



Technische
Universität
Braunschweig

Institut für Betriebssysteme
und Rechnerverbund



Betriebssysteme – Übung

8T: Verklemmung

David Goltzsche, Wintersemester 2018/2019

Übersicht

- Verklemmung
- Betriebsmittelbelegungsgraphen
- Bankieralgorithmus

8.1 a)

- a) Was genau ist eine Verklemmung (Deadlock) und welche vier Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit es dazu kommen kann? Erläutern Sie diese Voraussetzungen jeweils anhand eines Beispiels.

8.1 a)

- a) Was genau ist eine Verklemmung (Deadlock) und welche vier Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit es dazu kommen kann? Erläutern Sie diese Voraussetzungen jeweils anhand eines Beispiels.
- Eine Menge von Prozessen befindet sich in einem Deadlock-Zustand, wenn jeder Prozess aus der Menge auf ein Ereignis wartet, das nur ein anderer Prozess aus der Menge auslösen kann.¹
 - Ein Zustand, in dem die beteiligten Prozesse wechselseitig auf den Eintritt von Bedingungen warten, die nur durch andere Prozesse in dieser Gruppe selbst hergestellt werden können.²

¹A. S. Tanenbaum, Modern Operating Systems, 3. Edition, S. 516

²Vorlesung

8.1 a)

a) Was genau ist eine Verklemmung (Deadlock) und welche vier Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit es dazu kommen kann? Erläutern Sie diese Voraussetzungen jeweils anhand eines Beispiels.

- **Mutual Exclusion / Wechselseiter Ausschluss**
- **Hold-and-Wait**
- **No Preemption / Ununterbrechbarkeit**
- **Circular Wait / zyklische Wartebedingung**

! Wird **eine** dieser Voraussetzungen entkräftet, können keine Deadlocks auftreten.

8.1 a): Mutual Exclusion

- **Mutual Exclusion / Wechselseiter Ausschluss**
- Ressource kann nur von einem Prozess gleichzeitig belegt werden
- Beispiel mit Geräten
 - Prozess A belegt Drucker
 - Prozess B belegt Speicher
 - Prozess C belegt CPU
- Beispiel mit Mutexen
 - Thread 1 belegt Mutex foo
 - Thread 2 belegt Mutex bar
 - Thread 3 belegt Mutex baz

8.1 a): Hold-and-Wait

- **Hold-and-Wait**
- Prozesse die bereits eine oder mehrere Ressourcen belegen dürfen weitere Ressourcen anfordern
- Beispiel mit Geräten
 - Ein Prozess belegt Speicher und fordert Zugriff auf den Drucker an
- Beispiel mit Mutexen
 - Ein Thread belegt Mutex `foo`, und fordert Mutex `bar` an

8.1 a): No Preemption

- **No Preemption / Ununterbrechbarkeit**
- Bewilligte Ressourcenbelegungen können einem Prozess nicht gewaltsam entrissen werden.
- Es muss gewartet werden, bis der Prozess die Ressource explizit/freiwillig wieder freigibt.
- Beispiel mit Geräten
 - Ein Prozess, der den Drucker belegt muss mitteilen, wenn er den Zugriff nicht mehr benötigt
- Beispiel mit Mutexen
 - Mit pthreads darf ein Mutex nur von dem Prozess freigegeben werden der diesen auch besitzt.

8.1 a): Circular Wait

- **Circular Wait / zyklische Wartebedingung**
- Zwei oder mehrere Prozesse belegen gegenseitig genau die Ressource, die der jeweils andere Prozess gerade anfordert.
- Prozesse warten auf Ressourcen, ihre Ressourcenanfragen können jedoch niemals bewilligt werden
- Beispiel mit Geräten
 - Prozess A belegt CPU und fordert Speicher
 - Prozess B belegt Speicher und fordert CPU
- Beispiel mit Mutexen
 - Thread 1 belegt Mutex foo und will auf Mutex bar zugreifen
 - Thread 2 belegt Mutex bar und will auf Mutex foo zugreifen

8.1 b)

b) Welche vier grundsätzlichen Ansätze zur Behandlung von Verklemmungen gibt es?

8.1 b)

b) Welche vier grundsätzlichen Ansätze zur Behandlung von Verklemmungen gibt es?

- **Ignorieren**
- **Erkennung und Behebung** (Deadlock Detection and Recovery)
- **Verhinderung** (Deadlock Avoidance)
- **Vermeidung** (Deadlock Prevention)

8.1 b): Ignorieren

- **Ignorieren** von Deadlocks
- Akzeptanz von Verklemmungen kann sinnvoll sein, wenn
 - Verklemmungen sehr unwahrscheinlich sind
 - Verklemmungen keine kritischen Folgen haben
 - Beispiel: Wenn ein Deadlock nur jährlich vorkommt, kann der Nutzer das Problem durch einen Neustart lösen
- **Vogel-Strauß-Algorithmus / Ostrich algorithm**

8.1 b): Erkennung und Behebung

- **Erkennung und Behebung** von Deadlocks
 - Deadlock Detection and Recovery
- Deadlocks werden vom System zugelassen
- Mechanismen, welche Deadlocks erkennen und beheben können
- **Erkennung** mit Betriebsmittelbelegungsgraphen, siehe 8.2 a)
 - Prozesse und Ressourcen werden in einem **Graphen** dargestellt
 - Enthält dieser Graph **Zyklen**, kann ein Deadlock entstehen
- **Behebung** durch
 - Unterbrechung von Prozessen / zeitweise Umverteilung von Ressourcen
 - Rollback von Prozesszuständen / Speicherung dieser an Checkpoints
 - Abbruch einzelner Prozessen aus einem Zyklus

8.1 b): Verhinderung

- **Verhinderung** von Deadlocks
 - Deadlock Avoidance
- Maßnahmen, die Deadlocks **ausweichen**
- Prozesse melden dem System welche Ressourcen benötigt werden
- **Algorithmen** verhindern auf Basis dieser Informationen Deadlocks
 - Bankieralgorithmus, siehe 8.3
- Fehler möglich, da Informationen von Prozessen falsch sein können
- In der Praxis nicht möglich, da **Vorwissen** über Prozesse benötigt wird

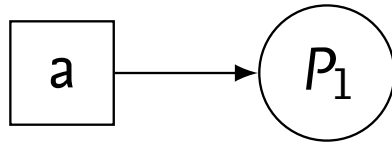
8.1 b): Vermeidung

- **Vermeidung** von Deadlocks
 - Deadlock Prevention
- Maßnahmen, die Deadlocks **unmöglich** machen
- Angriff der in 8.1 a) genannten Voraussetzungen für Deadlocks
 - wechselseitiger Ausschluss: Beim **Spooling** reserviert ein Gerätetreiber bspw. einen Drucker, Druckjobs werden nacheinander abgearbeitet
 - Hold-and-Wait: Prozesse müssen alle Ressourcen zu Beginn anfordern
 - Ununterbrechbarkeit: Gewaltsamer Entzug von Ressourcen
 - Zyklische Wartebedingung: Prozessen nur die Belegung **einer** Ressourcen erlauben

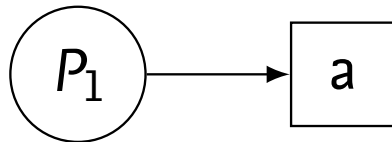
8.2: Betriebsmittelbelegungsgraphen

- Ansatz zur **Erkennung** von Verklemmungen

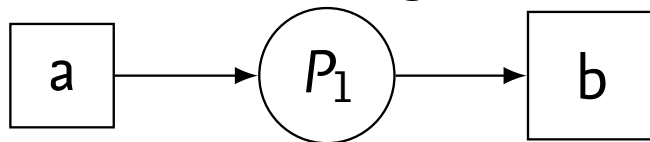
- Prozess P_1 belegt Ressource a:



- Prozess P_1 verlangt Ressource a:

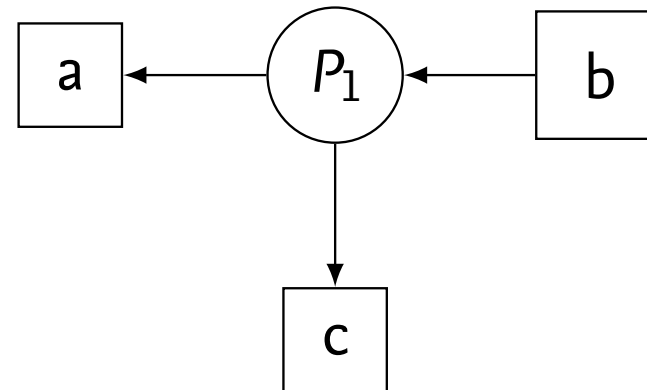


- Prozess P_1 belegt Ressource a und verlangt Ressource b:



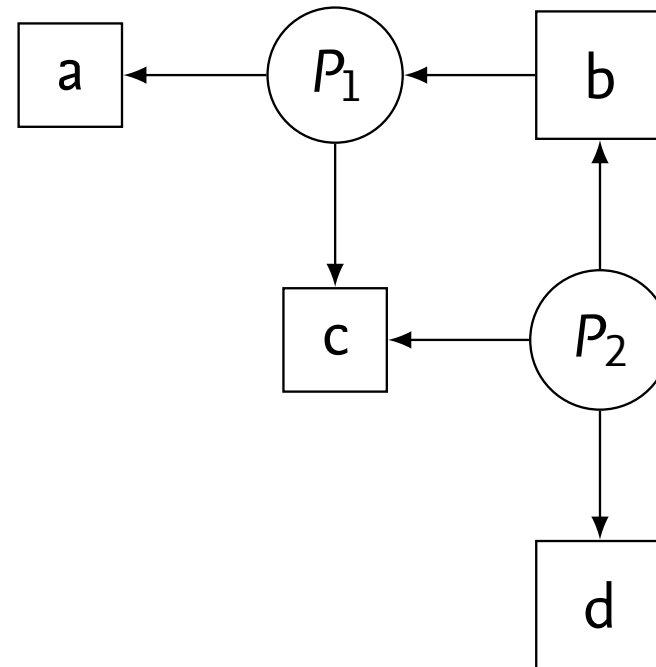
8.2 a)

- a) Zeichnen Sie einen Betriebsmittelbelegungsgraph und bestimmen Sie, ob der vorliegende Zustand sicher ist.
- Prozess P_1 belegt b und verlangt a sowie c
 - Prozess P_2 verlangt b, c und d
 - Prozess P_3 belegt d und verlangt c
 - Prozess P_4 belegt a und verlangt c
 - Zustand ist:



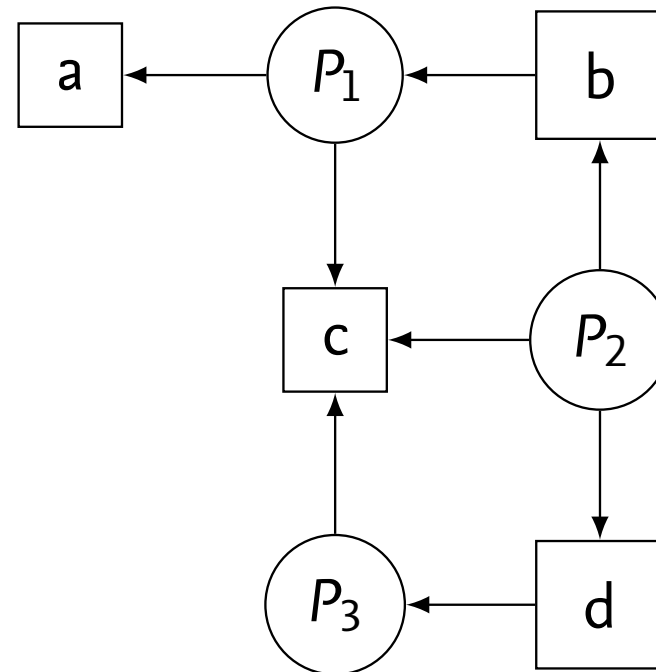
8.2 a)

- a) Zeichnen Sie einen Betriebsmittelbelegungsgraph und bestimmen Sie, ob der vorliegende Zustand sicher ist.
- Prozess P_1 belegt b und verlangt a sowie c
 - Prozess P_2 verlangt b, c und d
 - Prozess P_3 belegt d und verlangt c
 - Prozess P_4 belegt a und verlangt c
 - Zustand ist:



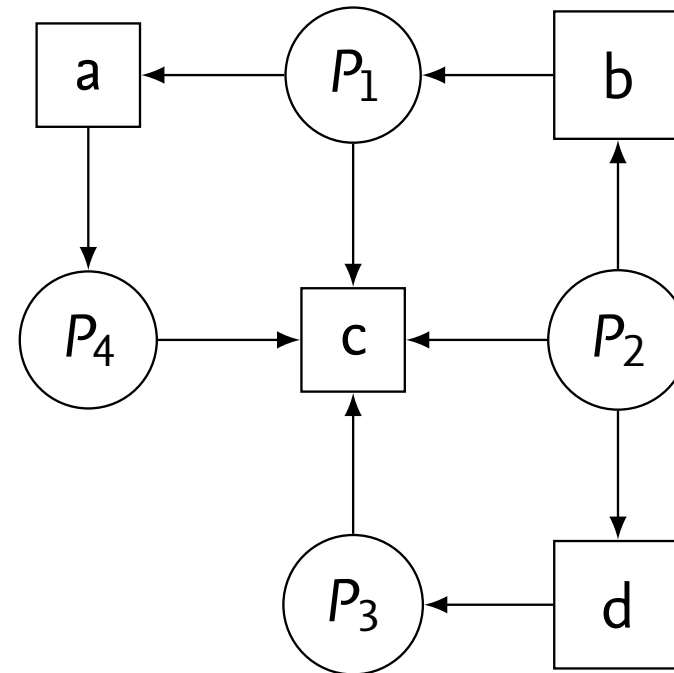
8.2 a)

- a) Zeichnen Sie einen Betriebsmittelbelegungsgraph und bestimmen Sie, ob der vorliegende Zustand sicher ist.
- Prozess P_1 belegt b und verlangt a sowie c
 - Prozess P_2 verlangt b, c und d
 - Prozess P_3 belegt d und verlangt c
 - Prozess P_4 belegt a und verlangt c
 - Zustand ist:



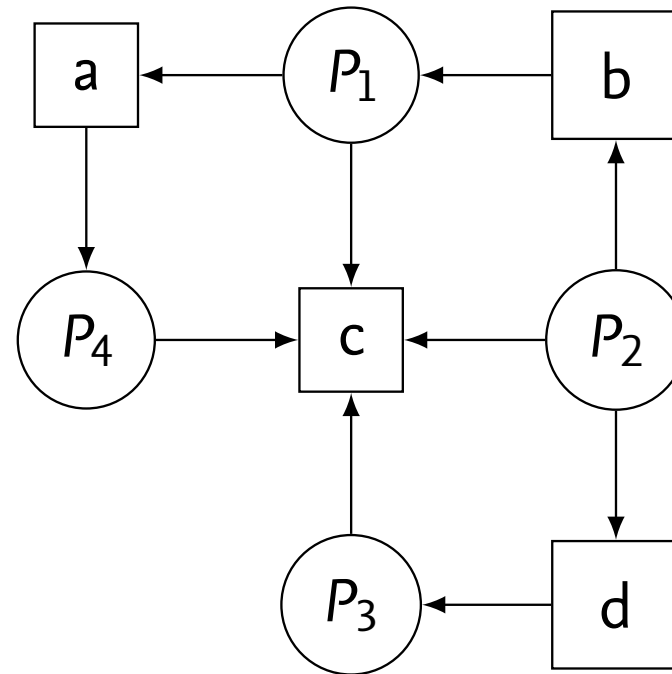
8.2 a)

- a) Zeichnen Sie einen Betriebsmittelbelegungsgraph und bestimmen Sie, ob der vorliegende Zustand sicher ist.
- Prozess P_1 belegt b und verlangt a sowie c
 - Prozess P_2 verlangt b, c und d
 - Prozess P_3 belegt d und verlangt c
 - Prozess P_4 belegt a und verlangt c
 - Zustand ist:



8.2 a)

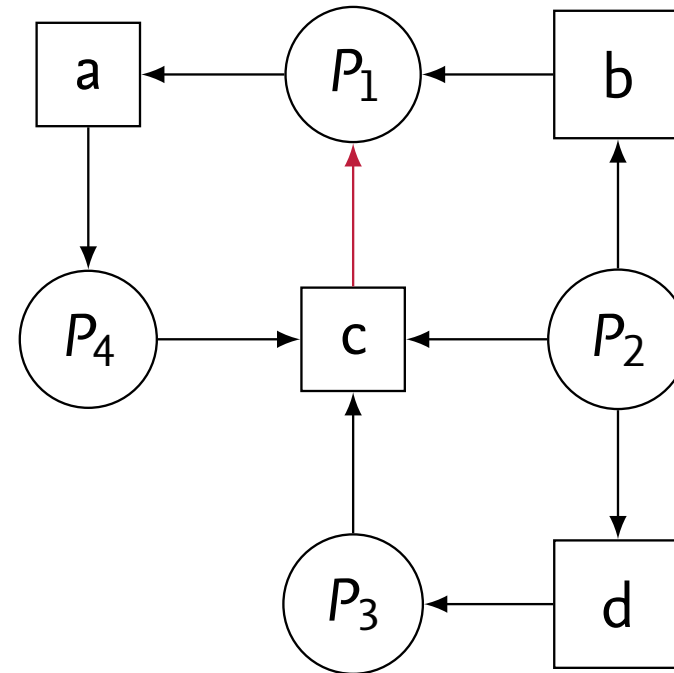
- a) Zeichnen Sie einen Betriebsmittelbelegungsgraph und bestimmen Sie, ob der vorliegende Zustand sicher ist.
- Prozess P_1 belegt b und verlangt a sowie c
 - Prozess P_2 verlangt b, c und d
 - Prozess P_3 belegt d und verlangt c
 - Prozess P_4 belegt a und verlangt c
 - Zustand ist: **sicher**, da keine zirkuläre Abhängigkeit!



8.2 b)

b) Wie verhält sich das System, wenn die Ressource c an den Prozess P_1 , P_2 , P_3 oder P_4 zugewiesen wird?

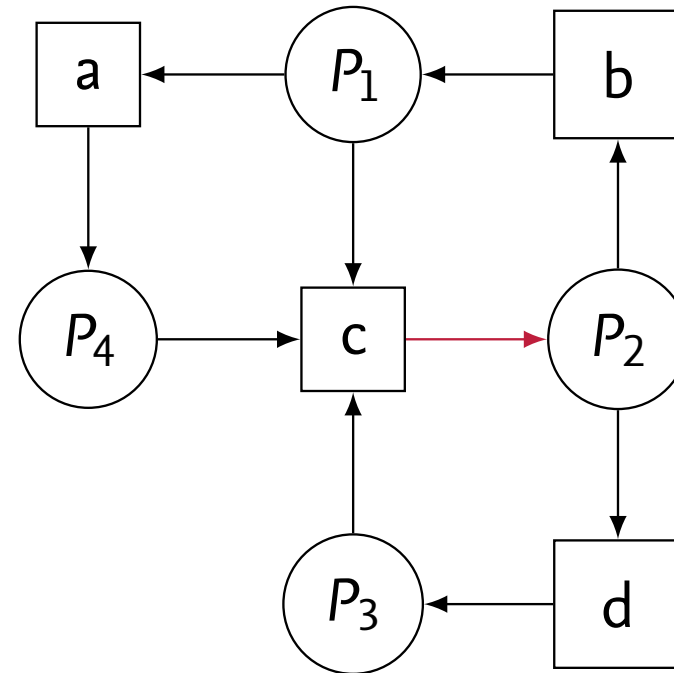
- $P_1 \leftarrow c$
- zirkuläre Abhängigkeit
- Zustand ist **unsicher**



8.2 b)

b) Wie verhält sich das System, wenn die Ressource c an den Prozess P_1 , P_2 , P_3 oder P_4 zugewiesen wird?

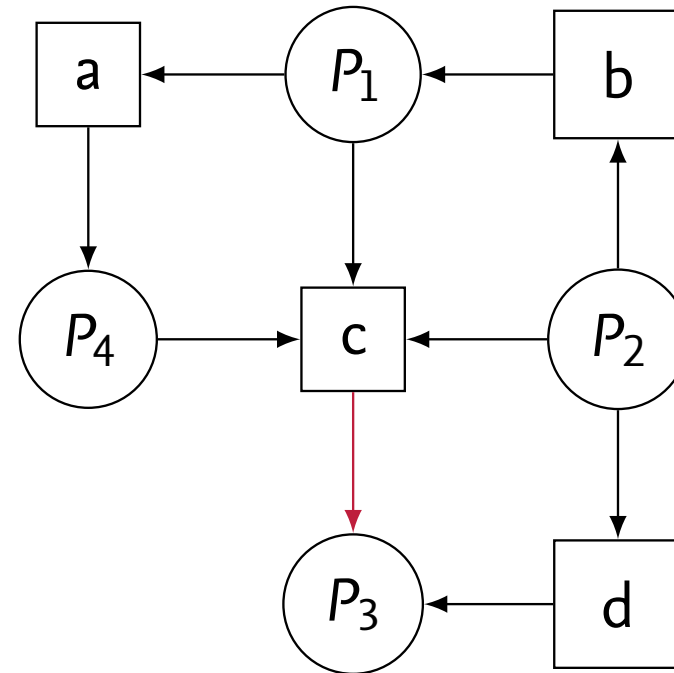
- $P_2 \leftarrow c$
- zirkuläre Abhängigkeit
- Zustand ist **unsicher**



8.2 b)

b) Wie verhält sich das System, wenn die Ressource c an den Prozess P_1 , P_2 , P_3 oder P_4 zugewiesen wird?

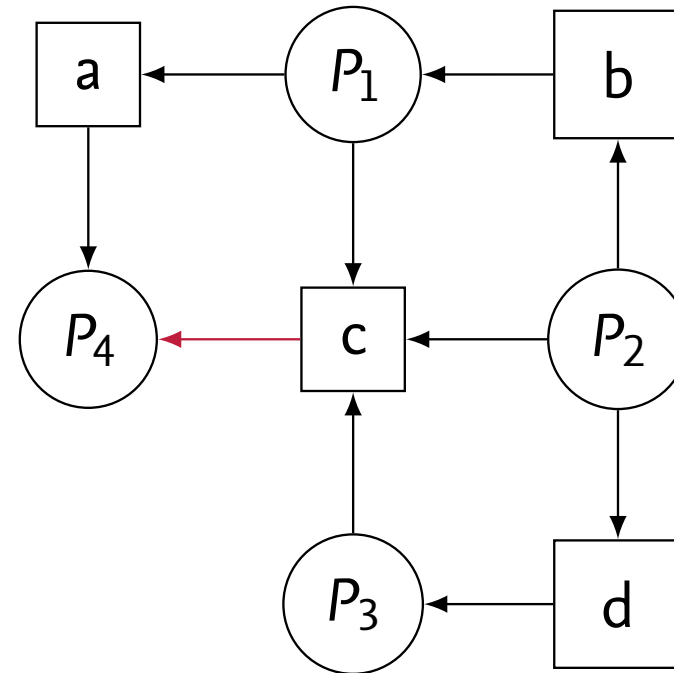
- $P_3 \leftarrow c$
- **keine** zirkuläre Abhängigkeit
- Zustand ist **sicher**



8.2 b)

b) Wie verhält sich das System, wenn die Ressource c an den Prozess P_1 , P_2 , P_3 oder P_4 zugewiesen wird?

- $P_4 \leftarrow c$
- **zirkuläre** Abhängigkeit
- Zustand ist **sicher**



8.3: Bankieralgorithmus

- Algorithmus zur **Verhinderung** (nicht Vermeidung) von Verklemmungen
- Erkennt Deadlocks von n Prozessen P_1 bis P_n
- Prozesse konkurrieren um Ressourcen aus m **Ressourcenklassen**
- Algorithmus arbeitet auf Datenstrukturen
 - E**: Ressourcenvektor (**e**xisting resource vector), Länge m
 - A**: Ressourcenrestvektor (**a**available resource vector), Länge m
 - C**: Belegungsmatrix (**c**urrent allocation matrix), $m \times n$
 - R**: Die Anforderungsmatrix (**r**equest matrix), $m \times n$

8.3: Bankieralgorithmus, Beispiel I

- $E = (4 \quad 2 \quad 3 \quad 1)$

- $A = (2 \quad 1 \quad 0 \quad 0)$

- $C = \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} & \text{Festplatte} & \text{Drucker} & \text{Grafik} & \text{Scanner} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 & 0 \end{bmatrix} & \begin{matrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{matrix} \end{array} \end{array}$

- $R = \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} & \text{Festplatte} & \text{Drucker} & \text{Grafik} & \text{Scanner} \\ \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} & \begin{matrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{matrix} \end{array} \end{array}$

8.3: Bankieralgorithmus, Ablauf

1. Suche eine Zeile aus R , deren zugehöriger Prozess noch nicht ausgeführt wurde und dessen Ressourcenbedarf kleiner oder gleich A ist. Gibt es keine solche Zeile, wird das System in einen Deadlock laufen, da kein Prozess zu Ende laufen kann.
2. Führe den gewählten Prozess aus und addiere seine vorher belegten Ressourcen aus C zu A .
3. Wiederhole Schritt 1 und 2 bis entweder alle Prozesse ausgeführt wurden oder bis ein Deadlock auftritt.

8.3: Bankieralgorithmus, Beispiel II

$$\blacksquare \mathbf{E} = (4 \quad 2 \quad 3 \quad 1)$$

$$\blacksquare \mathbf{A} = (2 \quad 1 \quad 0 \quad 0)$$

$$\blacksquare \mathbf{C} = \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Drucker} & \text{Grafik} & \text{Scanner} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 & 0 \end{bmatrix} & P_1 & P_2 & P_3 \end{array}$$

- P_1
- P_2
- P_3

$$\blacksquare \mathbf{R} = \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Drucker} & \text{Grafik} & \text{Scanner} \\ \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} & P_1 & P_2 & P_3 \end{array}$$

8.3: Bankieralgorithmus, Beispiel II

$$\blacksquare \mathbf{E} = (4 \quad 2 \quad 3 \quad 1)$$

$$\blacksquare \mathbf{A} = (2 \quad 1 \quad 0 \quad 0)$$

$$\blacksquare \mathbf{C} = \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Drucker} & \text{Grafik} & \text{Scanner} \\ \left[\begin{array}{cccc} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 & 0 \end{array} \right] & P_1 & P_2 & P_3 \end{array}$$

- P_1
- P_2
- $P_3 \leftarrow$

$$\blacksquare \mathbf{R} = \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Drucker} & \text{Grafik} & \text{Scanner} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] & P_1 & P_2 & P_3 \end{array}$$

8.3: Bankieralgorithmus, Beispiel II

- $E = (4 \ 2 \ 3 \ 1)$

- $A = (2 \ 2 \ 2 \ 0) \leftarrow$

- $C = \begin{array}{cccc|l} & \text{Festplatte} & \text{Drucker} & \text{Grafik} & \text{Scanner} & \\ \hline & 0 & 0 & 1 & 0 & P_1 \\ & 2 & 0 & 0 & 1 & P_2 \\ & 0 & 1 & 2 & 0 & P_3 \leftarrow \end{array}$

- P_1
- P_2
- $P_3 \checkmark$

- $R = \begin{array}{cccc|l} & \text{Festplatte} & \text{Drucker} & \text{Grafik} & \text{Scanner} & \\ \hline & 2 & 0 & 0 & 1 & P_1 \\ & 1 & 0 & 1 & 0 & P_2 \\ & 2 & 1 & 0 & 0 & P_3 \end{array}$

8.3: Bankieralgorithmus, Beispiel II

- $E = (4 \ 2 \ 3 \ 1)$

- $A = (2 \ 2 \ 2 \ 0)$

- $C = \begin{array}{c} \text{Festplatte} \quad \text{Drucker} \quad \text{Grafik} \quad \text{Scanner} \\ \left[\begin{array}{cccc} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{array} \end{array}$ ✓

- P_1
- P_2
- P_3 ✓

- $R = \begin{array}{c} \text{Festplatte} \quad \text{Drucker} \quad \text{Grafik} \quad \text{Scanner} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{array} \end{array}$

8.3: Bankieralgorithmus, Beispiel II

$$\blacksquare \mathbf{E} = (4 \quad 2 \quad 3 \quad 1)$$

$$\blacksquare \mathbf{A} = (2 \quad 2 \quad 2 \quad 0)$$

$$\blacksquare \mathbf{C} = \begin{array}{cccc|l} & \text{Festplatte} & \text{Drucker} & \text{Grafik} & \text{Scanner} & \\ \hline & 0 & 0 & 1 & 0 & P_1 \\ & 2 & 0 & 0 & 1 & P_2 \\ & 0 & 1 & 2 & 0 & P_3 \checkmark \end{array}$$

- P_1
- P_2 ←
- P_3 ✓

$$\blacksquare \mathbf{R} = \begin{array}{cccc|l} & \text{Festplatte} & \text{Drucker} & \text{Grafik} & \text{Scanner} & \\ \hline & 2 & 0 & 0 & 1 & P_1 \\ & 1 & 0 & 1 & 0 & P_2 \\ & 2 & 1 & 0 & 0 & P_3 \end{array}$$

8.3: Bankieralgorithmus, Beispiel II

■ $E = (4 \ 2 \ 3 \ 1)$

■ $A = (4 \ 2 \ 2 \ 1) \leftarrow$

■ $C = \begin{array}{c} \text{Festplatte} \quad \text{Drucker} \quad \text{Grafik} \quad \text{Scanner} \\ \left[\begin{array}{cccc} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} P_1 \\ P_2 \leftarrow \\ P_3 \checkmark \end{array} \end{array}$

- P_1
- $P_2 \checkmark$
- $P_3 \checkmark$

■ $R = \begin{array}{c} \text{Festplatte} \quad \text{Drucker} \quad \text{Grafik} \quad \text{Scanner} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{array} \end{array}$

8.3: Bankieralgorithmus, Beispiel II

- $E = (4 \ 2 \ 3 \ 1)$

- $A = (4 \ 2 \ 2 \ 1)$

- $C = \begin{array}{c} \text{Festplatte} \quad \text{Drucker} \quad \text{Grafik} \quad \text{Scanner} \\ \left[\begin{array}{cccc} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} P_1 \\ P_2 \checkmark \\ P_3 \checkmark \end{array} \end{array}$

- P_1
- $P_2 \checkmark$
- $P_3 \checkmark$

- $R = \begin{array}{c} \text{Festplatte} \quad \text{Drucker} \quad \text{Grafik} \quad \text{Scanner} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{array} \end{array}$

8.3: Bankieralgorithmus, Beispiel II

$$\blacksquare \mathbf{E} = (4 \quad 2 \quad 3 \quad 1)$$

$$\blacksquare \mathbf{A} = (4 \quad 2 \quad 2 \quad 1)$$

$$\blacksquare \mathbf{C} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Drucker} & \text{Grafik} & \text{Scanner} \end{array} \\ \left[\begin{array}{cccc} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} P_1 \\ P_2 \checkmark \\ P_3 \checkmark \end{array} \end{array}$$

- P_1 ←
- P_2 ✓
- P_3 ✓

$$\blacksquare \mathbf{R} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Drucker} & \text{Grafik} & \text{Scanner} \end{array} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{array} \end{array}$$

8.3: Bankieralgorithmus, Beispiel II

■ $E = (4 \ 2 \ 3 \ 1)$

■ $A = (4 \ 2 \ 3 \ 1) \leftarrow$

■ $C = \begin{array}{c} \text{Festplatte} \quad \text{Drucker} \quad \text{Grafik} \quad \text{Scanner} \\ \left[\begin{array}{cccc} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} P_1 \leftarrow \\ P_2 \checkmark \\ P_3 \checkmark \end{array} \end{array}$

- $P_1 \checkmark$
- $P_2 \checkmark$
- $P_3 \checkmark$

■ $R = \begin{array}{c} \text{Festplatte} \quad \text{Drucker} \quad \text{Grafik} \quad \text{Scanner} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{array} \end{array}$

8.3: Bankieralgorithmus, Beispiel II

$$\blacksquare \mathbf{E} = (4 \quad 2 \quad 3 \quad 1)$$

$$\blacksquare \mathbf{A} = (4 \quad 2 \quad 3 \quad 1)$$

$$\blacksquare \mathbf{C} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Drucker} & \text{Grafik} & \text{Scanner} \end{array} \\ \left[\begin{array}{cccc} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} P_1 \checkmark \\ P_2 \checkmark \\ P_3 \checkmark \end{array} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \blacksquare P_1 \checkmark \\ \blacksquare P_2 \checkmark \\ \blacksquare P_3 \checkmark \end{array}$$

$$\blacksquare \mathbf{R} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Drucker} & \text{Grafik} & \text{Scanner} \end{array} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{array} \end{array}$$

8.3: a)

a) Nach dem letzten Schritt des Bankieralgorithmus im Beispiel ist $A = E$. Begründen Sie!

8.3: a)

- a) Nach dem letzten Schritt des Bankieralgorithmus im Beispiel ist $A = E$. Begründen Sie!
- Der Bankieralgorithmus hat alle Prozesse ausgeführt und sie haben nach ihrer Ausführung die belegten Ressourcen freigegeben. Demnach sind keine Ressourcen belegt, also sind die verfügbaren Ressourcen die selben wie die freien, also $A = E$.

8.3: b)

b) System mit vier Prozessen, die um je drei Festplatten, Webcams, CD-Laufwerke und Monitor konkurrieren. Jeder Prozess belegt je Ressource nur ein Gerät. P_1 belegt Festplatte und Monitor; P_2 Webcam, CD-Laufwerk und Monitor; P_3 Webcam und Monitor und P_4 nur eine Webcam. Geben Sie n , m , E , A und C an.

8.3: b)

b) System mit vier Prozessen, die um je drei Festplatten, Webcams, CD-Laufwerke und Monitor konkurrieren. Jeder Prozess belegt je Ressource nur ein Gerät. P_1 belegt Festplatte und Monitor; P_2 Webcam, CD-Laufwerk und Monitor; P_3 Webcam und Monitor und P_4 nur eine Webcam. Geben Sie n , m , E , A und C an.

■ $E = (3 \quad 3 \quad 3 \quad 3)$

■ $C =$

	Festplatte	Webcam	CD-Laufwerk	Monitor	
$\left[\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right]$	1	0	0	1	P_1
	0	1	1	1	P_2
	0	1	0	1	P_3
	0	1	0	0	P_4

■ $A = (2 \quad 0 \quad 2 \quad 0)$

8.3: c)

c) Zusätzlich ist

$$\mathbf{R} = \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] & \begin{array}{l} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{array} \end{array}$$

Führen Sie auf den in b) und c) gegebenen Datenstrukturen den Bankieralgorithmus aus. Geben Sie dazu für jede Iteration den Wert von A an. Interpretieren Sie das Ergebnis des Algorithmus!

8.3: c)

$$\blacksquare \mathbf{E} = (3 \quad 3 \quad 3 \quad 3)$$

$$\blacksquare \mathbf{A} = (2 \quad 0 \quad 2 \quad 0)$$

$$\blacksquare \mathbf{C} = \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] & \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$$

- p_1
- p_2
- p_3
- p_4

$$\blacksquare \mathbf{R} = \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] & \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$$

8.3: c)

$$\blacksquare \mathbf{E} = (3 \quad 3 \quad 3 \quad 3)$$

$$\blacksquare \mathbf{A} = (2 \quad 0 \quad 2 \quad 0)$$

$$\blacksquare \mathbf{C} = \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] & p_1 & p_2 & p_3 & p_4 \end{array}$$

- p_1
- p_2
- p_3
- $p_4 \leftarrow$

$$\blacksquare \mathbf{R} = \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] & p_1 & p_2 & p_3 & p_4 \end{array}$$

8.3: c)

$$\blacksquare \mathbf{E} = (3 \quad 3 \quad 3 \quad 3)$$

$$\blacksquare \mathbf{A} = (2 \quad 1 \quad 2 \quad 0) \leftarrow$$

$$\blacksquare \mathbf{C} = \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] & \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$$

- p_1
- p_2
- p_3
- p_4 ✓

$$\blacksquare \mathbf{R} = \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] & \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$$

8.3: c)

$$\blacksquare \mathbf{E} = (3 \quad 3 \quad 3 \quad 3)$$

$$\blacksquare \mathbf{A} = (2 \quad 1 \quad 2 \quad 0)$$

$$\blacksquare \mathbf{C} = \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] & \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$$

- p_1
- p_2
- p_3
- p_4 ✓

$$\blacksquare \mathbf{R} = \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] & \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$$

8.3: c)

$$\blacksquare \mathbf{E} = (3 \quad 3 \quad 3 \quad 3)$$

$$\blacksquare \mathbf{A} = (2 \quad 1 \quad 2 \quad 0)$$

$$\blacksquare \mathbf{C} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \end{array} \\ \left[\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$$

- p_1
- p_2
- $p_3 \leftarrow$
- $p_4 \checkmark$

$$\blacksquare \mathbf{R} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \end{array} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$$

8.3: c)

- $E = (3 \ 3 \ 3 \ 3)$

- $A = (2 \ 2 \ 2 \ 1) \leftarrow$

- $C = \begin{array}{c} \text{Festplatte} \quad \text{Webcam} \quad \text{CD-Laufwerk} \quad \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \leftarrow \\ p_4 \checkmark \end{array} \end{array}$

- p_1
- p_2
- $p_3 \checkmark$
- $p_4 \checkmark$

- $R = \begin{array}{c} \text{Festplatte} \quad \text{Webcam} \quad \text{CD-Laufwerk} \quad \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$

8.3: c)

$$\blacksquare \mathbf{E} = (3 \quad 3 \quad 3 \quad 3)$$

$$\blacksquare \mathbf{A} = (2 \quad 2 \quad 2 \quad 1)$$

$$\blacksquare \mathbf{C} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \end{array} \\ \left[\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \checkmark \\ p_4 \checkmark \end{array} \end{array}$$

- p_1
- p_2
- $p_3 \checkmark$
- $p_4 \checkmark$

$$\blacksquare \mathbf{R} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \end{array} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$$

8.3: c)

$$\blacksquare \mathbf{E} = (3 \quad 3 \quad 3 \quad 3)$$

$$\blacksquare \mathbf{A} = (2 \quad 2 \quad 2 \quad 1)$$

$$\blacksquare \mathbf{C} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \end{array} \\ \left[\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \checkmark \\ p_4 \checkmark \end{array} \end{array}$$

- $p_1 \leftarrow$
- p_2
- $p_3 \checkmark$
- $p_4 \checkmark$

$$\blacksquare \mathbf{R} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \end{array} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$$

8.3: c)

- $E = (3 \ 3 \ 3 \ 3)$

- $A = (3 \ 2 \ 2 \ 2) \leftarrow$

- $C = \begin{array}{c} \text{Festplatte} \quad \text{Webcam} \quad \text{CD-Laufwerk} \quad \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \leftarrow \\ p_2 \\ p_3 \checkmark \\ p_4 \checkmark \end{array} \end{array}$

- $p_1 \checkmark$
- p_2
- $p_3 \checkmark$
- $p_4 \checkmark$

- $R = \begin{array}{c} \text{Festplatte} \quad \text{Webcam} \quad \text{CD-Laufwerk} \quad \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$

8.3: c)

- $E = (3 \ 3 \ 3 \ 3)$

- $A = (3 \ 2 \ 2 \ 2)$

- $C = \begin{array}{c} \text{Festplatte} \quad \text{Webcam} \quad \text{CD-Laufwerk} \quad \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \checkmark \\ p_2 \\ p_3 \checkmark \\ p_4 \checkmark \end{array} \end{array}$

- $p_1 \checkmark$
- p_2
- $p_3 \checkmark$
- $p_4 \checkmark$

- $R = \begin{array}{c} \text{Festplatte} \quad \text{Webcam} \quad \text{CD-Laufwerk} \quad \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$

8.3: c)

- $E = (3 \ 3 \ 3 \ 3)$

- $A = (3 \ 2 \ 2 \ 2)$

- $C = \begin{array}{c} \text{Festplatte} \quad \text{Webcam} \quad \text{CD-Laufwerk} \quad \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \checkmark \\ p_2 \\ p_3 \checkmark \\ p_4 \checkmark \end{array} \end{array}$

- $p_1 \checkmark$
- $p_2 \leftarrow$
- $p_3 \checkmark$
- $p_4 \checkmark$

- $R = \begin{array}{c} \text{Festplatte} \quad \text{Webcam} \quad \text{CD-Laufwerk} \quad \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$

8.3: c)

- $E = (3 \ 3 \ 3 \ 3)$

- $A = (3 \ 3 \ 3 \ 3) \leftarrow$

- $C = \begin{array}{c} \text{Festplatte} \quad \text{Webcam} \quad \text{CD-Laufwerk} \quad \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \checkmark \\ p_2 \leftarrow \\ p_3 \checkmark \\ p_4 \checkmark \end{array} \end{array}$

- $p_1 \checkmark$
- $p_2 \checkmark$
- $p_3 \checkmark$
- $p_4 \checkmark$

- $R = \begin{array}{c} \text{Festplatte} \quad \text{Webcam} \quad \text{CD-Laufwerk} \quad \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$

8.3: c)

$$\blacksquare \mathbf{E} = (3 \quad 3 \quad 3 \quad 3)$$

$$\blacksquare \mathbf{A} = (3 \quad 3 \quad 3 \quad 3)$$

$$\blacksquare \mathbf{C} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \end{array} \\ \left[\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \checkmark \\ p_2 \checkmark \\ p_3 \checkmark \\ p_4 \checkmark \end{array} \end{array}$$

$$\blacksquare p_1 \checkmark$$

$$\blacksquare p_2 \checkmark$$

$$\blacksquare p_3 \checkmark$$

$$\blacksquare p_4 \checkmark$$

$$\blacksquare \text{ sicher}$$

$$\blacksquare \mathbf{R} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \end{array} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$$

8.3: d)

d) In diesem Fall ist

$$\mathbf{R} = \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & \mathbf{1} \\ 1 & 1 & 2 & \mathbf{1} \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] & \begin{array}{l} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{array} \end{array}$$

Führen Sie auf den in b) und d) gegebenen Datenstrukturen den Bankieralgorithmus aus. Geben Sie dazu für jede Iteration den Wert von A an. Interpretieren Sie das Ergebnis des Algorithmus!

8.3: d)

$$\blacksquare \mathbf{E} = (3 \quad 3 \quad 3 \quad 3)$$

$$\blacksquare \mathbf{A} = (2 \quad 0 \quad 2 \quad 0)$$

$$\blacksquare \mathbf{C} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \end{array} \\ \left[\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$$

- p_1
- p_2
- p_3
- p_4

$$\blacksquare \mathbf{R} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \end{array} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$$

8.3: d)

$$\blacksquare \mathbf{E} = (3 \quad 3 \quad 3 \quad 3)$$

$$\blacksquare \mathbf{A} = (2 \quad 0 \quad 2 \quad 0)$$

$$\blacksquare \mathbf{C} = \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] & \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$$

- p_1
- p_2
- p_3
- $p_4 \leftarrow$

$$\blacksquare \mathbf{R} = \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] & \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$$

8.3: d)

- $E = (3 \ 3 \ 3 \ 3)$

- $A = (2 \ 1 \ 2 \ 0) \leftarrow$

- $C = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \end{array} \\ \left[\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \leftarrow \end{array} \end{array}$

- p_1
- p_2
- p_3
- $p_4 \checkmark$

- $R = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \end{array} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$

8.3: d)

- $E = (3 \ 3 \ 3 \ 3)$

- $A = (2 \ 1 \ 2 \ 0)$

- $C = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \end{array} \\ \left[\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$

- p_1
- p_2
- p_3
- p_4 ✓

- $R = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \end{array} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$

8.3: d)

$$\blacksquare \mathbf{E} = (3 \quad 3 \quad 3 \quad 3)$$

$$\blacksquare \mathbf{A} = (2 \quad 1 \quad 2 \quad 0)$$

$$\blacksquare \mathbf{C} = \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \right] & \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$$

$$\blacksquare p_1 \leftarrow ?$$

$$\blacksquare p_2 \leftarrow ?$$

$$\blacksquare p_3 \leftarrow ?$$

$$\blacksquare p_4 \checkmark$$

$$\blacksquare \mathbf{R} = \begin{array}{cccc} & \text{Festplatte} & \text{Webcam} & \text{CD-Laufwerk} & \text{Monitor} \\ \left[\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] & \begin{array}{l} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \end{array}$$

8.3: d)

- $E = (3 \ 3 \ 3 \ 3)$

- $A = (2 \ 1 \ 2 \ 0)$

- $C =$

	Festplatte	Webcam	CD-Laufwerk	Monitor	
$\begin{bmatrix}$	1	0	0	1	P_1
	0	1	1	1	P_2
	0	1	0	1	P_3
	0	1	0	0	P_4 ✓

- $P_1 \leftarrow ?$

- $P_2 \leftarrow ?$

- $P_3 \leftarrow ?$

- P_4 ✓

- **Deadlock**

- $R =$

	Festplatte	Webcam	CD-Laufwerk	Monitor	
$\begin{bmatrix}$	2	0	1	1	P_1
	3	2	1	1	P_2
	1	1	2	1	P_3
	1	0	1	0	P_4

8.3: e)

e) Der Bankieralgorithmus wird von modernen Betriebssystemen nicht zur Vermeidung von Deadlocks benutzt. Nennen Sie zwei Gründe dafür.

8.3: e)

e) Der Bankieralgorithmus wird von modernen Betriebssystemen nicht zur Vermeidung von Deadlocks benutzt. Nennen Sie zwei Gründe dafür.

- Prozesse können **keine Vorhersagen** über ihren Ressourcenverbrauch machen, da dieser von zu vielen Faktoren abhängt
- Der Algorithmus funktioniert nur mit einer **festen Anzahl** von Prozessen, neue Prozesse können nicht hinzugefügt werden