

Was haben Bierfüllanlagen und enge Brücken gemeinsam?

**Analyse und Simulation paralleler Prozesse
mithilfe von Petrinetzen**

<http://didaktik.cs.uni-potsdam.de/Forschung/sv.htm>

Andreas Schwill

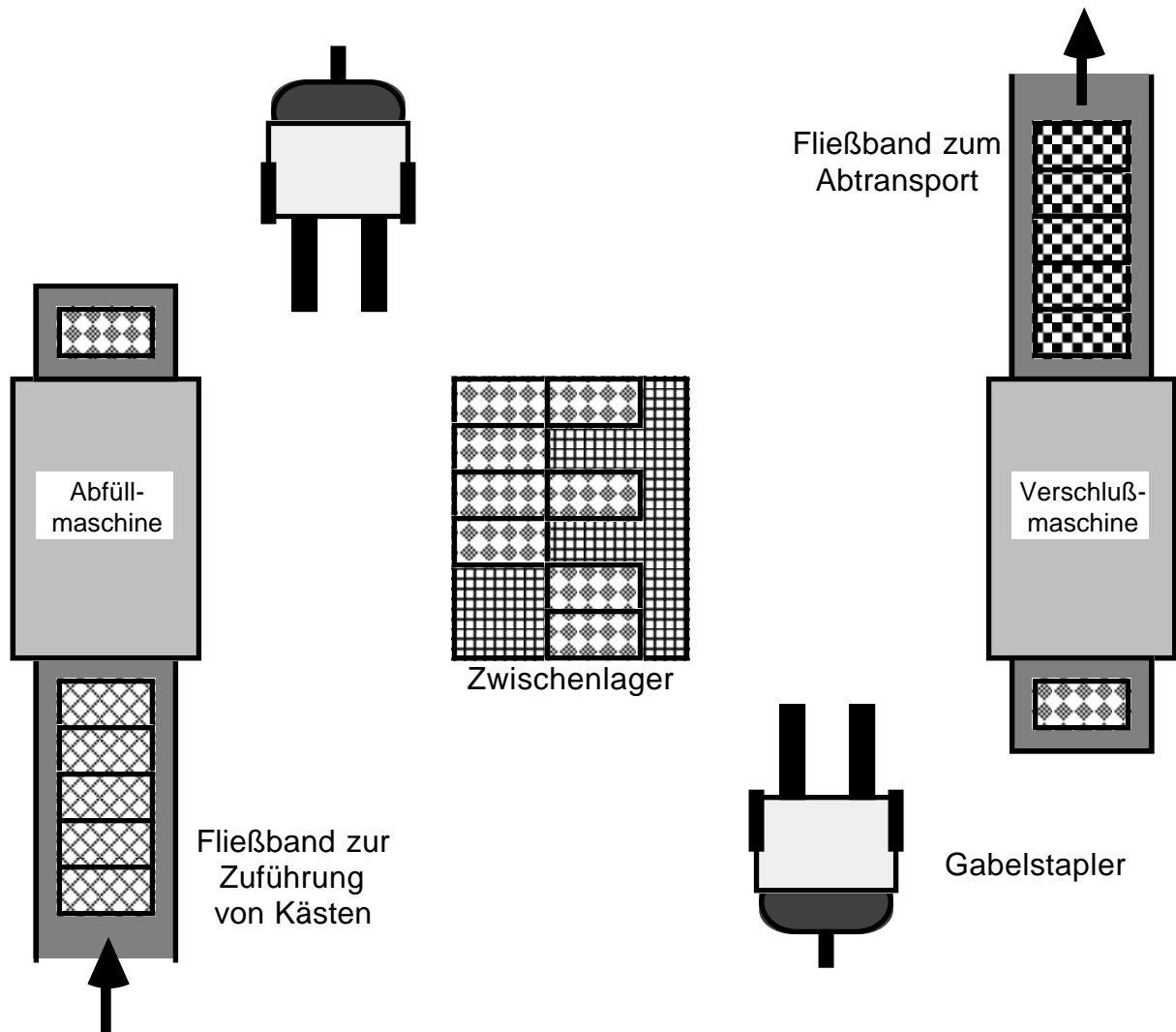
Institut für Informatik

Universität Potsdam

Inhaltsübersicht

- **eine Bierflaschenabfüllanlage - Merkmale**
- **eine enge Brücke - Merkmale**
- **Modellierung der Bierflaschenabfüllanlage**
- **Petrinetze**
 - **Darstellung**
 - **Arbeitsweise**
 - **formale Definition**
 - **theoretische Fragestellungen**
- **Modellierung einer engen Brücke**
- **Erweiterungen**
- **didaktische Anmerkungen**

1 Beispiel: Eine Bierflaschenabfüllanlage

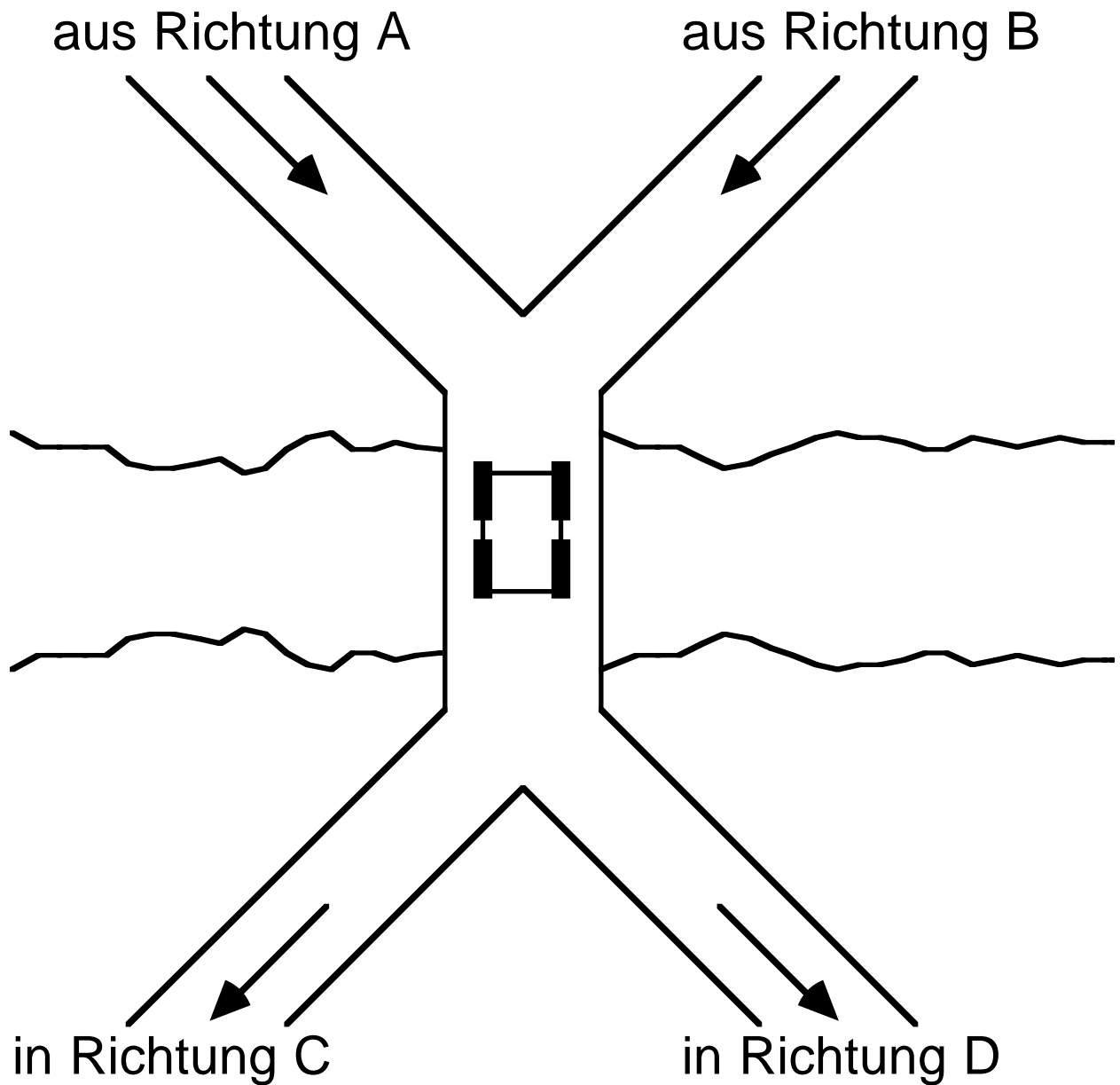


Merkmale

- unabhängig voneinander agierende Individuen (Maschinen, Prozesse)
- gemeinsame Schnittstellen - Zwischenlager
- Abhängigkeiten - Synchronisation
- knappe Güter - Konkurrenz um Betriebsmittel - exklusiver Ausschluß beim Zugriff

Erzeuger-Verbraucher-Problem

Beispiel: Eine enge Brücke



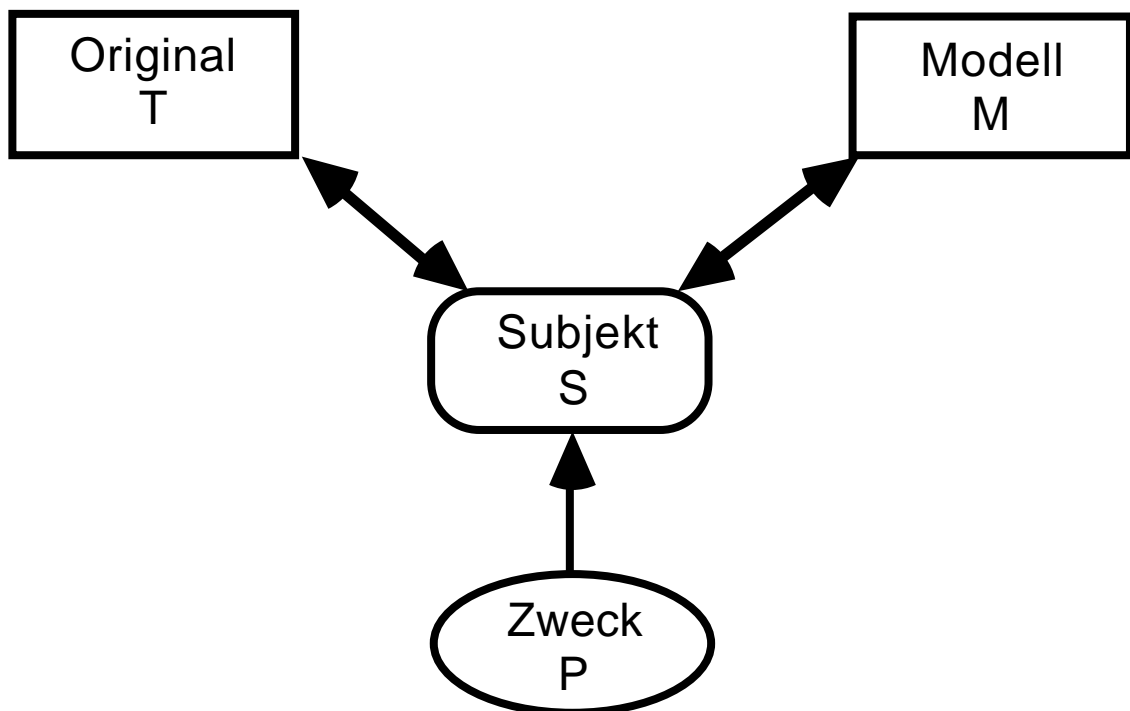
Merkmale

- unabhängig voneinander agierende Individuen (Fahrzeuge)
- gemeinsame Schnittstellen - Kreuzungspunkte
- Abhängigkeiten (wer fährt?) - Synchronisation
- knappes Betriebsmittel (Straßenfläche) - exklusiver Ausschluß beim Zugriff

2 Modellbildung

Schaffen künstlicher Welten (im Rechner), die sich so verhalten wie ihre Vorbilder.

Was ist Modellbildung?



Wünsche an Modelle aus Schulsicht

- Anschaulichkeit, auch für Laien
- Strenge, Formalisierbarkeit
- Korrektheit
- Exaktheit
- Erweiterbarkeit
- ...

-> Petrinetze (C.A. Petri, 1962)

3 Modellierung der Abfüllanlage durch ein Petrinetz

Statische strukturelle Anteile

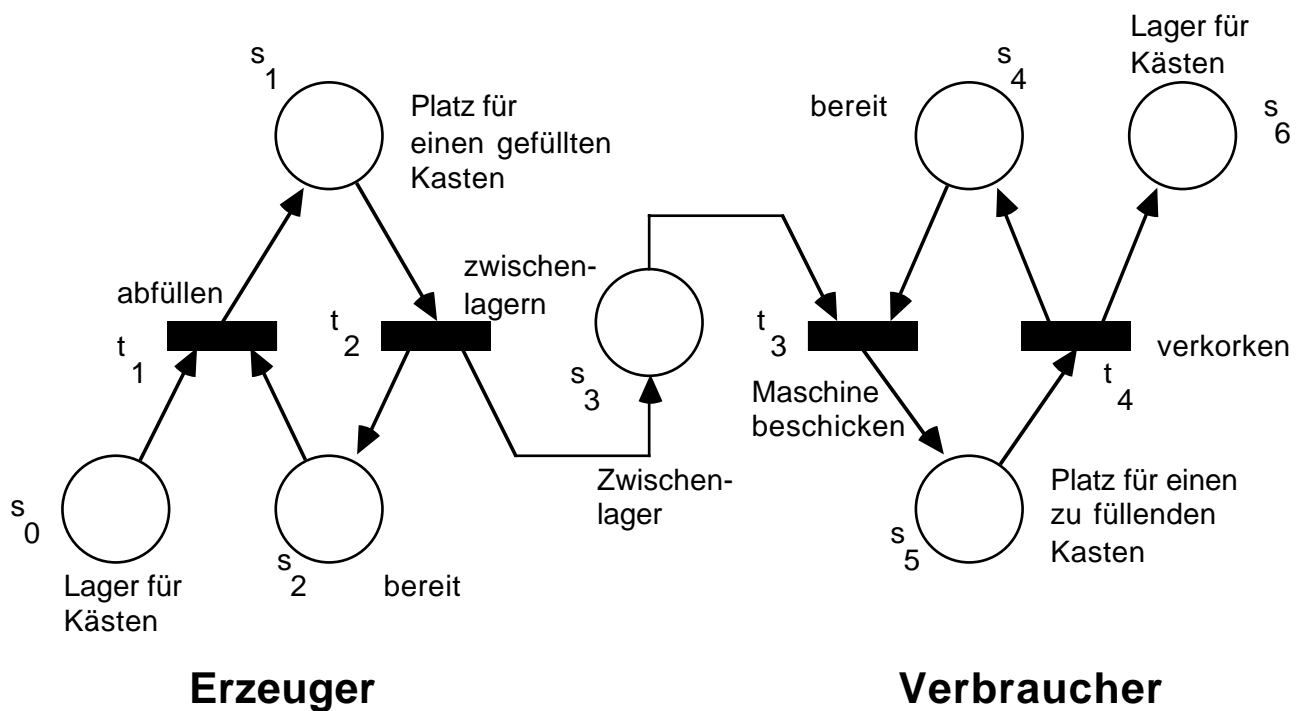
→ ○ → Lager, Plätze, Ablagen (passive Elemente)

-> Stelle


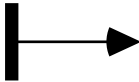

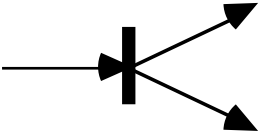
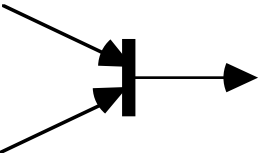
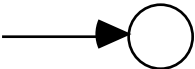
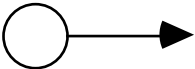

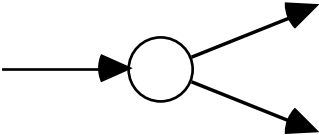
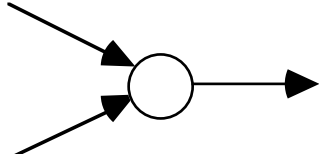
→ | → Verarbeitungsprozesse, Maschinen, Tätigkeiten

-> Transition

→ Materialflüsse, Signal- und Datenflüsse



Bauelemente

	Löschen von Objekten
	Erzeugen von Objekten
	Weitergabe/Verarbeitung von Objekten
	Aufspalten von Objekten, Beginn einer Nebenläufigkeit
	Verschmelzen von Objekten, Ende einer Nebenläufigkeit
	"Senke", Archivierung von Objekten
	"Quelle", Reservoir für Objekte
	Zwischenablage
	Willkürliche Verzweigung
	Gemeinsamer Speicher für Objekte, Synchronisationspunkt

Dynamische prozeßbezogene Anteile

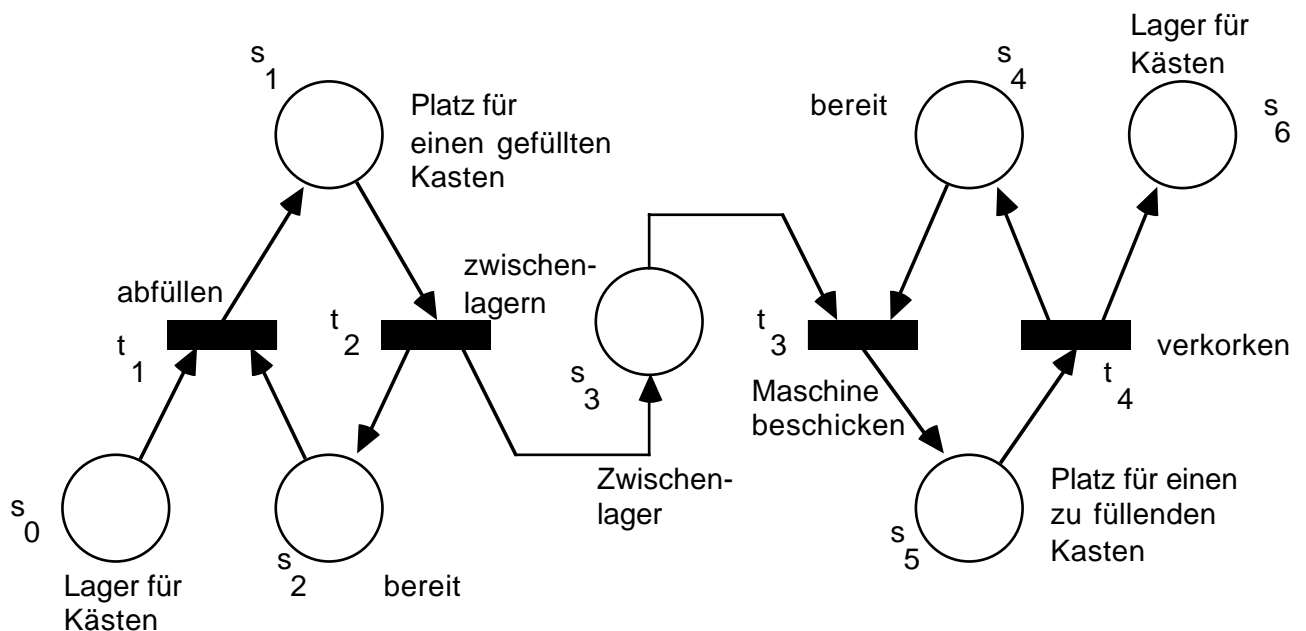
Markierungen

beliebige Objekte: Bleistifte, Autoteile, Akten, ...

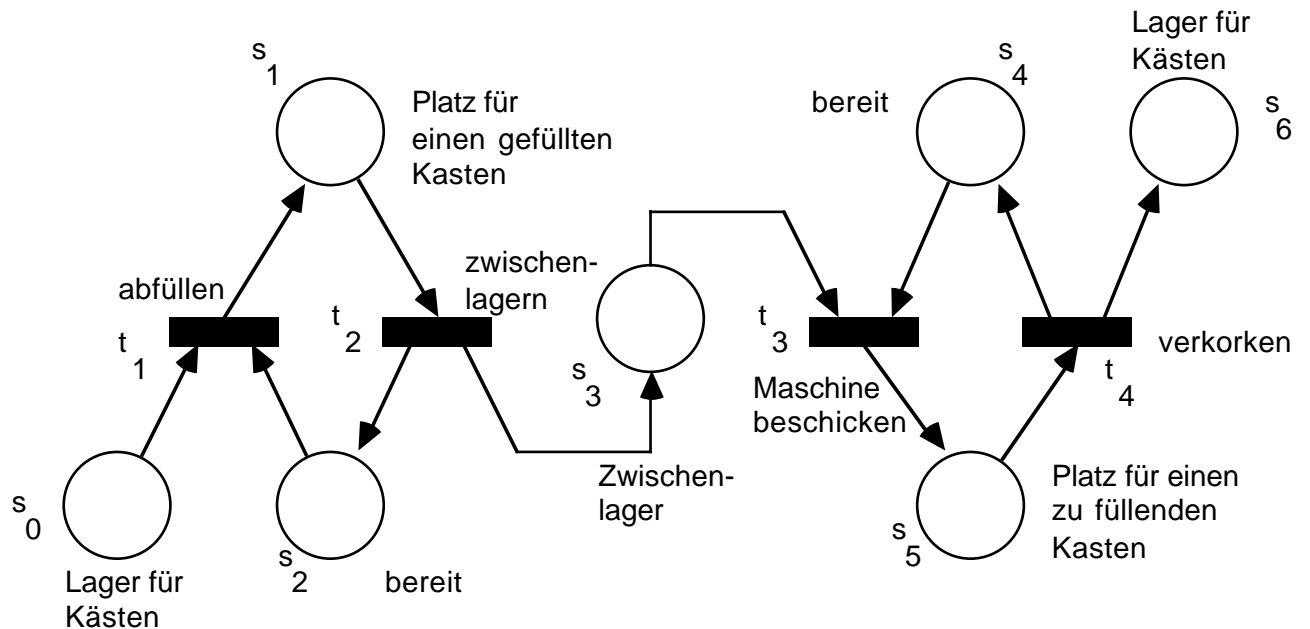
hier: Flaschenkästen, modelliert durch IN_0 (Marken)

Schaltregel

- Eine Transition t kann schalten (oder zünden oder feuern), wenn jede Eingabestelle mit einer Marke belegt ist. Besitzt t keine Eingabestelle, so kann t immer feuern.
- Können mehrere Transitionen schalten, so schaltet willkürlich (nichtdeterministisch) eine dieser Transitionen.
- Schaltet eine Transition, so wird aus jeder Eingabestelle eine Marke entfernt und zu jeder Ausgabestelle eine Marke hinzugefügt.



Beispiel in Modell und Wirklichkeit:



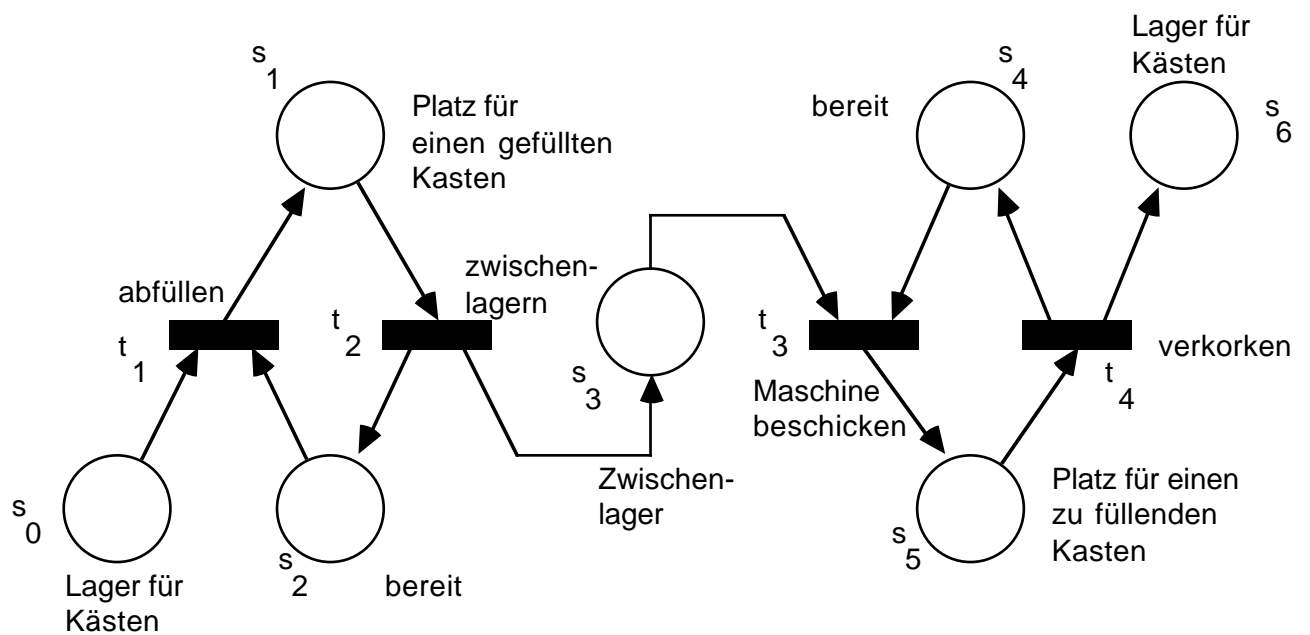
Schaltfolge t_2, t_4, t_3 im Modell -> Interpretation in der Wirklichkeit:

- Gabelstapler 1 transportiert eine abgefüllten Kasten Bier in das Lager und macht Abfüllmaschine bereit (Schalten von t_2)
- zweite Maschine verkorkt einen Kasten, liefert ihn ins Endlager und macht Gabelstapler 2 bereit (Schalten von t_4)
- Gabelstapler 2 beschickt die Verschlußmaschine mit einem Kasten Bier (Schalten von t_3).

Aufgabe:

Das Zwischenlager kann maximal fünf Kästen fassen.

Die Abfüllmaschine muß warten, wenn das Zwischenlager gefüllt ist, und sie kann erst wieder anlaufen, wenn Plätze im Zwischenlager frei sind.



Formale Definition von Petri-Netzen

Definition:

Ein Petri-Netz ist ein 4-Tupel $P=(S,T,A,E)$, wobei gilt:

- S ist eine nichtleere endliche Menge von Stellen,
- T ist eine nichtleere endliche Menge von Transitionen,
- S und T sind disjunkt, also $S \cap T = \emptyset$,
- $A \subseteq S \times T$ ist eine endliche Menge von gerichteten Kanten,
- $E \subseteq T \times S$ ist eine endliche Menge von gerichteten Kanten.

Eine Abbildung $M: S \rightarrow \mathbb{N}_0$ heißt Markierung von P .

Definition: Aktivierung einer Transition

...

Definition: Schalten einer Transition

...

Beispiel

$P=(S,T,A,E)$ mit

$S=\{s_0, \dots, s_6\}$, $T=\{t_1, \dots, t_4\}$,

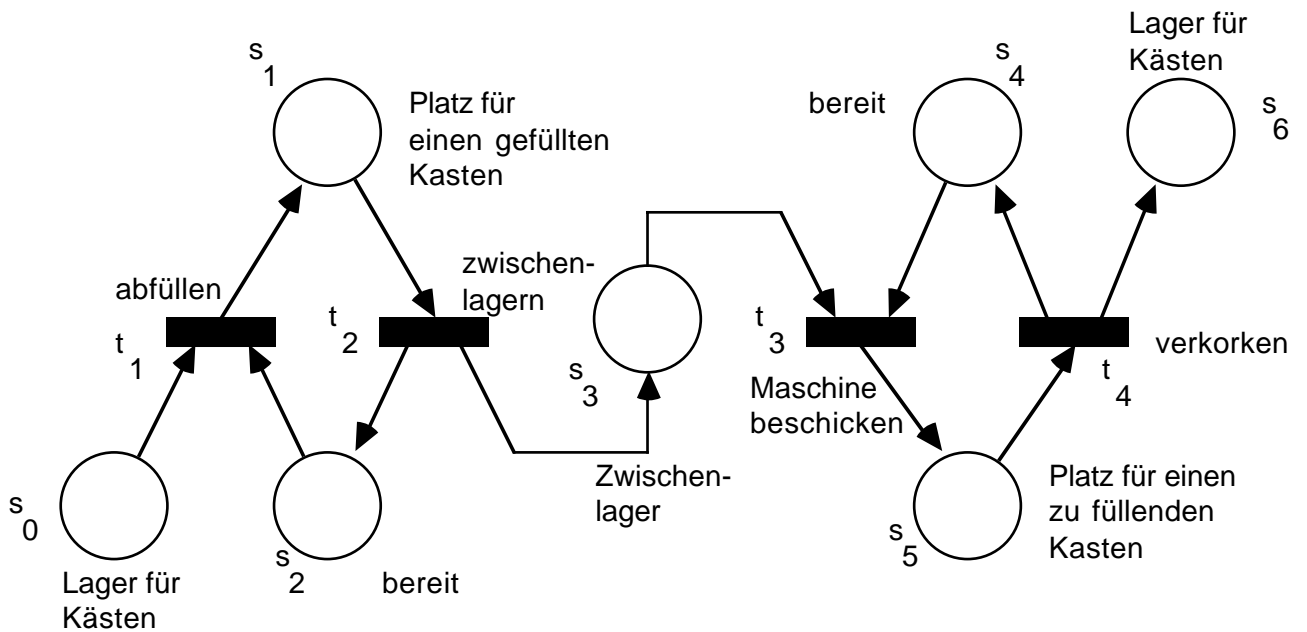
$A=\{(s_0, t_1), (s_1, t_2), (s_2, t_1), (s_3, t_3), (s_4, t_3), (s_5, t_4)\}$,

$E=\{(t_1, s_1), (t_2, s_2), (t_2, s_3), (t_3, s_5), (t_4, s_4), (t_4, s_6)\}$.

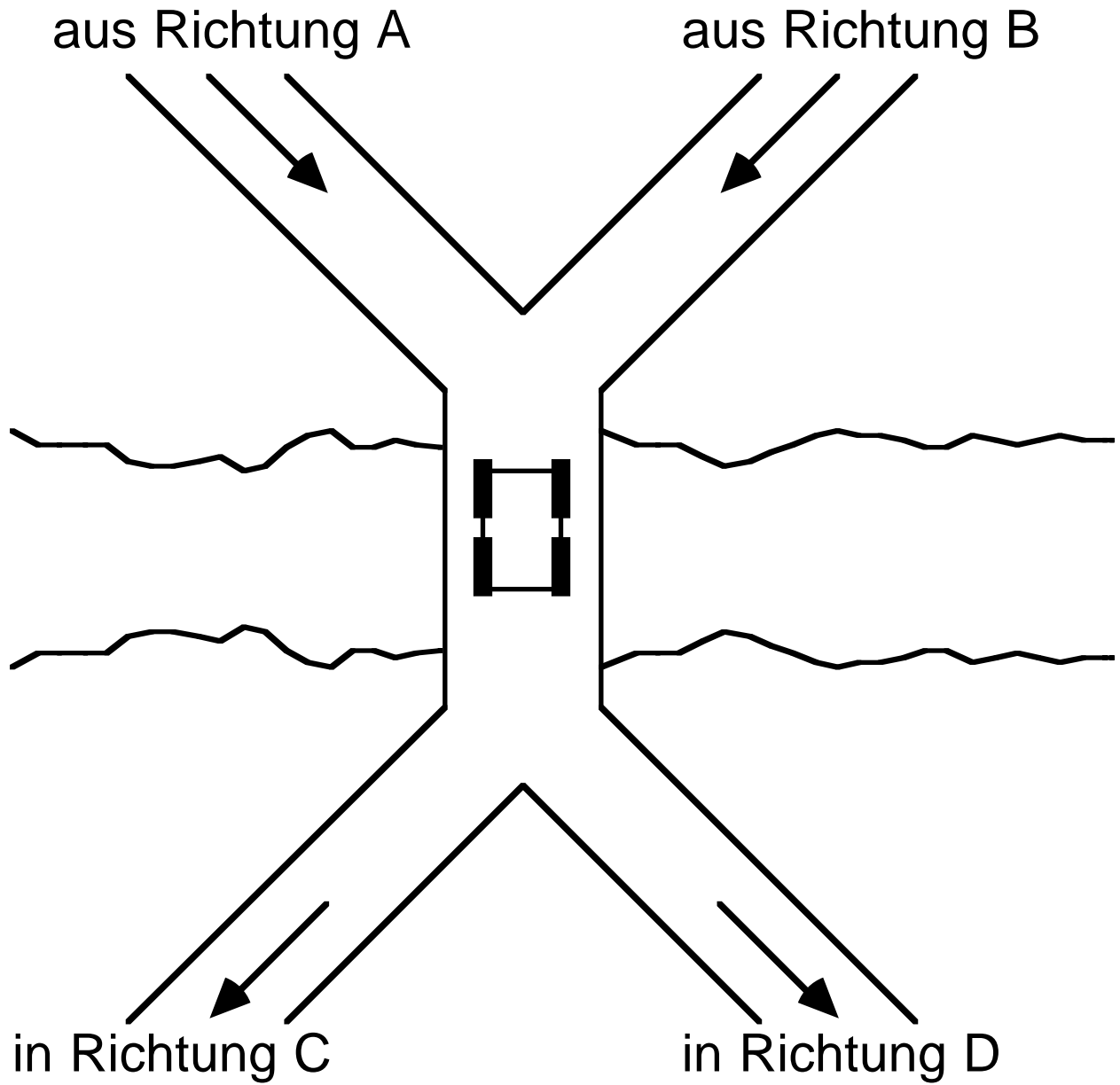
Die Markierung $M: S \rightarrow \mathbb{N}_0$ mit

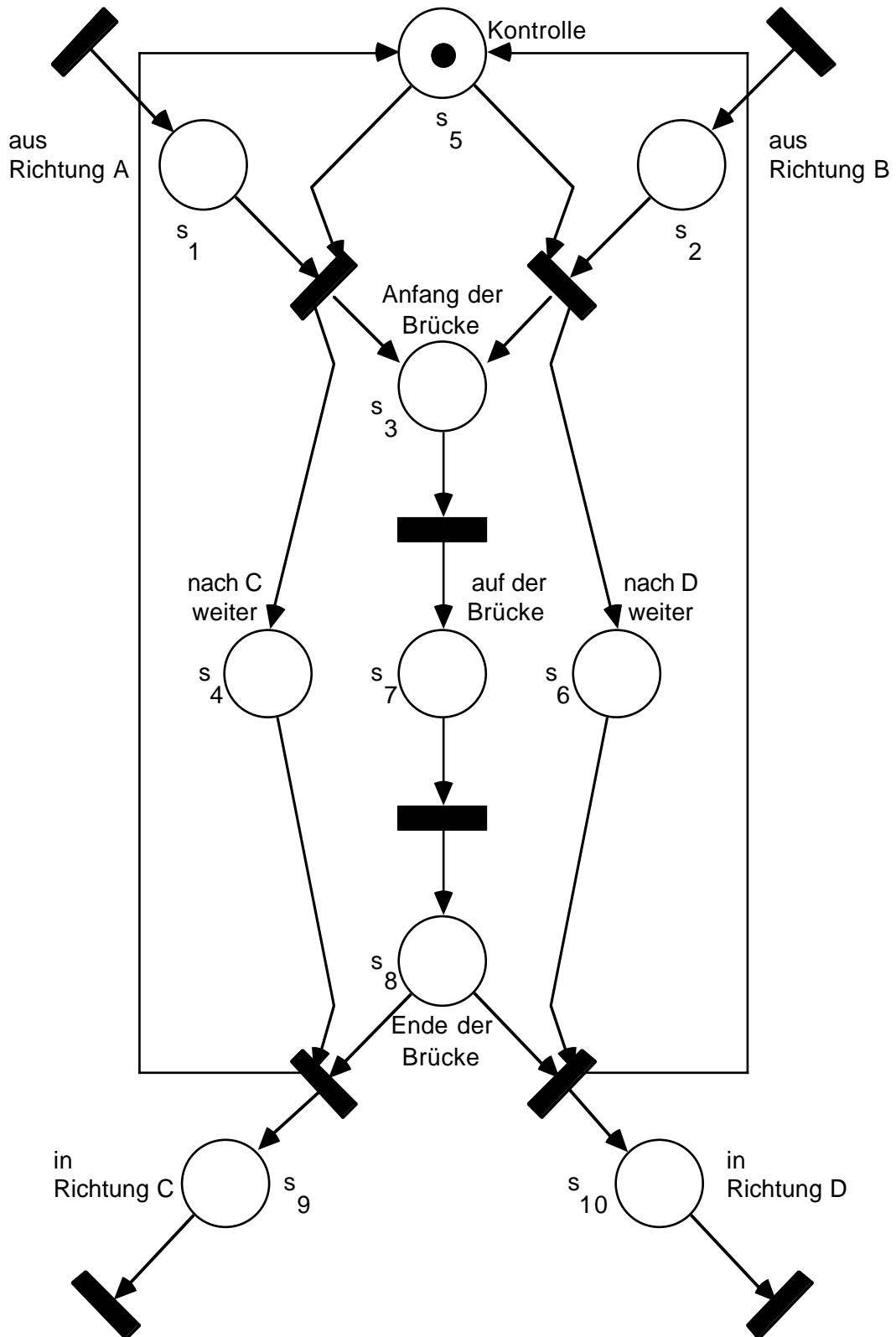
$M(s_0)=5$, $M(s_1)=1$, $M(s_3)=3$, $M(s_5)=1$,

$M(s_2)=M(s_4)=M(s_6)=0$.



4 Beispiel: Modellierung einer engen Brücke





kritischer Abschnitt: Brücke

Semaphor s_5 : kontrolliert den kritischen Abschnitt "Brücke"

Theoretische Fragestellungen

Analyse des Petrinetzes, Fehler, Engpässe und Verbesserungsmöglichkeiten:

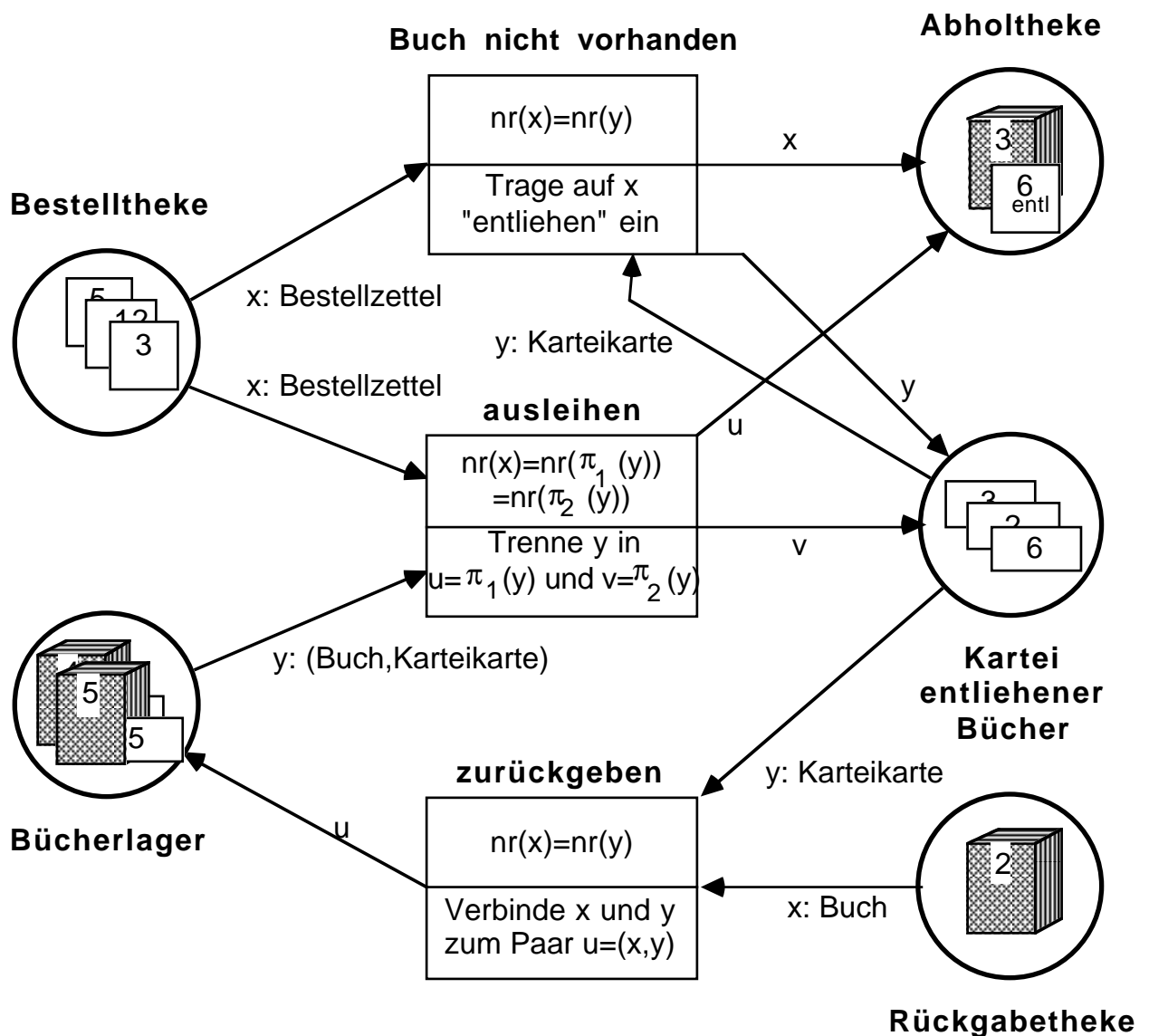
- **Terminiert das Petri-Netz?**
- **Ist jede Transition lebendig?**
- **Treten Verklemmungen auf?**
- **Erreichbarkeitsproblem.**

Beispiel:

Ein großer Rechnerhersteller hat einmal Teile seines Betriebssystems mit Petri-Netzen analysieren lassen und dabei mögliche Verklemmungssituationen entdeckt, die beim Entwurf des Systems übersehen worden sind.

5 Erweiterungen

- Ergänzung von Kapazitäten $K(s)$ für jede Stelle s
- Gewichtsfunktion $g(k)$, so daß beim Schalten der Transition t genau $g(k)$ Objekte aus der Stelle s abgezogen werden
- Erweiterung um beliebige Objekte, die in Stellen gelagert und durch Transitionen in beliebiger Weise verarbeitet werden.



6 Didaktische Anmerkungen

Begriffliches Spektrum

- **parallele Programmierung**
- **exklusiver Ausschluß**
- **Verklemmung**
- **Semaphor**
- **Nichtdeterminismus**
- **kritischer/unkritischer Abschnitt**

Standpunktverlagerung

- **Ergänzung programmiersprachlicher Darstellungen**
- **Ergänzung um informelle, für Schüler einprägsamere Darstellung auf abstrakterem Niveau**

Zugänge

Modellierung auf Petri-Netz-Basis
Umsetzung in parallele Programme
Vermeidung eines Trockenkurses
Simulation auf dem Rechner
Editoren für Petrinetze