

U6-1 Überblick

- Infos zur Aufgabe 6: Dateisystem, Directories
- Dateisystemschnittstelle

1 opendir / closedir

- Funktions-Prototyp:

```
#include <sys/types.h>
#include <dirent.h>

DIR *opendir(const char *dirname);

int closedir(DIR *dirp);
```

- Argument von opendir
 - ◆ **dirname**: Verzeichnisname
- Rückgabewert: Zeiger auf Datenstruktur vom Typ **DIR** oder **NULL**
- initialisiert einen internen Zeiger des directory-Funktionsmoduls auf den ersten Directory-Eintrag (für den ersten readdir-Aufruf)

U6-2 Aufgabe 6: Verzeichnisse

- opendir(3), readdir(3), rewinddir(3), telldir(3), seekdir(3), closedir(3)
- stat(2), lstat(2)
- readlink(2)
- getpwuid(3), getgrgid(3)

2 readdir

- liefert einen Directory-Eintrag (interner Zeiger) und setzt den Zeiger auf den folgenden Eintrag

- Funktions-Prototyp:

```
#include <sys/types.h>
#include <dirent.h>

struct dirent *readdir(DIR *dirp);
```

- Argumente
 - ◆ **dirp**: Zeiger auf **DIR**-Datenstruktur
- Rückgabewert: Zeiger auf Datenstruktur vom Typ **struct dirent** oder **NULL** wenn EOF erreicht wurde oder im Fehlerfall
 - bei EOF bleibt **errno** unverändert (!!! kritisch, kann vorher beliebigen Wert haben), im Fehlerfall wird **errno** entsprechend gesetzt
 - **errno** vorher auf 0 setzen, sonst kann EOF nicht sicher erkannt werden!

2 ... readdir

- Problem: Der Speicher für die zurückgelieferte `struct dirent` wird von den `dir`-Bibliotheksfunktionen selbst angelegt und bei jedem Aufruf wieder verwendet!
 - ◆ werden Daten aus der `dirent`-Struktur länger benötigt, müssen sie vor dem nächsten `readdir`-Aufruf in Sicherheit gebracht (kopiert) werden
 - ◆ konzeptionell schlecht
 - aufrufende Funktion arbeitet mit Zeiger auf internen Speicher der `readdir`-Funktion
 - ◆ in nebenläufigen Programmen (mehrere Threads) nicht einsetzbar!
 - man weiss evtl. nicht, wann der nächste `readdir`-Aufruf stattfindet
- `readdir` ist ein klassisches Beispiel für schlecht konzipierte Schnittstellen in der C-Funktionsbibliothek
 - wie auch `gets`, `strdup`, `getpwent` und viele andere

3 readdir_r

- *reentrant*-Variante von `readdir`
 - Speicher der `struct dirent` wird nicht von der Funktion bereitgestellt sondern wird vom Aufrufer übergeben und die Funktion füllt ihn aus
- Funktions-Prototyp:


```
int readdir_r(DIR *dirp, struct dirent *entry, struct dirent **result);
```
- Argumente
 - ◆ `dirp`: Zeiger auf `DIR`-Datenstruktur
 - ◆ Zeiger auf `dirent`-Struktur
 - ◆ über das dritte Argument wird im Erfolgsfall der im zweiten Argument übergebene Zeiger zurückgeliefert, sonst `NULL`
- Ergebnis: im Erfolgsfall 0, sonst eine Fehlernummer

4 struct dirent

- Definition unter Linux (`/usr/include/bits/dirent.h`)

```
struct dirent {
    __ino_t d_ino;
    __off_t d_off;
    unsigned short int d_reclen; /* tatsächl. Länge der Struktur */
    unsigned char d_type;
    char d_name[256];
};
```

- Definition unter Solaris (`/usr/include/sys/dirent.h`)

```
typedef struct dirent {
    ino_t      d_ino;
    off_t      d_off;
    unsigned short d_reclen; /* tatsächl. Länge der Struktur */
    char       d_name[1];
} dirent_t;
```

- POSIX: `d_name` ist ein Feld unbestimmter Länge, max. `NAME_MAX` Zeichen

5 rewinddir

- setzt den internen Zeiger des `directory`-Funktionsmoduls zurück
 - nächster `readdir`-Aufruf liefert den ersten `Directory`-Eintrag
- Funktions-Prototyp:

```
void rewinddir(DIR *dirp);
```

6 telldir / seekdir

- `telldir` fragt aktuelle Position des internen Zeigers ab (Ergebnis)
- `seekdir` setzt ihn auf einen zuvor abgefragten Wert (Parameter `loc`)
- Funktions-Prototypen:

```
long int telldir(DIR *dirp);
void seekdir(DIR *dirp, long int loc);
```

7 stat / lstat

- liefert Datei-Attribute aus dem Inode

- Funktions-Prototyp:

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
int stat(const char *path, struct stat *buf);
int lstat(const char *path, struct stat *buf);
```

- Argumente:

- ◆ `path`: Dateiname
- ◆ `buf`: Zeiger auf Puffer, in den Inode-Informationen eingetragen werden

- Rückgabewert: 0 wenn OK, -1 wenn Fehler

- Beispiel:

```
struct stat buf;
stat("/etc/passwd", &buf); /* Fehlerabfrage ... */
printf("Inode-Nummer: %d\n", buf.st_ino);
```

7 stat / lstat: stat-Struktur

- `dev_t st_dev`; Gerätenummer (des Dateisystems) = Partitions-Id
- `ino_t st_ino`; Inodenummer (Tupel `st_dev, st_ino` eindeutig im System)
- `mode_t st_mode`; Dateimode, u.a. Zugriffs-Bits und Dateityp
- `nlink_t st_nlink`; Anzahl der (Hard-) Links auf den Inode (Vorl. 7-32)
- `uid_t st_uid`; UID des Besitzers
- `gid_t st_gid`; GID der Dateigruppe
- `dev_t st_rdev`; DeviceID, nur für Character oder Blockdevices
- `off_t st_size`; Dateigröße in Bytes
- `time_t st_atime`; Zeit des letzten Zugriffs (in Sekunden seit 1.1.1970)
- `time_t st_mtime`; Zeit der letzten Veränderung (in Sekunden ...)
- `time_t st_ctime`; Zeit der letzten Änderung der Inode-Information (...)
- `unsigned long st_blksize`; Blockgröße des Dateisystems
- `unsigned long st_blocks`; Anzahl der von der Datei belegten Blöcke

7 stat: Ergebn isrückgabe im Vergleich zur readdir

- problematische Rückgabe auf funktions-internen Speicher wie bei `readdir` gibt es bei `stat` nicht
- Grund: `stat` ist ein Systemaufruf - Vorgehensweise wie bei `readdir` wäre gar nicht möglich
 - Vergleiche Vorlesung Seite 5-33
 - `readdir` ist komplett auf Ebene 3 implementiert (Teil der Standard-C-Bibliothek - Laufzeitbibliothek, siehe Vorl. Seite 5-26 / 5-30)
 - `stat` ist nur ein Systemaufruf(-stumpf), die Funktion selbst ist Teil des Betriebssystems (Ebene 2)
- der logische Adressraum auf Ebene 3 (Anwendungsprogramm) ist nur eine Teilmenge (oder sogar komplett disjunkt) von dem logischen Adressraum auf Ebene 2 (Betriebssystemkern)
 - Betriebssystemspeicher ist für Anwendung nicht sichtbar/zugreifbar
 - Funktionen der Ebene 2 (wie `stat`) können keine Zeiger auf ihre internen Datenstrukturen an Ebene 3 zurückgeben

7 stat- Zugriffsrechte

- in dem Strukturelement `st_mode` sind die Zugriffsrechte (12 Bit) und der Dateityp (4 Bit) kodiert.
- UNIX sieht folgende Zugriffsrechte vor (davor die Darstellung des jeweiligen Rechts bei der Ausgabe des `ls`-Kommandos)
 - `r` lesen (getrennt für *User*, *Group* und *Others* einstellbar)
 - `w` schreiben (analog)
 - `x` ausführen (bei regulären Dateien) bzw. Durchgriffsrecht (bei Dir.)
 - `s` setuid/setgid-Bit: bei einer ausführbaren Datei mit dem Laden der Datei in einen Prozess (`exec`) erhält der Prozess die User (bzw. Group)-Rechte des Dateieigentümers
 - `t` bei Directories: es dürfen trotz Schreibrecht im Directory nur eigene Dateien gelöscht werden
 - `s` wird anstelle von `x` ausgegeben und bedeutet "`s` und `x`", `t` analog
 - `s` bedeutet, `x` darunter ist nicht gesetzt — hat in manchen UNIX-Systemen besondere Semantik im Zusammenhang mit file-locking

8 readlink

■ Funktions-Prototyp:

```
#include <unistd.h>

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

■ Argumente

- ◆ `path`: Dateiname
- ◆ `buf`: Puffer für Link-Inhalt
 - ▶ Vorsicht: es wird einfach der Link-Inhalt in `buf` kopiert - die Daten werden von `readlink` nicht explizit mit `\0` terminiert
 - ↳ entweder `buf` mit Nullen initialisieren oder `\0` explizit am Ende des Link-Inhalts eintragen (Rückgabewert von `readlink` = Länge)
- ◆ `bufsiz`: Größe des Puffers

■ Rückgabewert: Anzahl der in `buf` geschriebenen Bytes oder -1

10 getgrgid

■ Prototyp:

```
#include <grp.h>
struct group *getgrgid(gid_t gid);
```

■ struct group:

- ◆ `char *gr_name`; /* the name of the group */
- ◆ `char *gr_passwd`; /* the encrypted group password */
- ◆ `gid_t gr_gid`; /* the numerical group ID */
- ◆ `char **gr_mem`; /* vector of pointers to member names */

9 getpwuid

■ Funktions-Prototyp:

```
#include <pwd.h>
struct passwd *getpwuid(uid_t uid);
```

■ struct passwd:

- ◆ `char *pw_name`; /* user's login name */
- ◆ `uid_t pw_uid`; /* user's uid */
- ◆ `gid_t pw_gid`; /* user's gid */
- ◆ `char *pw_gecos`; /* typically user's full name */
- ◆ `char *pw_dir`; /* user's home dir */
- ◆ `char *pw_shell`; /* user's login shell */

U6-3 Dateisystem Systemcalls

- `open(2)` / `close(2)`
- `read(2)` / `write(2)`
- `lseek(2)`
- `chmod(2)`
- `fstat(2)`
- `umask(2)`
- `utime(2)`
- `truncate(2)`

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)

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

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

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

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);
```

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

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

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);
```

7 fstat

- Funktions-Prototyp:

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

- wie `stat`, aber Deskriptor einer geöffneten Datei statt Dateiname

8 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

10 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

9 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 utimbuf 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 */
```

U6-4 POSIX I/O vs. Standard-C-I/O

- POSIX Funktionen `open/close/read/write/...` arbeiten mit Filedeskriptoren

- Standard-C Funktionen `fopen/fclose/fgets/...` arbeiten mit Filepointern

- Konvertierung von Filepointer nach Filedeskriptor

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

- Konvertierung von Filedeskriptor 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!)

- Filedeskriptoren in `<unistd.h>`:

```
STDIN_FILENO, STDOUT_FILENO, STDERR_FILENO
```