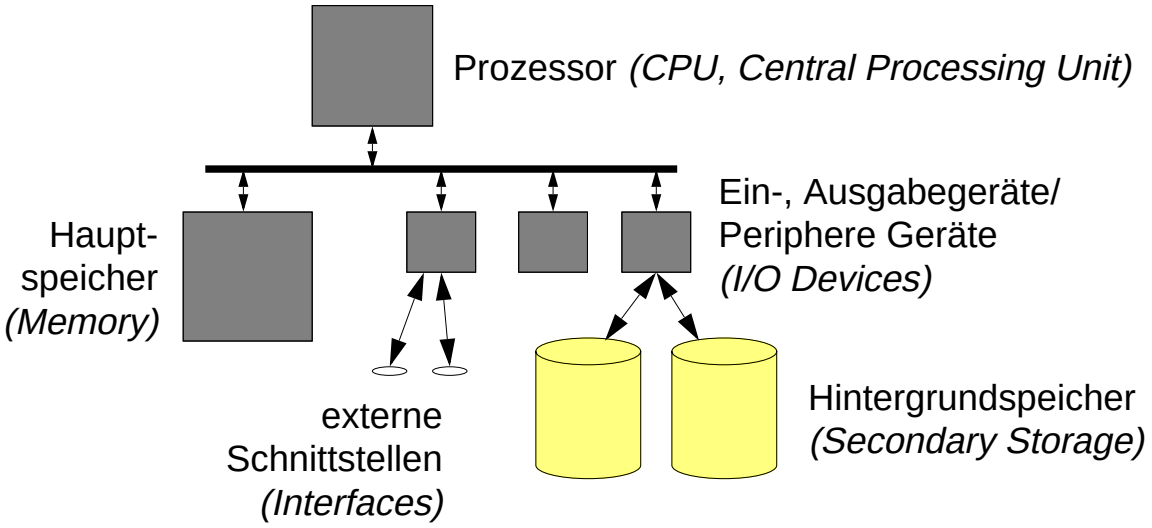
C Dateisysteme

- Einordnung

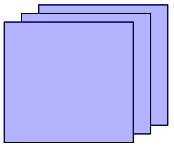


C Dateisysteme (2)

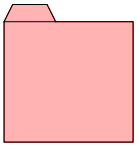
- Dateisysteme speichern Daten und Programme persistent in Dateien
  - ◆ Betriebssystemabstraktion zur Nutzung von Hintergrundspeichern (z.B. Platten, CD-ROM, Floppy Disk, Bandlaufwerke)
    - Benutzer muss sich nicht um die Ansteuerungen verschiedener Speichermedien kümmern
    - einheitliche Sicht auf den Sekundärspeicher
- Dateisysteme bestehen aus
  - ◆ Dateien *(Files)*
  - ◆ Katalogen / Verzeichnissen *(Directories)*
  - ◆ Partitionen *(Partitions)*

C Dateisysteme (3)

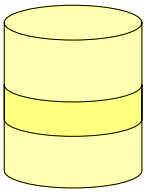
- Datei
  - ◆ speichert Daten oder Programme



- Katalog / Verzeichnis
  - ◆ fasst Dateien (u. Kataloge) zusammen
  - ◆ erlaubt Benennung der Dateien
  - ◆ enthält Zusatzinformationen zu Dateien



- Partitionen
  - ◆ eine Menge von Katalogen und deren Dateien
  - ◆ Sie dienen zum physischen oder logischen Trennen von Dateimengen.
    - *physisch:* Festplatte, Diskette
    - *logisch:* Teilbereich auf Platte oder CD



C.1 Dateien

- Kleinste Einheit, in der etwas auf den Hintergrundspeicher geschrieben werden kann.

1 Dateiattribute

- *Name* — Symbolischer Name, vom Benutzer les- und interpretierbar
  - ◆ z.B. **`AUTOEXEC.BAT`**
- *Typ* — Für Dateisysteme, die verschiedene Dateitypen unterscheiden
  - ◆ z.B. sequenzielle Datei, satzorientierte Datei
- *Ortsinformation* — Wo werden die Daten physisch gespeichert?
  - ◆ Gerätenummer, Nummern der Plattenblocks

1 Dateiattribute (2)

- *Größe* — Länge der Datei in Größeneinheiten (z.B. Bytes, Blocks, Sätze)
  - ◆ steht in engem Zusammenhang mit der Ortsinformation
  - ◆ wird zum Prüfen der Dateigrenzen z.B. beim Lesen benötigt
- *Zeitstempel* — Zeit und Datum der Erstellung, letzten Modifikation etc.
  - ◆ unterstützt Backup, automatische Dateierzeugung, Benutzerüberwachung etc.
- *Rechte* — Zugriffsrechte bestimmen, wer lesen, schreiben etc. kann
  - ◆ z.B. nur für den Eigentümer schreibbar, für alle anderen nur lesbar
- *Eigentümer* — Identifikation des Eigentümers
  - ◆ eventuell eng mit den Rechten verknüpft
  - ◆ Zuordnung beim Accounting (Abrechnung des Plattenplatzes)

2 Operationen auf Dateien

- Erzeugen *(Create)*
  - ◆ Nötiger Speicherplatz wird angefordert.
  - ◆ Katalogeintrag wird erstellt.
  - ◆ Initiale Attribute werden gespeichert.
- Schreiben *(Write)*
  - ◆ Identifikation der Datei
  - ◆ Daten werden auf Platte transferiert.
  - ◆ eventuelle Anpassung der Attribute, z.B. Länge
- Lesen *(Read)*
  - ◆ Identifikation der Datei
  - ◆ Daten werden von Platte gelesen.

2 Operationen auf Dateien (2)

- Positionieren des Schreib-/Lesezeigers *(Seek)*
  - ◆ Identifikation der Datei
  - ◆ In vielen Systemen wird dieser Zeiger implizit bei Schreib- und Leseoperationen positioniert.
  - ◆ Ermöglicht explizites Positionieren.
- Verkürzen *(Truncate)*
  - ◆ Identifikation der Datei
  - ◆ Ab einer bestimmten Position wird der Inhalt entfernt (evtl. kann nur der Gesamtinhalt gelöscht werden).
  - ◆ Anpassung der betroffenen Attribute
- Löschen *(Delete)*
  - ◆ Identifikation der Datei
  - ◆ Entfernen der Datei aus dem Katalog und Freigabe der Plattenblocks

C.2 Kataloge / Verzeichnisse

- Ein Katalog gruppiert Dateien und evtl. andere Kataloge
  - ◆ Verknüpfung mit der Benennung
    - Katalog enthält Namen und Verweise auf Dateien und andere Kataloge
      z.B. *UNIX, MS-DOS*
  - ◆ Zusätzliche Bedingung
    - Katalog enthält Namen und Verweise auf Dateien, die einer bestimmten Zusatzbedingung gehorchen
      z.B. gleiche Gruppennummer in *CP/M*
      z.B. eigenschaftsorientierte und dynamische Gruppierung in *BeOS-BFS*
- Katalog erlaubt die Benennung von Dateien
  - ◆ Vermittlung zwischen externer und interner Bezeichnung (Dateiname — Plattenblöcken)

1 Operationen auf Katalogen

- Auslesen der Einträge *(Read, Read Directory)*
  - Daten des Kataloginhalts werden gelesen und meist eintragsweise zurückgegeben
- Erzeugen und Löschen der Einträge erfolgt implizit mit der zugehörigen Dateioperation
- Erzeugen und Löschen von Katalogen *(Create and Delete Directory)*

2 Attribute von Katalogen

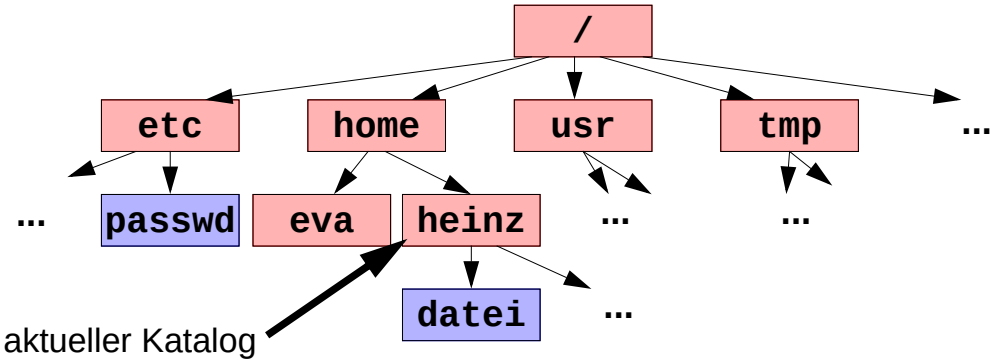
- Die meisten Dateiattribute treffen auch für Kataloge zu
  - Name, Ortsinformationen, Größe, Zeitstempel, Rechte, Eigentümer

C.3 Beispiel: UNIX (Sun-UFS)

- Datei
  - einfache, unstrukturierte Folge von Bytes
  - beliebiger Inhalt; für das Betriebssystem ist der Inhalt transparent
  - dynamisch erweiterbar
  - Zugriffsrechte: lesbar, schreibbar, ausführbar
- Katalog
  - baumförmig strukturiert
    - Knoten des Baums sind Kataloge
    - Blätter des Baums sind Verweise auf Dateien *(Links)*
  - jedem UNIX Prozess ist zu jeder Zeit ein aktueller Katalog *(Current Working Directory)* zugeordnet
  - Zugriffsrechte: lesbar, schreibbar, durchsuchbar, „nur“ erweiterbar

1 Pfadnamen

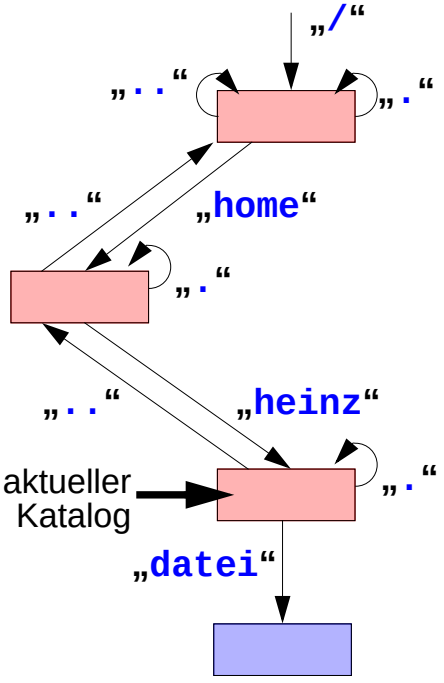
- Baumstruktur



- Pfade
  - z.B. „**`/home/heinz/datei`**“, „**`/tmp`**“, „**`datei`**“
  - „**`/`**“ ist Trennsymbol *(Slash)*; beginnender „**`/`**“ bezeichnet Wurzelkatalog; sonst Beginn implizit mit dem aktuellem Katalog

1 Pfadnamen (2)

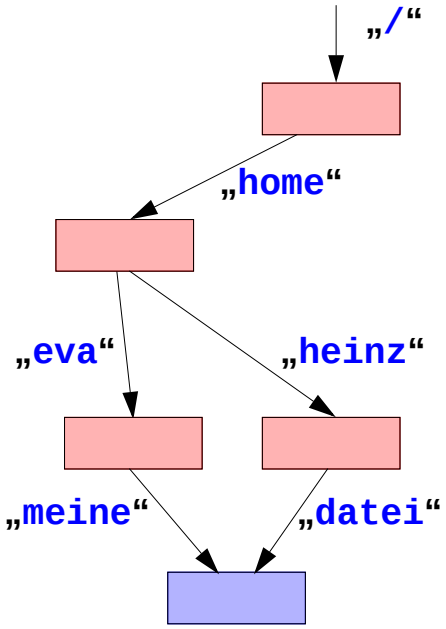
- Eigentliche Baumstruktur



- benannt sind nicht Dateien und Kataloge, sondern die Verbindungen zwischen ihnen
  - Kataloge und Dateien können auf verschiedenen Pfaden erreichbar sein z.B. **`../heinz/datei`** und **`/home/heinz/datei`**
  - Jeder Katalog enthält einen Verweis auf sich selbst („**`.`**“) und einen Verweis auf den darüberliegenden Katalog im Baum („**`..`**“)

1 Pfadnamen (3)

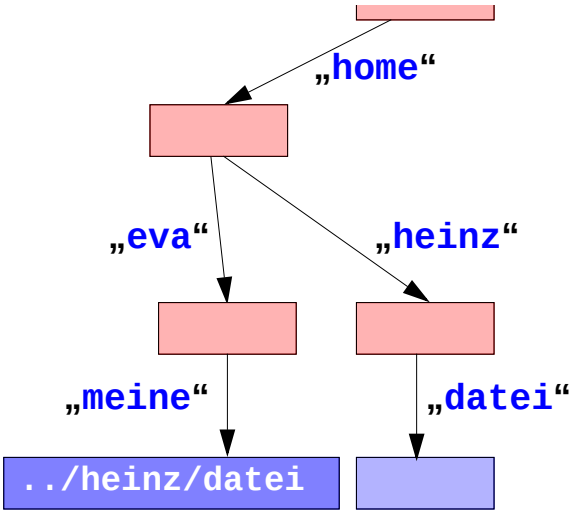
- Links *(Hard Links)*
  - Dateien können mehrere auf sich zeigende Verweise besitzen, sogenannte Hard-Links (nicht jedoch Kataloge)



  - Die Datei hat zwei Einträge in verschiedenen Katalogen, die völlig gleichwertig sind:
    `/home/eva/meine`
    `/home/heinz/datei`
  - Datei wird erst gelöscht, wenn letzter Link gekappt wird.

1 Pfadnamen (4)

- Symbolische Namen *(Symbolic Links)*
  - Verweise auf einen anderen Pfadnamen (sowohl auf Dateien als auch Kataloge)
  - Symbolischer Name bleibt auch bestehen, wenn Datei oder Katalog nicht mehr existiert



  - Symbolischer Name enthält einen neuen Pfadnamen, der vom FS interpretiert wird.

2 Eigentümer und Rechte

- Eigentümer
  - ◆ Jeder Benutzer wird durch eindeutige Nummer (UID) repräsentiert
  - ◆ Ein Benutzer kann einer oder mehreren Benutzergruppen angehören, die durch eine eindeutige Nummer (GID) repräsentiert werden
  - ◆ Eine Datei oder ein Katalog ist genau einem Benutzer und einer Gruppe zugeordnet
- Rechte auf Dateien
  - ◆ Lesen, Schreiben, Ausführen (nur vom Eigentümer veränderbar)
  - ◆ einzeln für den Eigentümer, für Angehörige der Gruppe und für alle anderen einstellbar
- Rechte auf Kataloge
  - ◆ Lesen, Schreiben (Löschen u. Anlegen von Dateien etc.), Durchgangsrecht
  - ◆ Schreibrecht ist einschränkbar auf eigene Dateien („nur erweiterbarer“)

3 Dateien

- Basisoperationen
  - ◆ Öffnen einer Datei

```
int open( const char *path, int oflag, [mode_t mode] );
```

- Rückgabewert ist ein Filedescriptor, mit dem alle weiteren Dateioperationen durchgeführt werden müssen.
- Filedescriptor ist nur prozesslokal gültig.

  - ◆ Sequentielles Lesen und Schreiben

```
ssize_t read( int fd, void *buf, size_t nbytes );
```

Gibt die Anzahl gelesener Zeichen zurück

```
ssize_t write( int fd, void *buf, size_t nbytes );
```

Gibt die Anzahl geschriebener Zeichen zurück

3 Dateien (2)

- Basisoperationen (2)
  - Schließen der Datei

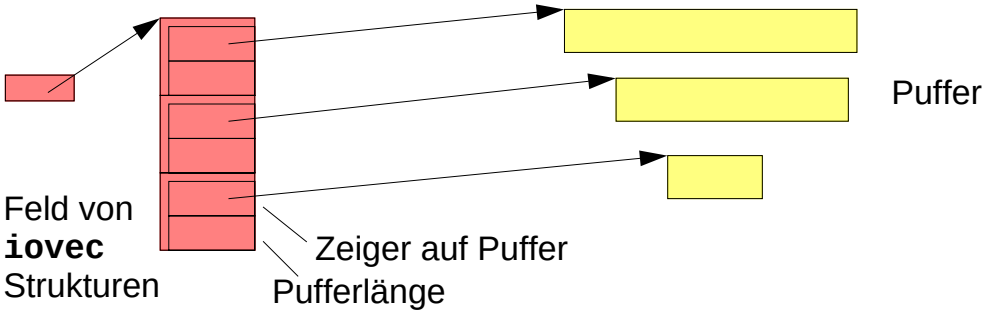
```
int close( int fd );
```

- Fehlermeldungen
  - Anzeige durch Rückgabe von **`-1`**
  - Variable **`int errno`** enthält Fehlercode
  - Funktion **`perror("")`** druckt Fehlermeldung bzgl. **`errno`** auf die Standard-Ausgabe

3 Dateien (2)

- Weitere Operationen
  - Lesen und Schreiben in Pufferlisten

```
int readv( int fd, const struct iovec *iov, int iovcnt );
int writev( int fd, const struct iovec *iov, int iovcnt );
```



  - Positionieren des Schreib-, Lesezeigers

```
off_t lseek( int fd, off_t offset, int whence );
```

3 Dateien (3)

Attribute einstellen

◆ Länge

```
int truncate( const char *path, off_t length );
int ftruncate( int fd, off_t length );
```

◆ Zugriffs- und Modifikationszeiten

```
int utimes( const char *path, const struct timeval *tvp );
```

◆ Implizite Maskierung von Rechten

```
mode_t umask( mode_t mask );
```

◆ Eigentümer und Gruppenzugehörigkeit

```
int chown( const char *path, uid_t owner, gid_t group );
int lchown( const char *path, uid_t owner, gid_t group );
int fchown( int fd, uid_t owner, gid_t group );
```


3 Dateien (4)

◆ Zugriffsrechte

```
int chmod( const char *path, mode_t mode );
int fchmod( int fd, mode_t mode );
```

◆ Alle Attribute abfragen

```
int stat( const char *path, struct stat *buf );
```

Alle Attribute von **`path`** ermitteln (folgt symbolischen Links)

```
int lstat( const char *path, sturct stat *buf );
```

Wie **`stat`**, folgt aber symbolischen Links nicht

```
int fstat( int fd, struct stat *buf );
```

Wie **`stat`**, aber auf offene Datei

4 Kataloge

- Kataloge verwalten
  - Erzeugen

```
int mkdir( const char *path, mode_t mode );
```

  - Löschen

```
int rmdir( const char *path );
```

  - Hard Link erzeugen

```
int link( const char *existing, const char *new );
```

  - Symbolischen Namen erzeugen

```
int symlink( const char *path, const char *new );
```

  - Verweis/Datei löschen

```
int unlink( const char *path );
```


4 Kataloge (2)

- Kataloge auslesen
  - Öffnen, Lesen und Schließen wie eine normale Datei
  - Interpretation der gelesenen Zeichen ist jedoch systemabhängig, daher wurde eine systemunabhängige Schnittstelle zum Lesen definiert:

```
int getdents(  int fildes, struct dirent *buf,
               size_t nbyte );
```

  - Zum einfacheren Umgang mit Katalogen gibt es Bibliotheksfunktionen:

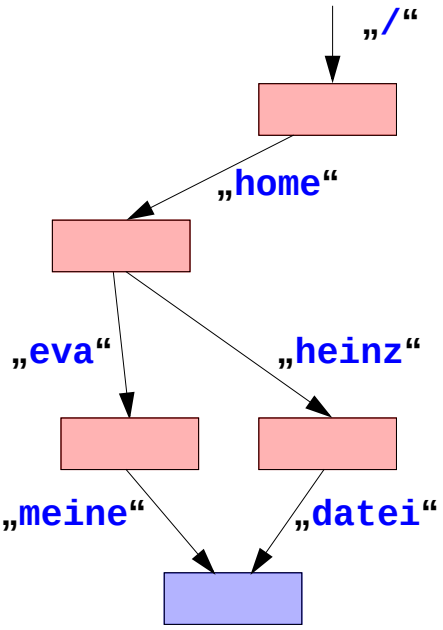
```
DIR *opendir( const char *path );
struct dirent *readdir( DIR *dirp );
int closedir( DIR *dirp );
long telldir( DIR *dirp );
void seekdir( DIR *dirp, long loc );
```

- Symbolische Namen auslesen

```
int readlink( const char *path, void *buf, size_t bufsiz );
```

5 Inodes

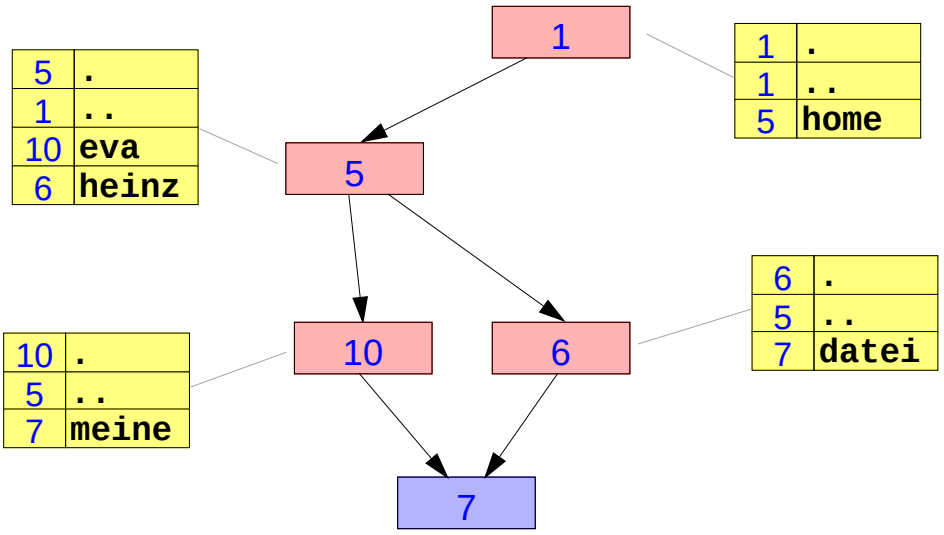
- Attribute einer Datei und Ortsinformationen über ihren Inhalt werden in sogenannten Inodes gehalten
  - Inodes werden pro Partition nummeriert *(Inode Number)*



logischer Dateibaum

5 Inodes (2)

- Kataloge enthalten lediglich Paare von Namen und Inode-Nummern



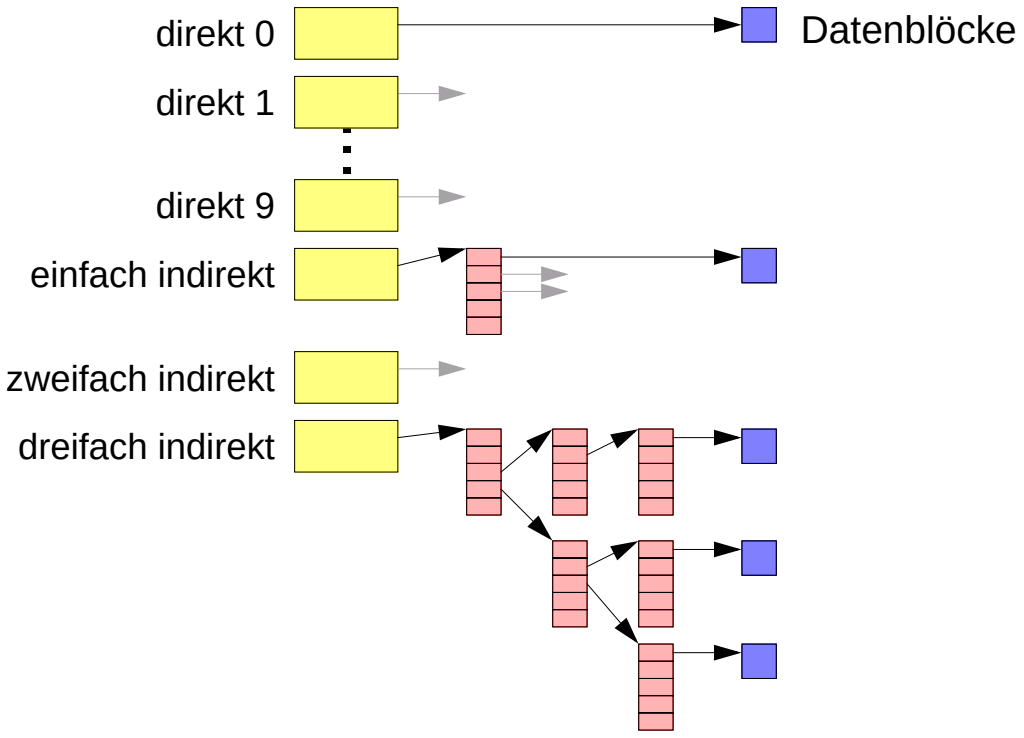
tatsächlich gespeicherter Baum

5 Inodes (3)

- Inhalt eines Inodes
  - Inodenummer
  - Dateityp: Katalog, normale Datei, Spezialdatei (z.B. Gerät)
  - Eigentümer und Gruppe
  - Zugriffsrechte
  - Zugriffszeiten: letzte Änderung *(mtime)*, letzer Zugriff *(atime)*, letzte Änderung des Inodes *(ctime)*
  - Anzahl der Hard links auf den Inode
  - Dateigröße (in Bytes)
  - Adressen der Datenblöcke des Datei- oder Kataloginhalts (zehn direkt Adressen und drei indirekte)

5 Inodes (4)

- Adressierung der Datenblöcke



6 Spezialdateien

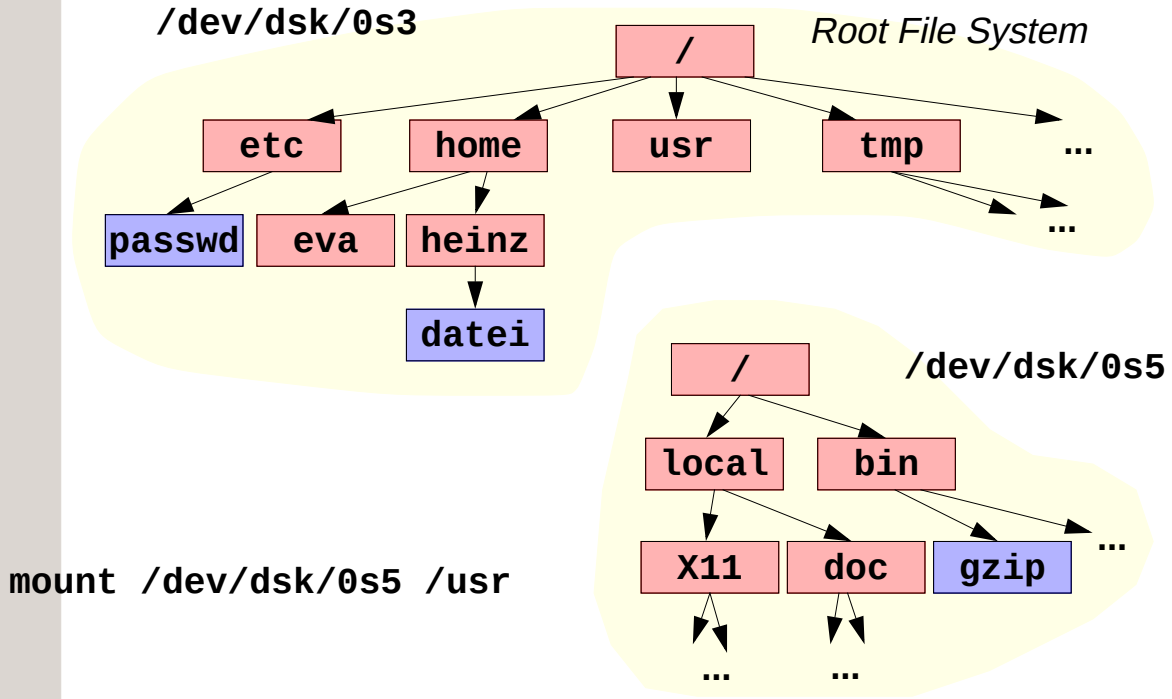
- Periphere Geräte werden als Spezialdateien repräsentiert
  - Geräte können wie Dateien mit Lese- und Schreiboperationen angesprochen werden
  - Öffnen der Spezialdateien schafft eine (evtl. exklusive) Verbindung zum Gerät, die durch einen Treiber hergestellt wird
- Blockorientierte Spezialdateien
  - Plattenlaufwerke, Bandlaufwerke, Floppy Disks, CD-ROMs
- Zeichenorientierte Spezialdateien
  - Serielle Schnittstellen, Drucker, Audiokanäle etc.
  - blockorientierte Geräte haben meist auch eine zusätzliche zeichenorientierte Repräsentation

7 Montieren des Dateibaums

- Der UNIX-Dateibaum kann aus mehreren Partitionen zusammenmontiert werden
  - Partition wird Dateisystem genannt *(File system)*
  - wird durch blockorientierte Spezialdatei repräsentiert (z.B. **`/dev/dsk/0s3`**)
  - Das Montieren wird *Mounten* genannt
  - Ausgezeichnetes Dateisystem ist das *Root File System*, dessen Wurzelkatalog gleichzeitig Wurzelkatalog des Gesamtsystems ist
  - Andere Dateisysteme können mit dem Befehl **`mount`** in das bestehende System hineinmontiert werden

7 Montieren des Dateibaums (2)

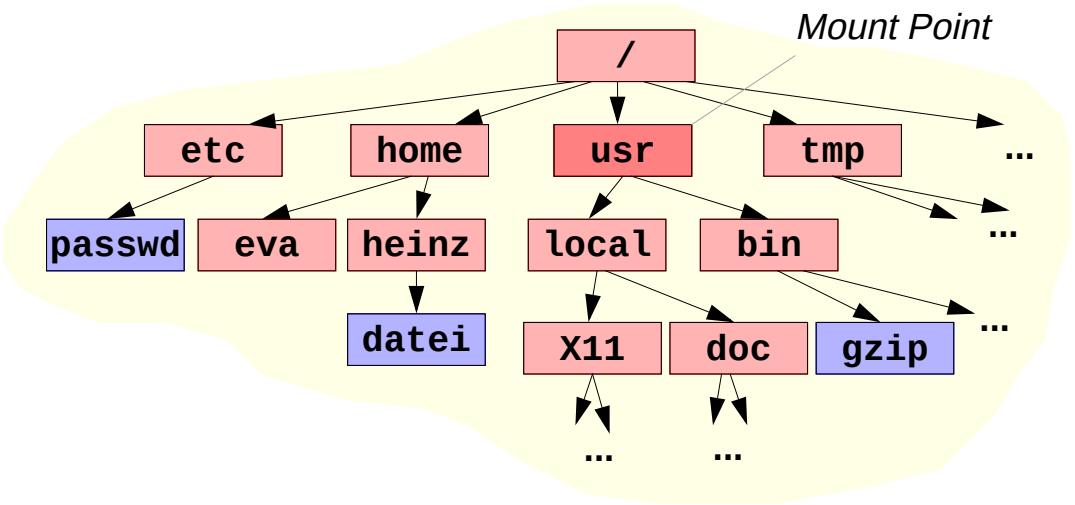
- Beispiel




```
mount /dev/dsk/0s5 /usr
```


7 Montieren des Dateibaums (3)

- Beispiel nach Ausführung des Montierbefehls



C.4 Beispiel: Windows 95 (VFAT, FAT32)

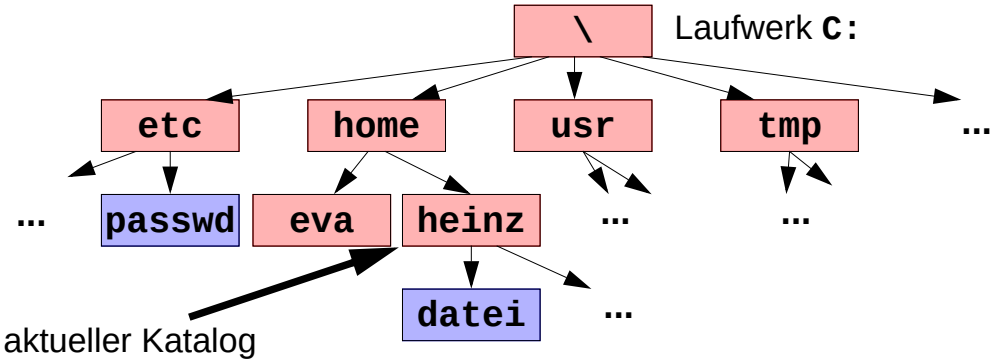
- VFAT = Virtual (?) File Allocation Table (oder FAT32)
  - VFAT: MS-DOS–kompatibles Dateisystem mit Erweiterungen
- Datei
  - einfache, unstrukturierte Folge von Bytes
  - beliebiger Inhalt; für das Betriebssystem ist der Inhalt transparent
  - dynamisch erweiterbar
  - Zugriffsrechte: „nur lesbar“, „schreib- und lesebar“

C.4 Beispiel: Windows 95 (VFAT) (2)

- Katalog
  - baumförmig strukturiert
    - Knoten des Baums sind Kataloge
    - Blätter des Baums sind Dateien
  - jedem Windows Programm ist zu jeder Zeit ein aktuelles Laufwerk und ein aktueller Katalog pro Laufwerk zugeordnet
  - Zugriffsrechte: „nur lesbar“, „schreib- und lesbar“
- Partitionen heißen Laufwerke
  - Sie werden durch einen Buchstaben dargestellt (z.B. **`C:`**)

1 Pfadnamen

- Baumstruktur



- Pfade
  - z.B. „**C:\home\heinz\datei**“, „**\tmp**“, „**C:datei**“
  - „\“ ist Trennsymbol *(Backslash)*; beginnender „\“ bezeichnet Wurzelkatalog; sonst Beginn implizit mit dem aktuellem Katalog
  - beginnt der Pfad ohne Laufwerksbuchstabe wird das aktuelle Laufwerk verwendet

1 Pfadnamen (2)

- Namenskonvention
  - Kompatibilitätsmodus: 8 Zeichen Name, 3 Zeichen Erweiterung (z.B. **AUTOEXEC.BAT**)
  - Sonst: 255 Zeichen inklusive Sonderzeichen (z.B. „**Eigene Programme**“)
- Kataloge
  - Jeder Katalog enthält einen Verweis auf sich selbst („**.**“) und einen Verweis auf den darüberliegenden Katalog im Baum („**..**“) (Ausnahme Wurzelkatalog)
  - keine Hard-Links oder symbolischen Namen

2 Rechte

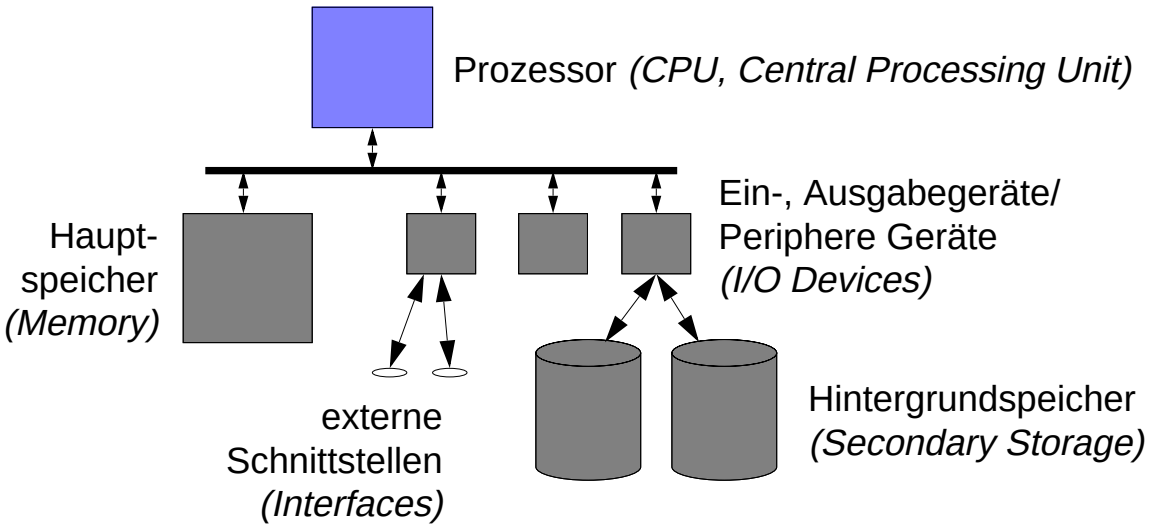
- Rechte pro Datei und Katalog
  - ◆ schreib- und lesbar — nur lesbar *(read only)*
- Keine Benutzeridentifikation
  - ◆ Rechte garantieren keinen Schutz, da veränderbar

3 Dateien

- Attribute
  - ◆ Name, Dateilänge
  - ◆ Attribute: versteckt *(Hidden)*, archiviert *(Archive)*, Systemdatei *(System)*
  - ◆ Rechte
  - ◆ Ortsinformation: Nummer des ersten Plattenblocks
  - ◆ Zeitstempel: Erzeugung, letzter Schreib- und Lesezugriff

D Prozesse und Nebenläufigkeit

- Einordnung



D.1 Prozessor

- Register
  - ◆ Prozessor besitzt Steuer- und Vielzweckregister
  - ◆ Steuerregister:
    - Programmzähler *(Instruction Pointer)*
    - Stapelregister *(Stack Pointer)*
    - Statusregister
    - etc.
- Programmzähler enthält Speicherstelle der nächsten Instruktion
  - ◆ Instruktion wird geladen und
  - ◆ ausgeführt
  - ◆ Programmzähler wird inkrementiert
  - ◆ dieser Vorgang wird ständig wiederholt

D.1 Prozessor (2)

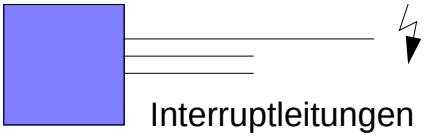
- Beispiel für Instruktionen

```
...
0010 5510000000  movl DS:$10, %ebx
0015 5614000000  movl DS:$14, %eax
001a 8a          addl %eax, %ebx
001b 5a18000000  movl %ebx, DS:$18
...
```

- Prozessor arbeitet in einem bestimmten Modus
  - ◆ Benutzermodus: eingeschränkter Befehlssatz
  - ◆ privilegierter Modus: erlaubt Ausführung privilegierter Befehle
    - Konfigurationsänderungen des Prozessors
    - Moduswechsel
    - spezielle Ein-, Ausgabebefehle

D.1 Prozessor (3)

- Unterbrechungen *(Interrupts)*



Signalisieren der Unterbrechung
(Interrupt Request; IRQ)

- Prozessor unterbricht laufende Bearbeitung und führt eine definierte Befehlsfolge aus (vom privilegierten Modus aus konfigurierbar)
- vorher werden alle Register einschließlich Programmzähler gesichert (z.B. auf dem Stack)
- nach einer Unterbrechung kann der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt werden
- Unterbrechungen werden im privilegierten Modus bearbeitet

D.1 Prozessor (4)

- Systemaufrufe *(Traps; User Interrupts)*
  - Wie kommt man kontrolliert vom Benutzermodus in den privilegierten Modus?
  - spezielle Befehle zum Eintritt in den privilegierten Modus
  - Prozessor schaltet in privilegierten Modus und führt definierte Befehlsfolge aus (vom privilegierten Modus aus konfigurierbar)
  - solche Befehle werden dazu genutzt die Betriebssystemschnittstelle zu implementieren *(Supervisor Calls)*
  - Parameter werden nach einer Konvention übergeben (z.B. auf dem Stack)

D.2 Prozesse

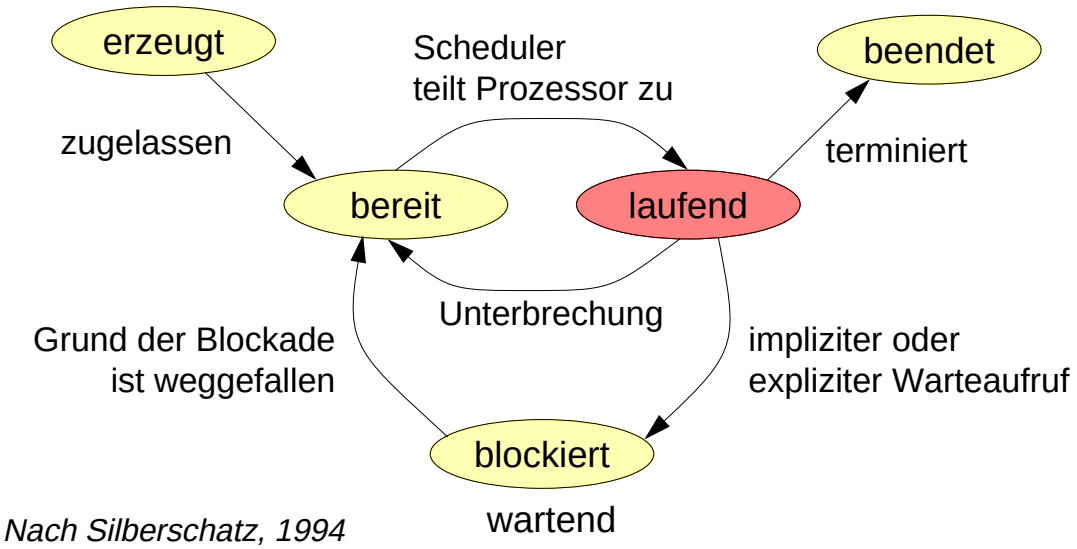
- Stapelsysteme *(Batch Systems)*
  - ein Programm läuft auf dem Prozessor von Anfang bis Ende
- Heutige Systeme *(Time Sharing Systems)*
  - mehrere Programme laufen gleichzeitig
  - Prozessorzeit muss den Programmen zugeteilt werden
  - Programme laufen nebenläufig
- Terminologie
  - **Programm:** Folge von Anweisungen (hinterlegt beispielsweise als Datei auf dem Hintergrundspeicher)
  - **Prozess:** Programm, das sich in Ausführung befindet, und seine Daten (*Beachte*: ein Programm kann sich mehrfach in Ausführung befinden)

1 Prozesszustände

- Ein Prozess befindet sich in einem der folgenden Zustände:
  - **Erzeugt** *(New)*
    Prozess wurde erzeugt und 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** *(Blocked/Waiting)*
    Prozess wartet auf ein Ereignis (z.B. Fertigstellung einer Ein- oder Ausgabeoperation, Zuteilung eines Betriebsmittels, Empfang einer Nachricht); zum Warten wird er blockiert
  - **Beendet** *(Terminated)*
    Prozess ist beendet; einige Betriebsmittel sind jedoch noch nicht freigegeben oder Prozess muss aus anderen Gründen im System verbleiben

1 Prozesszustände (2)

- Zustandsdiagramm

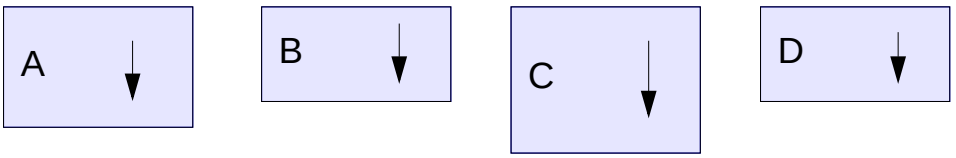


Nach Silberschatz, 1994

- Scheduler ist der Teil des Betriebssystems, der die Zuteilung des realen Prozessors vornimmt.

2 Prozesswechsel

- Konzeptionelles Modell

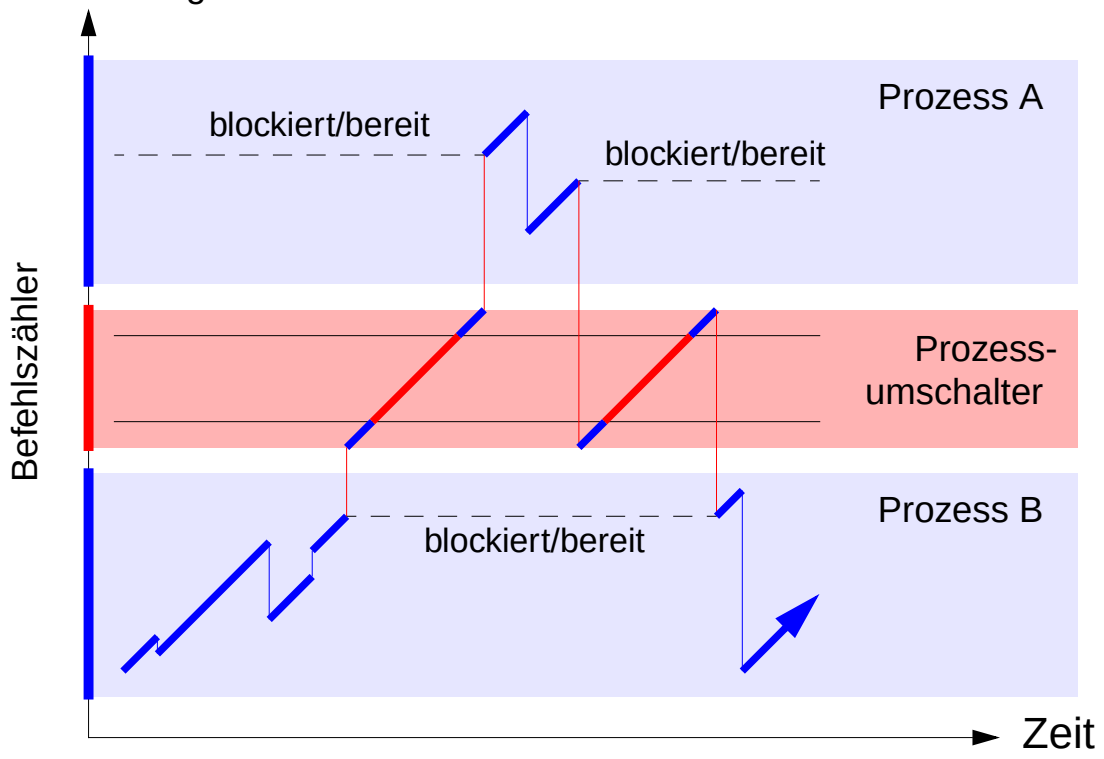


vier Prozesse mit eigenständigen Befehlszählern

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

2 Prozesswechsel (2)

- Umschaltung



2 Prozesswechsel (3)

- Prozesskontrollblock *(Process Control Block; PCB)*
  - ◆ Datenstruktur, die alle nötigen Daten für einen Prozess hält. Beispielsweise in UNIX:
    - Prozessnummer *(PID)*
    - verbrauchte Rechenzeit
    - Erzeugungszeitpunkt
    - Kontext (Register etc.)
    - Speicherabbildung
    - Eigentümer *(UID, GID)*
    - Wurzelkatalog, aktueller Katalog
    - offene Dateien
    - ...

2 Prozesswechsel (4)

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

3 Prozesserzeugung (UNIX)

- Erzeugen eines neuen UNIX-Prozesses
  - ◆ Duplizieren des gerade laufenden Prozesses

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

Vater

```
pid_t p;
...
p= fork();
if( p == (pid_t)0 ) {
    /* child */
    ...
} else if( p != (pid_t)-1 ) {
    /* parent */
    ...
} else {
    /* error */
    ...
}
```

Kind

```
pid_t p;
...
p= fork();
if( p == (pid_t)0 ) {
    /* child */
    ...
} else if( p != (pid_t)-1 ) {
    /* parent */
    ...
} else {
    /* error */
    ...
}
```

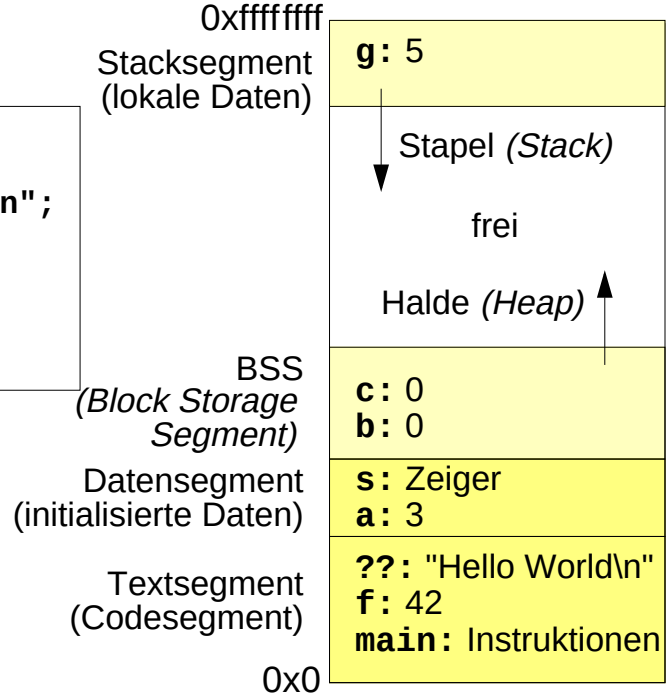
3 Prozesserzeugung (2)

- Der Kind-Prozess ist eine perfekte Kopie des Sohns
  - Gleiches Programm
  - Gleiche Daten (gleiche Werte in Variablen)
  - Gleicher Programmzähler (nach der Kopie)
  - Gleicher Eigentümer
  - Gleiches aktuelles Verzeichnis
  - Gleiche Dateien geöffnet (selbst Schreib-, Lesezeiger ist gemeinsam)
  - ...
- Unterschiede:
  - Verschiedene PIDs
  - **`fork()`** liefert verschiedene Werte als Ergebnis für Vater und Kind

4 Speicheraufbau eines Prozesses (UNIX)

- Aufteilung des Hauptspeichers eines Prozesses in Segmente

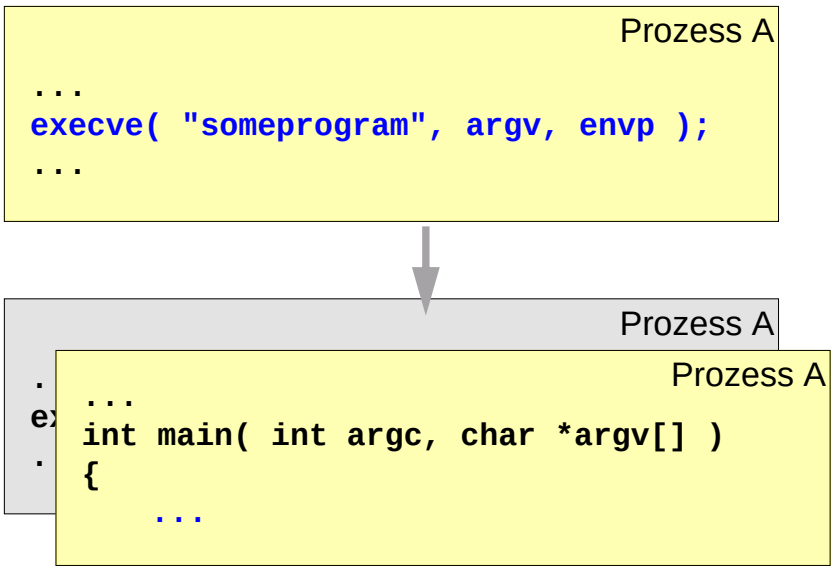
```
int a= 3, b, c= 0;
const int f= 42;
const char *s= "Hello World\n";

int main( ... ) {
    int g= 5;
}
```



4 Ausführen eines Programms (UNIX)

- Prozess führt ein neues Programm aus

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



Altes ausgeführtes Programm ist endgültig beendet.

5 Operationen auf Prozessen (UNIX)

- Prozess beenden

```
void _exit( int status );
[ void exit( int status ); ]
```

- Prozessidentifikator

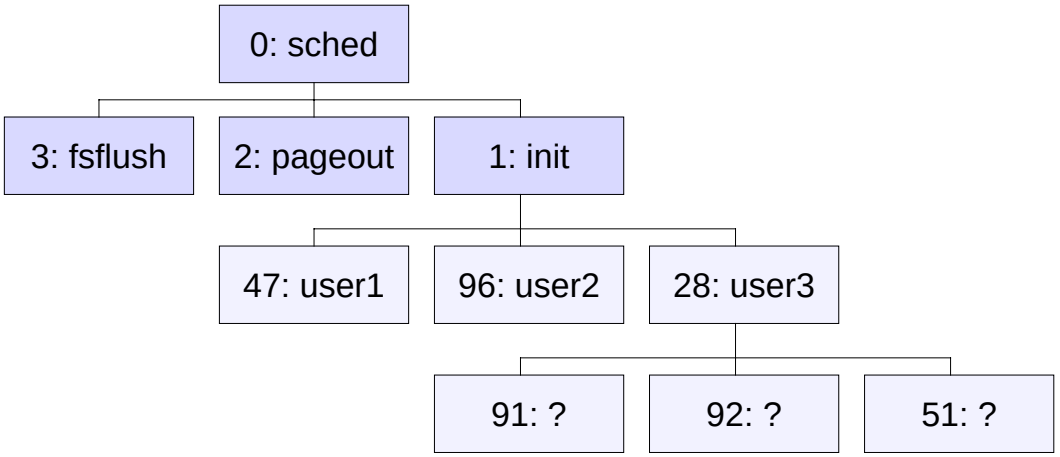
```
pid_t getpid( void );     /* eigene PID */
pid_t getppid( void );    /* PID des Vaterprozesses */
```

- Warten auf Beendigung eines Kindprozesses

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

6 Prozesshierarchie (Solaris)

- Hierarchie wird durch Vater-Kind–Beziehung erzeugt

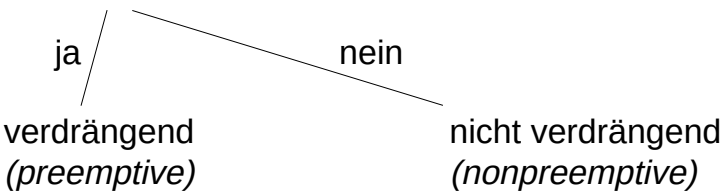


Frei nach Silberschatz 1994

- Nur der Vater kann auf das Kind warten
- Init-Prozess adoptiert verwaiste Kinder

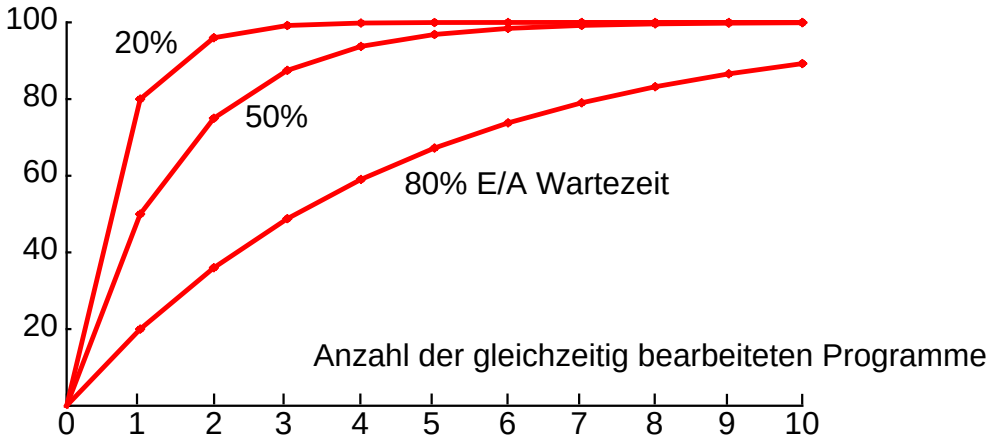
D.3 Auswahlstrategien

- Strategien zur Auswahl des nächsten Prozesses *(Scheduling Strategies)*
  - Mögliche Stellen zum Treffen von Scheduling-Entscheidungen
    1. Prozess wechselt vom Zustand „laufend“ zum Zustand „blockiert“ (z.B. Ein-, Ausgabeoperation)
    2. Prozess wechselt von „laufend“ nach „bereit“ (z.B. bei einer Unterbrechung des Prozessors)
    3. Prozess wechselt von „blockiert“ nach „bereit“
    4. Prozess terminiert
  - Keine Wahl bei 1. und 4.
  - Wahl bei 2. und 3.



D.3 Auswahlstrategien (2)

- CPU Auslastung
  - ◆ CPU soll möglichst vollständig ausgelastet sein
- ★ CPU-Nutzung in Prozent, abhängig von der Anzahl der Programme und deren prozentualer Wartezeit



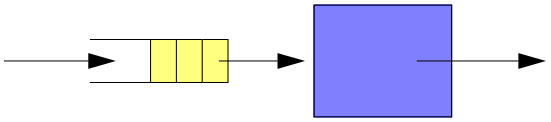
Nach Tanenbaum, 1995

D.3 Auswahlstrategien (3)

- 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

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

1 First Come, First Served (2)

- Beispiel zur Betrachtung der Wartezeiten

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

- Reihenfolge: P1, P2, P3

P1	P2	P3

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

- Reihenfolge: P2, P3, P1

P2	P3	P1

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

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.
- Varianten: verdrängend *(PSJF)* und nicht-verdrängend

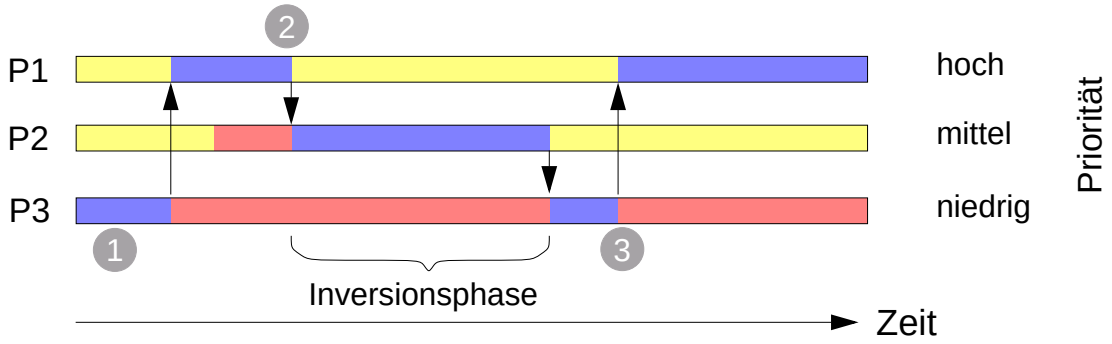
3 Prioritäten

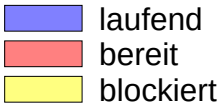
- Prozess mit höchster Priorität wird ausgewählt
  - dynamisch — statisch
    (z.B. SJF: dynamische Vergabe von Prioritäten gemäß Länge der nächsten Rechenphase)
    (z.B. statische Prioritäten in Echtzeitsystemen; Vorhersagbarkeit von Reaktionszeiten)
  - verdrängend — nicht-verdrängend
- ▲ Probleme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

3 Prioritäten (2)

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

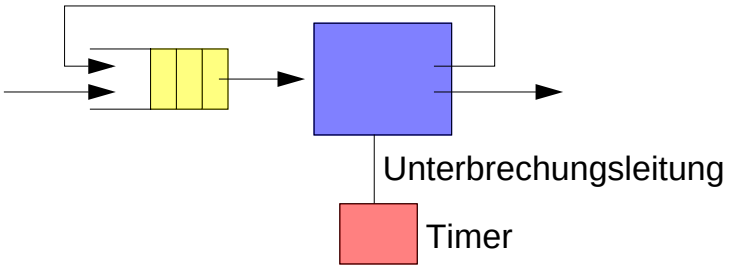
3 Prioritäten (3)

Lösungen

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

4 Round-Robin Scheduling

- Zuteilung und Auswahl erfolgt reihum
  - ähnlich FCFS aber mit Verdrängung
  - Zeitquant *(Time Quantum)* oder Zeitscheibe *(Time Slice)* wird zugeteilt
  - geeignet für *Time-Sharing*-Betrieb



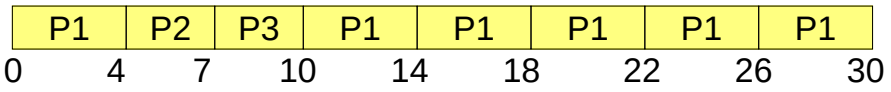
  - Wartezeit ist jedoch eventuell relativ lang

4 Round-Robin Scheduling (2)

- Beispiel zur Betrachtung der Wartezeiten

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

  - Zeitquant ist 4 Zeiteinheiten
  - Reihenfolge in der „bereit“-Warteschlange: P1, P2, P3



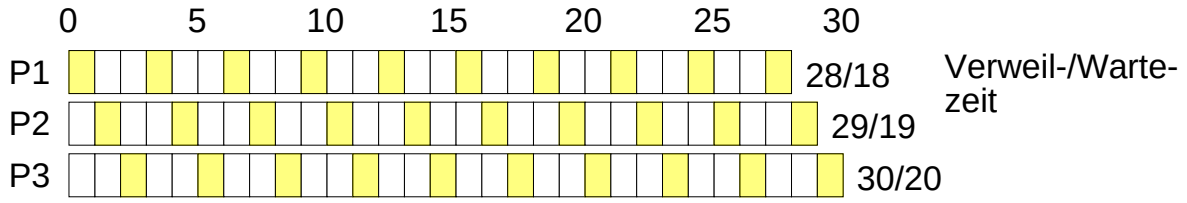
mittlere Wartezeit: (6+4+7)/3 = 5.7

4 Round-Robin Scheduling (3)

- Effizienz hängt von der Größe der Zeitscheibe ab
  - ◆ kurze Zeitscheiben: Zeit zum Kontextwechsel wird dominant
  - ◆ lange Zeitscheiben: Round Robin nähert sich FCFS an
- Verweilzeit und Wartezeit hängt ebenfalls von der Zeitscheibengröße ab
  - ◆ Beispiel: 3 Prozesse mit je 10 Zeiteinheiten Rechenbedarf
    - Zeitscheibengröße 1
    - Zeitscheibengröße 10

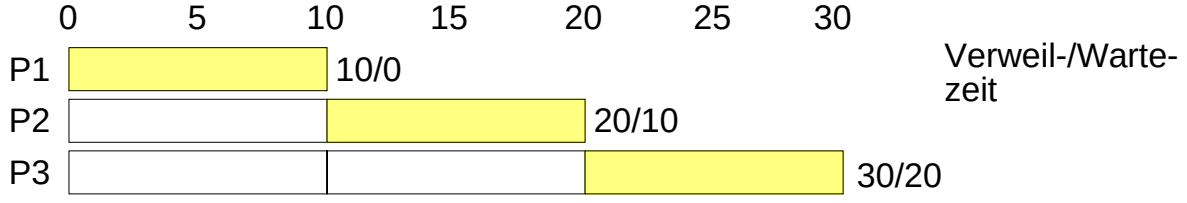
4 Round-Robin Scheduling (4)

◆ Zeitscheibengröße 1:



durchschnittliche Verweilzeit: 29 Zeiteinheiten = (28+29+30)/3
durchschnittliche Wartezeit: 19 Zeiteinheiten = (18+19+20)/3

◆ Zeitscheibengröße 10:



durchschnittliche Verweilzeit: 20 Zeiteinheiten = (10+20+30)/3
durchschnittliche Wartezeit: 10 Zeiteinheiten = (0+10+20)/3

5 Multilevel-Queue Scheduling

- Verschiedene Schedulingklassen
  - z.B. Hintergrundprozesse (Batch) und Vordergrundprozesse (interaktive Prozesse)
  - jede Klasse besitzt ihre eigenen Warteschlangen und verwaltet diese nach einem eigenen Algorithmus
  - zwischen den Klassen gibt es ebenfalls ein Schedulingalgorithmus z.B. feste Prioritäten (Vordergrundprozesse immer vor Hintergrundprozessen)
- Beispiel: Solaris
  - Schedulingklassen
    - Systemprozesse
    - Real-Time Prozesse
    - Time-Sharing Prozesse
    - interaktive Prozesse

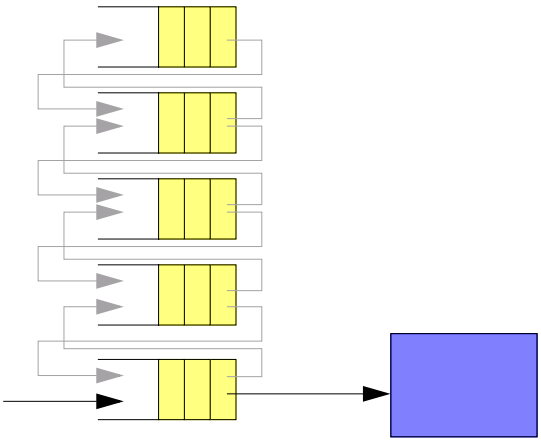
5 Multilevel Queue Scheduling

- Scheduling zwischen den Klassen mit fester Priorität (z.B. Real-Time-Prozesse vor Time-Sharing-Prozessen)
- In jeder Klasse wird ein eigener Algorithmus benutzt:
  - Systemprozesse: FCFS
  - Real-Time Prozesse: statische Prioritäten
  - Time-Sharing und interaktive Prozesse: ausgefeiltes Verfahren zur Sicherung von:
    - kurzen Reaktionszeiten
    - fairer Zeitaufteilung zwischen rechenintensiven und I/O-intensiven Prozessen
    - gewisser Benutzersteuerung

★ Multilevel Feedback Queue Scheduling

6 Multilevel-Feedback-Queue Scheduling

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



6 Multilevel Feedback Queue Scheduling (2)

- Beispiel:
  - mehrere Warteschlangen mit Prioritäten (wie bei Multilevel Queue)
  - Prozesse, die lange rechnen, wandern langsam in Warteschlangen mit niedrigerer Priorität (bevorzugt interaktive Prozesse)
  - Prozesse, die lange warten müssen, wandern langsam wieder in höherpriore Warteschlangen *(Aging)*

7 Beispiel: Time Sharing Scheduling in Solaris

- 60 Warteschlangen, Tabellensteuerung

Level	ts_quantum	ts_tqexp	ts_maxwait	ts_lwait	ts_slpret
0	200	0	0	50	50
1	200	0	0	50	50
2	200	0	0	50	50
3	200	0	0	50	50
4	200	0	0	50	50
5	200	0	0	50	50
6	200	0	0	50	50
7	200	0	0	50	50
8	200	0	0	50	50
			...		
44	40	34	0	55	55
45	40	35	0	56	56
46	40	36	0	57	57
47	40	37	0	58	58
48	40	38	0	58	58
49	40	39	0	59	58
50	40	40	0	59	58
51	40	41	0	59	58
52	40	42	0	59	58
53	40	43	0	59	58
54	40	44	0	59	58
55	40	45	0	59	58
56	40	46	0	59	58
57	40	47	0	59	58
58	40	48	0	59	58
59	20	49	32000	59	59

7 Beispiel: TS Scheduling in Solaris (2)

- Tabelleninhalt
  - kann ausgelesen und gesetzt werden (Auslesen: **`dispadmin -c TS -g`**)
  - **`Level:`** Nummer der Warteschlange
    Hohe Nummer = hohe Priorität
  - **`ts_quantum:`** maximale Zeitscheibe für den Prozess (in Millisek.)
  - **`ts_tqexp:`** Warteschlangennummer, falls der Prozess die Zeitscheibe aufbraucht
  - **`ts_maxwait:`** maximale Zeit für den Prozess in der Warteschlange ohne Bedienung (in Sekunden; Minimum ist eine Sekunde)
  - **`ts_lwait:`** Warteschlangennummer, falls Prozess zulange in dieser Schlange
  - **`ts_slpret:`** Warteschlangenummer für das Wiedereinreihen nach einer blockierenden Aktion

7 Beispiel: TS Scheduling in Solaris (3)

- Beispielprozess:
  - 1000ms Rechnen am Stück
  - 5 E/A Operationen mit jeweils Rechenzeiten von 1ms dazwischen

#	Warteschlange	Rechenzeit	Prozesswechsel weil ...
1	59	20	Zeitquant abgelaufen
2	49	40	Zeitquant abgelaufen
3	39	80	Zeitquant abgelaufen
4	29	120	Zeitquant abgelaufen
5	19	160	Zeitquant abgelaufen
6	9	200	Zeitquant abgelaufen
7	0	200	Zeitquant abgelaufen
8	0	180	E/A Operation
9	50	1	E/A Operation
10	58	1	E/A Operation
11	58	1	E/A Operation
12	58	1	E/A Operation

7 Beispiel: TS Scheduling in Solaris (4)

- Tabelle gilt nur unter der folgenden Bedingung:
  - Prozess läuft fast alleine, andernfalls
    - könnte er durch höherpriore Prozesse verdrängt und/oder ausgebremst werden,
    - wird er bei langem Warten in der Priorität wieder angehoben.
- Beispiel:

#	Warteschlange	Rechenzeit	Prozesswechsel weil ...
		...	
6	9	200	Zeitquant abgelaufen
7	0	20	Wartezeit von 1s abgelaufen
8	50	40	Zeitquant abgelaufen
9	40	40	Zeitquant abgelaufen
10	30	80	Zeitquant abgelaufen
11	20	120	Zeitquant abgelaufen
		...	

7 Beispiel: TS Scheduling in Solaris (5)

- Weitere Einflussmöglichkeiten
  - ◆ Anwender und Administratoren können Prioritätenoffsets vergeben
  - ◆ Die Offsets werden auf die Tabellenwerte addiert und ergeben die wirklich verwendete Warteschlange
  - ◆ positive Offsets: Prozess wird bevorzugt
  - ◆ negative Offsets: Prozess wird benachteiligt
  - ◆ Außerdem können obere Schranken angegeben werden
- Systemaufruf
  - ◆ Verändern der eigenen Prozesspriorität

```
int nice( int incr );
```

(positives Inkrement: niedrigere Priorität;
negatives Inkrement: höhere Priorität)

D.4 Prozesskommunikation

- *Inter-Process-Communication (IPC)*
  - ◆ Mehrere Prozesse bearbeiten eine Aufgabe
    - gleichzeitige Nutzung von zur Verfügung stehender Information durch mehrere Prozesse
    - Verkürzung der Bearbeitungszeit durch Parallelisierung
- Kommunikation durch Nachrichten
  - ◆ Nachrichten werden zwischen Prozessen ausgetauscht
- Kommunikation durch gemeinsamen Speicher
  - ◆ F. Hofmann nennt dies Kooperation (kooperierende Prozesse)

D.4 Prozesskommunikation (2)

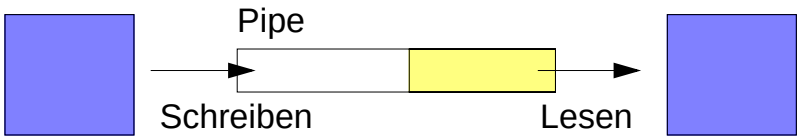
- Klassifikation nachrichtenbasierter Kommunikation
  - ◆ Klassen
    - Kanäle *(Pipes)*
    - Kommunikationsendpunkte *(Sockets, Ports)*
    - Briefkästen, Nachrichtenpuffer *(Queues)*
    - Unterbrechungen *(Signals)*
  - ◆ Übertragunsrichtung
    - unidirektional
    - bidirektional (voll-duplex, halb-duplex)

D.4 Prozesskommunikation (3)

- ◆ Übertraguns- und Aufrufeigenschaften
  - zuverlässig — unzuverlässig
  - gepuffert — ungepuffert
  - blockierend — nichtblockierend
  - stromorientiert — nachrichtenorientiert — RPC
- ◆ Adressierung
  - implizit: UNIX Pipes
  - explizit: Sockets
  - globale Adressierung: Sockets, Ports
  - Gruppenadressierung: Multicast, Broadcast
  - funktionale Adressierung: Dienste

1 Pipes

- Kanal zwischen zwei Kommunikationspartnern
  - unidirektional
  - gepuffert (feste Puffergröße), zuverlässig, stromorientiert



- Operationen: Schreiben und Lesen
  - Ordnung der Zeichen bleibt erhalten (Zeichenstrom)
  - Blockierung bei voller Pipe (Schreiben) und leerer Pipe (Lesen)

1 Pipes (2)

- Systemaufruf unter Solaris
  - Öffnen einer Pipe

    ```
    int pipe( int fdes[2] );
    ```

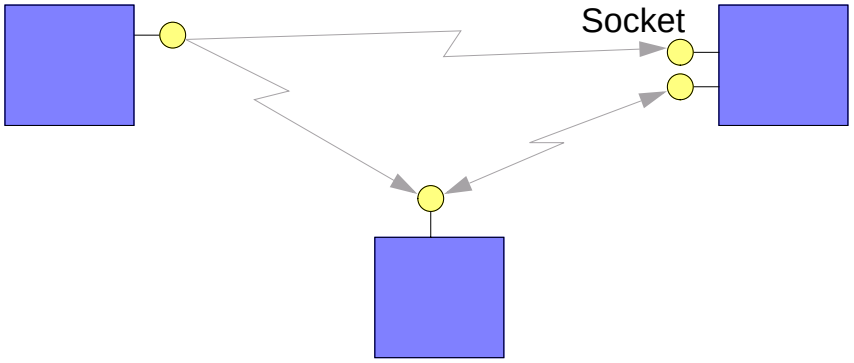
  - Es werden eigentlich zwei Pipes geöffnet
    `fdes[0]` liest aus Pipe 1 und schreibt in Pipe 2
    `fdes[1]` liest aus Pipe 2 und schreibt in Pipe 1

  - Zugriff auf Pipes wie auf eine Datei: **`read`** und **`write`**, **`readv`** und **`writev`**

- Named-Pipes
  - Pipes können auch als Spezialdateien ins Dateisystem gelegt werden.
  - Standardfunktionen zum Lesen und Schreiben können dann verwendet werden.

2 Sockets

- Allgemeine Kommunikationsendpunkte
  - ◆ bidirektional, gepuffert



  - ◆ Auswahl einer Protokollfamilie
    - z.B. Internet (TCP/IP), UNIX (innerhalb von Prozessen der gleichen Maschine), ISO, Appletalk, DECnet, SNA, ...
    - durch die Protokollfamilie wird gleichzeitig die Adressfamilie festgelegt (Struktur zur Bezeichnung von Protokolladressen)

2 Sockets (2)

- ◆ Auswahl eines Sockettyps für Protokolle mit folgenden Eigenschaften:
  - stromorientiert, verbindungsorientiert und gesichert
  - nachrichtenorientiert und ungesichert (Datagramm)
  - nachrichtenorientiert und gesichert

- ◆ Auswahl eines Protokolls der Familie
  - z.B. UDP

- ◆ explizite Adressierung
  - Unicast: genau ein Kommunikationspartner
  - Multicast: eine Gruppe
  - Broadcast: alle möglichen Adressaten

- ◆ Sockets können blockierend und nichtblockierend betrieben werden.

2 Sockets (3)

- UNIX-Domain
  - ◆ UNIX-Domain-Sockets verhalten sich wie bidirektionale Pipes.
  - ◆ Anlage als Spezialdatei im Dateisystem möglich
- Internet-Domain
  - ◆ Protokolle:
    - TCP/IP (strom- und verbindungsorientiert, gesichert)
    - UDP/IP (nachrichtenorientiert, verbindungslos, ungesichert)
      – Nachrichten können verloren oder dupliziert werden
      – Reihenfolge kann durcheinander geraten
      – Paketgrenzen bleiben erhalten
      (Datagramm-Protokoll)
  - ◆ Adressen: IP-Adressen und Port-Nummern

2 Sockets (4)

- Anlegen von Sockets
  - ◆ Generieren eines Sockets mit (Rückgabewert ist ein Filedeskriptor)

```
int socket( int domain, int type, int proto );
```

  - ◆ Adresszuteilung
    - Sockets werden ohne Adressen generiert
    - Adressenzuteilung erfolgt automatisch oder durch:

```
int bind( int socket, const struct sockaddr *address,
          size_t address_len);
```

2 Sockets (5)

- Datagramm-Sockets
  - kein Verbindungsaufbau notwendig
  - Datagramm senden

```
ssize_t sendto( int socket, const void *message,
        size_t length, int flags,
        const struct sockaddr *dest_addr, size_t dest_len);
```

  - Datagramm empfangen

```
ssize_t recvfrom( int socket, void *buffer,
        size_t length, int flags, struct sockaddr *address,
        size_t *address_len);
```


2 Sockets (6)

- Stromorientierte Sockets
  - Verbindungsaufbau notwendig
  - *Client* (Benutzer, Benutzerprogramm) will zu einem *Server* (Dienstanbieter) eine Kommunikationsverbindung aufbauen
- Client: Verbindungsaufbau bei stromorientierten Sockets
  - Verbinden des Sockets mit

```
int connect( int socket, const struct sockaddr *address,
        size_t address_len);
```

  - Senden und Empfangen mit **`read`** und **`write`** (**`send`** und **`recv`**)
  - Beenden der Verbindung mit **`close`** (schließt den Socket)

2 Sockets (7)

- Server
  - ◆ bindet Socket an eine Adresse (sonst nicht zugreifbar)
  - ◆ bereitet Socket auf Verbindungsanforderungen vor durch

    ```
    int listen(int s, int backlog);
    ```

  - ◆ akzeptiert einzelne Verbindungsanforderungen durch

    ```
    int accept(int s, struct sockaddr *addr, int *addrlen);
    ```

    - gibt einen neuen Socket zurück, der mit dem Client verbunden ist
    - blockiert, falls kein Verbindungswunsch vorhanden

  - ◆ liest Daten mit **`read`** und führen ihren angebotenen Dienst aus
  - ◆ schickt das Ergebnis mit **`write`** zurück zum Sender
  - ◆ schließt den neuen Socket

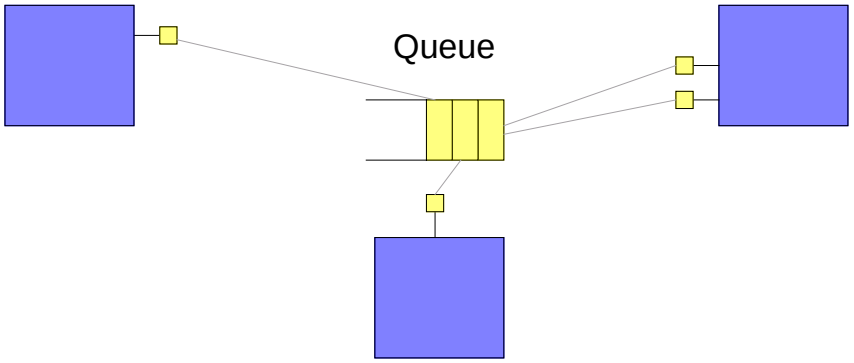
3 UNIX Queues

- Nachrichtenpuffer *(Queue, FIFO)*
  - ◆ rechnerlokale Adresse *(Key)* dient zur Identifikation eines Puffers
  - ◆ prozesslokale Nummer *(MSQID)* ähnlich dem Filedeskriptor (wird bei allen Operationen benötigt)
  - ◆ Zugriffsrechte wie auf Dateien
  - ◆ ungerichtete Kommunikation, gepuffert (einstellbare Größe pro Queue)
  - ◆ Nachrichten haben einen Typ (**`long`**-Wert)
  - ◆ Operationen zum Senden und Empfangen einer Nachricht
  - ◆ blockierend — nichtblockierend, alle Nachrichten — nur ein bestimmter Typ

3 UNIX Queues (2)

- Systemaufrufe unter Solaris 2.5
  - Erzeugen einer Queue bzw. Holen einer MSQID

```
int msgget( key_t key, int msgflg );
```

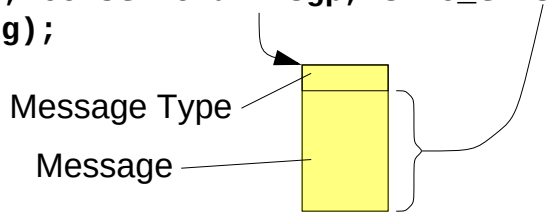


  - Alle kommunizierenden Prozesse müssen den Key kennen
  - Keys sind eindeutig innerhalb eines (Betriebs-)Systems
  - Ist ein Key bereits vergeben, kann keine Queue mit gleichem Key erzeugt werden

3 UNIX Queues (3)

- Es können Queues ohne Key erzeugt werden (private Queues)
- Senden einer Nachricht

```
int msgsnd( int msqid, const void *msgp, size_t msgsz,
            int msgflg);
```



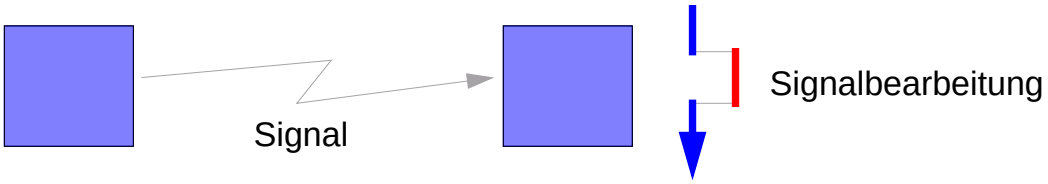
- Empfangen einer Nachricht

```
int msgrcv( int msqid, void *msgp, size_t msgsz,
            long msgtype, int msgflg);
```

- Zugriffsrechte werden beachtet

4 UNIX Signale

- Signale sind Unterbrechungen ähnlich denen eines Prozessors
  - ◆ Prozess führt eine definierte Signalbehandlung durch
    - Ignorieren
    - Terminierung des Prozesses
    - Aufruf einer Funktion
  - ◆ Nach der Behandlung läuft Prozess an unterbrochener Stelle weiter



4 UNIX Signale (2)

- Kommunikation über Signale: Signalisierung von Ereignissen

Signale (Beispiele)			Voreingestelltes Verhalten
◆ Terminaleingabe			
• **SIGINT**	Interrupt	^C	*Prozess terminiert*
• **SIGQUIT**	Quit	^|	*Prozess terminiert, schreibt Core dump*
◆ Systemsignale ausgelöst durch den Prozess selbst			
• **SIGBUS**	Bus error		*Prozess terminiert, schreibt Core dump*
• **SIGSEGV**	Segmentation fault		*Prozess terminiert, schreibt Core dump*
◆ Systemsignale ausgelöst durch Betriebssystem			
• **SIGALRM**	Alarmzeitgeber		*wird ignoriert*
• **SIGCHLD**	Kindprozessstatus		*wird ignoriert*
◆ Benutzerdefinierte Signale			
• **SIGUSR1, SIGUSR2**	frei für Benutzerkommunikation, z.B. für Start und Ende einer Bearbeitung		*werden ignoriert*

4 UNIX Signale (3)

- Signalbehandlung kann eingestellt werden:
  - SIG_IGN: Ignorieren des Signals
  - SIG_DFL: Defaultverhalten einstellen
  - *Funktionsadresse:* Funktion wird in der Signalbehandlung aufgerufen und ausgeführt
- UNIX Systemaufrufe
  - Einfangen von Signalen

```
void (*signal( int sig, void (*disp)( int ) ))( int );
```

  - Zustellen von Signalen

```
int kill( pid_t pid, int sig );
```


4 UNIX Signale (4)

- Signalsemantik unterschiedlich bei verschiedenen UNIX Systemen

- **BSD, Posix:**
  Blockieren weiterer Signale während der Behandlung
  - Beim Einfangen werden weitere gleichartige Signale blockiert (maximal wird ein Signal gespeichert).
  - Sobald die Behandlung fertig ist, wird die Blockierung wieder freigegeben.

- **System V:**
  Rücksetzen der Signalbehandlung beim Einfangen eines Signals
  - Beim Einfangen eines Signals wird implizit **`signal( ..., SIG_DFL)`** aufgerufen.
  - Im Signalhandler muss der Handler selbst wieder eingesetzt werden.
  - kurze Zeitspanne ohne Signalhandler

4 UNIX Signale (5)

- **System VR4:**
  Unterbrechung von Systemaufrufen
  - Fast alle „langsamen“ Systemaufrufe können durch die Signalbehandlung unterbrochen werden.
  - **`errno`** wird auf **`EINTR`** gesetzt und der Systemaufruf terminiert mit **`-1`**.
  - Wenn kein automatischer Wiederanlauf nach einer Unterbrechung durchgeführt wird, muss der Anwender auf den Fehler **`EINTR`** reagieren.

```
...
cnt= write( fd, buf, 100 );
...
```

```
...
do {
    cnt= write( fd, buf, 100 );
}
while( cnt < 0 && errno == EINTR );
...
```


4 UNIX Signale (6)

- Moderne UNIX Systeme implementieren alle Variationen
  - Systemaufruf statt **`signal`**:

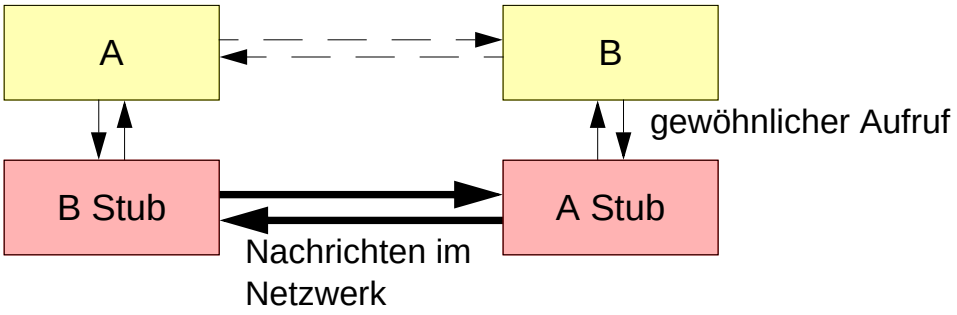
```
int sigaction( int sig, const struct sigaction *act,
               struct sigaction *oact );
```

  - Rücksetzen auf Defaulthandler einstellbar
  - Liste von Signalen einstellbar, die beim Einfangen eines Signals blockiert werden soll
  - Automatischer Wiederanlauf von unterbrochenen Systemaufrufen einstellbar

★ **Wichtig:** Sie müssen die Semantik der Signalbehandlung auf dem entsprechenden UNIX System kennen!

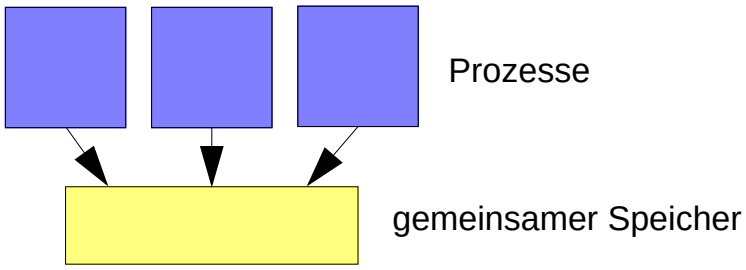
5 Fernaufruf *(RPC)*

- Funktionsaufruf über Prozessgrenzen hinweg *(Remote procedure call)*
  - ◆ hoher Abstraktionsgrad
  - ◆ selten wird Fernaufruf direkt vom System angeboten; benötigt Abbildung auf andere Kommunikationsformen z.B. auf Nachrichten
  - ◆ Abbildung auf mehrere Nachrichten
    - Auftragsnachricht transportiert Aufrufabsicht und Parameter.
    - Ergebnisnachricht transportiert Ergebnisse des Aufrufs.



6 Gemeinsamer Speicher

- Zwei Prozesse können auf einen gemeinsamen Speicherbereich zugreifen
  - ◆ gemeinsame Variablen oder Datenstrukturen



- Einrichten von gemeinsamem Speicher erst im Abschnitt E.5.

D.5 Aktivitätsträger *(Threads)*

- Mehrere Prozesse zur Strukturierung von Problemlösungen
  - Aufgaben eines Prozesses leichter modellierbar, wenn in mehrere kooperierende Prozesse unterteilt
    z.B. Anwendungen mit mehreren Fenstern (ein Prozess pro Fenster)
    z.B. Anwendungen mit vielen gleichzeitigen Aufgaben (Webbrowser)
  - Multiprozessorsysteme werden erst mit mehreren parallel laufenden Prozessen ausgenutzt
    z.B. wissenschaftliches Hochleistungsrechnen (Aerodynamik etc.)
  - Client-Server-Anwendungen unter UNIX: pro Anfrage wird ein neuer Prozess gestartet
    z.B. Webserver

1 Prozesse mit gemeinsamem Speicher

- Gemeinsame Nutzung von Speicherbereichen durch mehrere Prozesse

▲ Nachteile
  - viele Betriebsmittel zur Verwaltung eines Prozesses notwendig
    - Dateideskriptoren
    - Speicherabbildung
    - Prozesskontrollblock
  - Prozessumschaltungen sind aufwendig.

★ Vorteil
  - In Multiprozessorsystemen sind echt parallele Abläufe möglich.