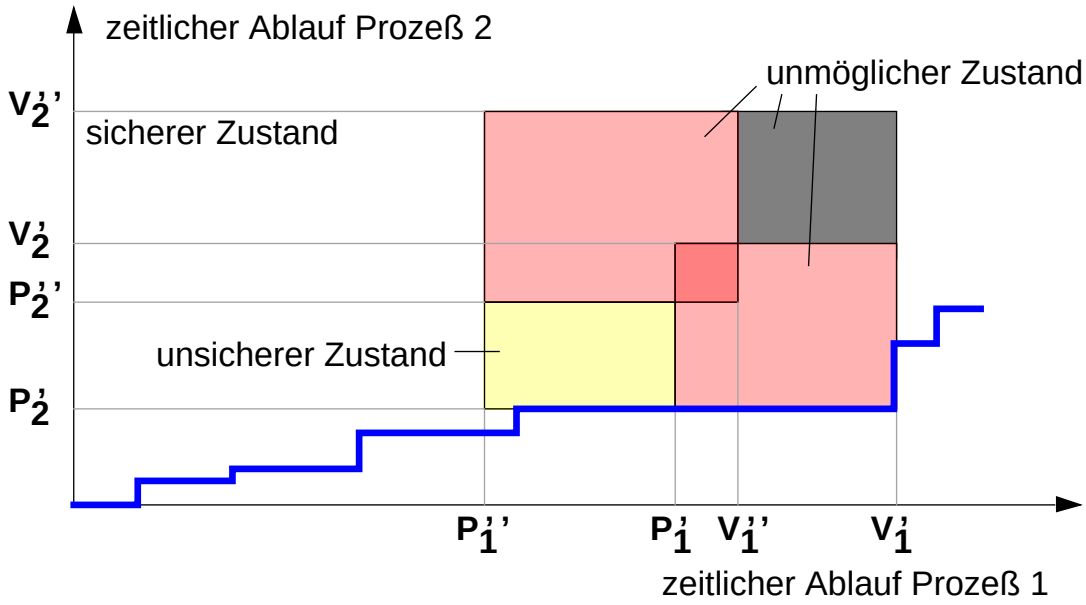
1 Sichere und unsichere Zustände (4)

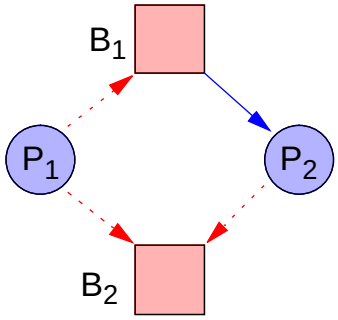
- Beispiel von Folie H.13:



  - Prozeß 2 darf P_2' nicht durchführen und muß warten

2 Betriebsmittelgraph

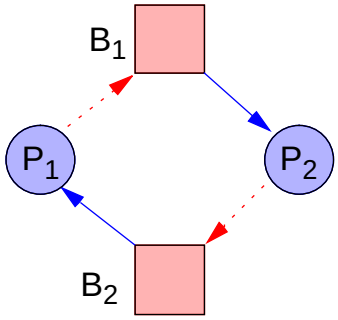
- Annahme: eine Instanz pro Betriebsmitteltyp
  - Einsatz von Betriebsmittelgraphen zur Erkennung unsicherer Zustände



  - zusätzliche Kanten zur Darstellung möglicher Anforderungen (Ansprüche, *Claims*)
  - Anspruchskanten werden gestrichelt dargestellt und bei Anforderung in Anforderungskanten umgewandelt
  - Anforderung und Belegung von B_2 durch P_1 führt in einen unsicheren Zustand (siehe Beispiel von Folie H.13)

2 Betriebsmittelgraph (2)

- Erkennung des unsicheren Zustands an Zyklen im erweiterten Betriebsmittelgraph
  - Anforderung und Belegung von B_2 durch P_1 führt zu:



  - Zyklenerkennung hat einen Aufwand von $O(n^2)$

- Betriebsmittelgraph nicht anwendbar bei mehreren Instanzen eines Betriebsmitteltyps
  - Banker's Algorithmus (siehe Betriebsprogrammierung II)

H.5 Erkennung von Verklemmungen

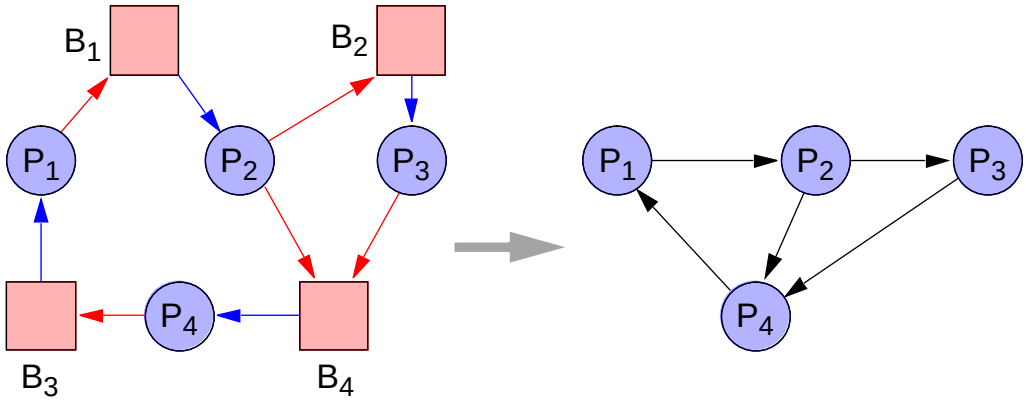
- Systeme ohne Mechanismen zur Vermeidung oder Verhinderung von Verklemmungen
  - Verklemmungen können auftreten
  - Verklemmung sollte als solche erkannt werden
  - Auflösung der Verklemmung sollte eingeleitet werden (Algorithmus nötig)

1 Wartegraphen

- Annahme: nur eine Instanz pro Betriebsmitteltyp
  - Einsatz von Wartegraphen, die aus dem Betriebsmittelgraphen gewonnen werden können

1 Wartegraphen (2)

- Wartegraphen
  - Betriebsmittel und Kanten werden aus Betriebsmittelgraph entfernt
  - zwischen zwei Prozessen wird eine „wartet auf“-Kante eingeführt, wenn es Kanten vom ersten Prozeß zu einem Betriebsmittel und von diesem zum zweiten Prozeß gabe



Betriebsmittelgraph Wartegraph

1 Wartegraphen (3)

- Erkennung von Verklemmungen
  - Wartegraph enthält Zyklen: System ist verklemmt
- Betriebsmittelgraph nicht für Systeme geeignet, die mehrere Instanzen pro Betriebsmitteltyp zulassen
  - kompliziertere Algorithmen ähnlich dem Banker’s Algorithmus nötig

2 Erkennung durch Reduktionsverfahren

- Annahmen:
  - m Betriebsmitteltypen; Typ i verfügt über b_i Instanzen
  - n Prozesse
- Definitionen
  - B ist der Vektor $(b_1, b_2, \ldots b_m)$ der vorhandenen Instanzen
  - R ist der Vektor $(r_1, r_2, \ldots r_m)$ der noch verfügbaren Restinstanzen
  - C_j sind die Vektoren $(c_{j,1}, c_{j,2}, \ldots c_{j,m})$ der aktuellen Belegung durch den Prozeß j
- Es gilt: $\sum_{i=1}^{n} c_{i,j} + r_j = b_j$ für alle $1 \le j \le m$

2 Erkennung durch Reduktionsverfahren (2)

- Weitere Definitionen
  - A_j sind die Vektoren $(a_{j,1}, a_{j,2}, \ldots a_{j,m})$ der aktuellen Anforderungen durch den Prozeß j
  - zwei Vektoren A und B stehen in der Relation A ≤ B, falls die Elemente der Vektoren jeweils paarweise in der gleichen Relation stehen
- Algorithmus

(1) alle Prozesse sind zunächst unmarkiert
(2) wähle einen Prozeß i, so daß $A_i \le R$
(Prozeß ist ohne Verklemmung ausführbar)
(3) falls ein solcher Prozeß i existiert, addiere C_i zu R, markiere Prozeß i und beginne wieder bei Punkt (2)
(Bei Terminierung wird der Prozeß alle Betriebsmittel freigeben)
(4) falls ein solcher Prozeß nicht existiert, terminiere Algorithmus

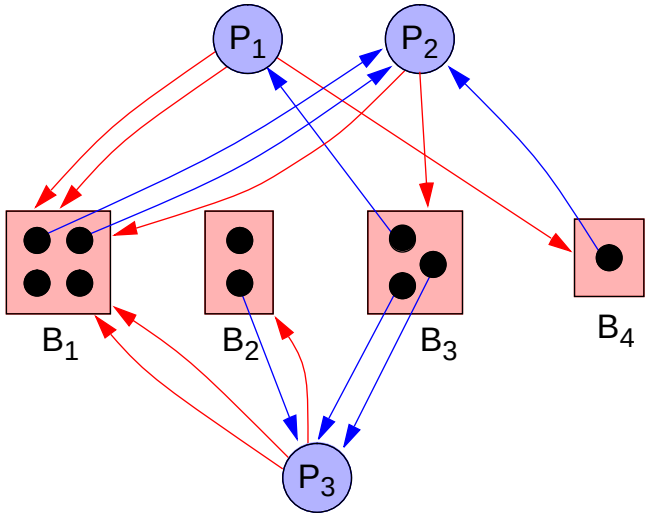
- alle nicht markierten Prozesse sind an einer Verklemmung beteiligt

2 Erkennung durch Reduktionsverfahren

- Beispiel
  - $m = 4$; $B = (4, 2, 3, 1)$
  - $n = 3$; $C_1 = (0, 0, 1, 0)$; $C_2 = (2, 0, 0, 1)$; $C_3 = (0, 1, 2, 0)$
  - daraus ergibt sich $R = (2, 1, 0, 0)$
  - Anforderungen der Prozesse lauten:
    $A_1 = (2, 0, 0, 1)$; $A_2 = (1, 0, 1, 0)$; $A_3 = (2, 1, 0, 0)$
- Ablauf
  - Auswahl eines Prozesses: Prozeß 3, da $A_3 \leq R$; markiere Prozeß 3
  - Addiere C_3 zu R: neues $R = (2, 2, 2, 0)$
  - Auswahl eines Prozesses: Prozeß 2, da $A_2 \leq R$; markiere Prozeß 2
  - Addiere C_2 zu R: neues $R = (4, 2, 2, 1)$
  - Auswahl eines Prozesses: Prozeß 1, da $A_1 \leq R$; markiere Prozeß 1
  - kein Prozeß mehr markiert: keine Verklemmung

3 Graphische Reduktion

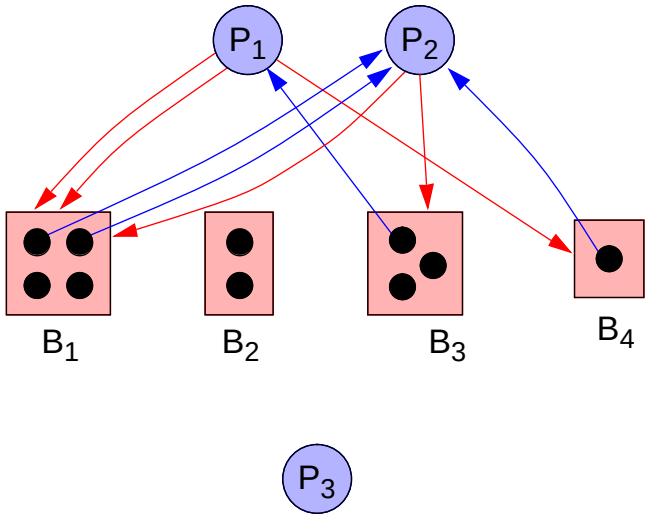
- Betriebsmittelgraph des Beispiels



  - Auswahl eines Prozesses für den Anforderungen erfüllbar: nur P_3 möglich
  - Löschen aller Kanten des Prozesses

3 Graphische Reduktion (2)

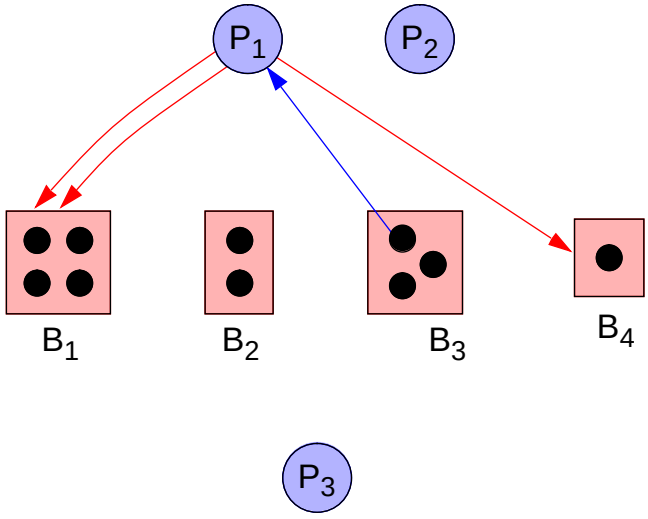
- Betriebsmittelgraph des Beispiels (1. Reduktion)



- Auswahl eines Prozesses für den Anforderungen erfüllbar: nur P_2 möglich
- Löschen aller Kanten des Prozesses

3 Graphische Reduktion (3)

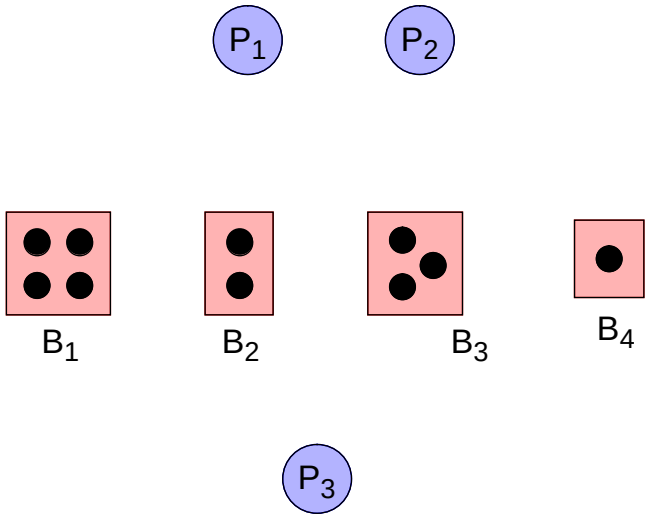
- Betriebsmittelgraph des Beispiels (2. Reduktion)



- Auswahl eines Prozesses für den Anforderungen erfüllbar: P_1
- Löschen aller Kanten des Prozesses

3 Graphische Reduktion (4)

- Betriebsmittelgraph des Beispiels (3. Reduktion)



- ◆ es bleiben keine Prozesse mit Anforderungen übrig ➔ keine Verklemmung
- ◆ übrig bleibende Prozesse sind verklemmt und in einem Zyklus

4 Einsatz der Verklemmungserkennung

- Wann sollte Erkennung ablaufen?
  - ◆ Erkennung ist aufwendig (Aufwand $O(n^2)$ bei Zyklenerkennung)
  - ◆ Häufigkeit von Verklemmungen eher gering
  - ◆ zu häufig: Verschwendung von Ressourcen zur Erkennung
  - ◆ zu selten: Betriebsmittel werden nicht optimal genutzt, Anzahl der verklemmten Prozesse steigt
- Möglichkeiten:
  - ◆ Erkennung, falls eine Anforderung nicht sofort erfüllt werden kann
  - ◆ periodische Erkennung (z.B. einmal die Stunde)
  - ◆ CPU Auslastung beobachten; falls Auslastung sinkt Erkennung starten

5 Erholung von Verklemmungen

- Verklemmung erkannt: Was tun?
  - ◆ Operateur benachrichtigen; manuelle Beseitigung
  - ◆ System erholt sich selbst
- Abbrechen von Prozessen (terminierte Prozesse geben ihre Betriebsmittel wieder frei)
  - ◆ alle verklemmten Prozesse abbrechen (großer Schaden)
  - ◆ einen Prozeß nach dem anderen abbrechen bis Verklemmung behoben (kleiner Schaden aber rechenzeitintensiv)
  - ◆ mögliche Schäden:
    - Verlust von berechneter Information
    - Dateninkonsistenzen

5 Erholung von Verklemmungen (2)

- Entzug von Betriebsmitteln
  - ◆ Aussuchen eines „Opfer“-Prozesses (Aussuchen nach geringstem entstehendem Schaden)
  - ◆ Entzug der Betriebsmittel und Zurückfahren des „Opfer“-Prozesses (Prozeß wird in einen Zustand zurückgefahren, der unkritisch ist; benötigt Checkpoint oder Transaktionsverarbeitung)
  - ◆ Verhinderung von Aushungerung (es muß verhindert werden, daß immer derselbe Prozeß Opfer wird und damit keinen Fortschritt mehr macht)