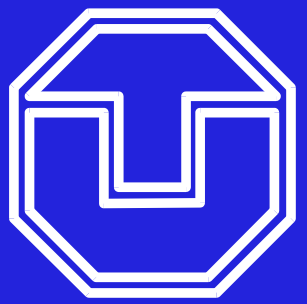
Verklemmungen

(grob nach Tanenbaum „Moderne Betriebssysteme“)

Betriebssysteme
WS 2016/17

Hermann Härtig
TU Dresden



Quellenangabe

TB4
Kapitel

Grafiken und Beispiele nach:

„Modern Operating Systems“
Andrew S. Tanenbaum und Herbert Bos
4. Ausgabe, Prentice Hall Press, 2014

Wegweiser

Begriff, Beispiele und Modellierung

Maßnahmen

Vermeiden per Konstruktion
Entdecken und Beseitigen

Beispiel Verklemmungen

Banküberweisung

```
void transfer (Account from, Account to, unsigned Betrag){

  from.lock();
  to.lock();

  from.Stand -= Betrag;
  to.Stand += Betrag;

  to.unlock();
  from.unlock();
}
```

```
transfer (A, B, 100)  ||  transfer (B, A, 50)
```

Definition Verklemmung (Deadlock)

TB4
6.2

Eine Menge von Prozessen heißt verklemmt (die Prozesse befinden sich in einem Deadlock), wenn jeder Prozess dieser Menge auf ein Ereignis wartet, das nur von einem anderen Prozess dieser Menge ausgelöst werden kann.

- Ereignis:

  Botschaften, Semaphore wird frei;

  Ursache in der Regel: Freigeben von Betriebsmitteln

Betriebsmittel

CPU, Speicher, E/A-Geräte, ...
Datenbank-Eintrag, ...

- 1 Benutzer pro BM zu einem Zeitpunkt
- verdrängbar (preemptible) vs. nicht verdrängbar (np)
  - p: CPU, Hauptspeicher können ohne Probleme entzogen werden
  - np: Drucker/Datenbank-Eintrag kann erst nach Ende eines Auftrages/Transaktion entzogen werden

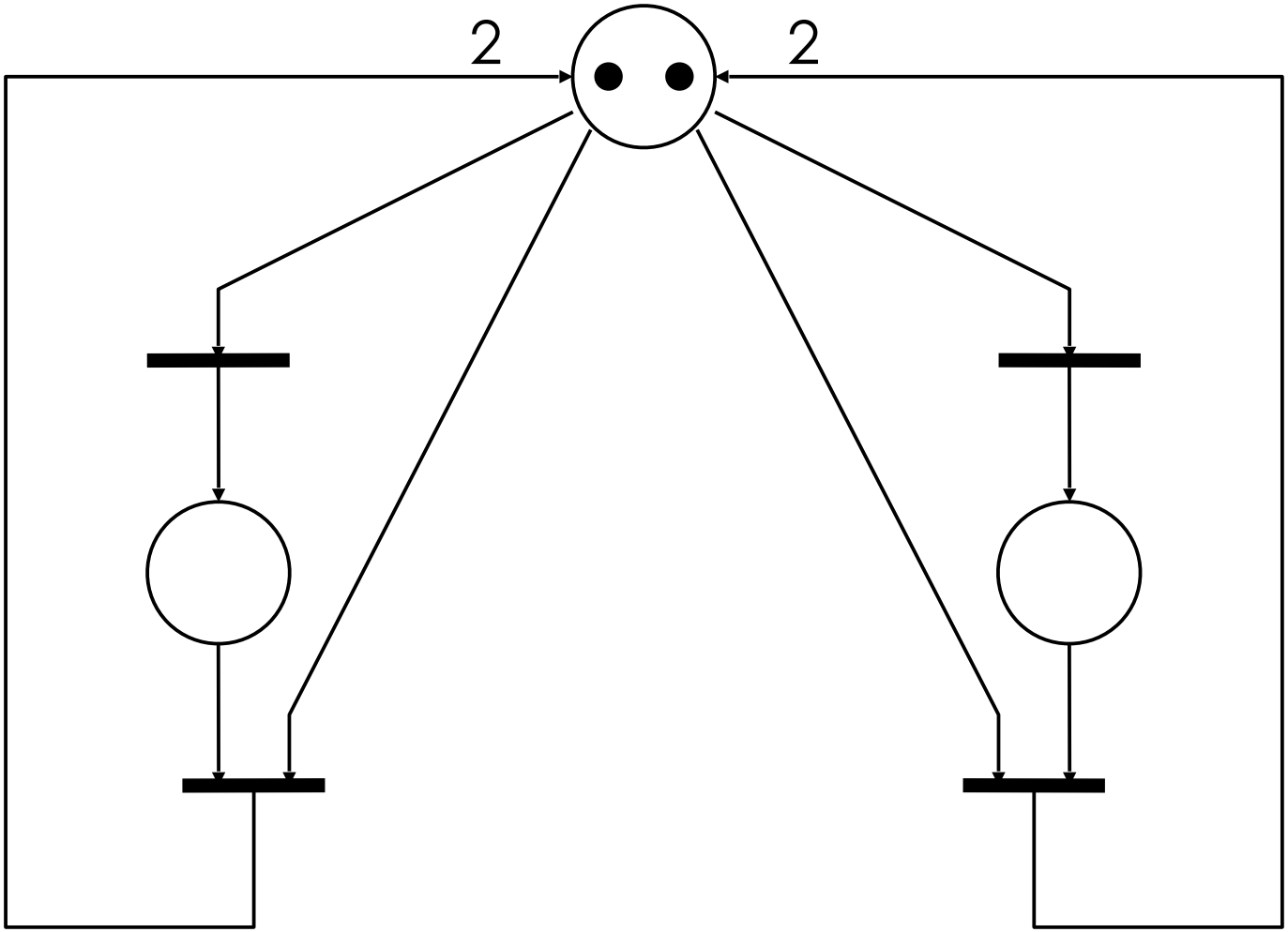
Sequenz

```
request ...
use ...
release ...
```

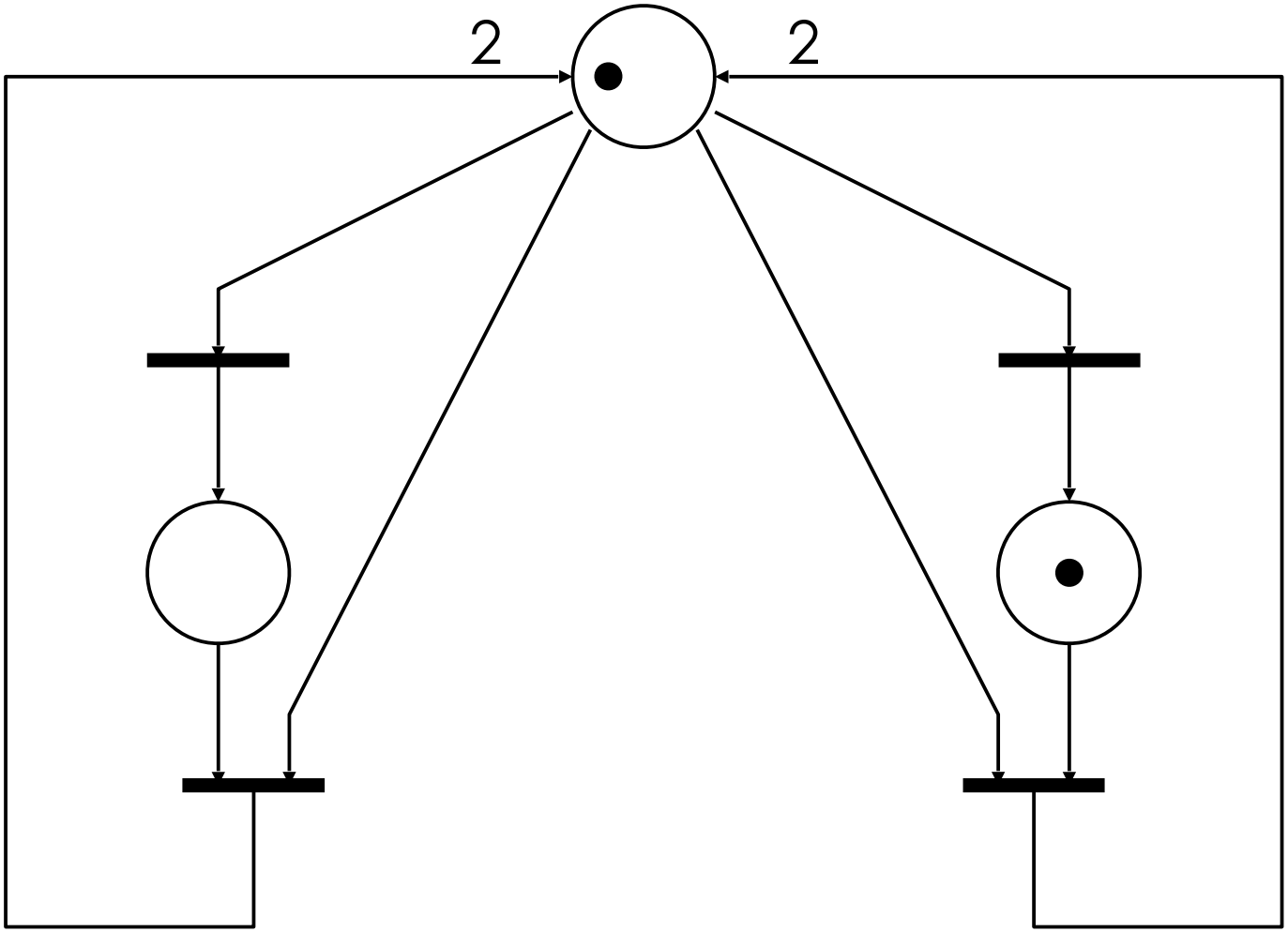
Zweck von Modellierung

- Abstrakteres Verstehen des Sachverhalts
- Feststellen, ob es sich bei einer “anomalen” Situation um eine Verklemmung handelt
- Analyse, ob für ein gegebenes Verfahren oder eine gegebene Situation eine Anforderungsfolge zur Verklemmung führen kann

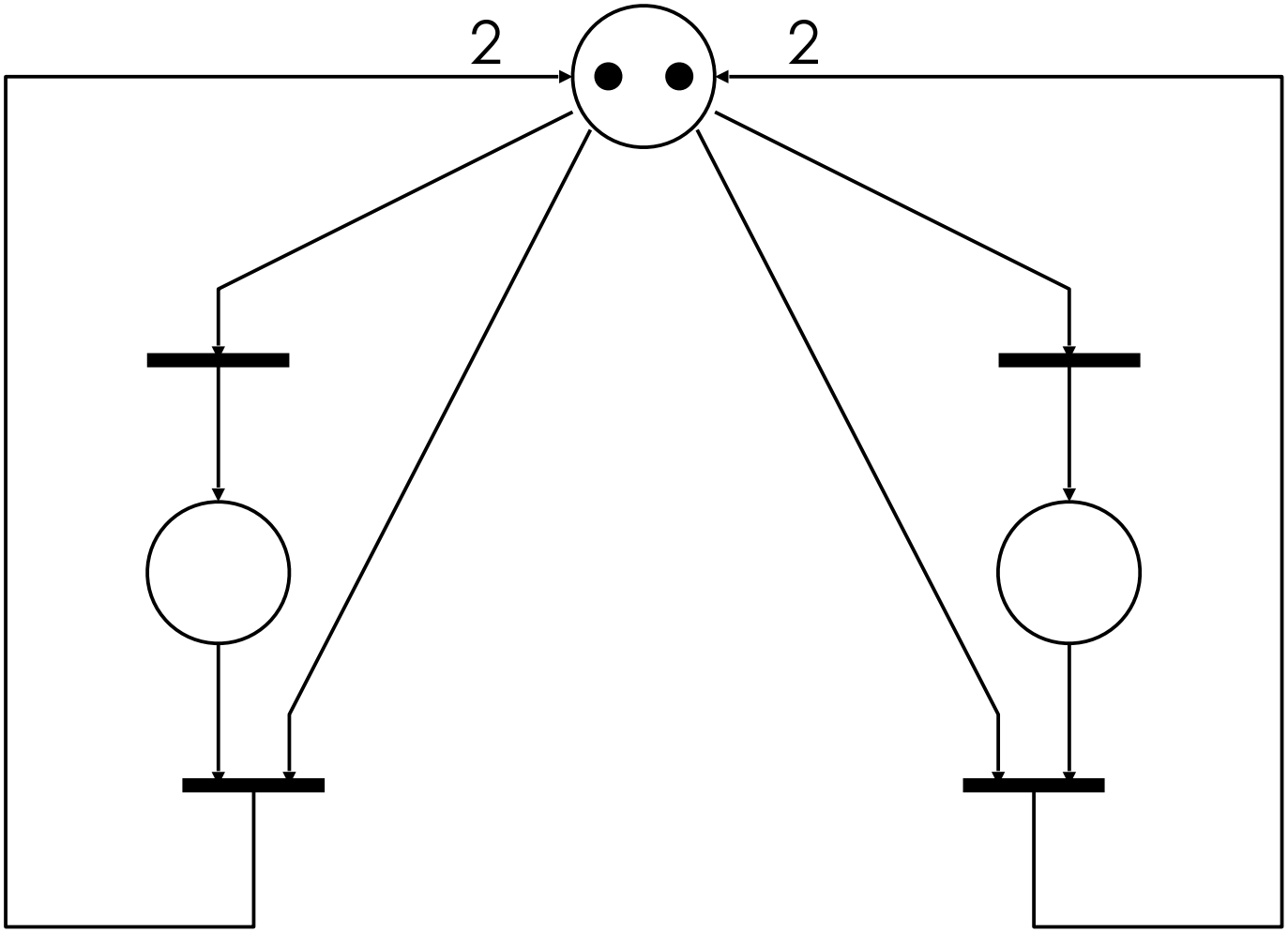
Modellierung mittels PETRI-Netzen



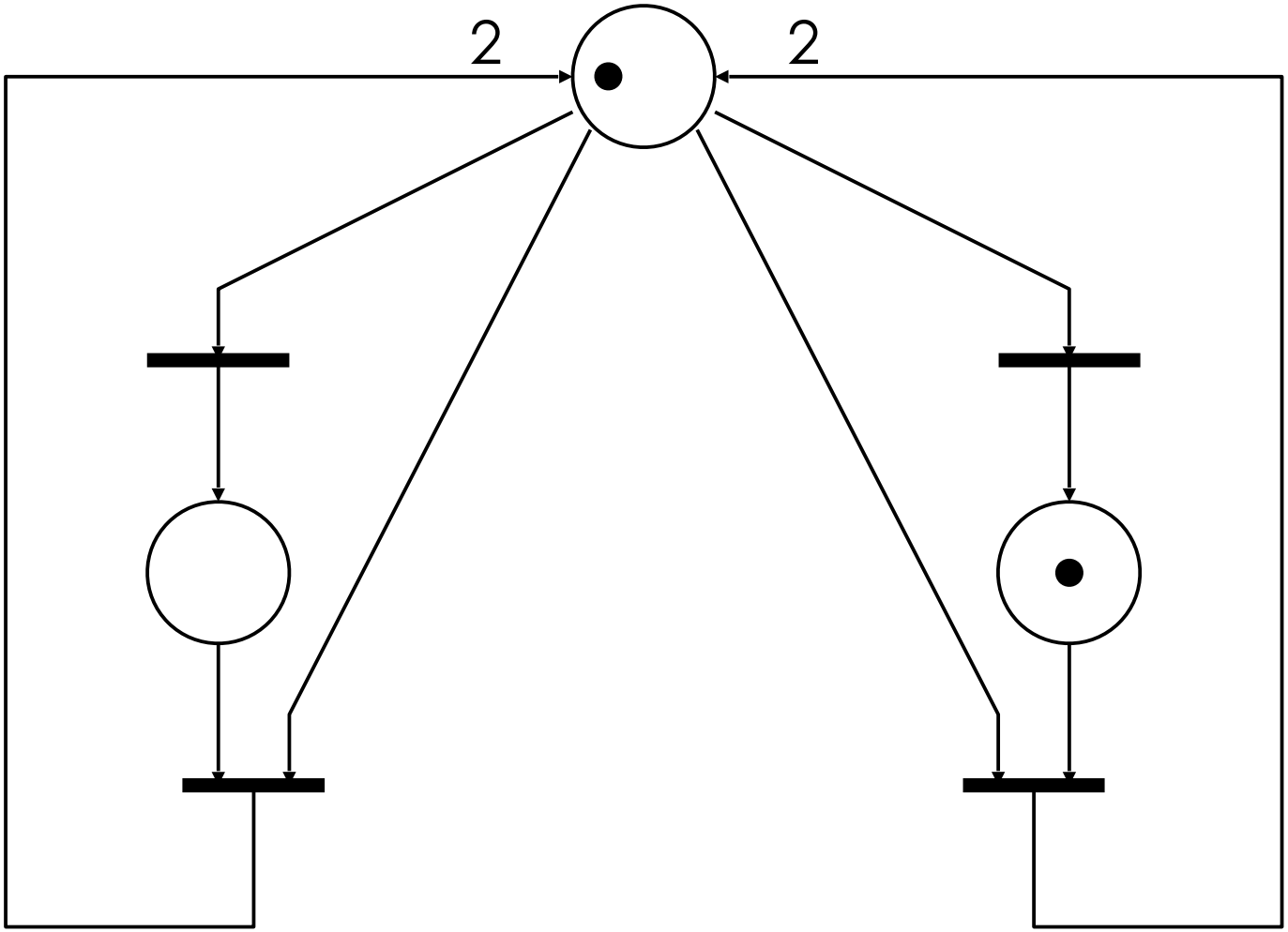
Modellierung mittels PETRI-Netzen



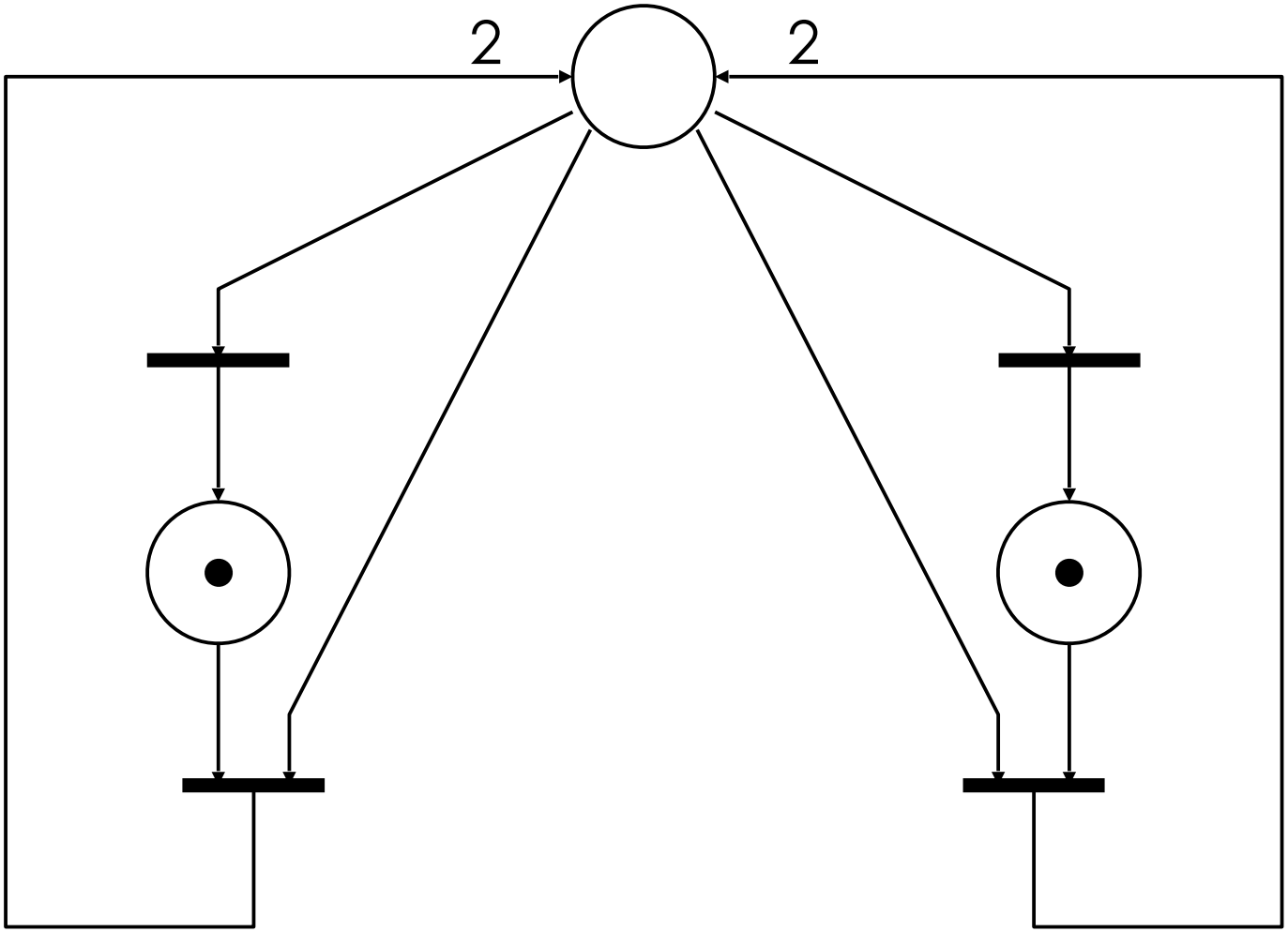
Modellierung mittels PETRI-Netzen



Modellierung mittels PETRI-Netzen



Modellierung mittels PETRI-Netzen



Modellierung mittels BM-Zuteilungsgraph

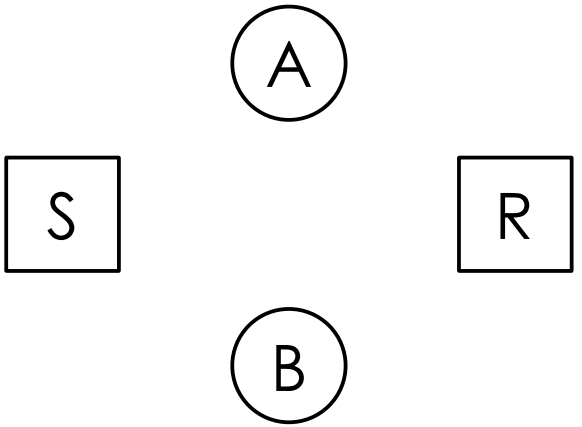
Betriebsmittel-Zuteilungsgraph (HOLT 1972 et al.)

TB4 6.4.1

Zyklus im Graphen → zyklische Wartesituation

Beispiel

- Prozess A fordert an BM S
- Prozess B fordert an BM R
- Prozess A fordert an BM R
- Prozess B fordert an BM S



Modellierung mittels BM-Zuteilungsgraph

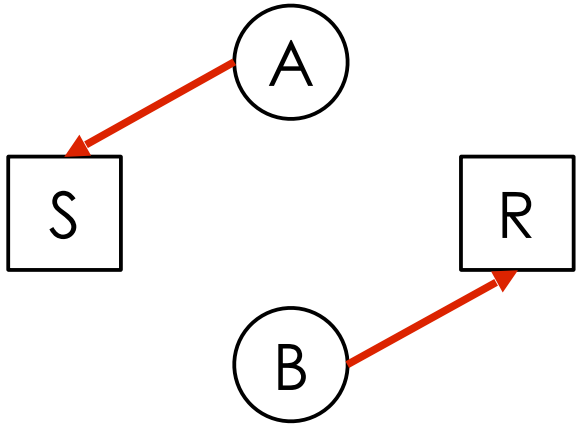
Betriebsmittel-Zuteilungsgraph (HOLT 1972 et al.)

TB4
6.4.1

Zyklus im Graphen → zyklische Wartesituation

Beispiel

- Prozess A besitzt BM S
- Prozess B besitzt BM R
- Prozess A fordert an BM R
- Prozess B fordert an BM S



Modellierung mittels BM-Zuteilungsgraph

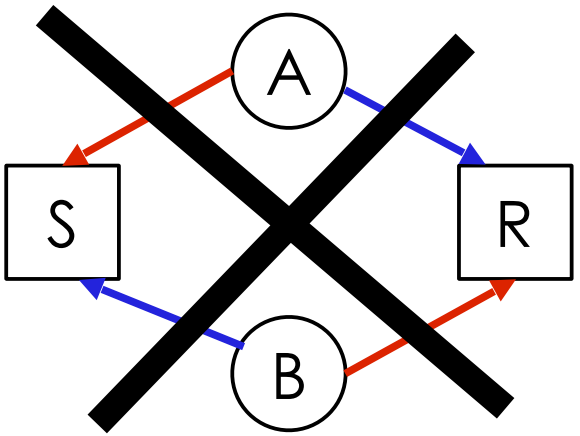
Betriebsmittel-Zuteilungsgraph (HOLT 1972 et al.)

TB4
6.4.1

Zyklus im Graphen → zyklische Wartesituation

Beispiel

- Prozess A besitzt BM S
- Prozess B besitzt BM R
- Prozess A fordert an BM R
- Prozess B fordert an BM S



Modellierung mittels BM-Zuteilungsgraph

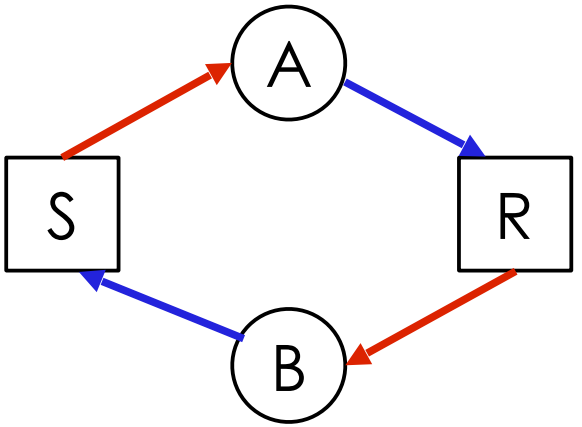
Betriebsmittel-Zuteilungsgraph (HOLT 1972 et al.)

TB4
6.4.1

Zyklus im Graphen → zyklische Wartesituation

Beispiel

- Prozess A besitzt BM S → S wartet für Freigabe auf A
- Prozess B besitzt BM R → R wartet für Freigabe auf B
- Prozess A fordert an BM R → A wartet auf Freigabe von R
- Prozess B fordert an BM S → B wartet auf Freigabe von S



Beispiel (1) (aus Tanenbaum)

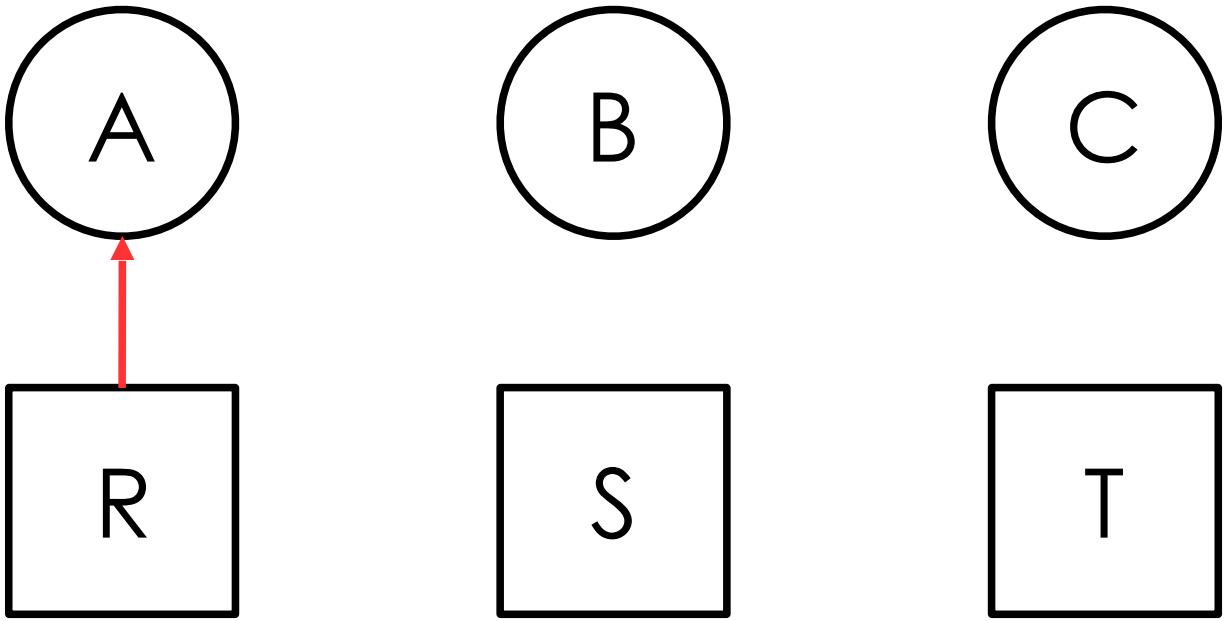
```
A :

   request(R);
   request(S);
   release(R);
   release(S);
```

```
B :

   request(S);
   request(T);
   release(S);
   release(T);
```

```
C :

   request(T);
   request(R);
   release(T);
   release(R);
```

TB4
6.4.1

1. A fordert R



Beispiel (1)

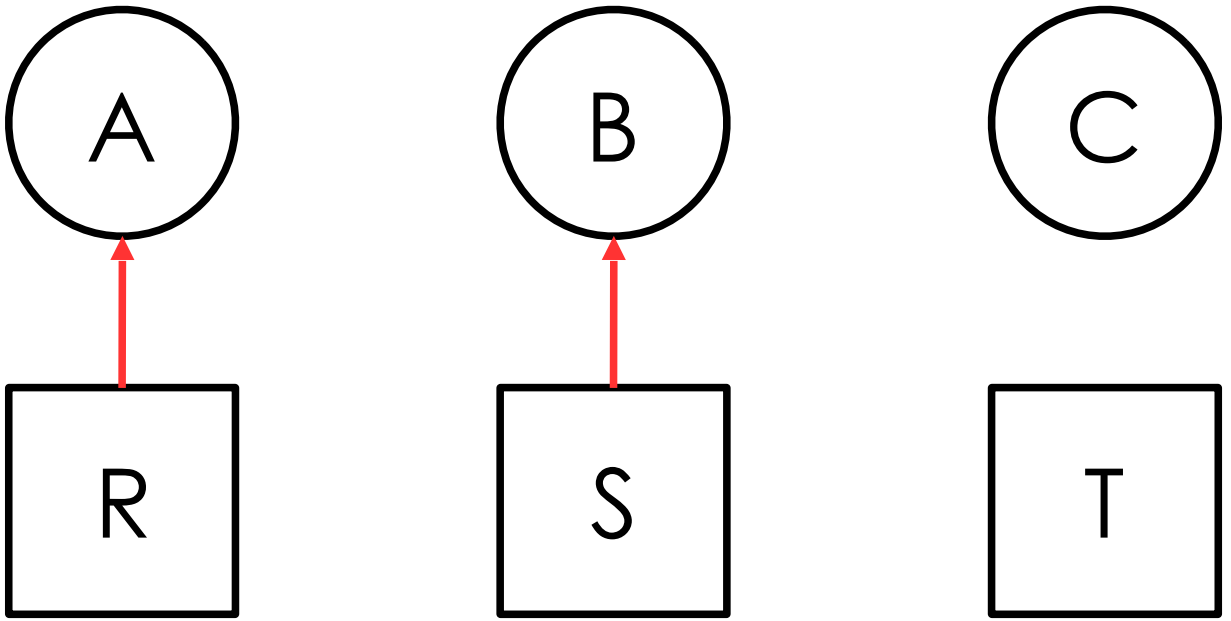
```
A :

  request(R);
  request(S);
  release(R);
  release(S);
```

```
B :

  request(S);
  request(T);
  release(S);
  release(T);
```

```
C :

  request(T);
  request(R);
  release(T);
  release(R);
```

TB4
6.4.1

1. A fordert R
2. B fordert S



Beispiel (1)

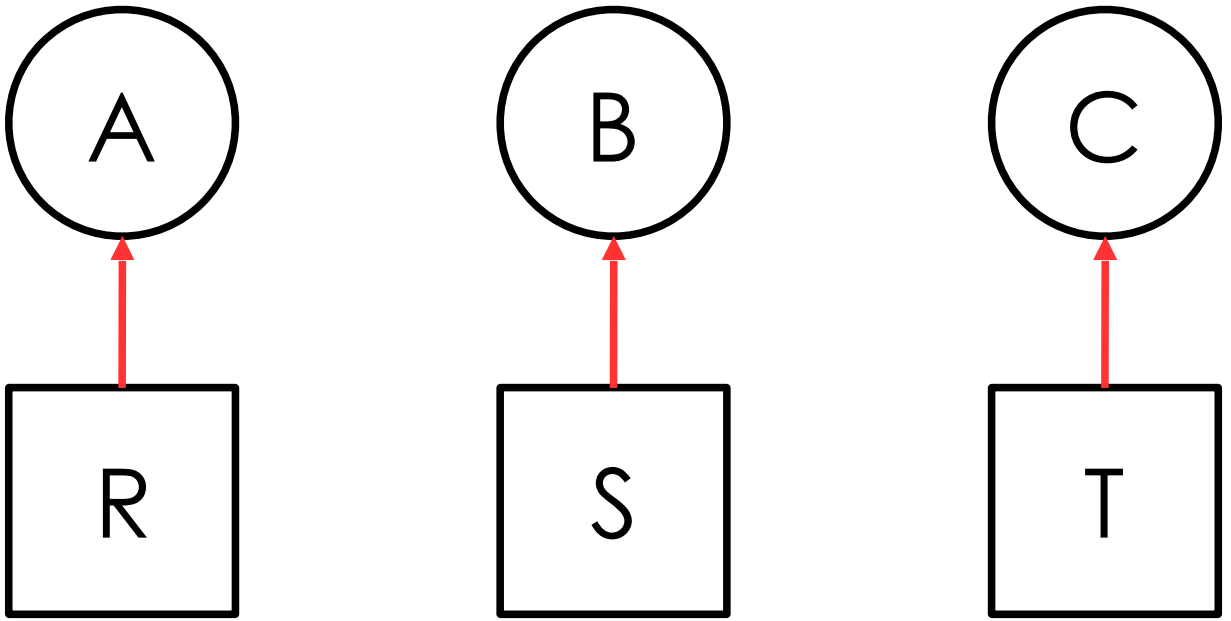
```
A :

  request(R);
  request(S);
  release(R);
  release(S);
```

```
B :

  request(S);
  request(T);
  release(S);
  release(T);
```

```
C :

  request(T);
  request(R);
  release(T);
  release(R);
```

TB4
6.4.1

1. A fordert R
2. B fordert S
3. C fordert T



Beispiel (1)

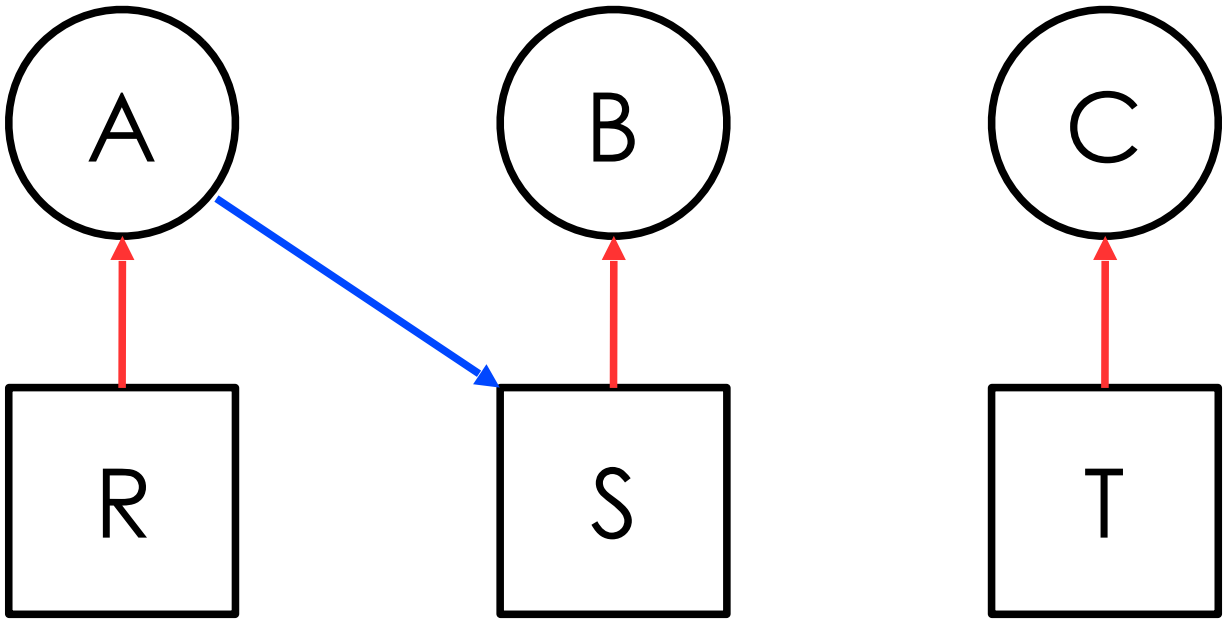
```
A :

   request(R);
   request(S);
   release(R);
   release(S);
```

```
B :

   request(S);
   request(T);
   release(S);
   release(T);
```

```
C :

   request(T);
   request(R);
   release(T);
   release(R);
```

TB4
6.4.1

1. A fordert R
2. B fordert S
3. C fordert T
4. A fordert S



Beispiel (1)

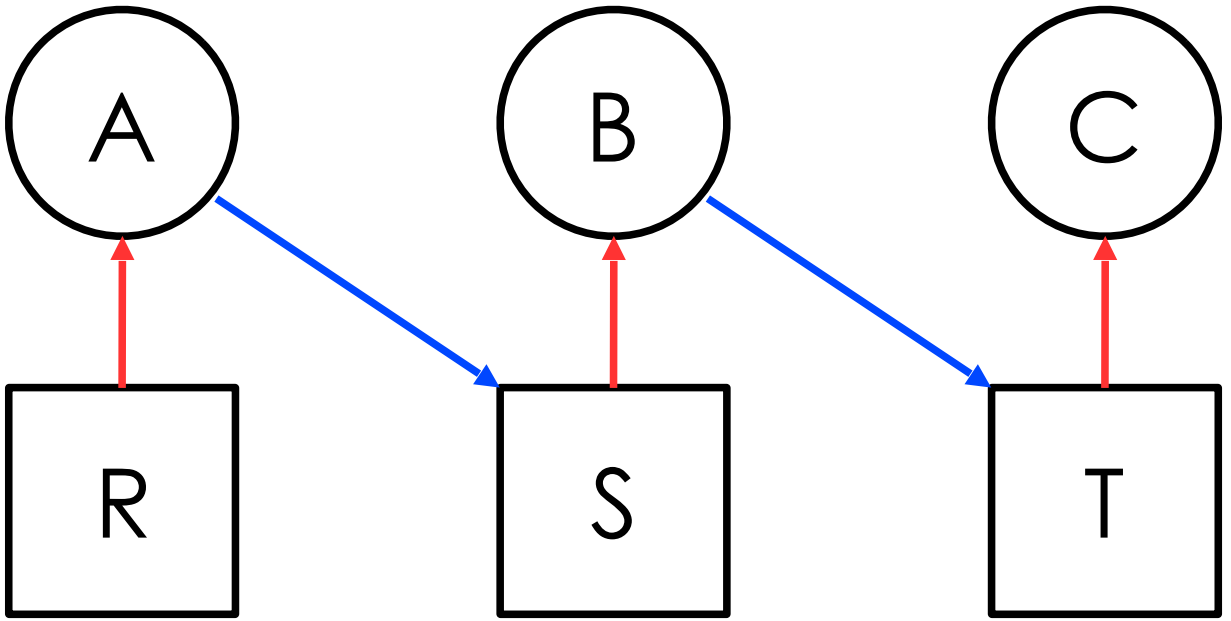
```
A :

   request(R);
   request(S);
   release(R);
   release(S);
```

```
B :

   request(S);
   request(T);
   release(S);
   release(T);
```

```
C :

   request(T);
   request(R);
   release(T);
   release(R);
```

TB4
6.4.1

1. A fordert R
2. B fordert S
3. C fordert T
4. A fordert S
5. B fordert T



Beispiel (1)

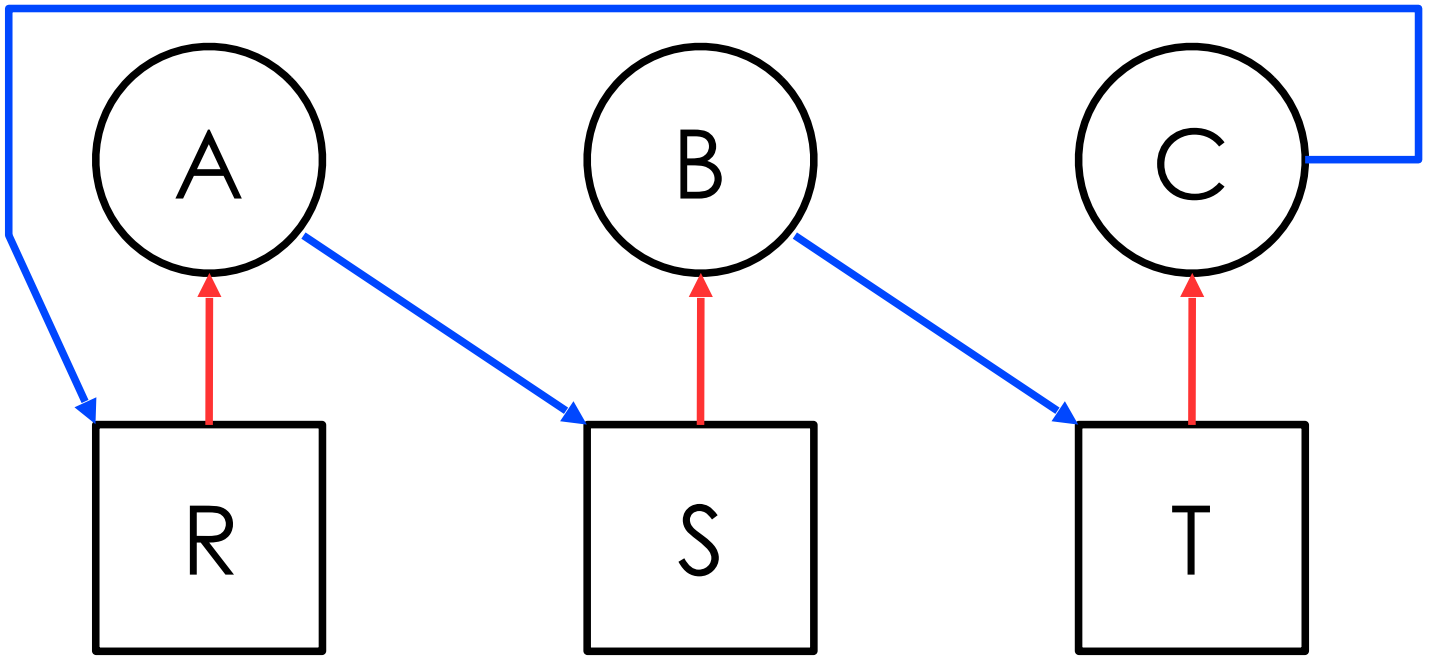
```
A :

   request(R);
   request(S);
   release(R);
   release(S);
```

```
B :

   request(S);
   request(T);
   release(S);
   release(T);
```

```
C :

   request(T);
   request(R);
   release(T);
   release(R);
```

TB4
6.4.1

1. A fordert R
2. B fordert S
3. C fordert T
4. A fordert S
5. B fordert T
6. C fordert R



Beispiel (1)

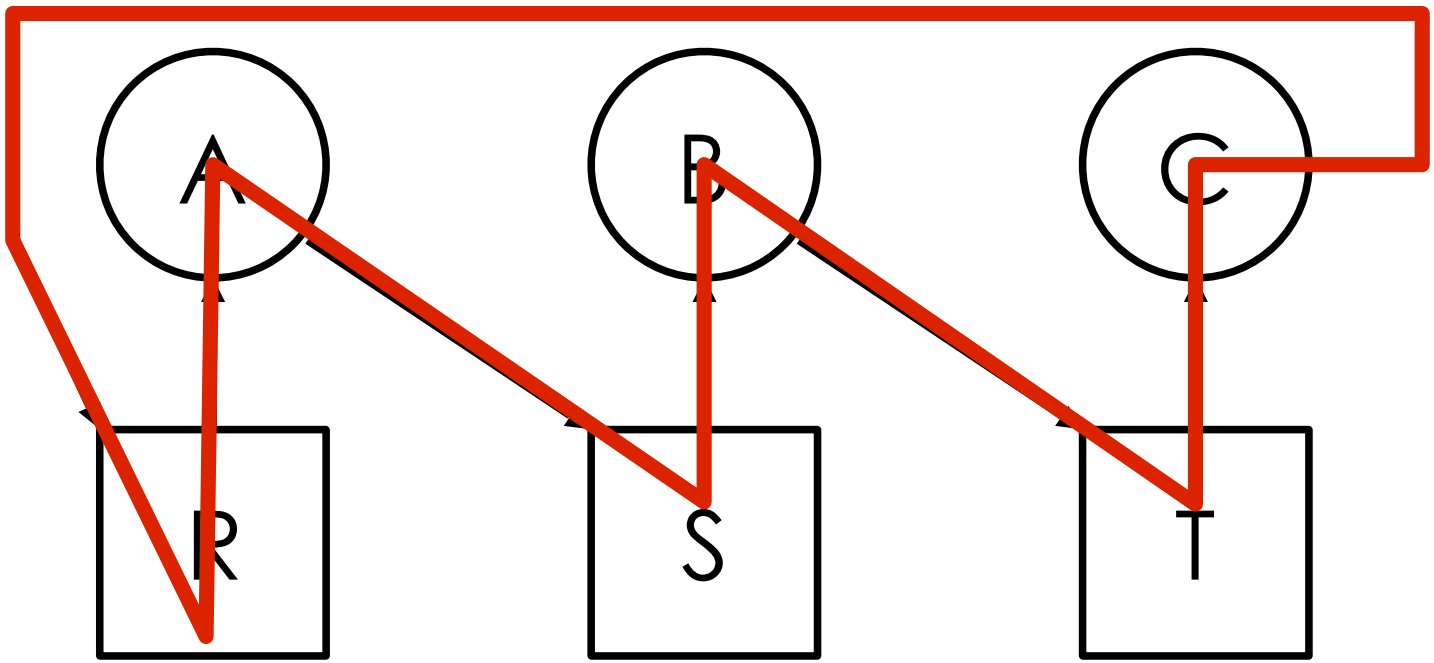
```
A :

   request(R);
   request(S);
   release(R);
   release(S);
```

```
B :

   request(S);
   request(T);
   release(S);
   release(T);
```

```
C :

   request(T);
   request(R);
   release(T);
   release(R);
```

TB4
6.4.1

1. A fordert R
2. B fordert S
3. C fordert T
4. A fordert S
5. B fordert T
6. C fordert R



Beispiel (2)

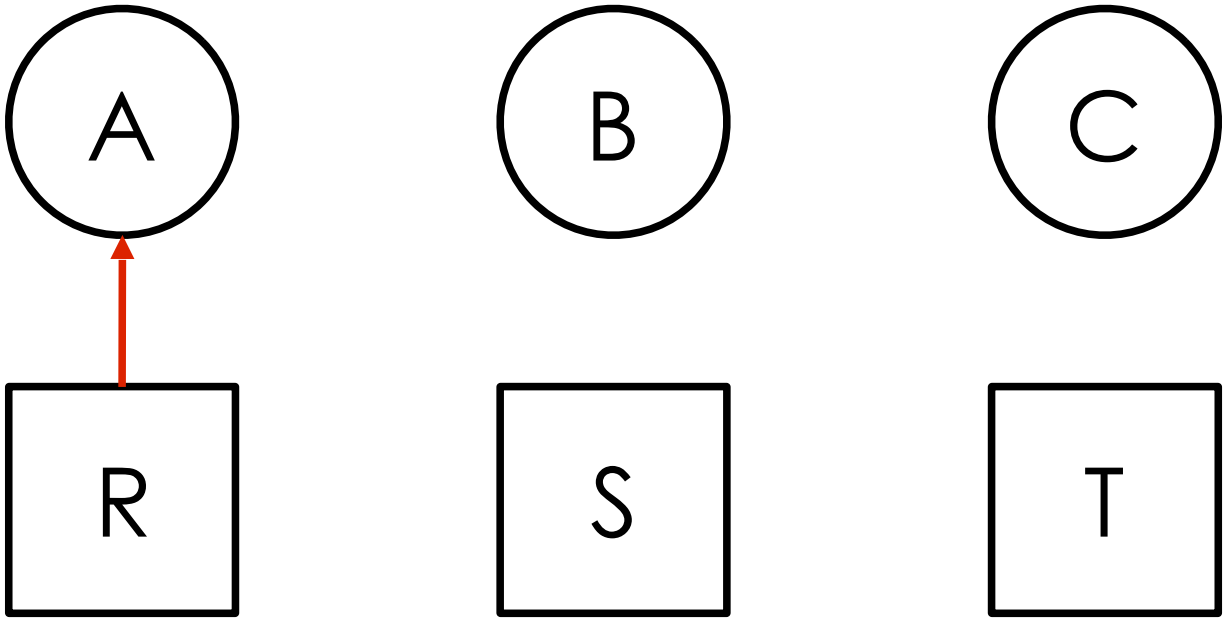
```
A :

   request(R);
   request(S);
   release(R);
   release(S);
```

```
B :

   request(S);
   request(T);
   release(S);
   release(T);
```

```
C :

   request(T);
   request(R);
   release(T);
   release(R);
```

TB4
6.4.1

1. A fordert R



Beispiel (2)

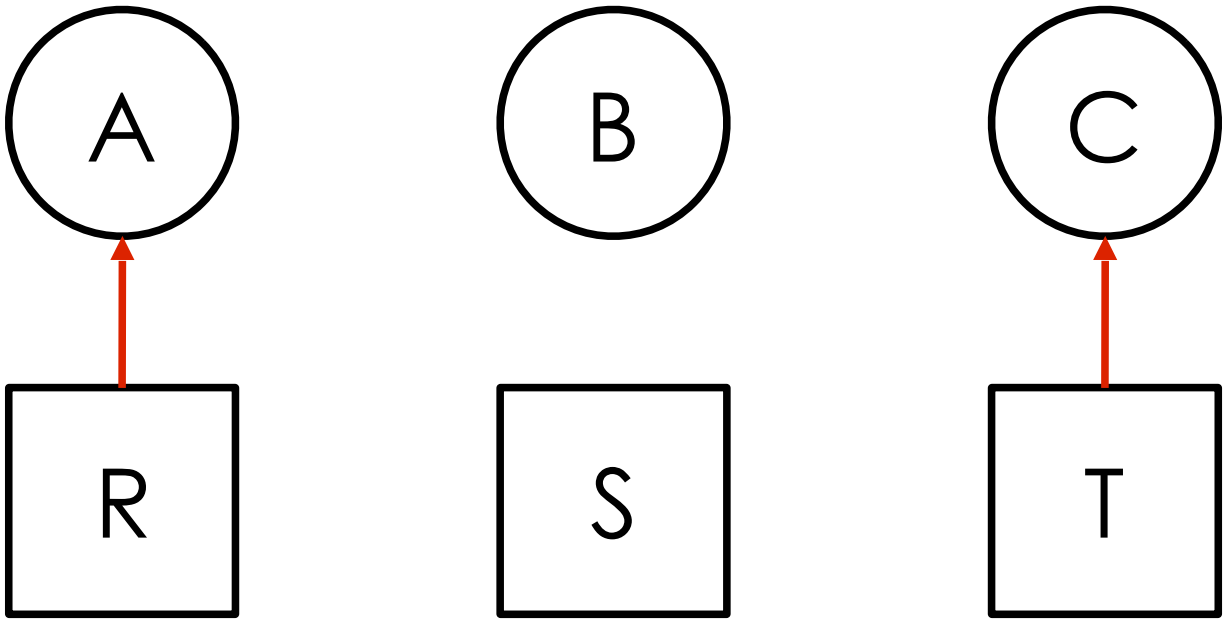
```
A :

  request(R);
  request(S);
  release(R);
  release(S);
```

```
B :

  request(S);
  request(T);
  release(S);
  release(T);
```

```
C :

  request(T);
  request(R);
  release(T);
  release(R);
```

TB4
6.4.1

1. A fordert R
2. C fordert T



Beispiel (2)

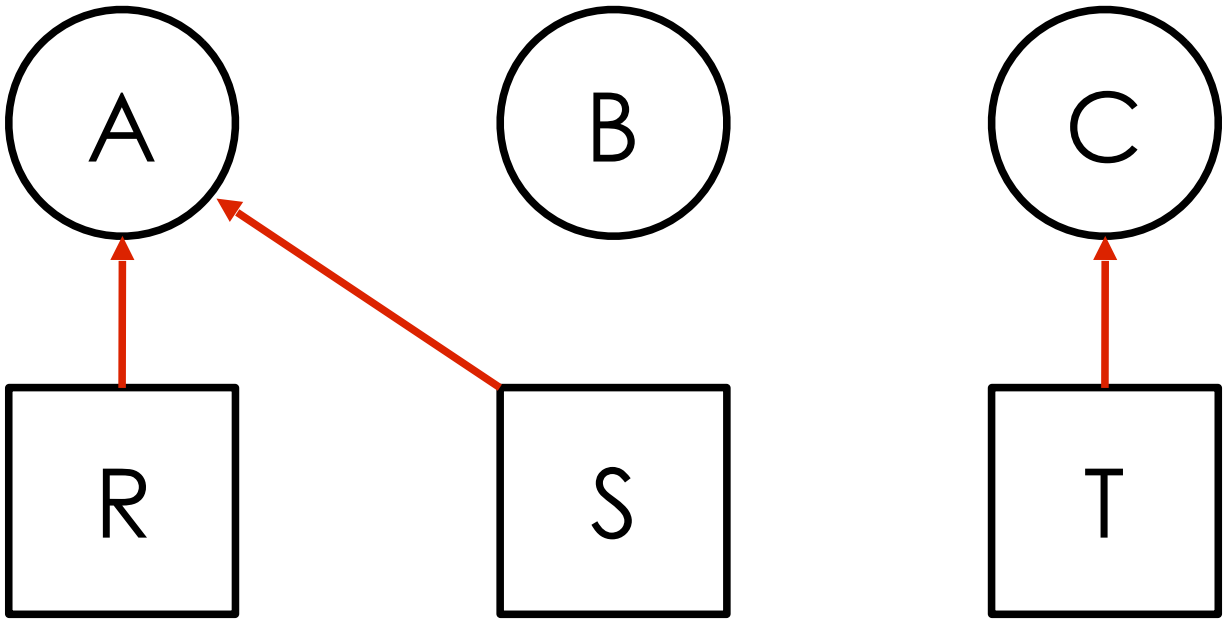
```
A :

   request(R);
   request(S);
   release(R);
   release(S);
```

```
B :

   request(S);
   request(T);
   release(S);
   release(T);
```

```
C :

   request(T);
   request(R);
   release(T);
   release(R);
```

TB4
6.4.1

1. A fordert R
2. C fordert T
3. A fordert S



Beispiel (2)

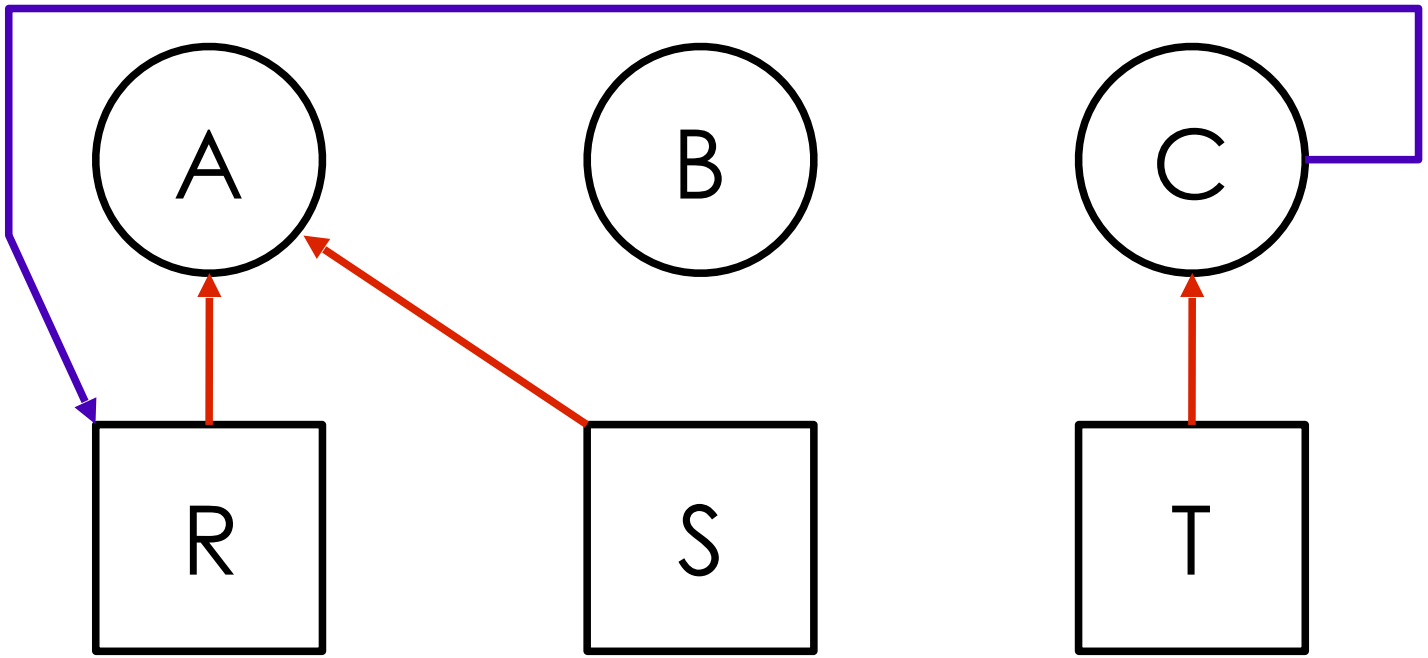
```
A :

   request(R);
   request(S);
   release(R);
   release(S);
```

```
B :

   request(S);
   request(T);
   release(S);
   release(T);
```

```
C :

   request(T);
   request(R);
   release(T);
   release(R);
```

TB4
6.4.1

1. A fordert R
2. C fordert T
3. A fordert S
4. C fordert R



Beispiel (2)

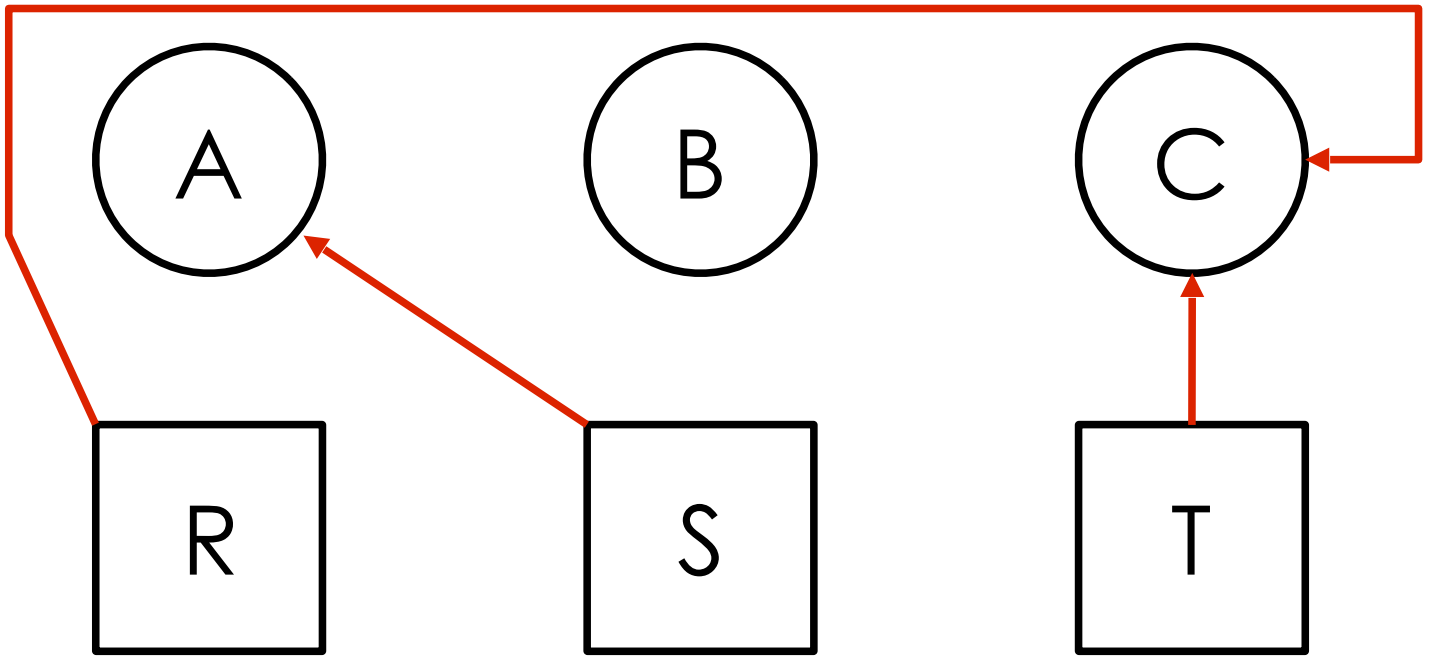
```
A :

   request(R);
   request(S);
   release(R);
   release(S);
```

```
B :

   request(S);
   request(T);
   release(S);
   release(T);
```

```
C :

   request(T);
   request(R);
   release(T);
   release(R);
```

TB4
6.4.1

1. A fordert R
2. C fordert T
3. A fordert S
4. C fordert R
5. A gibt frei R



Beispiel (2)

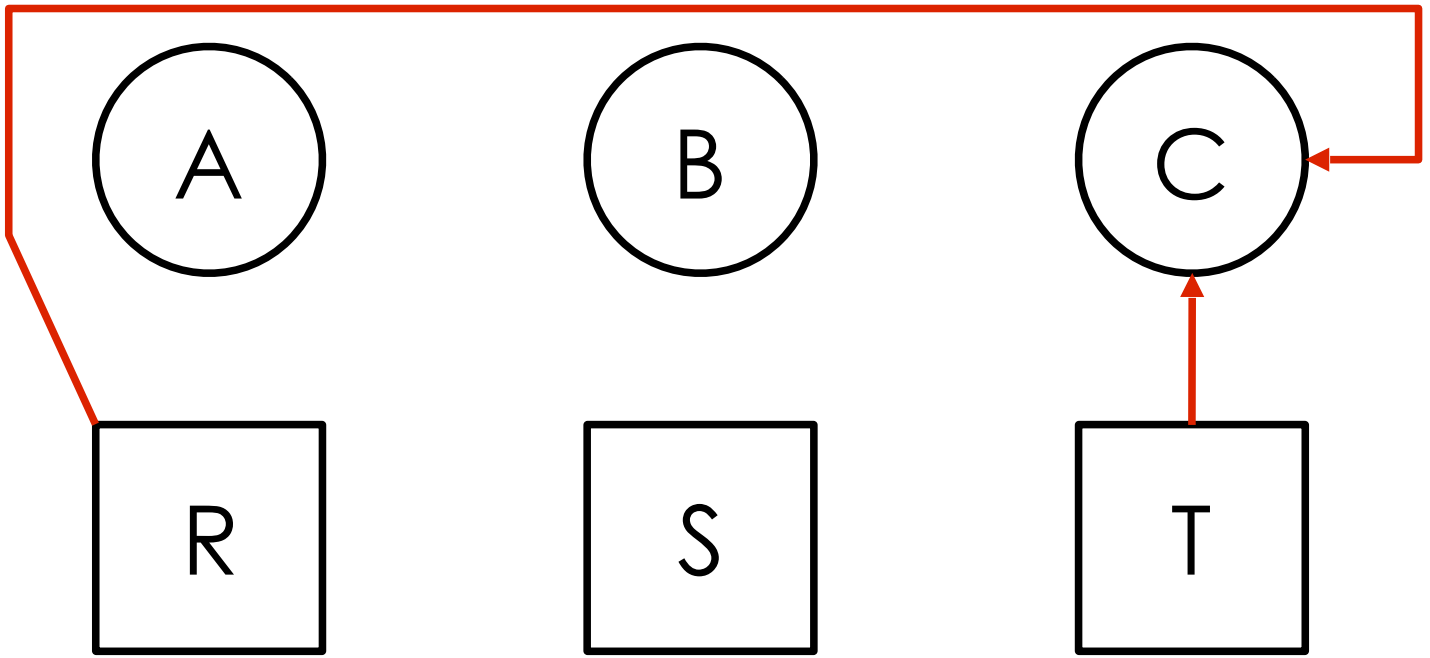
```
A :

   request(R);
   request(S);
   release(R);
   release(S);
```

```
B :

   request(S);
   request(T);
   release(S);
   release(T);
```

```
C :

   request(T);
   request(R);
   release(T);
   release(R);
```

TB4
6.4.1

1. A fordert R
2. C fordert T
3. A fordert S
4. C fordert R
5. A gibt frei R
6. A gibt frei S



Charakterisierende Bedingungen

Notwendige und hinreichende Bedingungen für das Auftreten von Verklemmungen bei Ein-Exemplar-BM
COFFMAN (1971)

Notwendig ist einzeln jede der Bedingungen:

(1) gegenseitiger Ausschluss bei Benutzung von BM
(2) Nachfordern von BM (hold and wait)
(3) keine Verdrängung (Entzug der BM) möglich
(4) zyklische Wartesituation

Hinreichend ist:

(1) ∧ (2) ∧ (3) ∧ (4)

Wegweiser

Begriff, Beispiele und Modellierung

Maßnahmen

Vermeiden per Konstruktion
Entdecken und Beseitigen

Ausschließen der notwendigen Bedingungen

1. Gegenseitiger Ausschluss (Mutual Exclusion)
   z. B. Spooling → nur ein Prozess (Daemon) erhält BM

2. Nachfordern
   Postulat:
   alle BM müssen bei Start angefordert werden
   Freigabe aller BM bei Neuforderung
   Problem:
   Dynamik
   BM-Auslastung

3. Nicht-Verdrängbarkeit
   bei logischen Betriebsmitteln (Transaktionen)

4. Zyklische Wartebedingung
   sorgfältige Betriebsmittelzuteilung (**BMZ**, nächste Folien)

Sorgfältige BMZ(1): globale Reihenfolge einhalten

- Postulat:
  Anforderung der BM in festgelegter Reihenfolge
- zahlreiche Einzelsituationen in Betriebssystemen

Sorgfältige BMZ(2): Banker's Algorithm

TB4
6.5.2

Bank-Algorithmus für 1 Betriebsmittel-Typ (HABERMANN 1969)

- Gegeben:
  - Prozesssystem P
  - maximale Anzahl G von BM-Exemplaren
  - maximale Anzahl KP von BM-Exemplaren, die Prozess $P_i \in P$ im Laufe seiner Existenz benötigt mit $KP \leq G$
- Zustand:
  - Vektor der momentan den Prozessen zugeteilten BM-Exemplare

Sicherer Zustand

TB4
6.5.2

Ein Zustand heißt **sicher,** wenn

- keine Verklemmung vorliegt
- es eine Reihenfolge der Erfüllung aller Anforderungen gibt, ohne dass eine Verklemmung auftritt.

Andernfalls heißt der Zustand **unsicher.**

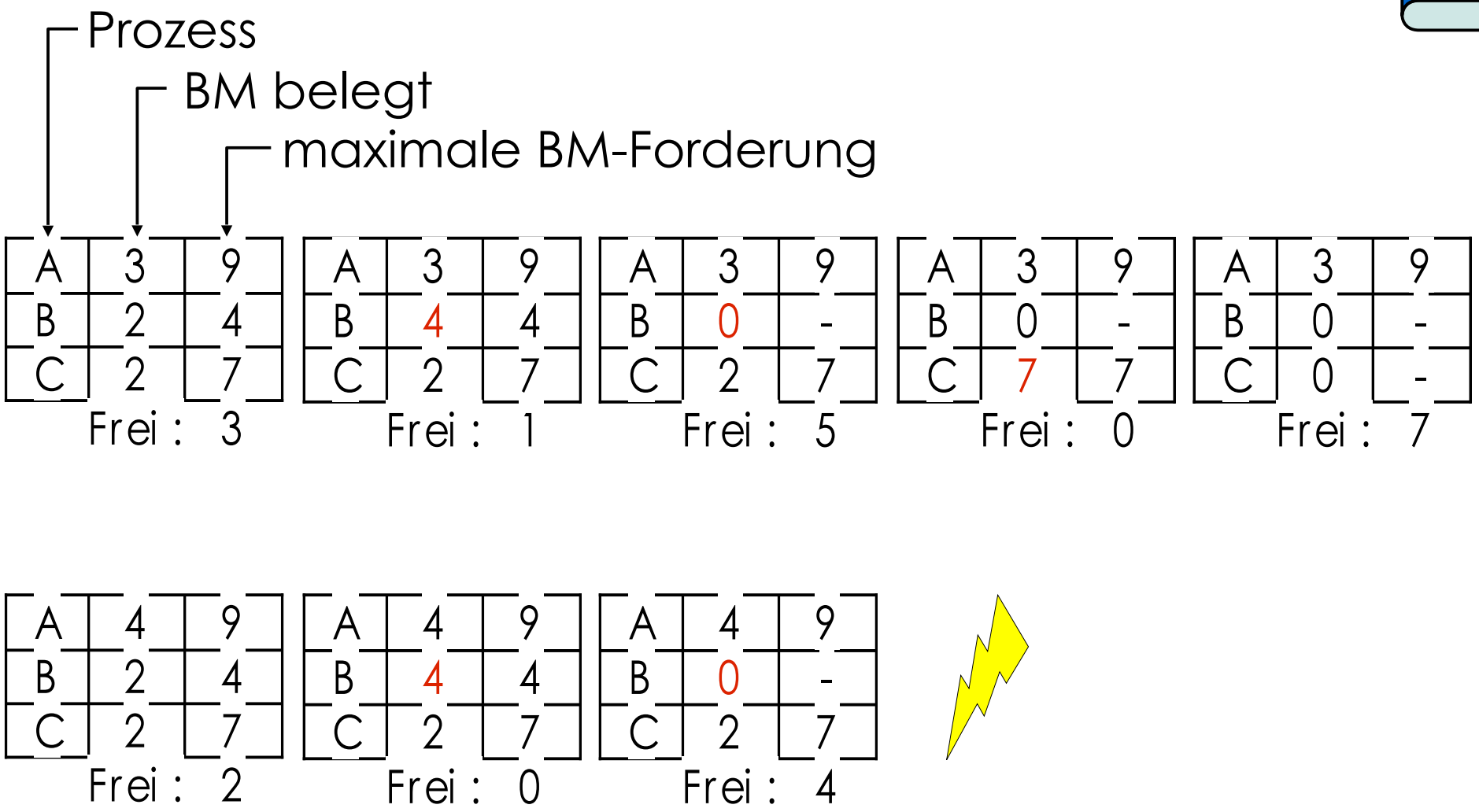
Idee des Bank-Algorithmus:

- Zuteilung nur vornehmen, wenn Nachfolgezustand immer noch sicher ist, andernfalls muss Prozess warten.

Beispiel (nach Tanenbaum)

- 10 Betriebsmittel-Exemplare eines Typs verfügbar (Mehrere Typen → Lehrbuch)

TB4 6.5.2



Bank-Algorithmus – Probleme

TB4
6.5.2

- Komplexität: O(n2), n: Anzahl der Prozesse
- Mehrere BM-Typen: mehrere „Währungen“
- Basis: maximale Anzahl genutzter BM-Exemplare
  - Kenntnis
  - Eintreten dieser Situation („pessimistischer Algorithmus“)
- Blockierdauer nicht kalkulierbar

Entdecken (und Beseitigen)

TB4
6.4.1

- **Symptom:**
  Operation dauert wesentlicher länger als erwartet

  z. B. TIMEOUT als zusätzlicher Parameter blockierender Operationen:
  - receive(message, TIMEOUT)
  - Sema.Down(TIMEOUT)

- **Diagnose:**
  Feststellen ob zyklische Wartebedingung vorliegt
  POSIX.4 :

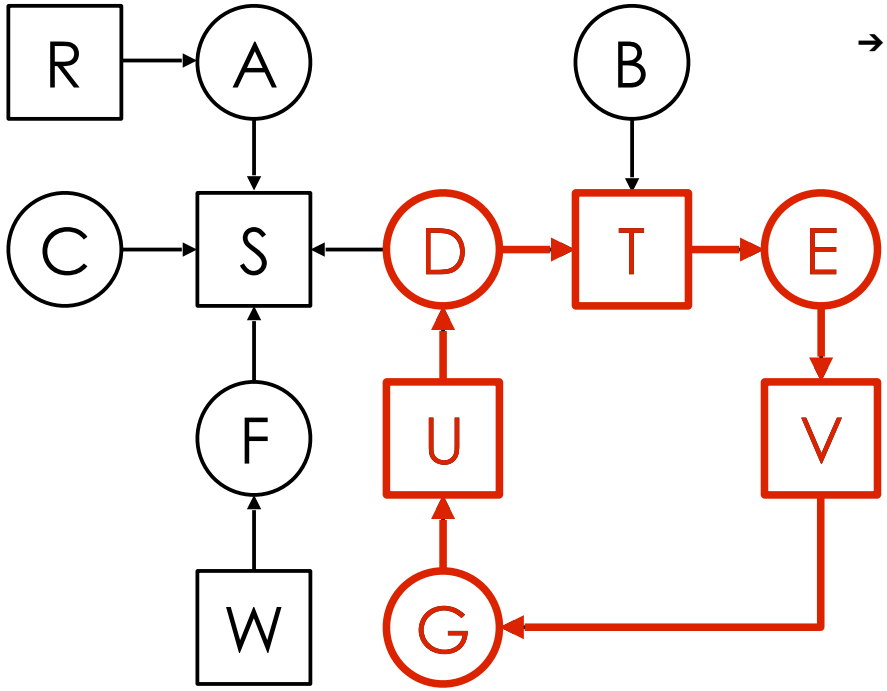
  `int sem_wait(sem_t *s): EDEADLK`
  als Rückgabewert bei Gefahr eines Deadlocks

- **Therapie:**
  Verdrängung von Betriebsmitteln

Entdecken (und Beseitigen): Diagnose

Prozess	belegt	fordert
A	R	S
B	nichts	T
C	nichts	S
D	U	S und T
E	T	V
F	W	S
G	V	U

TB4 6.4.1



→ ein BM pro Typ

(Entdecken und) Beseitigen: Therapie

- Verdrängen
  - „von Hand“
- Entfernen von Prozessen
- Zurücksetzen
  - regelmäßiges Erstellen von Rücksetzpunkten
  - Zurücksetzen vor die verursachende BM-Anforderung
  - Außenwelt-Problem
    (Terminal, Drucker, Datenbankeinträge, …)
  - Transaktionen

Transaktionen

Zwei-Phasen-Technik (two phase locking)

Datenbanken, Transaktionssysteme:

- Aufsammeln der „Locks“, BM nutzen und freigeben am Ende der Transaktion
- falls ein „Lock“ nicht erworben werden kann (timeout), alle erworbenen BM freigeben und auf alten Zustand zurücksetzen

```
Begin Transaction
  request_and_lock(     , timeout);    use( ... );
  request_and_lock(     , timeout);    use( ... );

  ON Timeout :
     Abort Transaction //release all locks
Commit Transaction     //release all locks
```

Entdeckung: Timeout
Auflösen: Rücksetzen

Verwandt: Aushungern (Starvation)

Ausgangspunkt

BM werden nach Gesichtspunkten vergeben, die im Normalfall gut funktionieren, aber im Einzelfall zum „Verhungern“ eines Prozesses führen können

Beispiel

- Scheduling: shortest job next
- Drucker: shortest job next

Zusammenfassung Verklemmungen

- Modellierung mit
  - PETRI-Netzen
  - Betriebsmittel-Zuteilungsgraph
- 4 notwendige Bedingungen, Konjunktion ist hinreichend
- Vermeiden per Konstruktion
- Wenn das zu aufwendig: Erkennen und Beseitigen