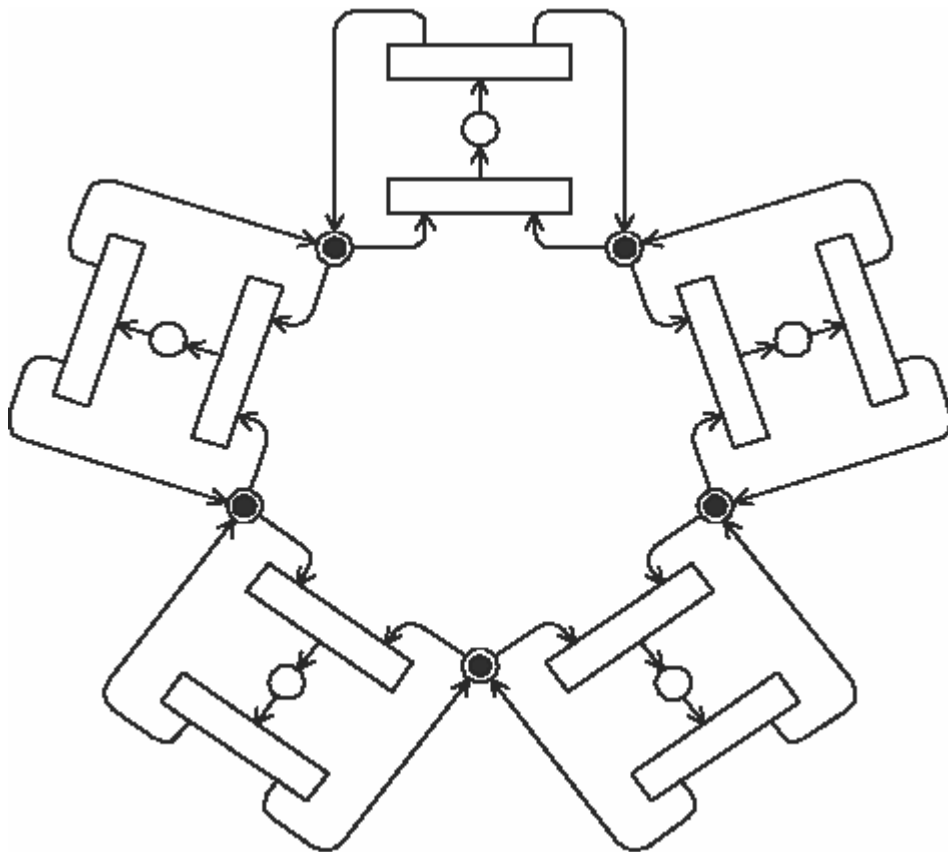
□ Fünf Philosophen



□ Fünf Philosophen – Atomizität







**Auf Wiedersehen und bis zum nächsten Mal, wenn es mit den
Anwendungen weitergeht**