23 Überblick über die 4. Übung

- Dateisystem: Systemaufrufe
- Aufgabe 2: qsort
- Infos zur Aufgabe 4: fork, exec

24 Dateisystem Systemcalls

- open / close
- read / write
- lseek
- chmod
- umask
- utime
- truncate

24.1 open

- Funktions-Prototyp:

```
#include <fcntl.h>
int open(const char *path, int oflag, ... /* [mode_t mode] */ );
```

- Argumente:
  - ◆ Maximallänge von path: **`PATH_MAX`**
  - ◆ **`oflag`**: Lese/Schreib-Flags, Allgemeine Flags, Synchronisierungs I/O Flags
    - Lese/Schreib-Flags: **`O_RDONLY, O_WRONLY, O_RDWR`**
    - Allgemeine Flags: **`O_APPEND, O_CREAT, O_EXCL, O_LARGEFILE, O_NDELAY, O_NOCTTY, O_NONBLOCK, O_TRUNC`**
    - Synchronisierung: **`O_DSYNC, O_RSYNC, O_SYNC`**
  - ◆ **`mode`**: Zugriffsrechte der erzeugten Datei (nur bei **`O_CREAT`**) - siehe **`chmod`**

- Rückgabewert
  - ◆ Filedeskriptor oder -1 im Fehlerfall (**`errno`** wird gesetzt)

24.1 open - Flags

- `O_EXCL`: zusammen mit `O_CREAT` - nur *neue* Datei anlegen
- `O_TRUNC`: Datei wird beim Öffnen auf 0 Bytes gekürzt
- `O_APPEND`: vor jedem Schreiben wird der Dateizeiger auf das Dateiende gesetzt
- `O_NDELAY, O_NONBLOCK`: Operationen arbeiten nicht-blockierend (bei Pipes, FIFOs und Devices)
  - open kehrt sofort zurück
  - read liefert -1 zurück, wenn keine Daten verfügbar sind
  - wenn genügend Platz ist, schreibt write alle Bytes, sonst schreibt write nichts und kehrt mit -1 zurück
- `O_NOCTTY`: beim Öffnen von Terminal-Devices wird das Device nicht zum Kontroll-Terminal des Prozesses

24.1 open Flags (2)

- Synchronisierung
  - **O_DSYNC**: Schreibaufruf kehrt erst zurück, wenn Daten in Datei geschrieben wurden (Blockbuffer Cache!!)
  - **O_SYNC**: ähnlich **O_DSYNC**, zusätzlich wird gewartet, bis Datei-Attribute wie Zugriffszeit, Modifizierungszeit, auf Disk geschrieben sind
  - **O_RSYNC|O_DSYNC**: Daten die gelesen wurden, stimmen mit Daten auf Disk überein, d.h. vor dem Lesen wird der Buffercache geflushet
  - **O_RSYNC|O_SYNC**: wie **O_RSYNC|O_DSYNC**, zusätzlich Datei-Attribute

24.2 close

- Funktions-Prototyp:

```
#include <unistd.h>
int close(int fildes);
```

- Argumente:
  - ◆ **`fildes`**: Filedeskriptor der zu schließenden Datei
- Rückgabewert:
  - ◆ 0 bei Erfolg, -1 im Fehlerfall

24.3 read

- Funktions-Prototyp:

```
#include <unistd.h>
ssize_t read(int fildes, void *buf, size_t nbyte);
```

- Argumente
  - **fildes**: Filedeskriptor, z.B. Rückgabe vom open-Aufruf
  - **buf**: Zeiger auf Puffer
  - **nbyte**: Größe des Puffers

- Rückgabewert
  - Anzahl der gelesenen Bytes oder -1 im Fehlerfall

```
char buf[1024];
int fd;
fd = open("/etc/passwd", O_RDONLY);
if (fd == -1) ...
read(fd, buf, 1024);
```

24.4 write

- Funktions-Prototyp

```
#include <unistd.h>
ssize_t write(int fildes, const void *buf, size_t nbyte);
```

- Argumente
  - äquivalent zu **read**

- Rückgabewert
  - Anzahl der geschriebenen Bytes oder -1 im Fehlerfall

24.5 lseek

- Funktions-Prototyp

```
#include <unistd.h>
off_t lseek(int fildes, off_t offset, int whence);
```

- Argumente
  - **fildes**: Filedeskriptor
  - **offset**: neuer Wert des Dateizeigers
  - **whence**: Bedeutung von offset
    - **SEEK_SET**: absolut vom Dateianfang
    - **SEEK_CUR**: Inkrement vom aktuellen Stand des Dateizeigers
    - **SEEK_END**: Inkrement vom Ende der Datei
- Rückgabewert
  - Offset in Bytes vom Beginn der Datei oder -1 im Fehlerfall

24.6 chmod

- Funktions-Prototyp:

```
#include <sys/stat.h>
int chmod(const char *path, mode_t mode);
```

- Argumente:
  - **path**: Dateiname
  - **mode**: gewünschter Dateimodus, z.B.
    - **S_IRUSR**: lesbar durch Besitzer
    - **S_IWUSR**: schreibbar durch Benutzer
    - **S_IRGRP**: lesbar durch Gruppe

- Rückgabewert: 0 wenn OK, -1 wenn Fehler

- Beispiel:

```
chmod("/etc/passwd", S_IRUSR | S_IRGRP);
```

24.7 umask

- Funktions-Prototyp:

```
#include <sys/stat.h>
mode_t umask(mode_t cmask);
```

- Argumente
  - ◆ **`cmask`**: gibt Permission-Bits an, die beim Erzeugen einer Datei ausgeschaltet werden sollen

- Rückgabewert
  - ◆ voriger Wert der Maske

24.8 utime

- Funktions-Prototyp:

```
#include <utime.h>
int utime(const char *path, const struct utimbuf *times);
```

- Argumente
  - **path**: Dateiname
  - **times**: Zugriffs- und Modifizierungszeit (in Sekunden)
- Rückgabewert: 0 wenn OK, -1 wenn Fehler
- Beispiel: setze atime und mtime um eine Stunde zurück

```
struct utimebuf times;
struct stat buf;
stat("/etc/passwd", &buf); /* Fehlerabfrage */
times.actime = buf.st_atime - 60 * 60;
times.modtime = buf.st_mtime - 60 * 60;
utime("/etc/passwd", &times); /* Fehlerabfrage */
```

24.9 truncate

- Funktions-Prototyp:

```
#include <unistd.h>
int truncate(const char *path, off_t length);
```

- Argumente:
  - **`path`**: Dateiname
  - **`length`**: gewünschte Länge der Datei
- Rückgabewert: 0 wenn OK, -1 wenn Fehler

24.10 POSIX I/O vs. Standard-C-I/O

- POSIX Funktionen open/close/read/write/... arbeiten mit Filedescriptoren
- Standard-C Funktionen fopen/fclose/fgets/... arbeiten mit Filepointern
- Konvertierung von Filepointer nach Filedescriptor

```
#include <stdio.h>
int fileno(FILE *stream);
```

- Konvertierung von Filedescriptor nach Filepointer

```
#include <stdio.h>
FILE *fdopen(int fd, const char* type);
```

  - ◆ type kann sein "r", "w", "a", "r+", "w+", "a+"
    (**fd** muß entsprechend geöffnet sein!)

- Filedescriptoren in **<unistd.h>**:
  STDIN_FILENO, **STDOUT_FILENO**, **STDERR_FILENO**

25 Aufgabe2: Sortieren mittels qsort

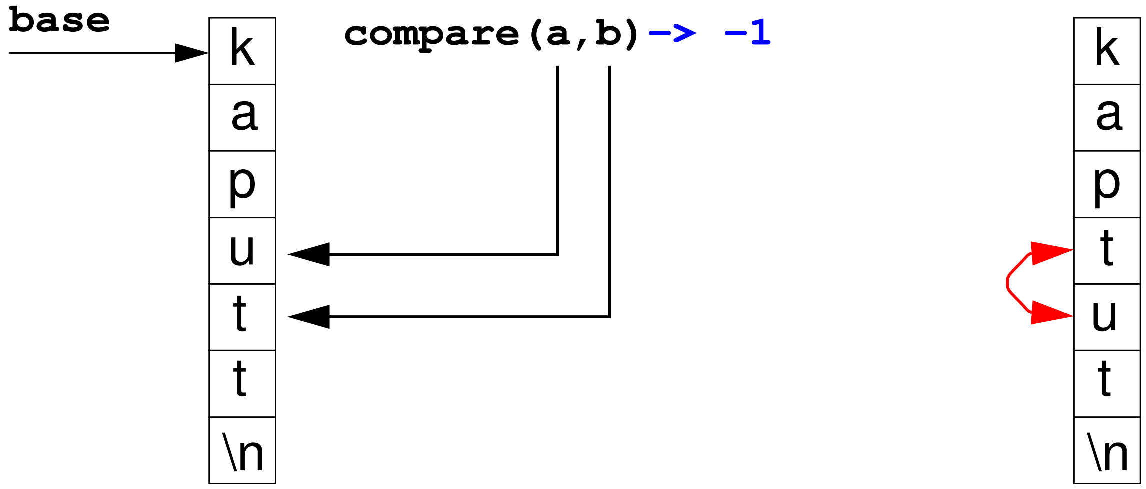
- Prototyp aus **stdlib.h**:

```
void qsort(void *base,
        size_t nel,
        size_t width,
        int  (*compare)  (const void *, const void *));
```

- Bedeutung der Parameter:
  - **base** : Zeiger auf das erste Element des Feldes, dessen Elemente sortiert werden sollen
  - **nel** : Anzahl der Elemente im zu sortierenden Feld
  - **width**: Größe eines Elements
  - **compare**: Vergleichsfunktion

25 Sortieren mittels qsort (2)

- **qsort** vergleicht je zwei Elemente mit Hilfe der Vergleichsfunktion compare
- sind die Elemente zu vertauschen, dann werden die entsprechenden Felder komplett ausgetauscht, z.B.:



25.1 Vergleichsfunktion

- Die Vergleichsfunktion erhält Zeiger auf Feldelemente, d.h. die übergebenen Zeiger haben denselben Typ wie das Feld
- Die Funktion vergleicht die beiden Elemente und liefert:
  - <0, falls Element 1 kleiner bewertet wird als Element 2
  - 0, falls Element 1 und Element 2 gleich gewertet werden
  - >0, falls Element 1 größer bewertet wird als Element 2
- Beispiel:
  - 'z', 'a' -> 1
  - 1, 5 -> -1
  - 5,5 -> 0

25.1 wsort - Datenstrukturen (1. Möglichkeit)

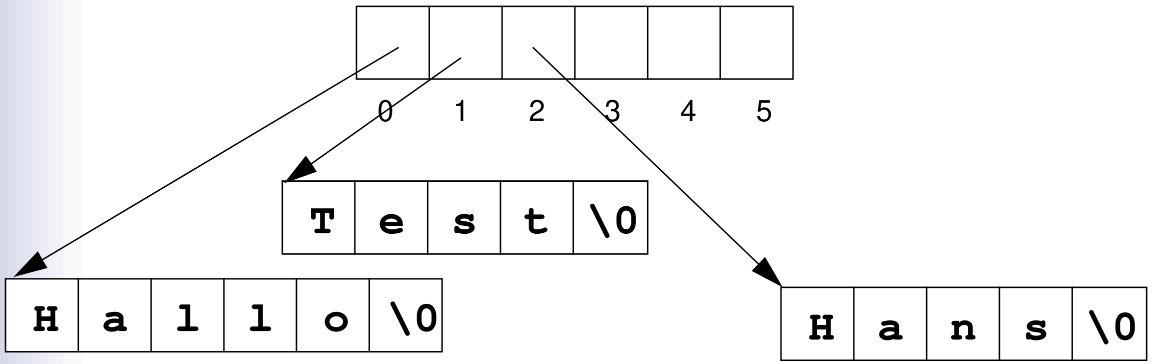
- Array von Zeichenketten

H	a	l	l	o	\0	...	\0	T	e	s	t	\0	\0	...	\0	H	a	n	s	...
0						...	99	100						...	199	200				

- Vorteile:
  - einfach
- Nachteile:
  - hoher Kopieraufwand
  - Maximale Länge der Worte muß bekannt sein
  - Verschwendung von Speicherplatz

25.2 wsort - Datenstrukturen (2. Möglichkeit)

- Array von Zeigern auf Zeichenketten



- Vorteile:
  - ◆ schnelles Sortieren, da nur Zeiger vertauscht werden müssen
  - ◆ Zeichenketten können beliebig lang sein
  - ◆ sparsame Speichernutzung

25.2 Speicherverwaltung

- Berechnung des Array-Speicherbedarfs
  - bei Lösung 1: Anzahl der Wörter * 100 * sizeof(char)
  - bei Lösung 2: Anzahl der Wörter * sizeof(char*)
- realloc:
  - Anzahl der zu lesenden Worte ist unbekannt
  - Array muß vergrößert werden: realloc
  - Bei Vergrößerung sollte man aus Effizienzgründen nicht nur Platz für ein neues Wort (Lösungsvariante 1) bzw. einen neuen Zeiger (Lösungsvariante 2) besorgen, sondern für mehrere.
  - Achtung: realloc kopiert möglicherweise das Array (teuer)
- Speicher sollte wieder freigegeben werden
  - bei Lösung 1: Array freigeben
  - bei Lösung 2: zuerst Wörter freigeben, dann Zeiger-Array freigeben

25.2 Vergleichsfunktion

- Problem: qsort erwartet folgenden Funktionstyp:

```
int (*compar) (const void *, const void *)
```

- Lösung: "casten"
  - innerhalb der Funktion, z.B. (Feld vom Typ char **):

```
int compare(const void *a, const void *b) {
        return strcmp(*((char **)a), *((char **)b));
}
```

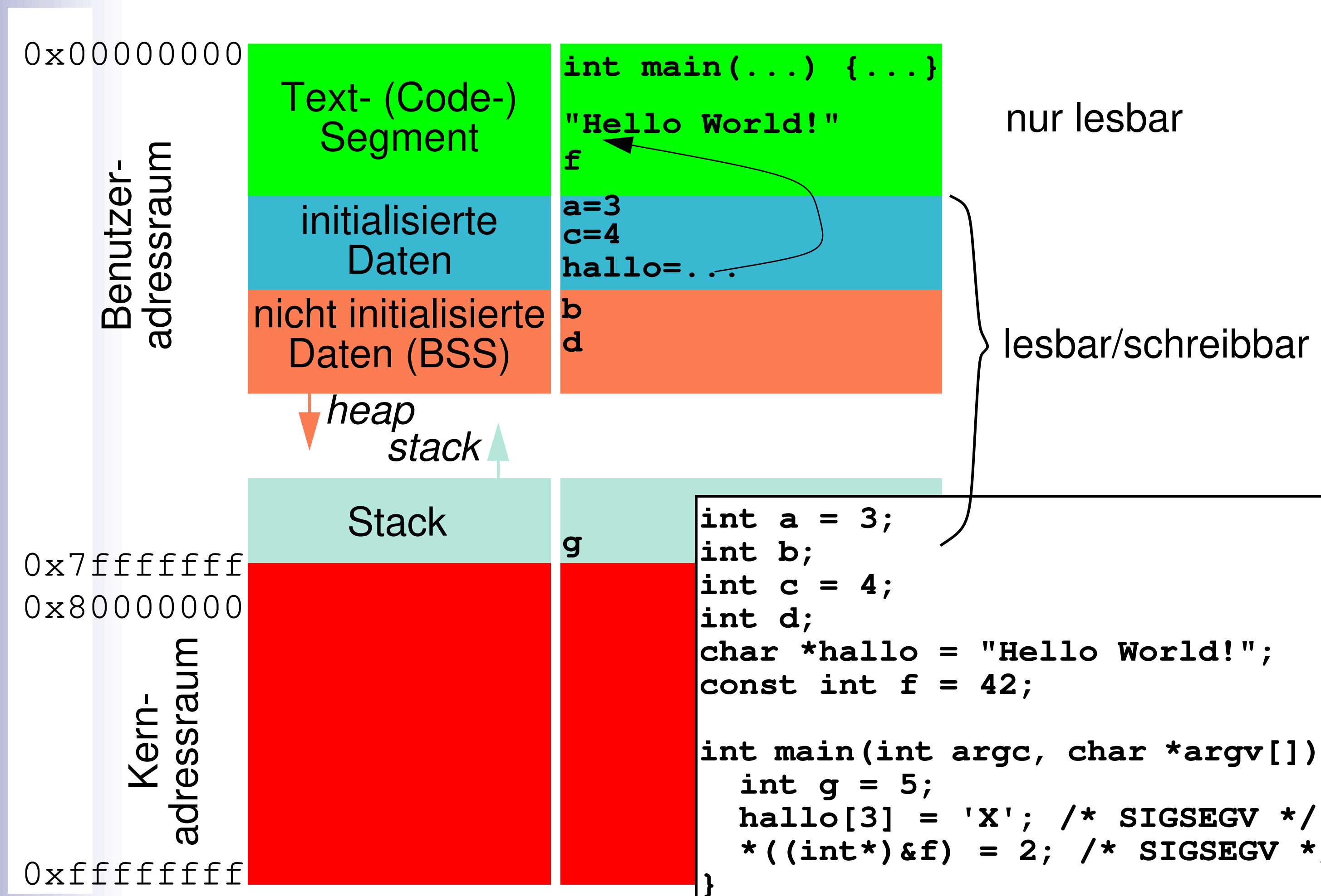
  - beim qsort-Aufruf:

```
int compare(char **a, char **b);
...
qsort( field, nel, sizeof(char *),
        (int (*)(const void *, const void *))compare);
```

26 Hinweise zur 4. Aufgabe

- Prozesse
- fork, exec
- exit
- wait

26.1 Aufbau der Daten eines Prozesses



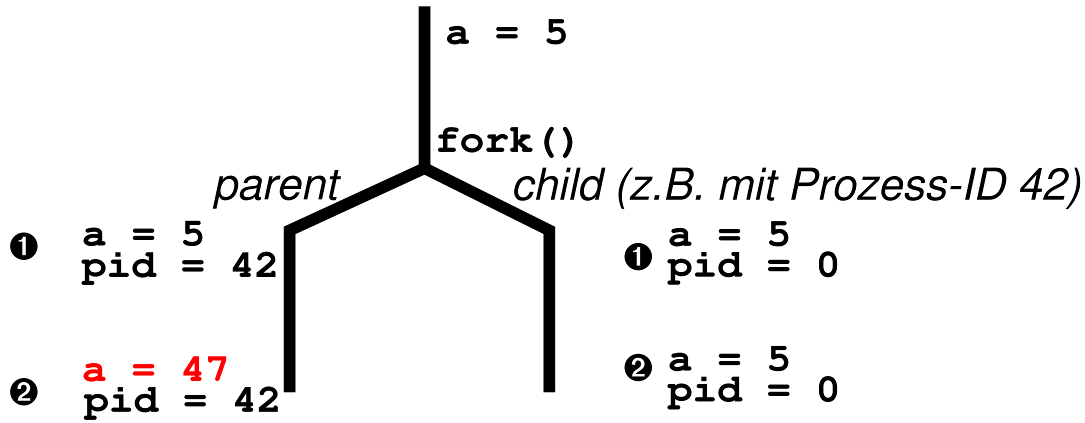

```
int a = 3;
int b;
int c = 4;
int d;
char *hallo = "Hello World!";
const int f = 42;

int main(int argc, char *argv[]) {
  int g = 5;
  hallo[3] = 'X'; /* SIGSEGV */
  *((int*)&f) = 2; /* SIGSEGV */
}
```

26.1 fork

- Vererbung von
  - Datensegment (neue Kopie, gleiche Daten)
  - Stacksegment (neue Kopie, gleiche Daten)
  - Textsegment (gemeinsam genutzt, da nur lesbar)
  - Filedeskriptoren
  - Arbeitsverzeichnis
  - Benutzer- und Gruppen-ID (uid, gid)
  - Umgebungsvariablen
  - Signalbehandlung
  - ...
- Neu:
  - Prozess-ID

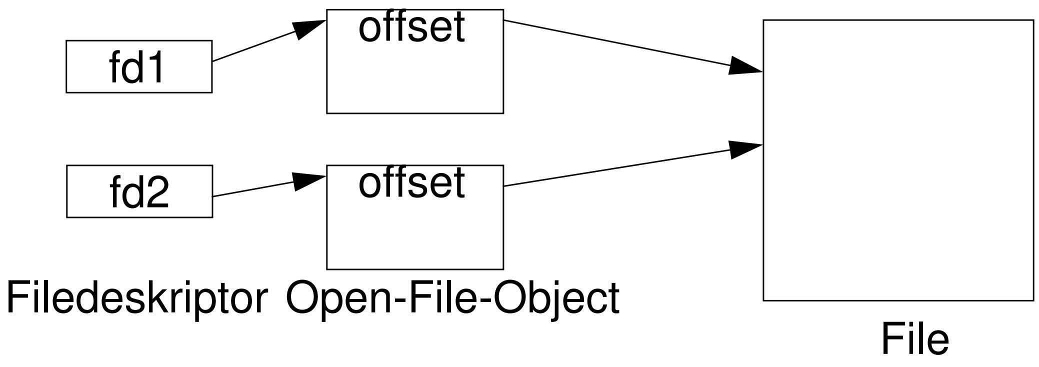
26.2 fork

```
int a;
a = 5;
pid_t pid = fork();
❶
a += pid; ❷
if (pid == 0) {
    ...
} else {
    ...
}
```

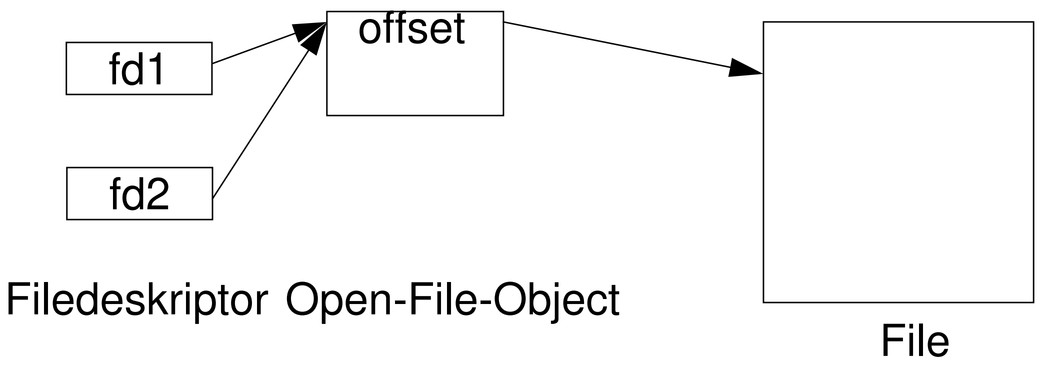


26.3 fork und Filedeskriptoren

- erneutes Öffnen eines Files



- bei fork werden FD vererbt, aber Files werden nicht neu geöffnet!



26.4 exec

- Lädt Programm zur Ausführung in den aktuellen Prozeß
- ersetzt Text-, Daten- und Stacksegment
- behält: Filedeskriptoren, Arbeitsverzeichnis, ...
- Aufrufparameter:
  - Dateiname des neuen Programmes (z.B. **`"/bin/cp"`**)
  - Argumente, die der **`main`**-Funktion des neuen Programms übergeben werden (z.B. **`"cp", "/etc/passwd", "/tmp/passwd"`**)
  - evtl. Umgebungsvariablen
- Beispiel

```
execl("/bin/cp", "cp", "/etc/passwd", "/tmp/passwd", NULL);
```

26.4 exec Varianten

- mit Angabe des vollen Pfads der Programm-Datei in **`path`**

```
int execl(const char *path, const char *arg0, ...,
            const char *argn, char * /*NULL*/);

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

- mit Umgebungsvariablen in **`envp`**

```
int execle(const char *path,char *const arg0, ... , const char
*argn, char * /*NULL*/, char *const envp[]);

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

- zum Suchen von **`file`** wird die Umgebungsvariable **`PATH`** verwendet

```
int execlp (const char *file, const char *arg0, ..., const char
*argn, char * /*NULL*/);

int execvp (const char *file, char *const argv[]);
```

26.5 exit

- beendet aktuellen Prozess
- gibt alle Ressourcen frei, die der Prozeß belegt hat, z.B.
  - Speicher
  - Filedeskriptoren (schließt alle offenen Files)
  - Kerndaten, die für die Prozeßverwaltung verwendet wurden
- Prozeß geht in den *Zombie*-Zustand über
  - ermöglicht es dem Vater auf den Tod des Kindes zu reagieren (wait)

26.6 wait

- warten auf Statusinformationen von Kind-Prozessen (Rückgabe: PID)
  - `wait(int *status)`
  - `waitpid(pid_t pid, int *status, int options)`
- Beispiel:

```
int main(int argc, char *argv[]) {
  int pid;
  if ((pid=fork()) > 0) {
    /* parent */
    int status;
    wait(&status); /* ... Fehlerabfrage */
    printf("Kindstatus: %d", status);
  } else if (pid == 0) {
    /* child */
    execl("/bin/cp", "cp", "/etc/passwd", "/tmp/passwd", 0);
        /* diese Stelle wird nur im Fehlerfall erreicht */
  } else {
        /* pid == -1 --> Fehler bei fork */
  }
}
```