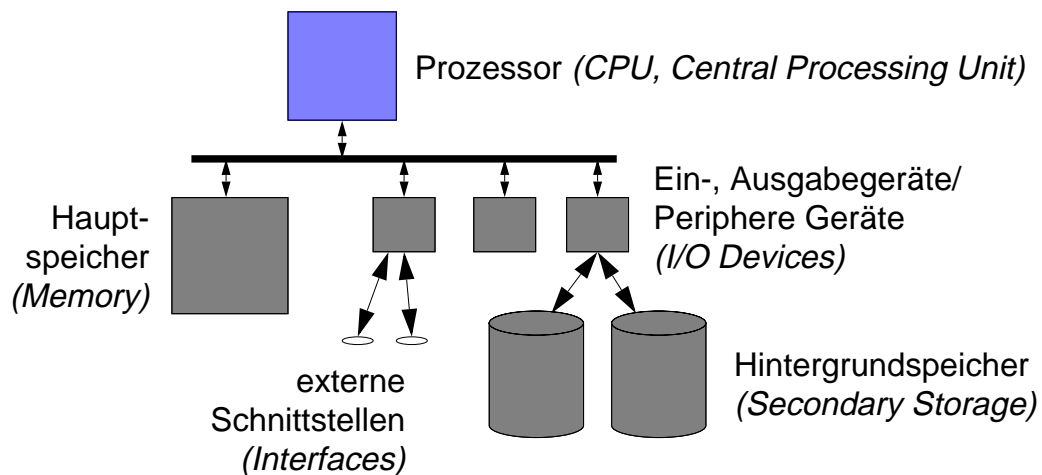


H Verklemmungen

H Verklemmungen

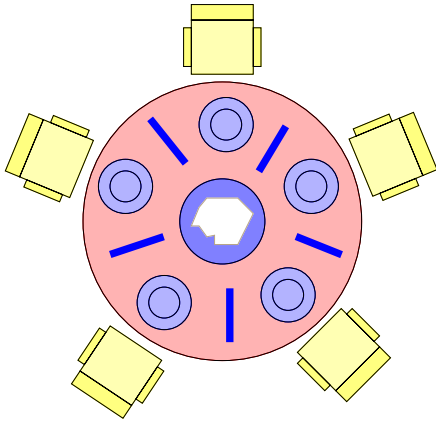
■ Einordnung:



◆ Verhalten von Aktivitätsträgern / Prozessen

1 Motivation

- Beispiel: die fünf Philosophen am runden Tisch



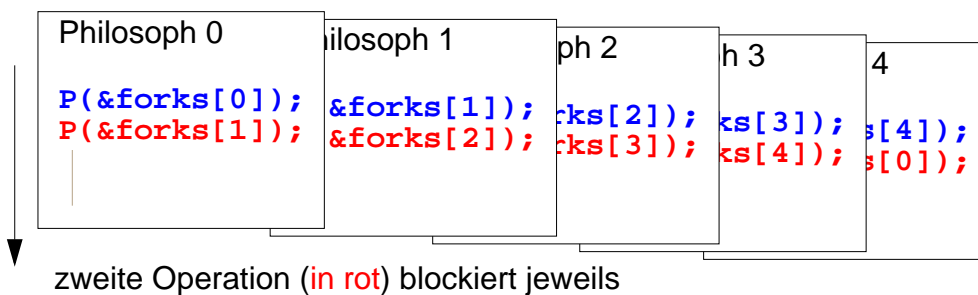
- ◆ Philosophen denken oder essen
"The life of a philosopher consists of an alternation of thinking and eating."
(Dijkstra, 1971)
- ◆ zum Essen benötigen sie zwei Gabeln, die jeweils zwischen zwei benachbarten Philosophen abgelegt sind

- 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



- ◆ 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

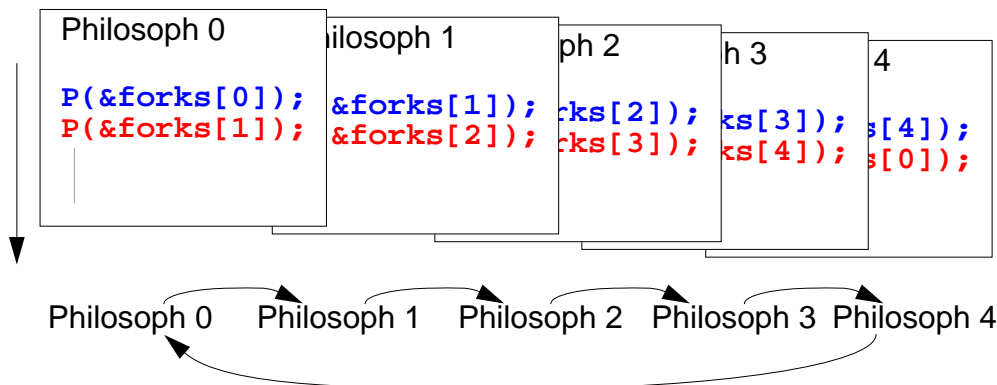
- Belegung erfolgt in drei Schritten
 - ◆ Anfordern des Betriebsmittels
 - blockiert evtl. falls Betriebsmittel nur exklusiv benutzt werden kann
 - **Gabel:** nur exklusiv
 - **Bildschirmausgabe:** exklusiv oder nicht-exklusiv
 - ◆ Nutzen des Betriebsmittels
 - **Gabel:** Philosoph kann essen
 - **Drucker:** 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.

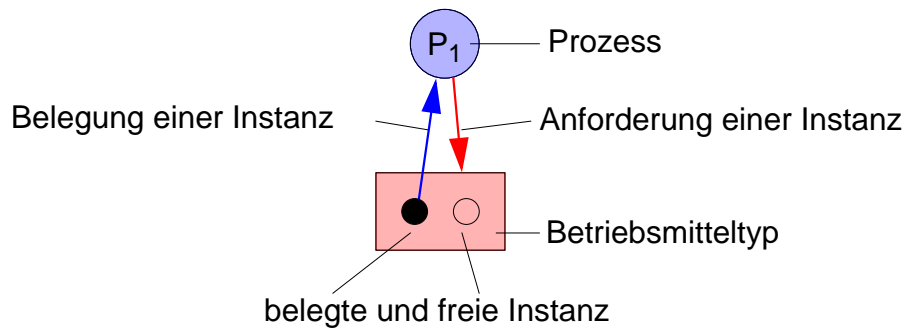
2.2 Voraussetzungen für Verklemmung (2)

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



2.3 Betriebsmittelgraphen

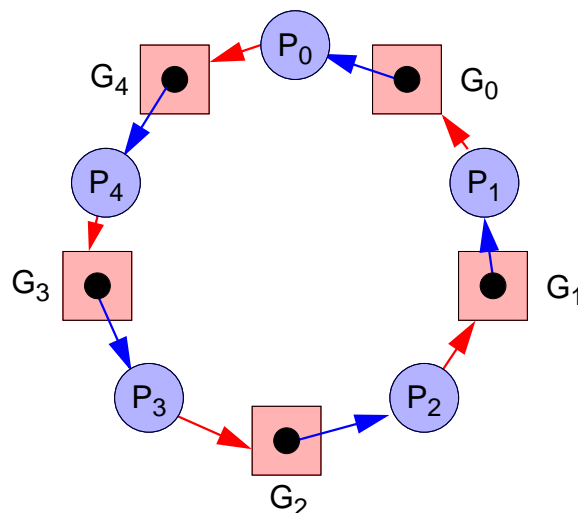
- Veranschaulichung der Belegung und Anforderung durch Graphen (nur exklusive Belegungen)



- Regeln:
 - ◆ kein Zyklus im Graph → keine Verklemmung
 - ◆ Zyklus im Graph → Verklemmung
 - ◆ nur jeweils eine Instanz pro Betriebsmitteltyp und Zyklus → **Verklemmung**

2.3 Betriebsmittelgraphen (2)

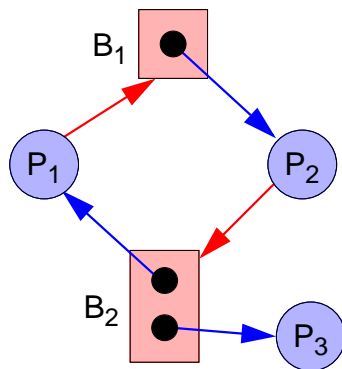
- Beispiel: fünf Philosophen



- ◆ 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 B₂ 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

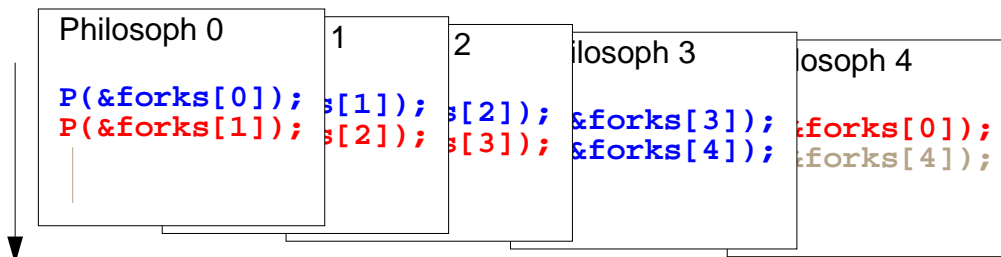
- bei neuer Belegung werden alle gehaltenen Betriebsmittel freigegeben und mit der neuen Anforderung zusammen wieder angefordert
- während ein Prozess wartet, werden seine bereits belegten Betriebsmittel anderen Prozessen zur Verfügung gestellt
- möglich für CPU oder Speicher jedoch nicht für Drucker,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

◆ *Zirkuläres Warten:* Vermeidung von Zyklen

- Totale Ordnung auf Betriebsmitteltypen

3 Vermeidung von Verklemmungen (3)

- Anforderungen nur in der Ordnungsreihenfolge erlaubt

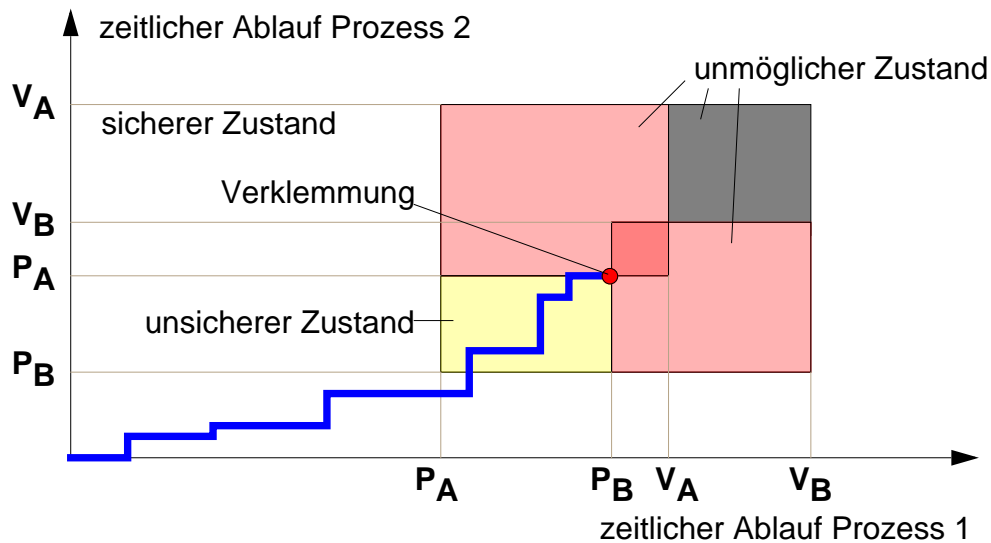


z.B. Gabeln: geordnet nach Gabelnummer

- 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)

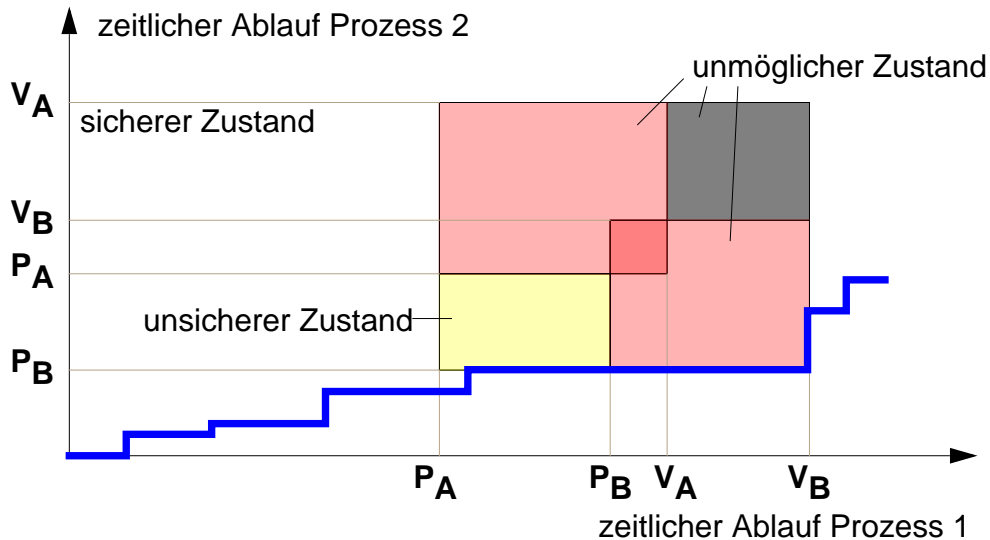
- Verhinderung von Verklemmungen
 - ◆ Verhinderung von unsicheren Zuständen
 - ◆ Anforderungen blockieren, falls sie in einen unsicheren Zustand führen würden

- 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:

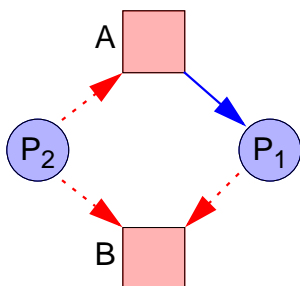


- ◆ Prozess 2 darf P_B nicht durchführen und muss warten

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)