LMU LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITY MUNICH
DEPARTMENT INSTITUTE FOR INFORMATICS
DATABASE SYSTEMS GROUP

Skript zur Vorlesung:

Einführung in die Informatik: Systeme und Anwendungen

Sommersemester 2008

Kapitel 2: Betriebssysteme

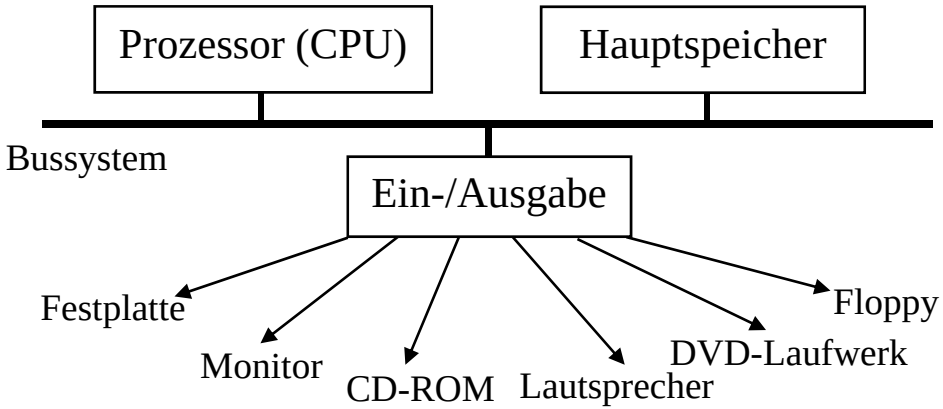
Vorlesung: Prof. Dr. Christian Böhm
Übungen: Annahita Oswald, Bianca Wackersreuther

Skript © 2004 Christian Böhm, Peer Kröger

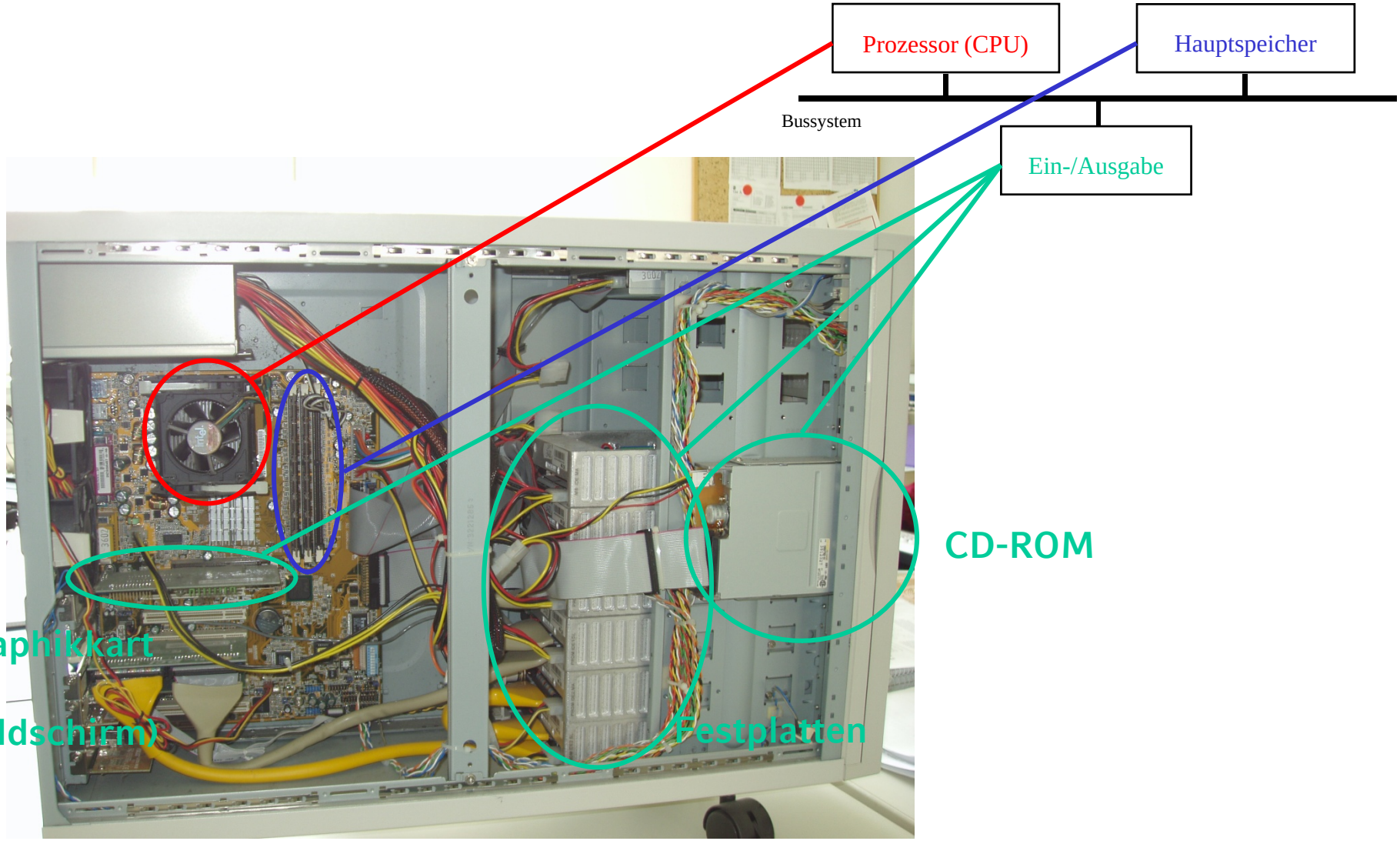
http://www.dbs.ifi.lmu.de/Lehre/InfoNF

2.1 Rechner und Programme

- Komponenten eines Rechners (von-Neumann-Architektur)/Hardware
  - CPU (Prozessor)
    - Ausführung von Befehle und Ablaufsteuerung
  - Speicher (Hauptspeicher)
    - Ablegen von Daten und Programmen, binär codiert
  - Ein-/Ausgabe-Einheiten
    - Ein- und Ausgabe von Daten und Programmen
    - Bildschirm, Tastatur, Drucker, Festplatte, …
  - Busse
    - Informationsübertragung zwischen diesen Einheiten



2.1 Rechner und Programme



2.1 Rechner und Programme

- Beobachtung:
  - Hauptspeicher reicht nicht aus um alle Daten zu halten

    ⇒ Daten und Programme, die aktuelle nicht benötigt werden müssen auf den Hintergrundspeicher (Festplatte) ausgelagert werden
  - CPU arbeitet schneller als Hauptspeicher
  - Hauptspeicher arbeitet schneller als Hintergrundspeicher
- Flaschenhals (engl. Bottleneck):
  - CPU muss warten, bis benötigte Daten bzw. Befehle vom Hauptspeicher geholt worden sind
  - Teilweise sind die angeforderten Daten noch nicht im Hauptspeicher sondern müssen erst vom Hintergrundspeicher geladen werden

  ⇒ CPU ist nicht ausgelastet!!!

2.1 Rechner und Programme

- Ausführung von Programmen auf Rechnern
  - Situation:
    - Zentrale Verarbeitungsschritte als „Maschinenanweisungen“ („Mikroprogramm“, ca. 50 – 300 Anweisungen je nach Hersteller)
      - Lesen/Schreiben einer Speicherzelle
      - Einfache Arithmetik
      - etc.
    - Daten sind maschinennah (meist binär) repräsentiert
  - Darstellung von Programmen:
    - Direkte Programmierung der Hardware mit „maschinennaher“ Programmiersprache (Beispiel Fahrtkosten-Algorithmus)

```
pushl   %ebp
movl    %esp, %ebp
movl    16(%ebp), %eax
subl    8(%ebp), %eax
leal    (%eax,%eax,2), %edx
...
```

2.1 Rechner und Programme

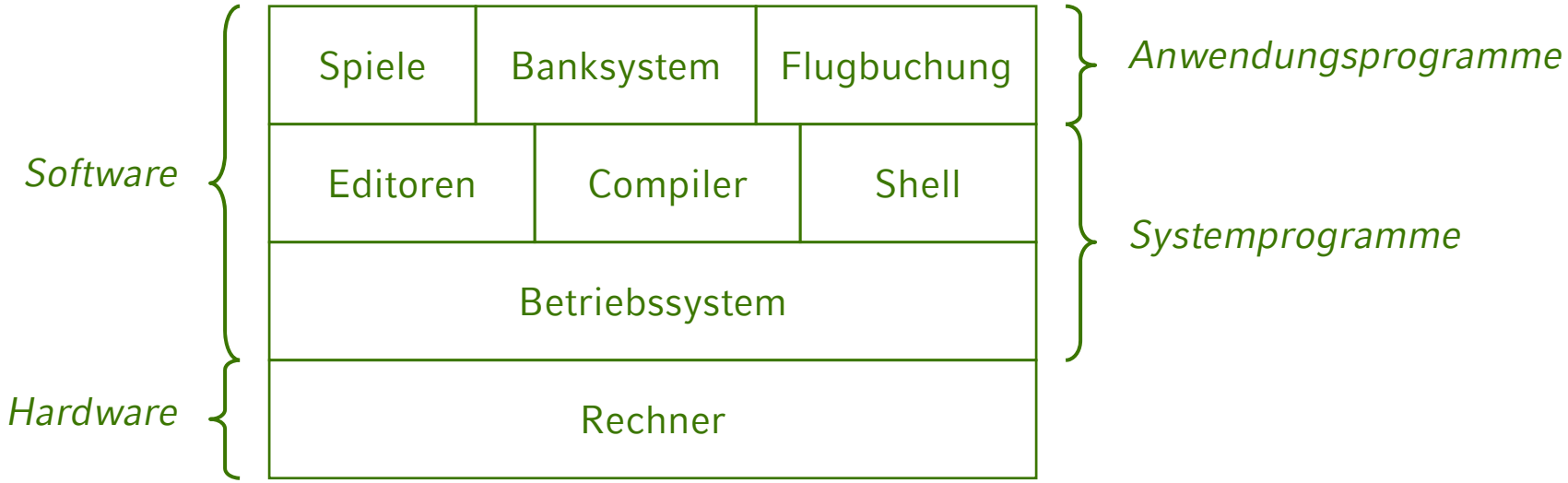
- Programmierung muss sich auch um die einzelnen Hardware-Komponenten kümmern, die benutzt werden sollen (Laden einer Datei von Festplatte)
  1. [optional] starten des Laufwerkmotors
  2. Positionierung des Lesekopfs
  3. Sektorenweise Einlesen des Directory
  4. Suchen der Dateiinformationen (Dateianfang) im Directory
  5. Positionierung des Lesekopfs
  6. Teil einlesen, Verknüpfung zum nächsten Teil erkennen und weiter mit Schritt 5 solange Ende der Datei noch nicht erreicht

  => Für jeden Befehl an den Plattenkontroller werden die Adresse der Spur, die Adresse der Hauptspeicherzelle (Ziel), die Menge der zu übertragenden Daten, der Befehlscode (Lesen/Schreiben), etc. benötigt

– Problem:
  - Programm ist sehr unübersichtlich und für Menschen schwer zu verstehen
  - Hardware ist ebenfalls sehr komplex und besteht aus vielfältigen Komponenten, deren Realisierungsdetails ebenfalls schwer für den Menschen zu verstehen sind

2.1 Rechner und Programme

- Lösung: Prinzip der „Software-Schichtung“
  - BS bildet Schnittstelle für Anwendungsprogramme und spezielle Systemprogramme zur Hardware
    => bewahrt BS den Nutzer vor der Komplexität der HW
    => ermöglicht indirekt Programmiersprachen, die für den Menschen leichter zu verstehen/benutzen sind
  - BS bildet SW-Schicht die alle Teile des Systems verwaltet und auf dem Anwendungen einfacher zu programmieren sind



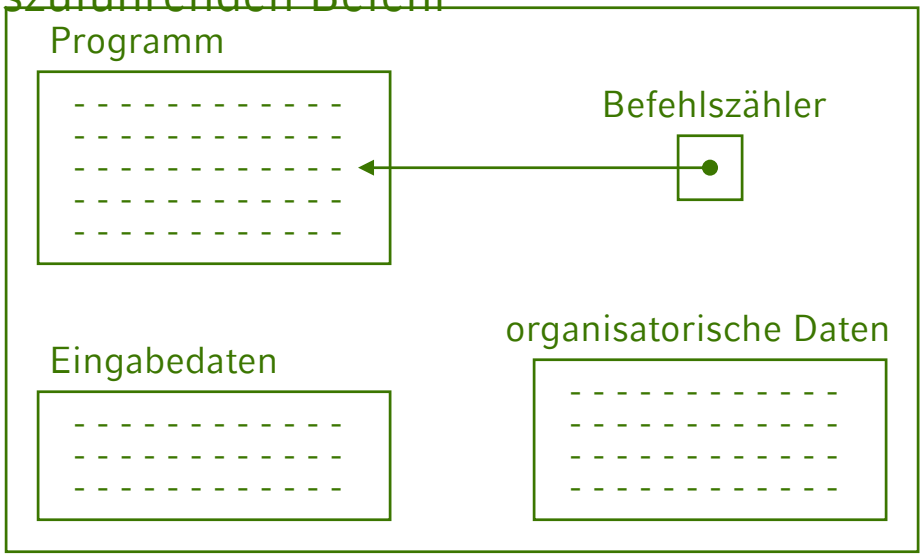
2.1 Rechner und Programme

- Aufgaben des Betriebssystems
  - Schnittstelle für Anwendungsprogramme zur HW
  - Steuerung und Verwaltung von Computersystemen
    - ***Prozessverwaltung***: Steuerung der Ausführung eines oder mehrerern Prozesse, insbesondere im Mehrprogrammbetrieb
    - ***Speicherverwaltung*** für den Hauptspeicher
    - ***Dateiverwaltung*** (im Hintergrundspeicher)
    - ***Verwaltung*** der E/A-Geräte
- Einige bekannte Betriebssysteme
  - Windows NT, Windows 2000, Windows XP, Windows Vista
  - Apple OS X
  - LINUX
  - Unix-Varianten wie Solaris, HP/UX
  - MVS, VM/SP, CMS, BS 2000 (alle für Großrechner)

2.2 Prozesse

- Auf einem Rechner laufen „gleichzeitig verschiedene (Anwender- und System-) Programme
- ***Prozess*:**

  Ein Prozess ist ein in Ausführung befindliches Programm. Dies umfasst:
  - Befehlszähler (Programmzähler)
    - bestimmt den als nächstes auszuführenden Befehl
  - Programmtext
  - Eingabedaten
  - Organisatorische Daten



2.2 Prozesse

- Multiprogramming:
  - BS kann mehrere Prozesse gleichzeitig ausführen, d.h. auch ein Programm kann mehrmals gleichzeitig ausgeführt werden
  - Motivation:
    - Programme benötigen außer CPU meist auch E/A-Geräte
    - E/A-Geräte sind deutlich langsamer als CPU (Flaschenhals)

    => Prozessor muss warten und ist nicht ausgelastet

    Beispiel:

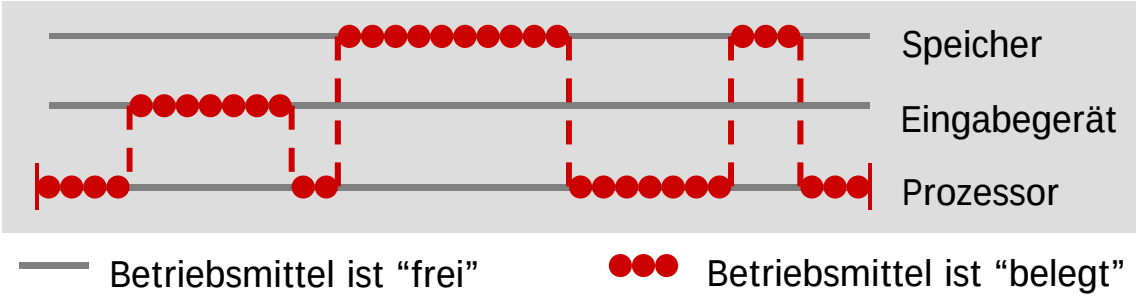
Lesen eines Datensatzes	0,0015 sec.
Ausführen von 100 Befehlen	0,0001 sec.
Schreiben des Datensatzes	0,0015 sec.
	0,0031 sec.

CPU-Auslastung: 0,0001/0,0031 ≈ 3,2 %

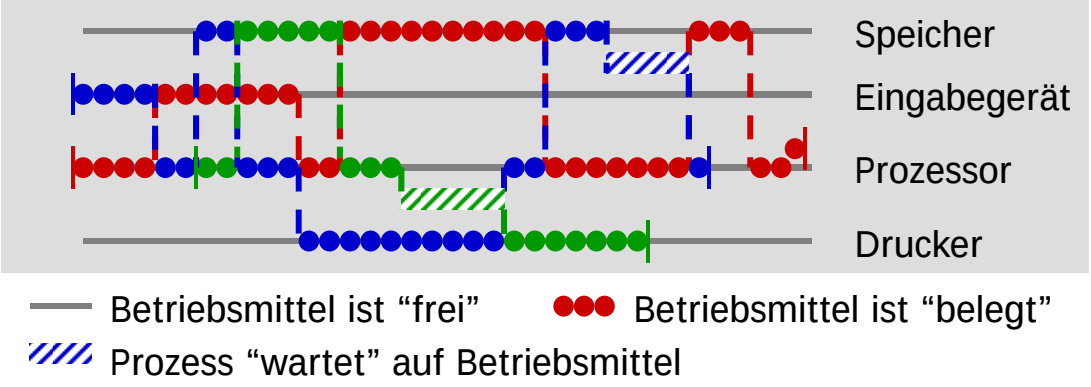
3,2 % der Zeit arbeitet CPU; 96,8 % der Zeit wartet CPU

2.2 Prozesse

- Motivation (cont.)
  - Lösung: Anwendungsprogramme sollen also dem Prozessor abwechselnd zugeteilt werden
    - Einbenutzerbetrieb (***Uniprogramming***)



    - Mehrbenutzerbetrieb (***Multiprogramming***) [hier: 3 Prozessen rot/grün/blau]



2.2 Prozesse

- Motivation (cont.)
  - Einzelne Prozesse durchlaufen damit ihre Anweisungsfolge (zumeist) nicht in einem Schritt sondern werden häufig unterbrochen
  - Es entsteht der Eindruck von ***Parallelität*** aller momentan existierenden Prozesse (***Quasi-Parallelität***)
  - Folge:
    - zeitliche Dauer eines Prozesses kann bei verschiedenen Programmausführungen unterschiedlich sein
    - Insbesondere keine *a priori* Aussagen über den zeitlichen Ablauf eines Prozesses möglich
- Rolle des Betriebssystems
  - Aus Sicht des Anwendungsprogramms steht jedem Prozess ein eigener (virtueller) Rechner (CPU aber auch Hauptspeicher, etc.) exklusiv zur Verfügung
  - BS muss Abbildung auf den realen Rechner leisten

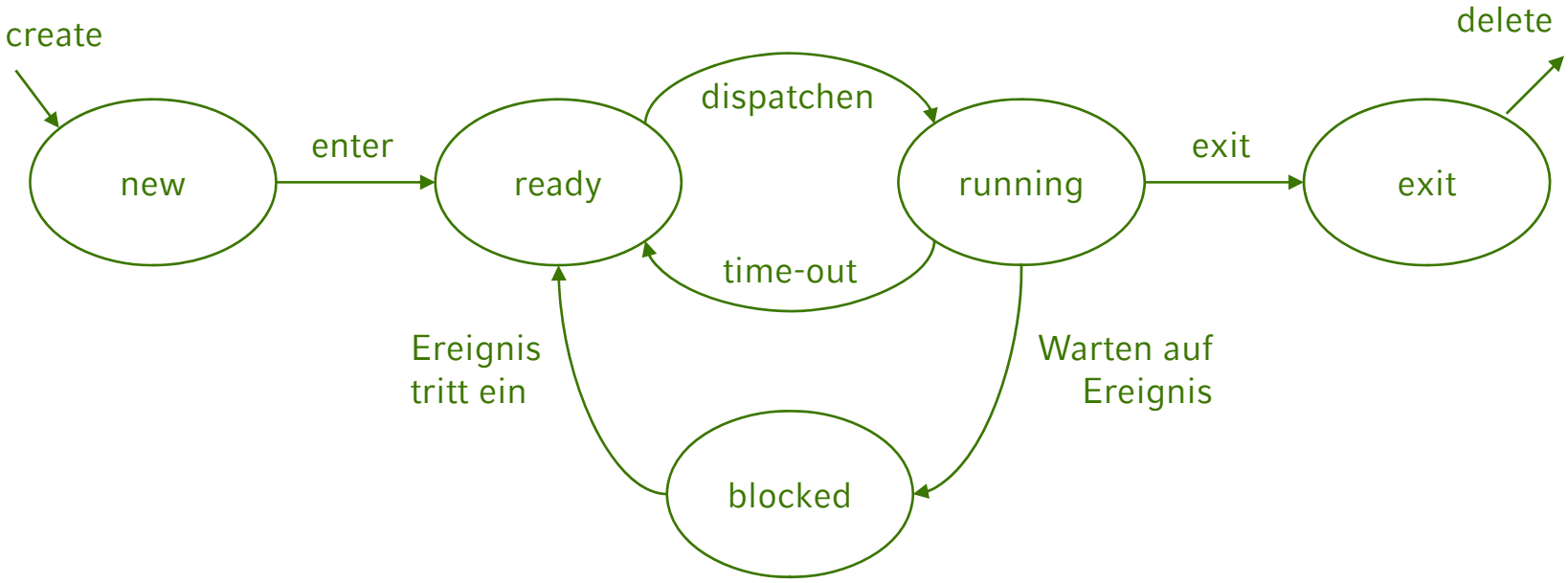
2.2 Prozesse

- Prozesszustände
  - 5 Zustandsmodell

    Prozess ist entweder
    - **new**: Prozess ist erzeugt, aber noch nicht zu der Menge der ausführbaren Prozesse hinzugefügt
    - **ready**: Prozess ist zur Ausführung bereit aber ein anderer Prozess ist dem Prozessor zugeteilt
    - **running**: Prozess ist dem Prozessor zugeteilt und wird gerade ausgeführt
    - **blocked**: Prozess ist blockiert, d.h. er wartet auf das Eintreten eines externen Ereignisses (Beendigung einer E/A-Operation, benötigtes Betriebsmittel ist belegt, …)
    - **exit**: Prozess wurde beendigt, d.h. Ausführung ist abgeschlossen

2.2 Prozesse

– Graphische Darstellung



2.2 Prozesse

- 7 Zustandsmodell
  - bisher: alle Prozesse werden im Hauptspeicher gehalten
  - wenn alle Prozesse blockiert sind (E/A-intensive Prozesse), und der Hauptspeicher voll, können keine weiteren Prozesse gestartet werden

    => Prozessor wäre wieder unbenutzt!!!
  - Lösung 1: Hauptspeicher erweitern

    => schlecht: kostet Geld, größere Programme?
  - Lösung 2: Prozesse (oder Teile davon) auf den Hintergrundspeicher (Festplatte, „HGS“) auslagern (***Swapping***)

    => gut: neue Prozesse haben im Hauptspeicher Platz

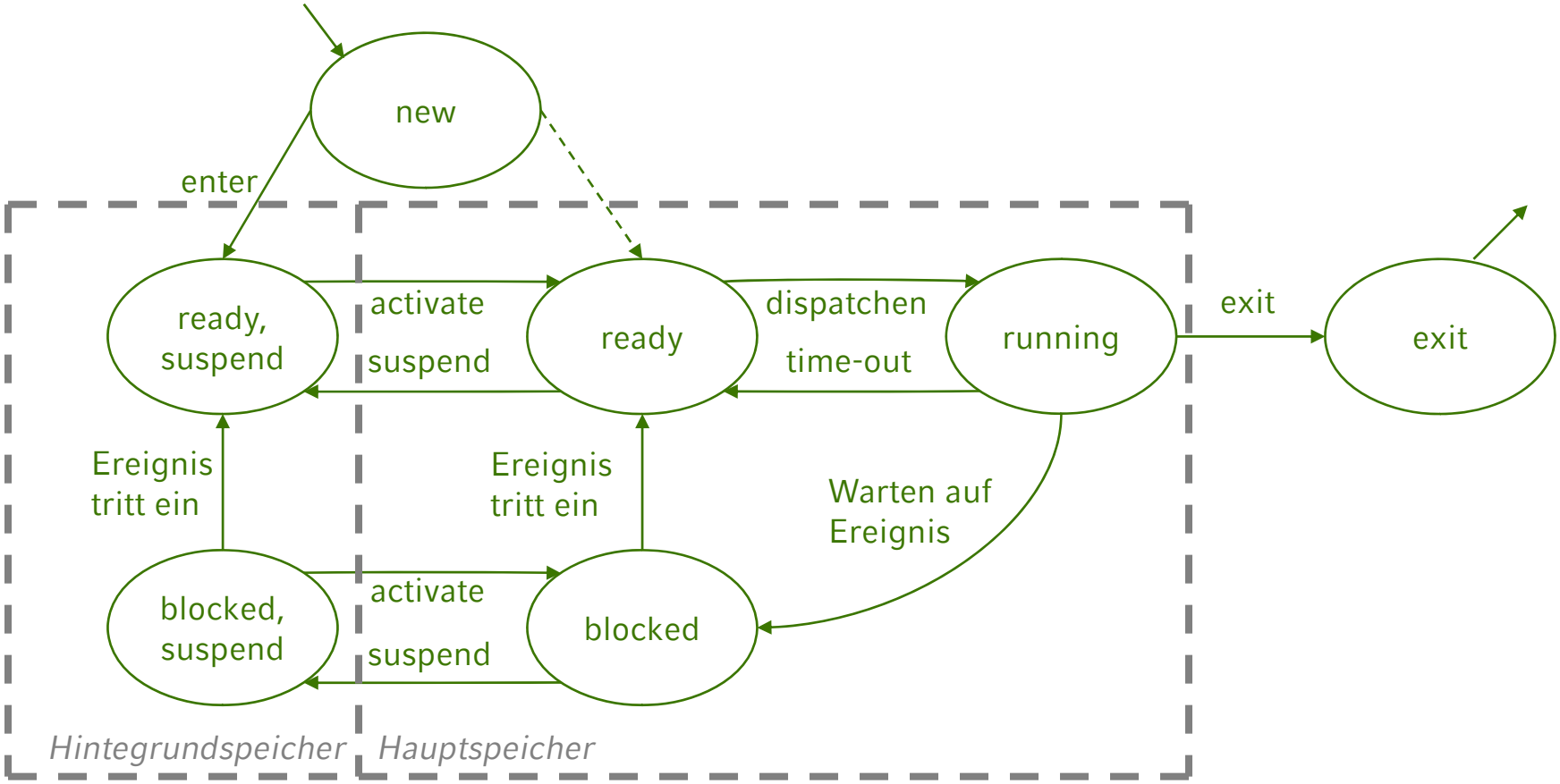
    => schlecht: eine zusätzliche E/A-Operation
  - Um übermäßig große Warteschlangen auf Festplatte zu vermeiden, sollte immer ein ausgelagerter Prozess wieder eingelagert werden; dieser sollte aber nicht mehr blockiert sein

    => unterscheide, ob ausgelagerte Prozesse blockiert oder bereit sind

    => 2 neue Zustände

2.2 Prozesse

- **ready, suspend**: auf dem HGS ausgelagert, bereit
- **blocked, suspend**: auf dem HGS ausgelagert, wartet auf Ereignis (blockiert)

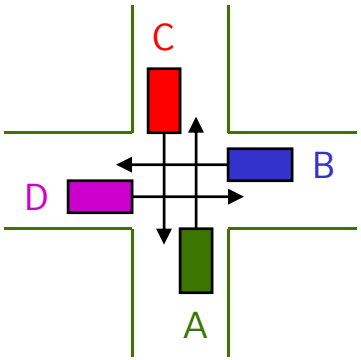


2.2 Prozesse

- Prozess-Scheduling
  - Scheduler:
    - („Faire“) Zuteilung eines Prozesses an den Prozessor
    - (Entscheidung über Swapping)
  - Scheduling-Verfahren
    - ***Round Robin*** (einfach und häufig verwendet)
      - Wartende Prozesse in einer (FIFO-) Warteschlange organisieren
      - Jeder Prozess hat für eine bestimmte Zeitspanne die CPU
      - Danach wird Prozess gegebenenfalls wieder Warteschlange eingefügt
      - Zyklisches Abarbeiten der Warteschlange
    - ***Prioritäts-Scheduling***
      - Jedem Prozess ist eine Priorität zugeordnet
      - Prozess mit höchster Priorität bekommt den Prozessor zugeordnet
    - ***Shortest-Job-First***
      - Prozess mit der kürzesten Laufzeit

2.3 Prozessverwaltung

- Probleme der Parallelität beim Multiprogramming
  - Parallel ablaufende Prozesse können voneinander abhängig sein
  - Um fehlerhaftes Verhalten zu verhindern müssen die Prozesse geeignet koordiniert werden
    - Beispiel für fehlerhaftes Verhalten: Verklemmung (***Deadlock***)
      - Ein Deadlock ist die dauerhafte Blockierung einer Menge M von Prozessen, die eine Menge S gemeinsamer Systemressourcen nutzen oder miteinander kommunizieren (|M|>1, |S|>1)
      - Anschauliches Beispiel: 4 Fahrzeuge gleichzeitig an einer Rechts-vor-Links Kreuzung



A wartet auf B
B wartet auf C
C wartet auf D
D wartet auf A

=> daher notwendig: ***Prozessverwaltung*** (***Prozess-Synchronisation***)

2.3 Prozessverwaltung

- Grundmuster der Prozess-Synchronisation
  - Wechselseitiger Ausschluss
  - Prozesskoordination

2.3 Prozessverwaltung

- Wechselseitiger Ausschluss
  - Parallel abgearbeitete Prozesse können sich gegenseitig beeinflussen
  - Beispiel: Flugbuchung
    - Prozedur (Algorithmus) zur Reservierung von n Plätzen

```
algorithmus Reservierung
  input          n : natürliche Zahl
  begin
        …
        anzpl = aktuelle Anzahl der freien Plätze
        if anzpl ≥ n
        then anzpl um n verringern
        else STOP mit Auskunft „Ausgebucht“
        Reservierung bestätigen
        …
end
```

2.3 Prozessverwaltung

- Variable anzpl gibt zu jedem Zeitpunkt die Anzahl noch verfügbarer Plätze an
- Zwei parallel ablaufende Prozesse A und B (Buchungen für jeweils 2 Plätze) führen den Algorithmus aus zum Zeitpunkt anzpl = 3
- Möglicher Ablauf:

Prozess A		Prozess B	Wert der Variablen anzpl
anzpl ≥ n (3 ≥ 2) ?			3
	Prozesswechsel →		
		anzpl ≥ n (3 ≥ 2) ?	3
		anzpl um n=2 verringern	1
		Reservierung bestätigen	1
	Prozesswechsel ←		
anzpl um n=2 verringern			-1
Reservierung bestätigen			-1

2.3 Prozessverwaltung

- Effekt: es wurden 4 Plätze vergeben, obwohl nur noch 3 Plätze frei waren
- Wie ist das zu verhindern?
  - Im Algorithmus Reservierung gibt es einen Bereich, der „kritisch“ ist

    if anzpl ≥ n
    then anzpl um n verringern
    else STOP mit Auskunft „Ausgebucht“
    Reservierung bestätigen

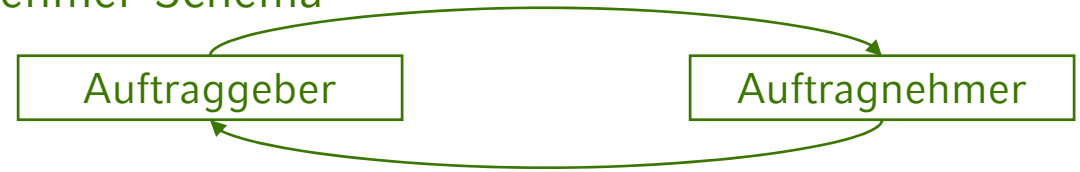
  - Gleichzeitige Ausführung dieses ***kritischen Bereiches*** eines Algorithmus durch mehrere verschiedene Prozesse muss verhindert werden
  - ***Wechselseitiger Ausschluss***:

    „Keine zwei Prozesse befinden sich gleichzeitig in ein und dem selben kritischen Bereich“

2.3 Prozessverwaltung

- Prozesskooperation
  - Prozesse können zusammenarbeiten
  - Operationen eines Prozesses kann vorraussetzen, dass gewisse Operationen in anderen Prozessen erledigt sind
  - Grundmuster
    - Erzeuger-Verbraucher-Schema
      - Z.B. Verwaltung von Druckaufträgen (DA) in einer Liste (DL)
        - » Prozess A setzt in gewissen Abständen DAs in DL ab
        - » Prozess B organisiert die DAs in DL der Reihe nach
        - » Synchronisation: ist DL leer (d.h. B hat alle DAs ***verbraucht*** und A hat keine neuen DAs ***erzeugt***), muss B angehalten werden

    - Auftraggeber-Auftragnehmer-Schema



2.3 Prozessverwaltung

Im folgenden genauer: Wechselseitiger Ausschluss

- Kritischer Bereich
  - Ein ***kritischer Bereich*** ist ein Programm(-stück), das auf gemeinsam benutzte Ressourcen (globale Daten, Dateien, bestimmte E/A-Geräte, ...) zugreift oder den Zugriff darauf erfordert.
  - Die Ressource wird entsprechend ***kritische Ressource*** genannt

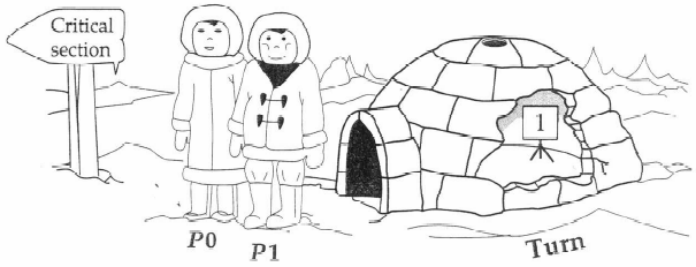
  => Aufteilung von Programmen in kritische und unkritische Bereiche
- Wechselseitiger Ausschluss
  - Solange ein Prozess sich in einem kritischen Bereich befindet, darf sich kein anderer Prozess in diesem kritischen Bereich befinden!

2.3 Prozessverwaltung

- Anforderungen an den wechselseitigen Ausschluss
  - *1. mutual exclusion*
    - zu jedem Zeitpunkt darf sich höchstens ein Prozess im kritischen Bereich befinden
  - *2. progress – no deadlock*
    - wechselseitiges Aufeinanderwarten muss verhindert werden
    - Beispiel: Prozesse A und B; kritische Ressourcen a und b;
      - A belegt a,
      - B belegt b,
      - B möchte a belegen => muss auf A warten
      - A möchte b belegen => muss auf B warten
      - => Deadlock !!!
  - *3. bounded waiting – no starvation*
    - bei 3 Prozessen A, B, C könnten sich z.B. A und B in der Nutzung einer kritischen Ressource immer abwechseln
    - => C müsste beliebig lange warten („***Verhungern***“, ***starvation***) !!!

2.3 Prozessverwaltung

- Lösung nach Dekker (ca. 1965)
  - Prinzip:
    - globale, geschützte Variable („Zettel“) `turn` zeigt an, welcher Prozess in kritischen Bereich eintreten darf
    - nur wenn Variable den Wert des entsprechenden Prozesses enthält, darf dieser Prozess in den kritischen Bereich
    - Nach Verlassen des kritischen Bereichs wird die Variable auf den Wert des anderen Prozesses gesetzt



    - Schema:

```
prozess P0

…
while turn <> 0
  do { nothing };
< kritischer Bereich >;
turn := 1;
…
```

```
prozess P1

…
while turn <> 1
  do { nothing };
< kritischer Bereich >;
turn := 0;
…
```

2.3 Prozessverwaltung

- Probleme:
  - Prozesse können nur abwechselnd in den kritischen Bereich eintreten. Auch bei Erweiterung auf mehrere Prozesse (dann würde `turn` Werte von 0 bis *n*-1 annehmen) wäre die Reihenfolge des Eintritts in den kritischen Bereich festgeschrieben.
  - Terminiert ein Prozess (im unkritischen Bereich), so kann der andere nur noch einmal in den kritischen Bereich eintreten. Bei allen weiteren Versuchen, in den kritischen Bereich einzutreten würde er dann blockiert werden

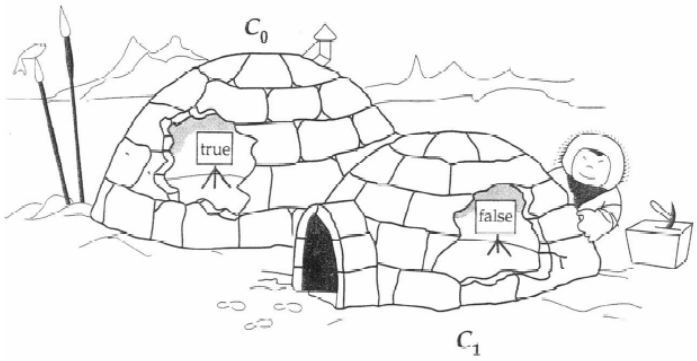
  => *progress*-Eigenschaft wird verletzt!

- 1. Verbesserung:
  - Statt einer einzigen globalen Variable: für jeden Prozess eine Variable, die den Status des Prozesses angibt (d.h. ob er Anspruch auf den Eintritt in den kritischen Bereich hat)

    `true` => Anspruch, `false` => sonst

2.3 Prozessverwaltung

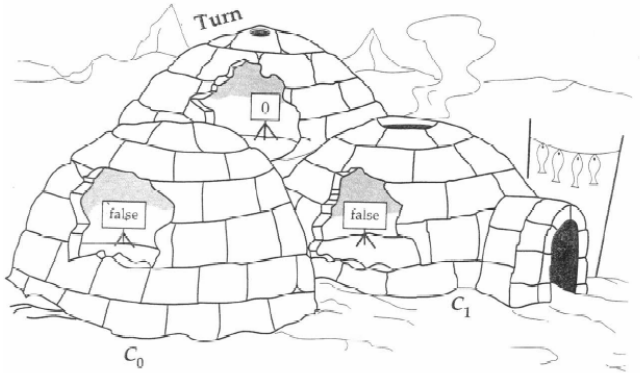
- Vorgehensweise:
  - vor Eintritt in den kritischen Bereich müssen alle Variablen der anderen Prozesse kontrolliert werden
  - sind diese alle auf `false`, darf die eigene Variable auf `true` gesetzt und der kritische Bereich betreten werden
  - abschließend wird die eigene Variable wieder auf `false` gesetzt



– Probleme:
  - Prüfung der Variablen kostet Zeit; aufgrund von Prozesswechseln können zwei Prozesse „gleichzeitig“ feststellen, dass kein anderer Prozess Anspruch auf Eintritt in den kritischen Bereich hat
  - Bei Abbruch eines Prozesses direkt nach Setzen der eigenen Variable auf `true` ist der kritische Bereich dauerhaft blockiert

2.3 Prozessverwaltung

- 2. Verbesserung:
  - kritischer Bereich wird von einem separaten Schiedsrichterprozess verwaltet
  - zum Betreten des kritischen Bereiches zeigt jeder Prozess seinen Wunsch in einer Variablen an, die nur er selbst und der Schiedsrichter verändern darf
  - Der Schiedsrichter kann nun einen Prozess auswählen und ihm den Eintritt in den kritischen Bereich gewähren



- Bewertung:
  - erfüllt *progress* und *mutual exclusion* aber nicht *bounded waiting*
  - um *bounded waiting* zu garantieren muss zusätzlich eine Ausführungsreihenfolge eingehalten werden (Kombination aus ersten beiden Ansätzen; siehe Bild)
  - diese Ausführungsreihenfolge wird durch einen speziellen Algorithmus gesteuert

2.3 Prozessverwaltung

- Lösung nach Peterson
  - Prinzip der Höflichkeit
    - ich zeige an, dass *ich will*
    - ich lasse dem anderen den Vortritt, d.h. *du darfst*
    - falls *du willst und du darfst*, so lasse ich dir den Vortritt und warte, sonst betrete ich den kritischen Bereich
  - Realisierung:
    - für jeden Prozess eine Variable, um *ich will* anzuzeigen
    - eine gemeinsame Variable, damit der andere Prozess *du darfst* mitteilen kann
  - Eigenschaften
    - lässt sich von mehr als zwei Prozesse erweitern, aber schwer verständlich
    - erfüllt alle geforderten Eigenschaften, d.h. *mutual exclusion*, *progress* und *bounded waiting*

2.3 Prozessverwaltung

- HW-Lösungen
  - Unterbrechungsvermeidung
    - bei Einprozessorsystemen können Prozesse nicht echt parallel ausgeführt werden
    - Prozesswechsel während des Aufenthalts im kritischen Bereich verursacht die Probleme
    - Idee: Unterbrechungen (Prozesswechsel) im kritischen Bereich ausschließen
    - Muster:

```
…
< unkritischer Bereich >;
< ab hier: verbiete Unterbrechungen >;
< kritischer Bereich >;
< ab hier: erlaube Unterbrechungen >;
< unkritischer Bereich >;
…
```

Funktioniert nicht bei Multiprozessorsystemen !!!

2.3 Prozessverwaltung

- Spezielle Maschinenbefehle
  - Maschinenbefehle sind nicht unterbrechbar
  - Spezieller Maschinenbefehl, der „in einem Schritt“
    - den Wert einer Variablen (Register) testet
    - abhängig davon einem Wert (`true` oder `false`) zurückgibt
    - Variable auf einen festen Wert setzt

      `testset(i)` : Prozedur, die Variable i testet und setzt

      i=0 → i:=1 und Testergebnis `true`

      i=1 → i:=1 und Testergebnis `false`

  - Realisierung des wechselseitigen Ausschlusses mit `testset`:
    - bei Testergebnis `true` darf der kritische Bereich betreten werden
    - bei `false` muss gewartet und weitergetestet werden

```
…
while not testset(i) do { nothing };
< kritischer Bereich >;
i := 0;
…
```

2.3 Prozessverwaltung

- Semaphore
  - bisher: elementare Operationen => bei komplexen Aufgabenstellungen wird eine solche Vorgehensweise schnell unübersichtlich
  - daher: Synchronisationskonzepte für Prozesse in Programmiersprache einbetten => Semaphore
  - Idee: Prozesse kommunizieren über Signale
  - Semaphore sind spezielle Variablen, die diese Signale übertragen

2.3 Prozessverwaltung

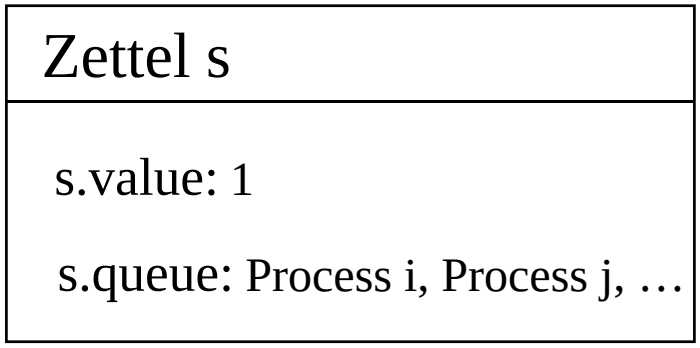
- Ein Semaphor kann
  - Werte 0 oder 1 annehmen => binäres Semaphor
  - Werte 0, … , *n* annehmen => Zählsemaphor

  (Zählsemaphore können sogar auch negative Werte annehmen)
- Operationen auf Semaphor S:
  - `init`(S, Anfangswert) setzt S auf den Anfangswert
  - `wait`(S) versucht S zu dekrementieren; ein negativer Wert blockiert `wait`
  - `signal`(S) inkrementiert S; ggfs. wird dadurch die Blockierung von `wait` aufgehoben

Ausreichende Intuition: Operationen auf Semaphoren sind so etwas wie die „elementaren Verarbeitungsschritte“ (z.B. Multiplikation etc. auf natürlichen Zahlen) in Kapitel 1

2.3 Prozessverwaltung

- Realisierung eines Semaphor:
  - Intuition: Variable ist „Zettel“ auf den Informationen geschrieben werden können
  - Semaphor ist ein Zettel, auf dem steht:
    - Der Wert des Semaphors (0 oder 1 bei einem binären Semaphor bzw. 0, …, n bei einem Zählsemaphor)
    - Eine Liste von blockierten Prozessen (als FIFO-Warteschlange)



2.3 Prozessverwaltung

Binäres Semaphor

```
Variable  s: binarysemaphore;
```

Initialisierung	**algorithmus** init
	  input s: binarysemaphore, initialvalue: {0,1}
	  begin
	  s.value = initialvalue;
	  end

Wait	**algorithmus** wait
	  input s: binarysemaphore
	  begin
	  if s.value = 1
	  then s.value := 0;
	  else
	  blockiere Prozess und plaziere ihn in s.queue;
	  end

Signal	**algorithmus** signal
	  input s: binarysemaphore
	  begin
	  if s.queue is empty
	  then s.value := 1;
	  else
	  entnehme einen Prozess aus s.queue;
	  end

2.3 Prozessverwaltung

Zählsemaphor

```
Variable  s: semaphore;
```

Initialisierung	**algorithmus** init
	  input s: semaphore, initialvalue: NUMBER
	  begin
	  s.value = initialvalue;
	  end

Wait	**algorithmus** wait
	  input s: semaphore
	  begin
	  s.value := s.value – 1;
	  if s.value < 0
	  then
	  blockiere Prozess und plaziere ihn in s.queue;
	  end

Signal	**algorithmus** signal
	  input s: semaphore
	  begin
	  s.value = s.value + 1;
	  if s.value <= 0
	  then
	  entnehme einen Prozess aus s.queue;
	  end

2.3 Prozessverwaltung

- Programmiertechnische Nutzung von Semaphoren

```
VAR s: binarysemaphore;
init(s,1)
…
wait(s);
< kritischer Bereich >;
signal(s);
…
```

- Einsatz:
  - Realisierung eines wechselseitigen Ausschlusses
    => binäres Semaphor
  - Verwaltung einer begrenzter Anzahl von Ressourcen
    => Zählsemaphor

2.3 Prozessverwaltung

- Deadlocks (siehe Seite 18):

  Ein Deadlock ist die dauerhafte Blockierung einer Menge *M* von Prozessen, die eine Menge *S* gemeinsamer Systemressourcen nutzen oder miteinander kommunizieren ($|M|>1$, $|S|>1$)

  - Lösungsstrategien:
    - Vermeidung
    - Erkennung

2.3 Prozessverwaltung

- Vermeidung von Deadlocks
  - keine gleichzeitige Beanspruchung mehrerer Betriebsmittel durch einen Prozess

    … get A … release A … get B … release B …

    Das ist aber nicht immer möglich !!!
  - wenn ein Prozess mehrere Betriebsmittel gleichzeitig benötigt, muss er diese auf einmal belegen; die Freigabe kann nach und nach erfolgen

    … get A,B,C … release B … release A,C …

    Problem:

    Alle benötigten Betriebsmittel müssen vorab bekannt sein

    Ggfs. werden dadurch zu viele Ressourcen belegt, nur weil die Möglichkeit besteht, dass sie benötigt werden könnten

2.3 Prozessverwaltung

- Erkennung von Deadlocks
  - notwendige Voraussetzungen für Deadlock (trifft eine nicht zu, kann kein Deadlock entstehen):
    - ***Mutual Exclusion***

      Es gibt mind. 2 Ressourcen, die nur von einem Prozess gleichzeitig benutzt werden
    - ***Hold and Wait***

      Ein Prozess muss eine Ressource behalten, während er auf eine weitere Ressource wartet
    - ***No Preemption***

      Eine Ressource kann einem Prozess, der sie behält, nicht wieder entzogen werden

2.3 Prozessverwaltung

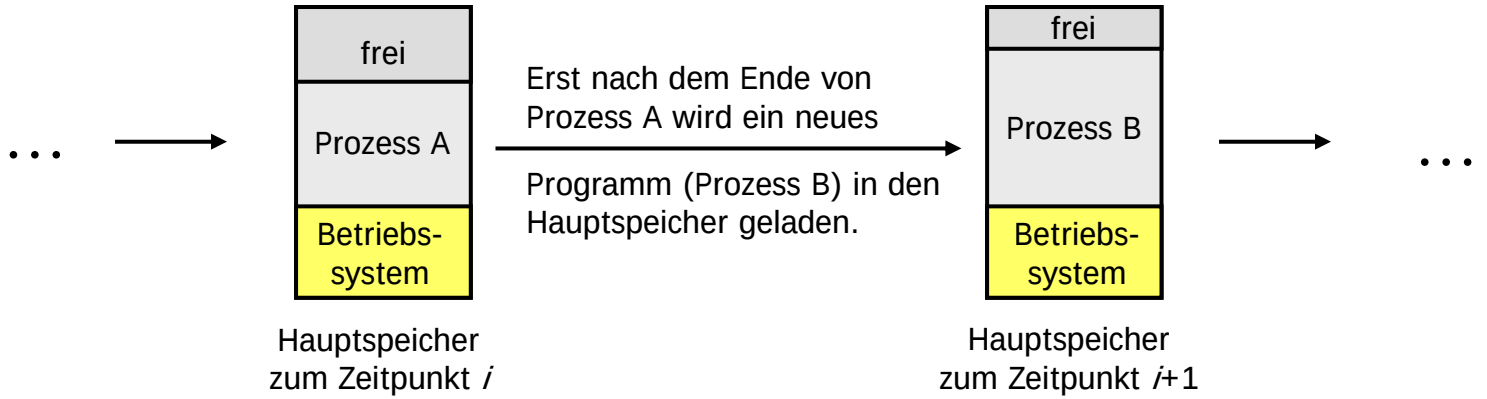
- Sind alle drei Bedingungen erfüllt, muss noch eine vierte Bedingung zutreffen, damit ein Deadlock eintritt:
  - ***Circular Wait***

    Es existiert eine geschlossene Kette von Prozessen, so dass jeder Prozess mindestens eine Ressource hält, die von einem anderen Prozess der Kette gebraucht wird

- Was kann dann getan werden?
  - Es muss eine der drei Bedingungen auf der vorigen Folie verletzt werden, z.B. *No Preemption*: einem Prozess wird eine Ressource, die dieser gerade hält, wieder entzogen werden

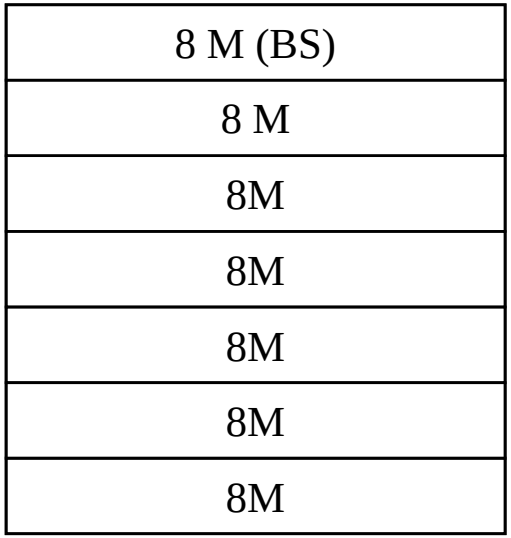
2.4 Speicherverwaltung

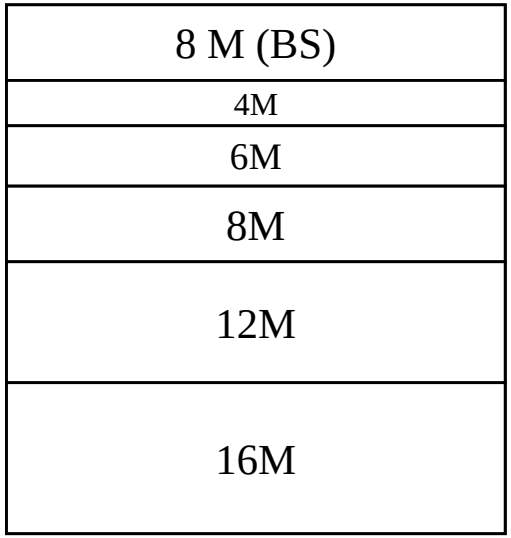
- Motivation:
  - beim Multiprogramming muss Hauptspeicher mehreren Prozessen gleichzeitig zur Verfügung gestellt werden
  - Aufgaben der Hauptspeicherverwaltung
    - ***Zuteilung*** (***allocation***) von ausreichend Speicher an einen ausführenden Prozess
    - ***Schutz*** (***protection***) vor Zugriffen auf Hauptspeicherbereiche, die dem entsprechenden Prozess nicht zugewiesen sind
  - einfachster Fall: Uniprogramming



2.4 Speicherverwaltung

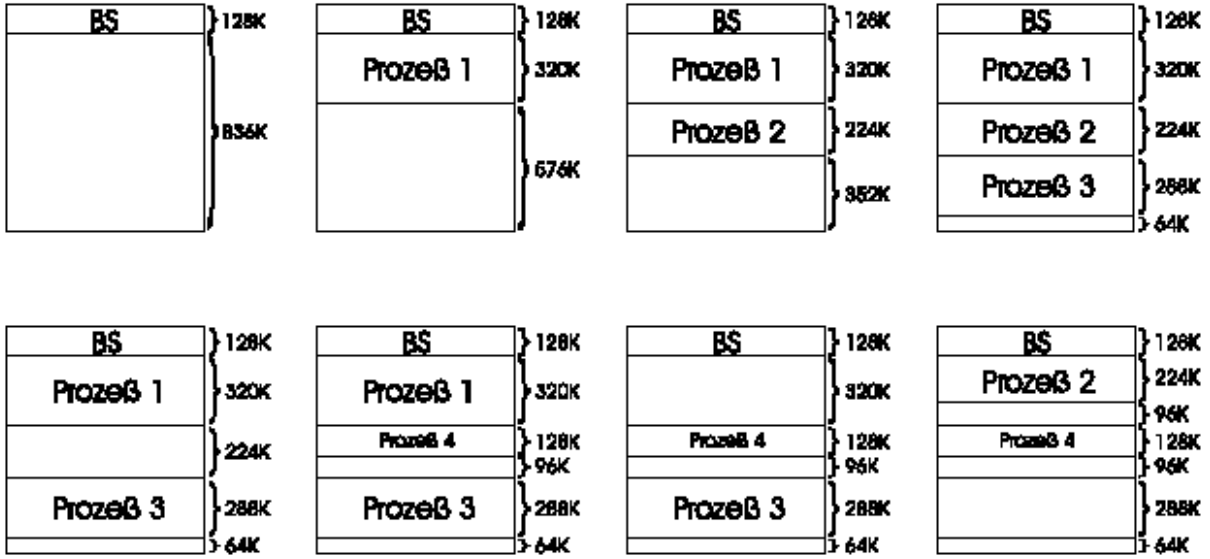
- Für das Multiprogramming ist eine Unterteilung (***Partitionierung***) des Speichers für mehrere Prozesse erforderlich
  - ***Feste Partitionierung*** in gleich große Partitionen
    - ABER: nicht alle Prozesse gleich groß => unterschiedlich große Partitionen
    - TROTZDEM: große Prozesse müssen zerlegt werden
    - => ***(interne) Fragmentierung***: Teile der Partitionen bleiben unbenutzt





2.4 Speicherverwaltung

- ***Dynamische Partitionierung*** in Partitionen variabeler Größe, d.h. für jeden Prozess wird genau der benötigte Speicherplatz zugewiesen
  - ***(externe Fragmentierung)***: zwischen den Partitionen können Lücken entstehen



  - Speicherbelegungsstrategien wie z.B. „Best Fit“, „First Fit“, „Next Fit“ nötig
- ***Defragmentierung*** durch Verschieben der Speicherbereiche prinzipiell möglich, aber sehr aufwendig (normaler Betriebsablauf muss komplett unterbrochen werden) !!!

2.4 Speicherverwaltung

- Nachteile der bisherigen Konzepte
  - Prozess komplett im HS, obwohl oft nur ein kleiner Teil benötigt wird
  - Platz für Programme und Daten ist durch Hauptspeicherkapazität begrenzt
  - zusammenhängende Speicherbelegung für einen Prozess verschärft Fragmentierung
  - Speicherschutz muss vom BS explizit implementiert werden
- Lösung: ***virtueller Speicher***
  - Prozessen mehr Speicher zuordnen als eigentlich vorhanden
  - nur bestimmte Teile der Programme werden in HS geladen
  - Rest wird auf dem Hintergrundspeicher (HGS) abgelegt
  - Prozesse werden ausgeführt, obwohl nur zum Teil im HS eingelagert
  - physischer Adressraum wird auf einen virtuellen (logischen) Adressraum abgebildet

2.4 Speicherverwaltung

- Virtueller Speicher
  - Paging
    - ein Programm wird in Seiten fester Größe (***Pages***) aufgeteilt
    - der reale HS wird in Seitenrahmen (***Frames***) fester Größe aufgeteilt
    - jeder Frame kann eine Page aufnehmen
    - Pages können nach Bedarf in freie Frames (im Hauptspeicher) eingelagert werden
    - Programm arbeitet mit virtuellen Speicheradressen (Pages), die bei Adressierung (Holen von Befehlen, Holen und Abspeichern von Operandenwerten, usw.) in eine reale Hauptspeicheradresse umgesetzt werden müssen
    - Diese Zuordnung übernimmt das Betriebssystem und die Memory Management Unit (MMU) mit Hilfe einer Seitentabelle (page table)

2.4 Speicherverwaltung

- Prinzip des Paging:
  - um für die momentan arbeitenden Prozesse genügend Platz zu haben, werden nicht benötigte Seiten auf den HGS ausgelagert
  - wird eine Seite benötigt, die nicht im Hauptspeicher sondern nur auf dem HGS lagert, so tritt ein ***Seitenfehler*** auf
  - die benötigte Seite muss in den Hauptspeicher geladen werden
  - falls der Hauptspeicher schon voll ist, muss eine/mehrere geeignete Seiten ausgelagert werden
  - Abschließend wird die Seitentabelle entsprechend aktualisiert
- Behandlung von Seitenfehlern: ***Seitenersetzung***
  - Behandlung von Seitenfehlern muss effizient sein, sonst wird der Seitenwechsel leicht zum Flaschenhals des gesamten Systems
  - Bei der Auswahl der zu ersetzenden Seite(n) sollten immer solche ausgewählt werden, auf die möglichst nicht gleich wieder zugegriffen wird (sonst müssten diese gleich wieder eingelagert werden, auf Kosten von anderen Seiten)

2.4 Speicherverwaltung

- Seitenersetzungsstrategien (Auswahl)
  - Optimal (OPT)

    ersetzt die Seite, die am längsten nicht benötigt wird; leider nicht vorhersehbar und daher nicht realisierbar
  - Random

    zufällige Auswahl; schnell und einfach zu realisieren, aber keine Rücksicht auf das Seitenreferenzverhalten des Prozesses
  - First In, First Out (FIFO)

    ersetzt die älteste Seite im Hauptspeicher; einfach zu realisieren, aber Seitenzugriffshäufigkeit wird nicht berücksichtigt
  - Least Recently Used (LRU)

    ersetzt die Seite, auf die am längsten nicht mehr zugegriffen wurde; berücksichtigt am besten die Beobachtung, dass Seiten, die länger nicht mehr verwendet wurden, auch in Zukunft länger nicht benötigt werden (Prinzip der Lokalität)