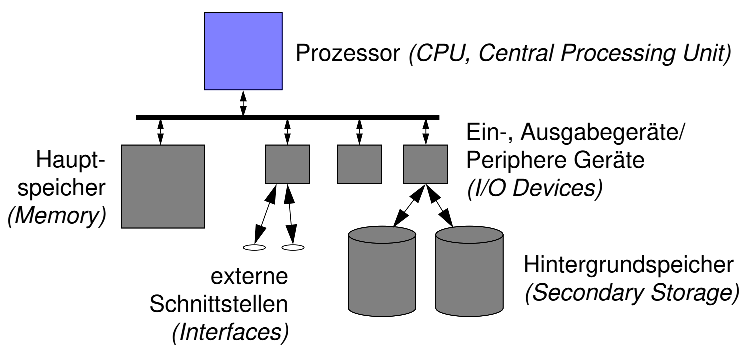
H Verklemmungen

H Verklemmungen

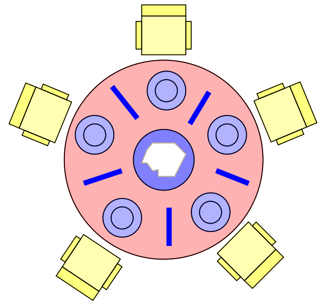
- Einordnung:



  - Verhalten von Aktivitätsträgern / Prozessen

1 Motivation

- Beispiel: die fünf Philosophen am runden Tisch

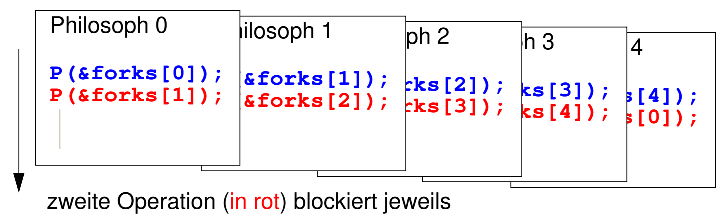


  - Philosophen denken oder essen "The life of a philosopher consists of an alternation of thinking and eating." (Dijkstra, 1971)
  - zum Essen benötigen sie zwei Gabeln, die jeweils zwischen zwei benachbarten Philosophen abgelegt sind

- Philosophen können verhungern, wenn sie sich „dumm“ anstellen.

1 Motivation (2)

- Problem der Verklemmung *(Deadlock)*
  - alle Philosophen nehmen gleichzeitig die linke Gabel auf und versuchen dann die rechte Gabel aufzunehmen



zweite Operation (in rot) blockiert jeweils

  - System ist **verklemmt:** Philosophen warten alle auf ihre Nachbarn

- Problemkreise:
  - Vermeidung und Verhinderung von Verklemmungen
  - Erkennung und Erholung von Verklemmungen

2 Betriebsmittelbelegung

- Betriebsmittel
  - ◆ CPU, Drucker, Geräte (Platten, CD-ROM, Floppy, Audio, usw.)
  - ◆ nur elektronisch vorhandene Betriebsmittel der Anwendung oder des Betriebssystems, z.B. Gabeln der Philosophen
- Unterscheidung von Typ und Instanz
  - ◆ Typ definiert ein Betriebsmittel eindeutig
  - ◆ Instanz ist eine Ausprägung des Typs
    (die Anwendung benötigt eine Instanz eines best. Typs, egal welche)
    - **CPU:** Anwendung benötigt eine von mehreren gleichartigen CPUs
    - **Drucker:** Anwendung benötigt einen von mehreren gleichen Druckern (falls Drucker nicht austauschbar und gleichwertig, so handelt es sich um verschiedene Typen)
    - **Gabeln:** jede Gabel ist ein eigener Betriebsmitteltyp

2.1 Belegung

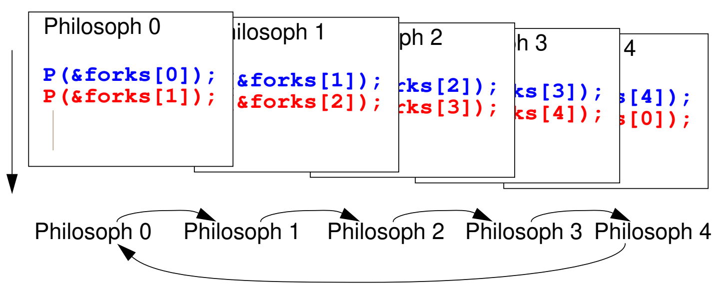
- Belegung erfolgt in drei Schritten
  - ◆ Anfordern des Betriebsmittels
    - blockiert evtl. falls Betriebsmittel nur exklusiv benutzt werden kann
    - **Gabel:** nur exklusiv
    - **Bildschirmausgabe:** exklusiv oder nicht-exklusiv
  - ◆ Nutzen des Betriebsmittels
    - **Gabel:** Philosoph kann essen
    - **Drucker:** Anwendung kann drucken
  - ◆ Freigeben des Betriebsmittels
    - **Gabel:** Philosoph legt Gabel wieder zwischen die Teller

2.2 Voraussetzungen für Verklemmungen

- Vier notwendige Bedingungen
  - ◆ *Exklusive Belegung*
    Mindestens ein Betriebsmitteltyp muss nur exklusiv belegbar sein.
  - ◆ *Nachforderungen von Betriebsmittel möglich*
    Es muss einen Prozess geben, der bereits Betriebsmittel hält, und ein neues Betriebsmittel anfordert.
  - ◆ *Kein Entzug von Betriebsmitteln möglich*
    Betriebsmittel können nicht zurückgefordert werden bis der Prozess sie wieder freigibt.
  - ◆ *Zirkuläres Warten*
    Es gibt einen Ring von Prozessen, in dem jeder auf ein Betriebsmittel wartet, das der Nachfolger im Ring besitzt.

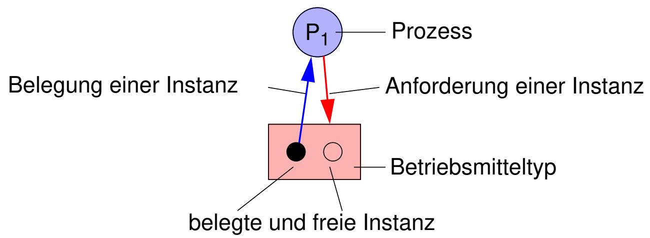
2.2 Voraussetzungen für Verklemmung (2)

- Beispiel: fünf Philosophen
  - ◆ Exklusive Belegung: **ja**
  - ◆ Nachforderungen von Betriebsmittel möglich: **ja**
  - ◆ Entzug von Betriebsmitteln: **nicht vorgesehen**
  - ◆ Zirkuläres Warten: **ja**



2.3 Betriebsmittelgraphen

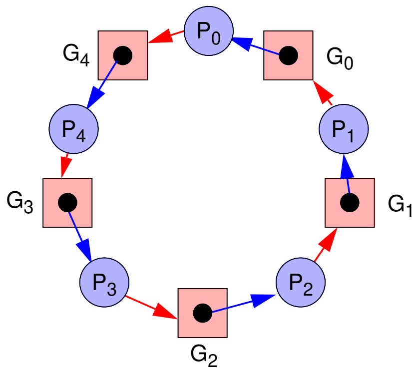
- Veranschaulichung der Belegung und Anforderung durch Graphen (nur exklusive Belegungen)



- Regeln:
  - ◆ kein Zyklus im Graph → keine Verklemmung
  - ◆ Zyklus im Graph ↛ Verklemmung
  - ◆ nur jeweils eine Instanz pro Betriebsmitteltyp <u>und</u> Zyklus → Verklemmung

2.3 Betriebsmittelgraphen (2)

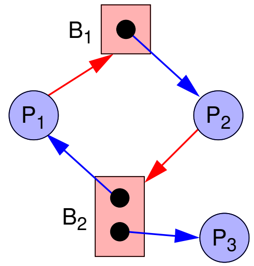
- Beispiel: fünf Philosophen



◆ Zyklus und jeder Betriebsmitteltyp hat nur eine Instanz → Verklemmung

2.3 Betriebsmittelgraphen (3)

- Beispiel mit Zyklus und ohne Verklemmung



◆ Prozess 3 kann seine Instanz vom Betriebsmitteltyp B_2 wieder zurückgeben und den Zyklus damit auflösen

3 Vermeidung von Verklemmungen

- Ansatz: Vermeidung der notwendigen Bedingungen für Verklemmungen
  - ◆ *Exklusive Belegung:*
    oft nicht vermeidbar
  - ◆ *Nachforderungen von Betriebsmittel möglich:*
    alle Betriebsmittel müssen auf einmal angefordert werden
    - ungenutzte aber belegte Betriebsmittel vorhanden
    - Aushungerung möglich: ein anderer Prozess hält immer das nötige Betriebsmittel belegt

3 Vermeidung von Verklemmungen (2)

◆ *Kein Entzug von Betriebsmitteln möglich:*
Entzug von Betriebsmitteln erlauben

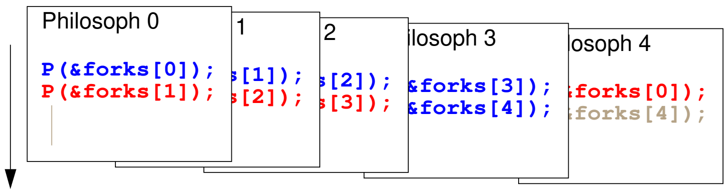
- bei neuer Belegung werden alle gehaltenen Betriebsmittel freigegeben und mit der neuen Anforderung zusammen wieder angefordert
- während ein Prozess wartet, werden seine bereits belegten Betriebsmittel anderen Prozessen zur Verfügung gestellt
- möglich für CPU oder Speicher jedoch nicht für Drucker, Bandlaufwerke oder ähnliche

◆ *Zirkuläres Warten:* Vermeidung von Zyklen

- Totale Ordnung auf Betriebsmitteltypen

3 Vermeidung von Verklemmungen (3)

- Anforderungen nur in der Ordnungsreihenfolge erlaubt



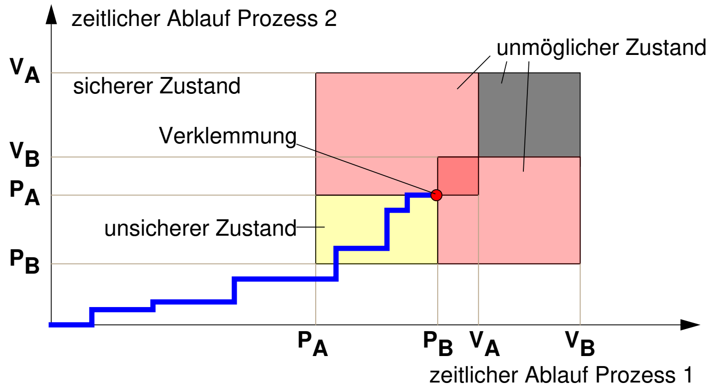
z.B. Gabeln: geordnet nach Gabelnummer

- Bei neuer Anforderung wird geprüft, ob letzte Anforderung kleiner bzgl. der totalen Ordnung war (Instanzen gleichen Typs müssen gleichzeitig angefordert werden); sonst: Abbruch mit Fehlermeldung
- Philosoph 4 bekäme eine Fehlermeldung, wenn er in der obigen Situation zuerst Gabel 4 und dann Gabel 0 anfordert: Rückgabe und neuer Versuch

4 Verhinderung von Verklemmungen

■ Annahme: es ist bekannt, welche Betriebsmittel ein Prozess brauchen wird (hier je zwei binäre Semaphore A und B)

◆ Betriebssystem überprüft System auf unsichere Zustände



4.1 Sichere und unsichere Zustände

■ Sicherer Zustand

◆ Es gibt eine Sequenz, in der die vorhandenen Prozesse abgearbeitet werden können, so dass ihre Anforderungen immer befriedigt werden können.

◆ Sicherer Zustand erlaubt immer eine verklemmungsfreie Abarbeitung

■ Unsicherer Zustand

◆ Es gibt keine solche Sequenz.

◆ Verklemmungszustand ist ein unsicherer Zustand

◆ Ein unsicherer Zustände führt zwangsläufig zur Verklemmung, wenn die Prozesse ihre angenommenen Betriebsmittel wirklich anfordern bevor sie von anderen Prozessen wieder freigegeben werden.

4.1 Sichere und unsichere Zustände (2)

- Beispiel:
  - 12 Magnetbandlaufwerke vorhanden
  - P_0 braucht (bis zu) 10 Laufwerke
  - P_1 braucht (bis zu) 4 Laufwerke
  - P_2 braucht (bis zu) 9 Laufwerke

  - Aktuelle Situation: P_0 hat 5, P_1 hat 2 und P_2 hat 2 Laufwerke
  - Zustand sicher?

  - Aktuelle Situation: P_0 hat 5, P_1 hat 2 und P_2 hat 3 Laufwerke
  - Zustand sicher?

4.1 Sichere und unsichere Zustände (3)

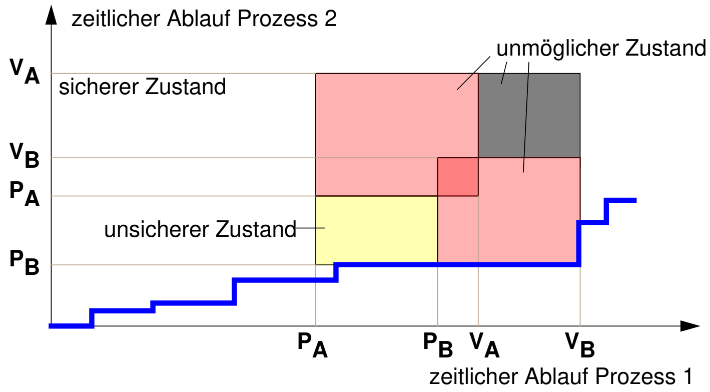
- Verhinderung von Verklemmungen
  - Verhinderung von unsicheren Zuständen
  - Anforderungen blockieren, falls sie in einen unsicheren Zustand führen würden

- Beispiel von Folie H.page 17:
  - Zustand: P_0 hat 5, P_1 hat 2 und P_2 hat 2 Laufwerke
  - P_2 fordert ein zusätzliches Laufwerk an
  - Belegung würde in unsicheren Zustand führen: P_2 muss warten

▲ Verhinderung von unsicheren Zuständen schränkt Nutzung von Betriebsmitteln ein
  - verhindert aber Verklemmungen

4.1 Sichere und unsichere Zustände (4)

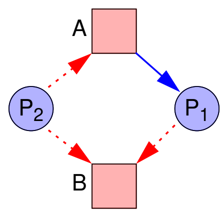
- Beispiel von Folie H.page 15:



  - Prozess 2 darf $\mathbf{P_B}$ nicht durchführen und muss warten

4.2 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 durch P_2 führt in einen unsicheren Zustand (siehe Beispiel von Folie H.15)