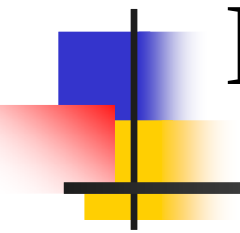
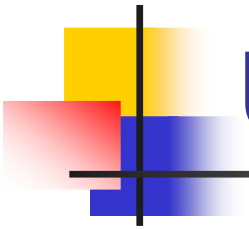


Betriebssysteme

Verklemmungen (Deadlocks)

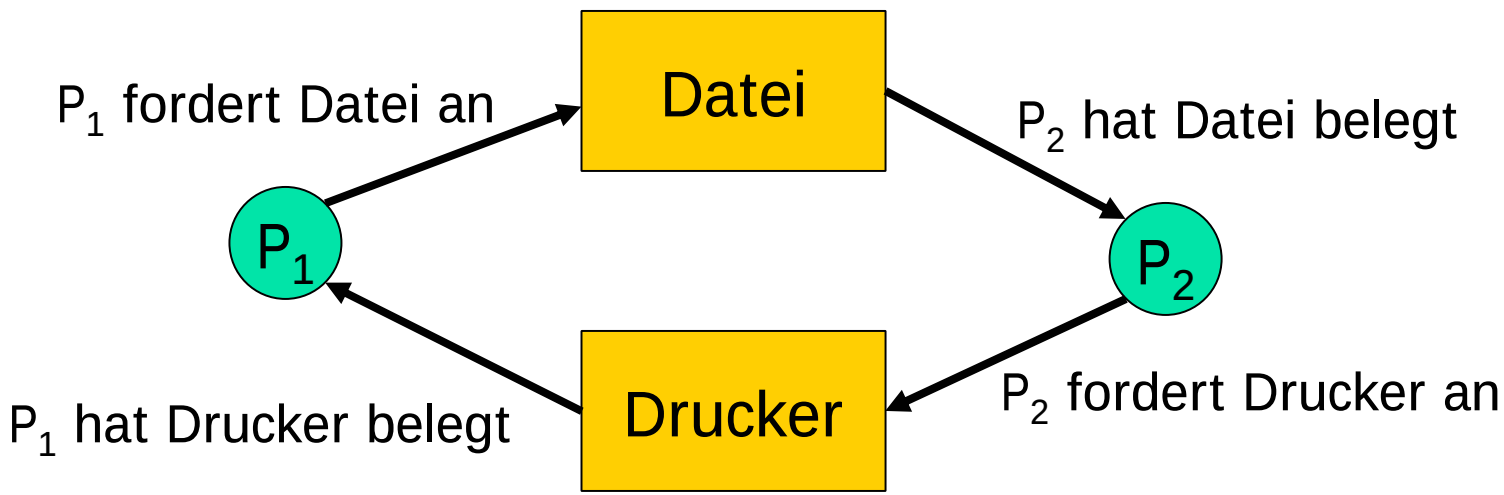


Überblick

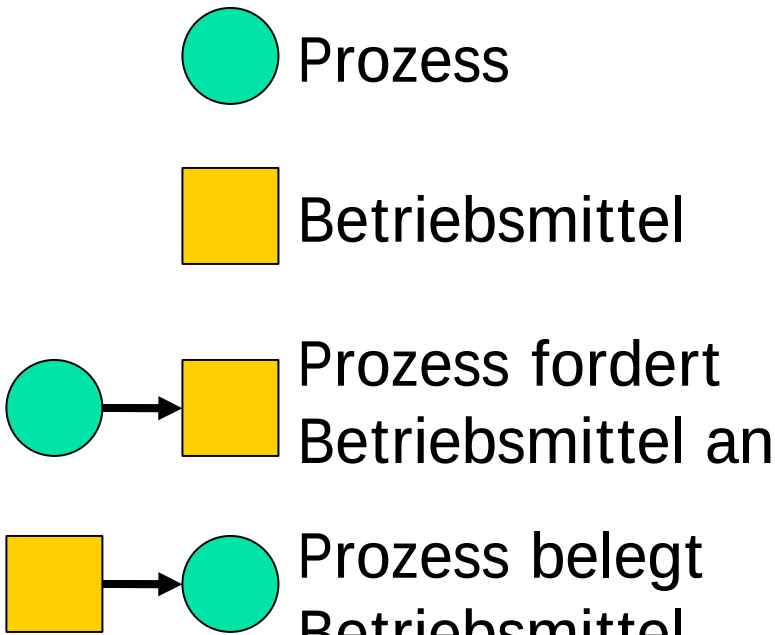
- Was sind Verklemmungen?
- Betriebsmittel-Zuordnungsgraphen
- Bedingungen für Verklemmungen
- Umgang mit Verklemmungen
  - Unmöglich machen
  - Vermeiden
  - Erkennen und beseitigen
  - Ignorieren

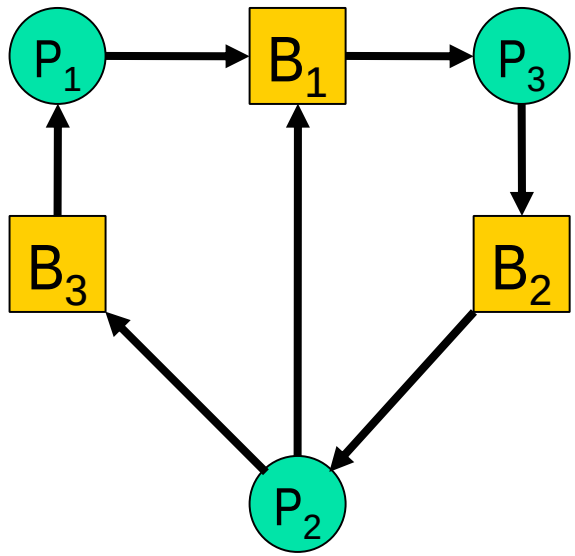
Verklemmungen (deadlocks)

- Zwei oder mehr Prozesse hindern sich gegenseitig an der Ausführung.



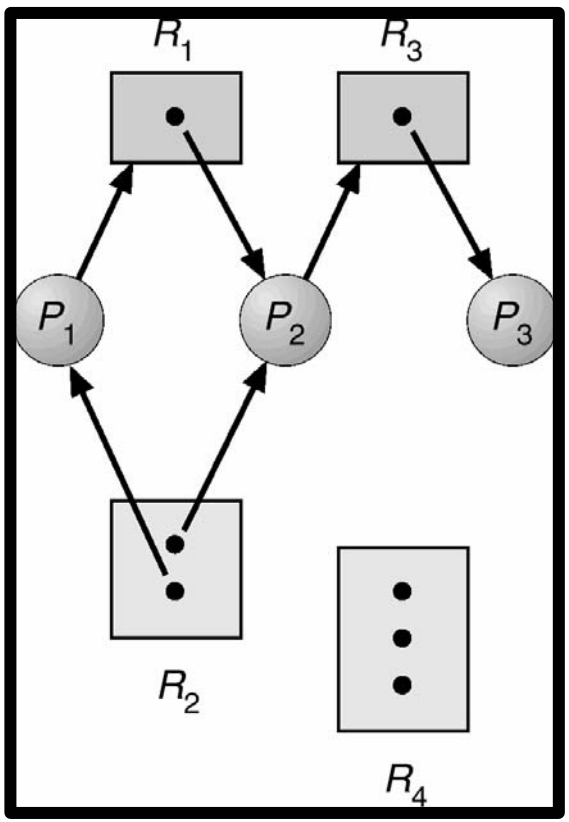
Graphische Modellierung einer Verklemmungssituation



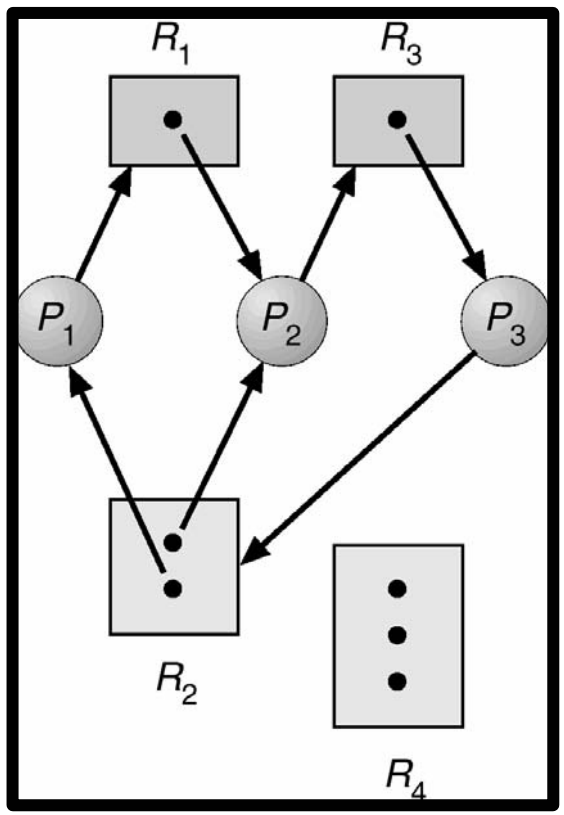


Zyklus im Graph: Verklemmung!

Betriebsmittel-Zuordnungsgraph mit mehreren Exemplaren pro Ressource

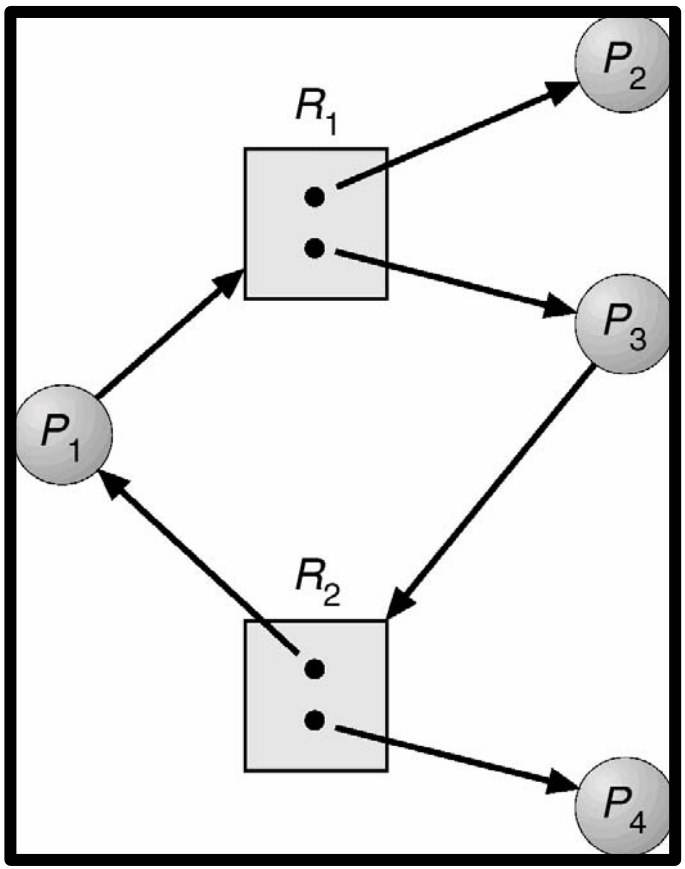


Keine Verklemmung



Verklemmung

Zyklischer Betriebsmittel-Zuordnungsgraph ohne Verklemmung

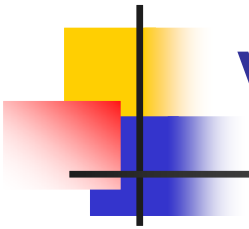


Nur ein Exemplar pro Betriebsmittel:
Zyklus $\Leftrightarrow$ Verklemmung

Mehrere Exemplare pro Betriebsmittel:
Zyklus $\Leftarrow$ Verklemmung

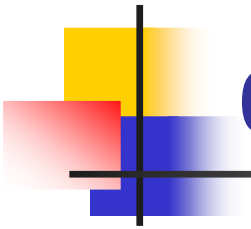
Zyklus, aber keine Verklemmung!

Bedingungen für Verklemmungen



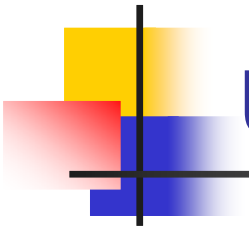
- Vier notwendige und hinreichende Bedingungen für das Auftreten von Verklemmungen (Coffman, 1971):
  - Wechselseitiger Ausschluss der Betriebsmittelnutzung (mutual exclusion)
  - Zusätzliche Betriebsmittelanforderungen möglich (hold and wait)
  - Keine vorzeitige Rückgabe (no preemption)
  - Zirkuläres Warten (circular wait)

Verklemmungen und wie man damit umgeht...



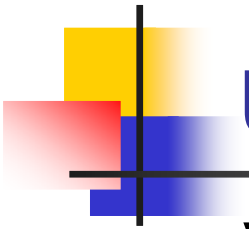
- Verklemmungen unmöglich machen
- Verklemmungen vermeiden
- Verklemmungen erkennen und beseitigen
- Verklemmungen ignorieren

Verklemmungen unmöglich machen (I)

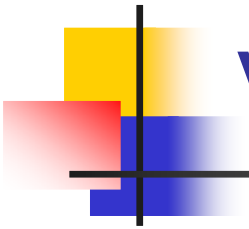


- Wechselseitigen Ausschluss verhindern
  - Z. B. Einrichten eines Druckerdaemonen
  - Probleme: nicht für alle Betriebsmittel geeignet, nur Verlagerung auf andere Betriebsmittel
- Zusätzliche Betriebsmittelanforderungen verbieten
  - Z. B. Anforderung aller benötigten Betriebsmittel zu Prozessbeginn
  - Probleme: Unnötig lange Belegung der Betriebsmittel, schlechte Betriebsmittelauslastung

Verklemmungen unmöglich machen (II)



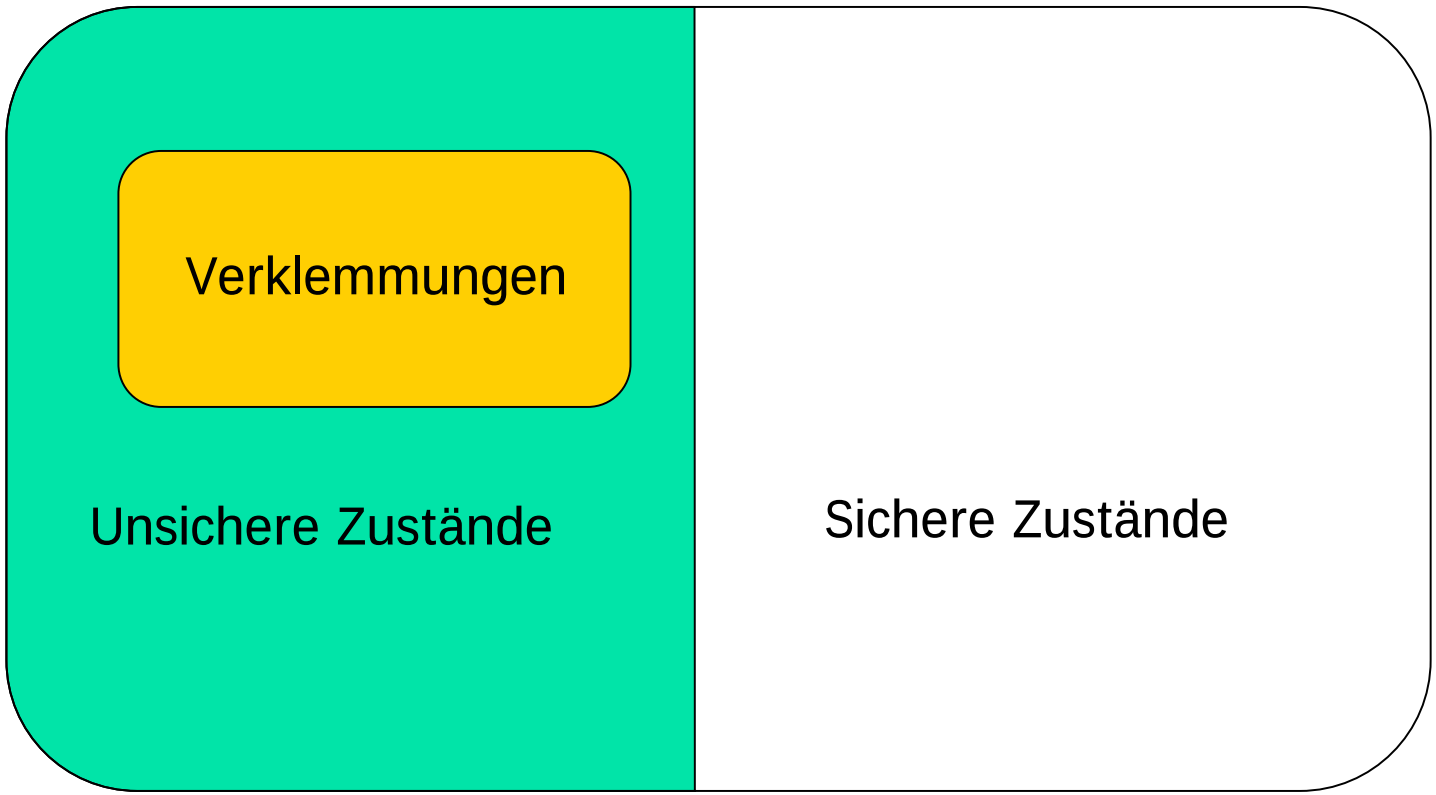
- Vorzeitige Betriebsmittelrückgabe erzwingbar machen
  - Z.B. Entzug nach einer bestimmten Zeit
  - Probleme: muss auf Programmebene berücksichtigt werden, bereits geleistete Arbeitsleistung geht verloren
- Zirkularität unterbinden
  - Z. B. lineare oder hirarchische Ordnung der Betriebsmittel, Anforderungen dann nur gemäß dieser Ordnung
  - Probleme: keine allgemein brauchbare Ordnung angebar, deshalb oft schlechte Auslastung

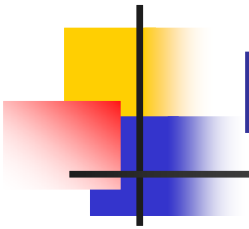


Verklemmungen vermeiden

- Betrachtung der Betriebsmittelanforderungen als gleichzeitig auftretende Maximalforderungen
- Unterscheidung von
  - sicheren Zuständen (Verklemmung nicht möglich)
  - unsicheren Zuständen (Verklemmung nicht zwingend, bei ungünstiger Anforderungsreihen-folge aber möglich)
- Weitere Prozesse werden nur gestartet, wenn kein unsicherer Zustand entsteht (Bankers-Algorithmus)

Sichere Zustände, unsichere Zustände, Verklemmungen





Einige Definitionen

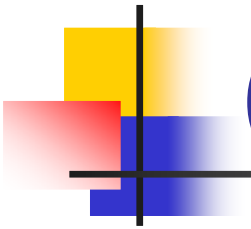
E_r: Zahl der existierenden Exemplare des Betriebsmittels r

B_{kr}: Zahl der Exemplare des Betriebsmittels r, die Prozess k bereits belegt hat

Z_{kr}: Zahl der Exemplare des Betriebsmittels r, die Prozess k insgesamt zusätzlich belegen will

F_r: Zahl der noch freien Exemplare des Betriebsmittels s. Es gilt $F_r = E_r - \sum_k B_{kr}$

Unsichere Zustände vermeiden (Banker‘s-Algorithm)



1. Alle Prozesse entmarkieren
2. Suche unmarkierten Prozess k bei dem für alle Betriebsmittel gilt: $F_r \geq Z_{kr}$
3. Falls es einen solchen Prozess gibt, markiere ihn und setze $F_r = F_r + B_{kr}$ für alle r.
4. Gibt es keinen solchen Prozess, halte an, ansonsten durchlaufe erneut Schritt 2 und 3

Genau dann wenn alle Prozesse markiert werden können, handelt es sich um einen sicheren Zustand.

Sichere Betriebsmittelanforderung

Sei A_{kr} die Anzahl der Betriebsmittel r, die Prozess k gerade anfordert.

1. Ist $A_{kr} > C_{kr}$ für wenigstens ein r
   -> Fehler: Zu viele Ressourcen angefordert!
2. Ist $A_{kr} \leq F_r$ für alle r, gehe zu Schritt 3. Anderenfalls muss k warten, da nicht genug Betriebsmittel vorhanden sind.
3. Überprüfe, ob der Zustand, in den man gelangte, wenn man die Anforderung von k gewähren würde, ein sicherer Zustand ist. Erfülle die Anforderung nur in diesem Fall.

Beispiel

Anzahl der verfügbaren Betriebsmittel A=5, B=3, C=4, D=3

	A	B	C	D
P_1	2	0	1	0
P_2	0	1	0	2
P_3	1	0	2	0
P_4	1	1	0	0
P_5	0	1	0	1

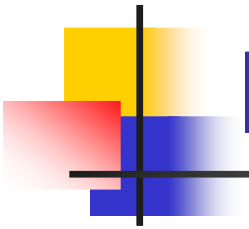
bestehende Belegung

	A	B	C	D
P_1	1	0	2	1
P_2	1	0	1	0
P_3	1	1	0	2
P_4	4	0	2	1
P_5	0	2	4	0

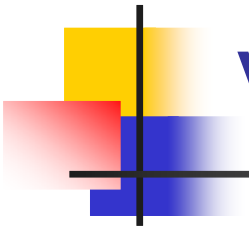
max. zusätzliche Anforderungen

Anforderungen: a) P_2 fordert ein C b) P_3 fordert ein A

Verklemmungsvermeidung: Probleme

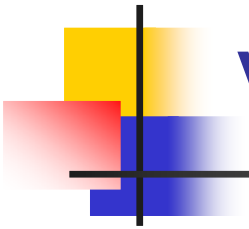


- I. A. Zahl der maximal benötigten Betriebsmittel unbekannt
- Ständig wechselnde Zahl von Prozessen
- Zahl der verfügbaren Betriebsmittel ebenfalls veränderlich
- Algorithmus ist laufzeit- und speicherintensiv



Verklemmungen erkennen

- Analyse bei verdächtigen Symptomen:
  - viele Prozesse warten und der Prozessor ist unbeschäftigt
  - mindestens zwei Prozesse warten zu lange auf Betriebsmittel
- Bei Verdacht start eines Erkennungs-algorithmus
  - Z. B. Zyklen-Erkennung im Betriebs-mittelgraphen

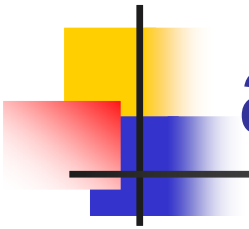


Verklemmungen beseitigen

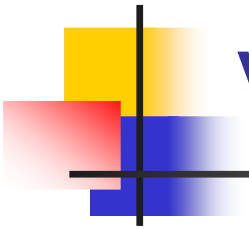
- Prozesse abbrechen
- Prozesse zurücksetzen
- Betriebsmittel entziehen

Probleme:
- Prozess-/Betriebsmittelauswahl
- Verlust bereits geleisteter Arbeit
- Mögliche Inkonsistenzen
- U. U. manueller Mehraufwand erforderlich

Kriterien bei der Auswahl des abzubrechenden Prozesses



- Priorität des Prozesses
- Anzahl abzubrechender Prozesse
- Bisherige Laufzeit
- Noch verbleibende Laufzeit
- Belegte Betriebsmittel
- Noch fehlende Betriebsmittel
- Art des Prozesses (interaktiver Prozess oder Hintergrundprozess?)



Verklemmungen ignorieren

- Erkennung von Verklemmungen aufwendig
- Beseitigung von Verklemmungen nicht unproblematisch
- Vermeidung bzw. Unmöglichmachen von Verklemmungen u. U. wenig effizient
- Verklemmungen sind in der Regel nicht das dringlichste Problem