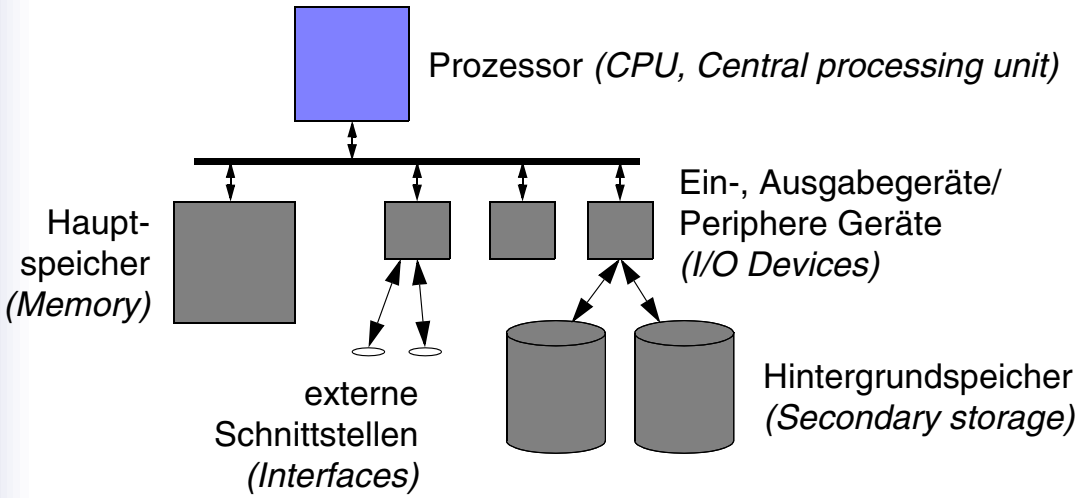
Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

Background:

5. Prozessverwaltung - Einführung

5. Prozessverwaltungssystem

- Einordnung



5.1 Wichtige Komponenten eines Prozessors

(Siehe auch Kapitel B3 - Rechnerarchitektur!)

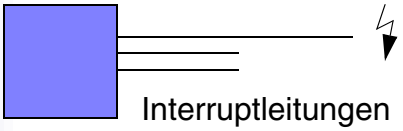
- **Register**
  - Prozessor besitzt Steuer- und Vielzweckregister (Rechenregister)
  - Steuerregister:
    - Befehlszähler *(Instruction pointer)*
    - Stapelregister *(Stack pointer)*
    - Statusregister
    - etc.
- **Befehlszähler** (Programmadressregister, Programmzähler) enthält Speicheradresse der nächsten Instruktion
  - Instruktion wird geladen und
  - ausgeführt
  - Programmadressregister wird inkrementiert
  - dieser Vorgang wird ständig wiederholt

5.1 Wichtige Komponenten eines Prozessors

- **Prozessor** arbeitet in einem bestimmten **Modus** (mindestens 2)
  - **Benutzermodus**: eingeschränkter Befehlssatz
  - **privilegierter Modus:** erlaubt zusätzlich Ausführung privilegierter Befehle
    - Konfigurationsänderungen des Prozessors
    - Moduswechsel
    - spezielle Ein-, Ausgabebefehle

5.1 Wichtige Komponenten eines Prozessors

- **Unterbrechungen** *(Interrupts)*



Signalisieren der Unterbrechung
(Interrupt request; IRQ)

Interruptleitungen

- Prozessor unterbricht laufende Bearbeitung und führt eine definierte Befehlsfolge aus
  (Interupt-Service-Routine; eine für jeden Typ; Geräteklasse)
- vorher werden alle Register einschließlich Programmzähler gesichert
  (z.B. auf dem Stack oder Registersatz-Umschaltung)
- nach einer Unterbrechung kann der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt werden (Scheduler-Entscheidung)
- Unterbrechungen werden im privilegierten Modus bearbeitet
- geschachtelte Unterbrechungen werden in der Regel vermieden

5.1 Wichtige Komponenten eines Prozessors

- **Systemaufrufe** *(Traps; User interrupts)*
- Wie kommt man kontrolliert vom Benutzermodus in einen privilegierten Modus?
- spezielle Befehle zum Eintritt in den privilegierten Modus
  (Supervisor calls (SVC))
- Prozessor schaltet in privilegierten Modus und führt definierte Befehlsfolge aus
- solche Befehle werden dazu genutzt, die Betriebssystemschnittstelle(API) zu implementieren
- Parameter werden nach einer Konvention übergeben
  (z.B. auf dem Stack; über ausgezeichnete Register)
  und vom Betriebssystem überprüft!

5.2 Betriebsstrategien von Rechnesystemen

- **Stapelsysteme** *(Batch systems)*
  - ein Programm läuft auf dem Prozessor von Anfang bis Ende (üblich bei “numerischen Langläufern” auf Hochleistungssystemen)
- **Zeitscheiben - Systeme** *(Time sharing systems)*
  - mehrere Programme laufen (quasi) gleichzeitig
  - Prozessorzeit muss den Programmen zugeteilt werden
  - Programme laufen nebenläufig
- **Echtzeit - Systeme** *(Realtime systems)*
  - Garantiertes Reaktionsverhalten auf externe Ereignisse

1 Aktivitätsträger, Prozesse, Threads

- Terminologie:
  - **Programm:** Folge von Anweisungen
  - **Prozess:**
    - Programm, das sich in Ausführung befindet, und seine Daten und seine “Ausführungsumgebung” *(Schutzumgebung)*.
    - Ein Programm kann sich mehrfach in Ausführung befinden.
  - **Aktivitätsträger:**
    - Ein sich in Ausführung befindliches Programm entspricht der Abarbeitung der Maschinenbefehlssequenzen, die sich aus dem Programmcode ergeben.
    - Diese Sequenzen ziehen sich - bildlich gesprochen - wie ein Faden *(Thread)* durch den Code.

1 Aktivitätsträger, Prozesse, Threads

◆ **Aktivitätsträger (cont.):**

- Ein Programmcode kann von mehreren Threads abgewickelt werden:
  - quasi parallel: zeitlich verschränkt auf einem Prozessor
  - oder tatsächlich parallel: auf mehreren Prozessoren

◆ **Threads:**

- **Threads** eines Prozesses laufen in der Schutzumgebung **EINES Prozesses** ab.
- Man nennt sie deswegen auch ***light-weighted processes*** *(LWP)*.
- Ein Sonderfall ist der Prozess mit genau einem Thread ***(heavy-weighted processes)***.

1.1 Prozesszustände

■ Ein Prozess befindet sich üblicherweise in einem der folgenden Zustände:

◆ **Erzeugt** *(New)*
Prozess wurde erzeugt; Prozess besitzt noch nicht alle Betriebsmittel zum Laufen

◆ **Bereit** *(Ready)*
Prozess besitzt alle nötigen Betriebsmittel und ist bereit zum Laufen

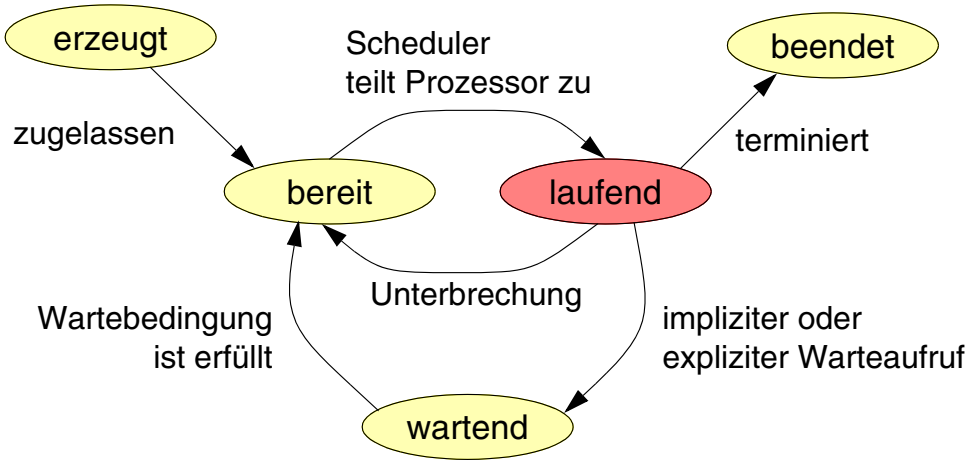
◆ **Laufend** *(Running)*
Prozess wird vom realen Prozessor ausgeführt

◆ **Blockiert/Wartend** *(Blocked/Waiting)*
Prozess wartet auf ein Ereignis (z.B. Fertigstellung einer Ein- oder Ausgabeoperation, Zuteilung eines Betriebsmittels, Empfang einer Nachricht)

◆ **Beendet** *(Terminated)*
Prozess ist beendet; einige Betriebsmittel sind jedoch noch nicht freigegeben oder Prozess muss aus anderen Gründen im System verbleiben

1.1 Prozesszustände

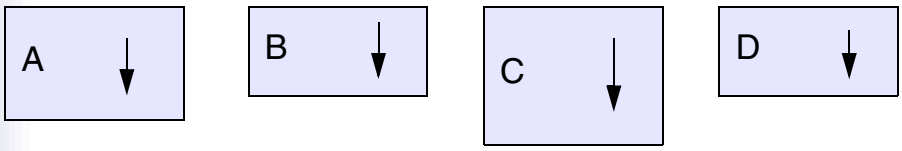
- Zustandsdiagramm



  - Scheduler ist der Teil des Betriebssystems, der die Zuteilung des realen Prozessors (ggf. mehrere) vornimmt.

1.2 Prozesswechsel

- Konzeptionelles Modell

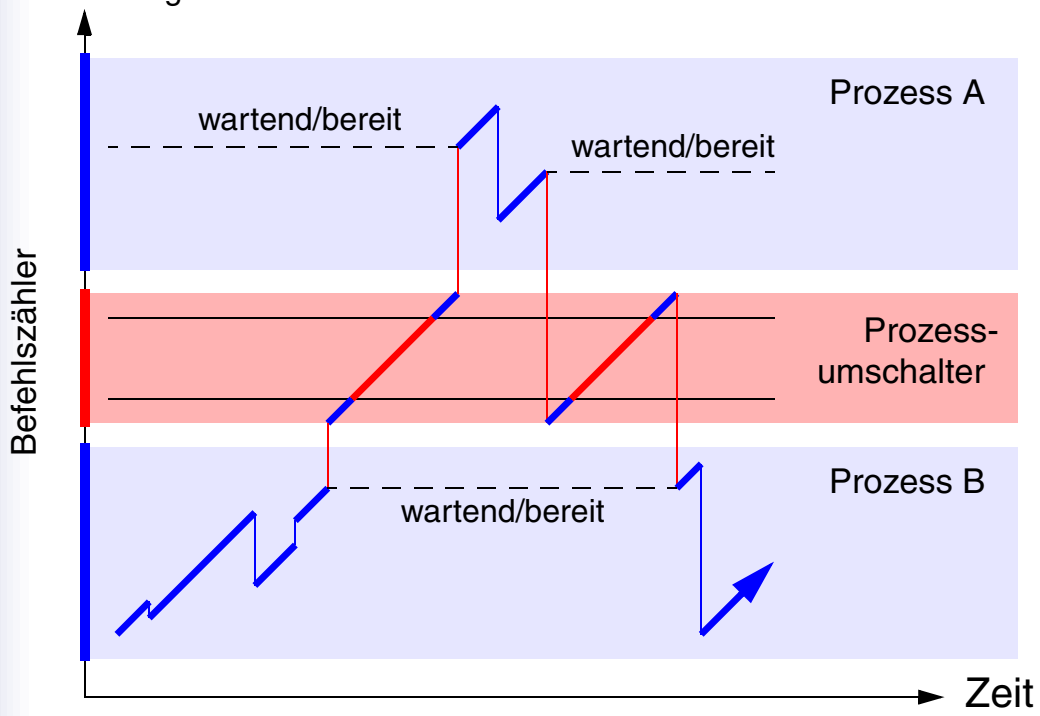


  vier Prozesse mit eigenständigen Programmadressregister-Inhalten

- Umschaltung *(Context switch):*
  - Sichern der Register des laufenden Prozesses inkl. Programmadressregister-Inhalt (Kontext, Ablaufumgebung),
  - Auswahl des neuen Prozesses,
  - Kontext, Ablaufumgebung (z. B. Speicherabbildung) des neuen Prozesses herstellen, gesicherte Register laden und
  - Prozessor aufsetzen.

1.2 Prozesswechsel

- Umschaltung



1.2 Prozesswechsel

- Prozesskontrollblock *(Process control block; PCB):*
  - ◆ Datenstruktur, die alle nötigen Daten für die Verwaltung eines Prozesses enthält.
    Beispielsweise in UNIX:
    - Prozessnummer *(PID)*
    - verbrauchte Rechenzeit
    - Erzeugungszeitpunkt
    - Kontext (Register etc.)
    - Speicherabbildung
    - Eigentümer *(UID, GID)*
    - Wurzelkatalog, aktueller Katalog
    - offene Dateien
    - ...

1.2 Prozesswechsel

- Prozesswechsel unter Kontrolle des Betriebssystems:
  - ◆ Mögliche Eingriffspunkte:
    - Systemaufrufe *(Traps)*
    - Unterbrechungen *(Interrupts)*
  - ◆ Wechsel nach/in Systemaufrufen
    - Warten auf Ereignisse
      (z.B. Zeitpunkt, Nachricht, Lesen eines Plattenblocks)
    - Terminieren des Prozesses
  - ◆ Wechsel nach Unterbrechungen
    - Ablauf einer Zeitscheibe, Geräte Interrupts
    - bevorzugter Prozess wurde laufbereit (einer mit höherer Priorität)
- Auswahlstrategie zur Wahl des nächsten Prozesses:
  - ◆ *Scheduler*-Komponente

2 Operationen auf Prozessen

- Typische Operationen (System Calls) eines UNIX Betriebssystems:
  (Direkter Zugriff nur durch Systemprogrammiersprachen wie C; C++ möglich; durch sog. C-Lib.)
  - ◆ **Erzeugen** eines neuen Prozesses:
    - dupliziert den gerade laufenden Prozess
    - aus einem Vaterprozess wird ein Kindprozess erzeugt

```
pid_t fork( void );
```

  - ◆ **Ausführen** eines Programms:

```
int execve( const char *path, char *const argv[],
                    char *const envp[] );

/* Es gibt noch weitere Varianten dieses Systemcalls */
```

  - ◆ Prozess **beendet** sich:

```
void exit( int status );
```

2 Operationen auf Prozessen (cont.)

◆ Prozessidentifikator:

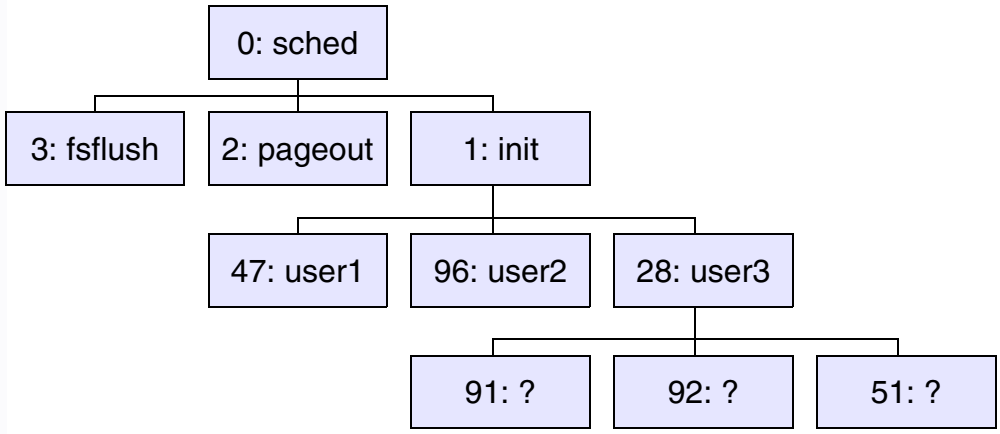
```
pid_t getpid( void );          /* eigene PID */
pid_t getppid( void );         /* PID des Vaterprozesses */
```

◆ Warten auf Beendigung eines Kindprozesses:

```
pid_t wait( int *statusp );
```


3 Prozesshierarchie (Unix - Solaris)

■ Hierarchie wird durch Vater-Kind–Beziehung erzeugt



◆ Nur der Vater kann auf das Kind warten

◆ Init-Prozess adoptiert verwaiste Kinder

4 Threads

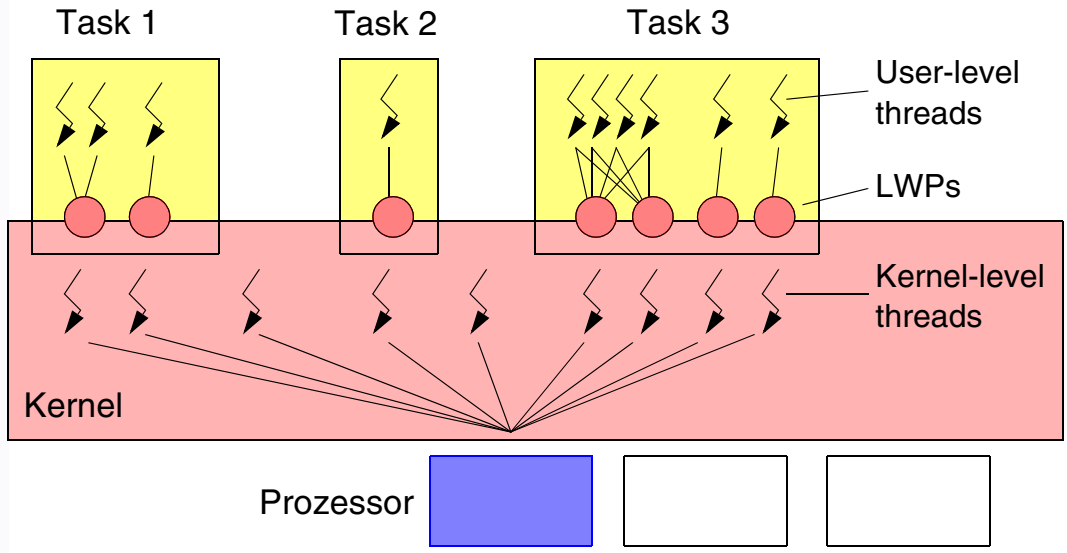
- Thread als leichtgewichtiger Prozess *(Leight weight process, LWP):*
  - keine eigene Schutzumgebung
  - mehrere Threads teilen sich einen Speicherbereich und arbeiten im gleichen Instruktionen- und Datenbereich
  - Gruppe von Threads einschließlich ihrer Speicherabbildung wird oft als *Task* bezeichnet
- Ein Prozess ist eine Task mit einem Thread!
- Implementierungen von Threads
  - User-level threads
  - Kernel-level threads

4 Threads

- **User-level threads:**
  - Instruktionen im Anwendungsprogramm schalten zwischen den Threads hin- und her (ähnlich wie der Scheduler im Betriebssystem)
  - Betriebssystem sieht nur einen Thread
    - keine Systemaufrufe zum Umschalten erforderlich
    - effiziente Umschaltung
  - Bei blockierenden Systemaufrufen bleiben alle User-level threads stehen
- **Kernel-level threads:**
  - Betriebssystem schaltet Threads um
    - weniger effizientes Umschalten
  - Kein Blockieren unbeteiligter Threads bei blockierenden Systemaufrufen
  - Fairnessverhalten nötig (zwischen Prozess und Task mit vielen Threads)

4 Beispiel: LWPs und Threads (Solaris)

- Solaris kennt Kernel- und User-level threads



Nach Silberschatz, 1994

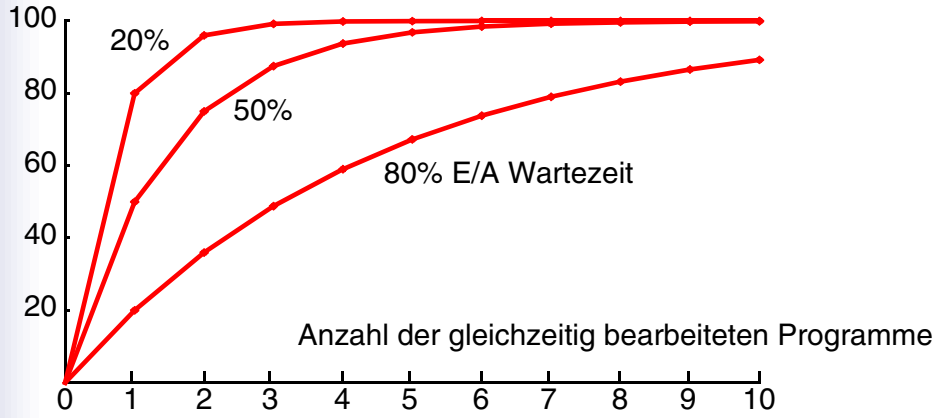
5 Auswahlstrategien

- Strategien zur Auswahl des nächsten Prozesses *(Scheduling strategies):*
  - ◆ Mögliche Stellen zum Treffen von Schedulingentscheidungen:
    1. Prozess wechselt vom Zustand „laufend“ zum Zustand „wartend“ (z.B. Ein-, Ausgabeoperation)
    2. Prozess wechselt von „laufend“ nach „bereit“ (z.B. bei einer Unterbrechung des Prozessors)
    3. Prozess wechselt von „wartend“ nach „bereit“
    4. Prozess terminiert
  - ◆ Bei 1. und 4. gibt es immer einen Prozesswechsel
  - ◆ Bei 2. und 3. gibt es nur einen Prozesswechsel bei verdrängender Strategie
    - Verdrängend (preemptive): laufender Prozess wird unterbrochen und in den Zustand “bereit” gebracht
    - Nicht verdrängend (nonpreemptive): laufender Prozess wird vollständig bearbeitet und darf nicht unterbrochen werden.

5 Auswahlstrategien

◆ CPU-Auslastung (betrachtet werden *Time sharing systems*)

- CPU soll möglichst gut ausgelastet sein, jedoch NICHT wirklich zu 100%!!
- CPU-Auslastung in Prozent, abhängig von der Anzahl der Programme und deren prozentualer Wartezeit



Nach Tanenbaum, 1995

5 Auswahlstrategien

■ Weitere Kriterien für die Auswahlstrategie:

◆ Durchsatz
- Möglichst hohe Anzahl bearbeiteter Prozesse pro Zeiteinheit

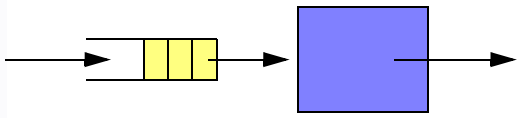
◆ Verweilzeit
- Gesamtzeit des Prozesses in der Rechenanlage soll so gering wie möglich sein

◆ Wartezeit
- Möglichst kurze Gesamtzeit, in der der Prozess im Zustand „bereit“ ist

◆ Antwortzeit
- Möglichst kurze Reaktionszeit des Prozesses im interaktiven Betrieb

5.1 First Come First Served

- Der erste Prozess wird zuerst bearbeitet *(FCFS)*
  - „Wer zuerst kommt ...“
  - Nicht-verdrängend
- Warteschlange zum Zustand „bereit“
  - Prozesse werden hinten eingereiht
  - Prozesse werden vorne entnommen



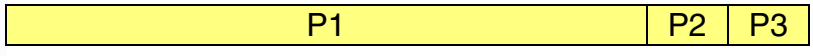
- Bewertung
  - fair (?)
  - Wartezeiten nicht minimal
  - nicht für Time sharing-Betrieb geeignet

5.1 First Come First Served

- Beispiel zur Betrachtung der Wartezeiten

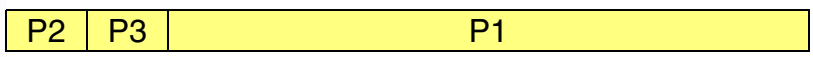
Prozess 1:	24	} Zeiteinheiten
Prozess 2:	3	
Prozess 3:	3	

  - Reihenfolge: P1, P2, P3



mittlere Wartezeit: (0 + 24 + 27)/3 = 17

  - Reihenfolge: P2, P3, P1



mittlere Wartezeit: (6 + 0 +3)/3 = 3

5.2 Shortest Job First

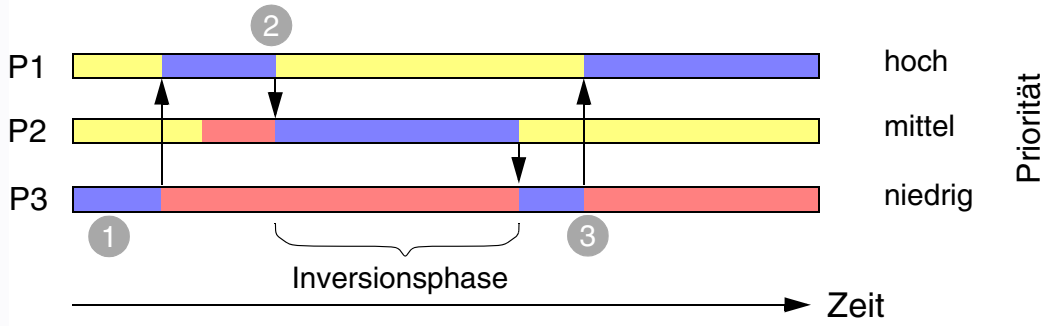
- Kürzester Job wird ausgewählt *(SJF)*
  - Länge bezieht sich auf die nächste Rechenphase bis zur nächsten Warteoperation (z.B. Ein-, Ausgabe)
- „bereit“-Warteschlange wird nach Länge der nächsten Rechenphase sortiert
  - Vorhersage der Länge durch Protokollieren der Länge bisheriger Rechenphasen (Mittelwert, exponentielle Glättung)
  - ... Protokollierung der Länge der vorherigen Rechenphase
- SJF optimiert die mittlere Wartezeit
  - Da Länge der Rechenphase in der Regel nicht genau vorhersagbar, nicht ganz optimal.
- Variante: verdrängend *(PSJF = Preemptive* Shortest Job First*)* und nicht-verdrängend *(SJF)*

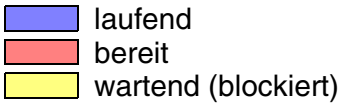
5.3 Prioritäten

- Prozess mit höchster Priorität wird ausgewählt
  - dynamisch — statisch
    (z.B. SJF: dynamische Vergabe von Prioritäten gemäß Länge der nächsten Rechenphase)
    (z.B. statische Prioritäten in Echtzeitsystemen; Vorhersagbarkeit von Reaktionszeiten)
  - verdrängend — nicht-verdrängend
- Probleme:
  - Aushungerung
    Ein Prozess kommt nie zum Zuge, da immer andere mit höherer Priorität vorhanden sind.
  - Prioritätenumkehr *(Priority inversion)*

5.3 Prioritäten

- Prioritätenumkehr
  - hochpriorer Prozess wartet auf ein Betriebsmittel, das ein niedrigpriorer Prozess besitzt; dieser wiederum wird durch einen mittelprioren Prozess verdrängt und kann daher das Betriebsmittel gar nicht freigeben





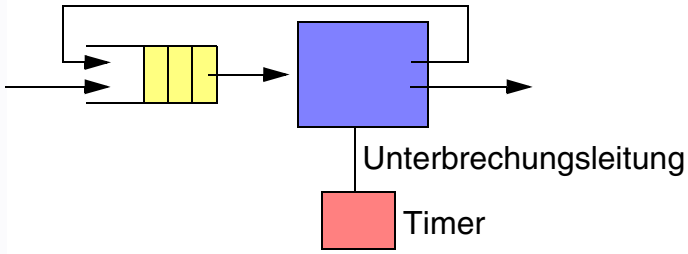
1. P3 fordert Betriebsmittel an
2. P1 wartet auf das gleiche Betriebsmittel
3. P3 gibt Betriebsmittel frei

5.3 Prioritäten

- Lösungen:
  - zur Prioritätenumkehr:
    dynamische Anhebung der Priorität für kritische Prozesse
  - zur Aushungerung:
    dynamische Anhebung der Priorität für lange wartende Prozesse
    (Alterung, *Aging*)

5.4 Round Robin Scheduling

- Zuteilung und Auswahl erfolgt reihum
  - ähnlich FCFS aber mit Verdrängung
  - Zeitquantum *(Time quantum)* oder Zeitscheibe *(Time slice)* wird zugeteilt
  - geeignet für *Time sharing*-Betrieb



  - Wartezeit ist jedoch eventuell relativ lang

5.5 Multilevel Feedback Queue Scheduling

- Mehrere Warteschlangen *(MLFB)*
  - jede Warteschlange mit eigener Behandlung
  - Prozesse können von einer zur anderen Warteschlange transferiert werden