

- Besprechung der 4. Aufgabe (clash)
- Hinweise zur Evaluation
- Aufbau eines UNIX-Dateisystems (Vorlesung B VI-1 Seite 7ff)
- Schnittstelle für Verzeichnisse
- Schnittstelle für Datei-Attribute
- Shell-Wildcards

U6-1 Hinweise zur Evaluation

- in Kommentaren, die sich auf einen bestimmten Übungsleiter beziehen, bitte dessen Namen **jeder Zeile** voranstellen
- Frage "eigener Aufwand zur Vor- und Nachbereitung"
 - ◆ bitte nach Vorlesung und Übung auftrennen
 - ◆ Übung: den jeweiligen Wochenaufwand durch 2 teilen
(rechnerisch: 2x1 Stunde Übung (Tafel+Rechner) pro Woche, Angabe je 45 Minuten)
 - ◆ Vorlesung: den jeweiligen Wochenaufwand nicht teilen
(1x90 Minuten Vorlesung pro Woche, Aufwandsangabe je 90 Minuten)
- Vorlesungsevaluation: "Dozent hat Vorlesung zu ... selbst gehalten"
 - ◆ Dozenten sind Prof. Schröder-Prekschat und Dr. Jürgen Kleinöder
 - ◆ technisch bedingt wird in der Evaluation nur Prof. Schröder-Prekschat als Dozent genannt
 - ◆ bitte beide Dozenten bei der Beantwortung der Frage berücksichtigen

U6-2 Verzeichnisse

- opendir(3), closedir(3)
- readdir(3), readdir_r(3)
- rewinddir(3)
- telldir(3), seekdir(3)

1 Iteratorkonzept zum Lesen von Verzeichnissen



2 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**
- Die **DIR**-Struktur ist ein Iterator und speichert die jeweils aktuelle Position
 - ◆ der Iterator steht nach Erzeugung auf dem ersten Verzeichniseintrag
- **closedir** gibt die belegten Ressourcen nach Ende der Bearbeitung frei

3 readdir

- liefert einen Verzeichniseintrag und setzt den **DIR**-Iterator auf den Folgeeintrag
- 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**, **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!

Systemprogrammierung — Übungen

© Jürgen Kleinöder, Michael Stilkerich • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2012

U6.5
U06.fm 2012-06-18 16.26

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 ... readdir

- Problem: Der Speicher für die zurückgelieferte **struct dirent** wird von den dir-Bibliotheksfunktionen selbst angelegt und beim nächsten readdir-Aufruf auf dem **gleichen DIR**-Iterator wieder verwendet!
 - ◆ werden Daten aus der **dirent**-Struktur länger benötigt, müssen sie vor dem nächsten readdir-Aufruf kopiert werden
 - ◆ konzeptionell schlecht
 - aufrufende Funktion arbeitet mit Zeiger auf internen Speicher der readdir-Funktion
 - ◆ in nebenläufigen Programmen (mehrere Threads) nur bedingt 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, getpwent und viele andere

Systemprogrammierung — Übungen

© Jürgen Kleinöder, Michael Stilkerich • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2012

U6.7
U06.fm 2012-06-18 16.26

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Fehlererkennung readdir...

- ...durch Setzen und Prüfen von **errno**

```
#include <errno.h>

while (errno=0, ( entry = readdir(...) ) != NULL ) {
    ... // keine break-Statements in der Schleife
}
// Ende oder Fehler?
if (errno != 0) {
    // Fehler
}
```

- **errno=0** *unmittelbar* vor Aufruf der problematischen Funktion
 - **errno** wird nur im Fehlerfall gesetzt und bleibt sonst evtl. unverändert
- Abfrage der **errno** *unmittelbar* nach Rückgabe des pot. Fehlerwerts
 - **errno** könnte sonst durch andere Funktion verändert werden

Systemprogrammierung — Übungen

© Jürgen Kleinöder, Michael Stilkerich • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2012

U6.6
U06.fm 2012-06-18 16.26

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

U6-2 Verzeichnisse

5 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; /* Nicht verwenden */
    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

Systemprogrammierung — Übungen

© Jürgen Kleinöder, Michael Stilkerich • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2012

U6.8
U06.fm 2012-06-18 16.26

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

6 rewinddir

- setzt den **DIR**-Iterator auf den ersten Verzeichniseintrag zurück
 - nächster readdir-Aufruf liefert den ersten Verzeichniseintrag
- Funktions-Prototyp:

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

7 telldir / seekdir

- telldir ermittelt die aktuelle Position eines **DIR**-Iterator
- seekdir setzt einen **DIR**-Iterator auf einen zuvor abgefragten Wert
 - ◆ **loc** wurde zuvor mit telldir ermittelt
- Funktions-Prototypen:

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

Systemprogrammierung — Übungen

© Jürgen Kleinöder, Michael Stilkerich • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2012

U06.fm 2012-06-18 16.26 U6.9

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 stat: Ergebnisrückgabe im Vergleich zu readdir

- problematische Rückgabe auf funktionsinternen Speicher wie bei **readdir** gibt es bei **stat** nicht
- Grund: **stat** ist ein Systemaufruf - Vorgehensweise wie bei **readdir** wäre gar nicht möglich
 - Vergleiche Vorlesung B V-4 Seite 3
 - **readdir** ist komplett auf Ebene 3 implementiert (Teil der Standard-C-Bibliothek - Laufzeitbibliothek)
 - **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 können keine Zeiger auf ihre internen Datenstrukturen an Ebene 3 zurückgeben

Systemprogrammierung — Übungen

© Jürgen Kleinöder, Michael Stilkerich • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2012

U06.fm 2012-06-18 16.26 U6.11

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

U6-3 Dateiattribute

- **stat(2)/lstat(2)** liefern Datei-Attribute aus dem Inode

- Funktions-Prototypen:

```
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("Dateigroesse /etc/passwd: %ld\n", buf.st_size);
```

Systemprogrammierung — Übungen

© Jürgen Kleinöder, Michael Stilkerich • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2012

U6.10

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 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. 7-30)
- **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

Systemprogrammierung — Übungen

© Jürgen Kleinöder, Michael Stilkerich • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2012

U6.12

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 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 Benutzer (bzw. Gruppen)-Rechte des Dateieigentümers
 - **s**: setgid-Bit: bei einem Verzeichnis: neue Dateien im Verzeichnis erben die Gruppe des Verzeichnisses statt der des anlegenden Benutzers
 - **t**: bei Verzeichnissen: es dürfen trotz Schreibrecht im Verzeichnis nur eigene Dateien gelöscht werden

1 Wildcard-Beispiel

```
mikey@lizzy[testdir] ls -a
attest.doc t1.tar t2.txt test2.c .test.c test.c tx.map
# Einfaches Teilsting-Wildcard
mikey@lizzy[testdir] ls test*
test2.c test.c
# Mehrere Wildcards
mikey@lizzy[testdir] ls *test*
attest.doc test2.c test.c
# Einzelzeichen-Match
mikey@lizzy[testdir] ls test?.*
test2.c
# Bereiche
mikey@lizzy[testdir] ls t[1x].*
t1.tar tx.map
# Invertierung eines Bereichs und Quoting
mikey@lizzy[testdir] find . -name 't[!12].*'
./tx.map
# Matching von Dateien, die mit einem .-Zeichen beginnen
mikey@lizzy[testdir] find . -name '.test*'
./.test.c
```

U6-4 Shell-Wildcards

- Erlauben Beschreibung von Mustern für Pfadnamen
 - *****: beliebiger Teilstring (inkl. leerer String)
 - **?**: genau ein beliebiges Zeichen
 - **[a-d]**: ein Zeichen aus den Zeichen mit ASCII-Codes in **['a'; 'd']**
 - **[!a-d]**: ein Zeichen aus den Zeichen mit ASCII-Codes **nicht** in **['a'; 'd']**
- Weitere und ausführliche Beschreibung siehe **glob(7)**
- Werden von der Shell expandiert, wenn im jeweiligen Verzeichnis passende Dateinamen existieren
 - Quoting notwendig, wenn Muster als Argument übergeben wird
- Die Erweiterung betrifft immer nur einzelne Pfadkomponenten
- Dateien, die mit einem **'.'** beginnen, müssen explizit getroffen werden

2 Evaluierung von Wildcard-Mustern in C-Programmen

- Funktion **fnmatch(3)**

```
#include <fnmatch.h>
int fnmatch(const char *pattern, const char *string, int flags);
```

- Prüft, ob das Wildcard-Muster **pattern** den String **string** einschließt
- Flags (0 oder bitweises Oder von ein oder mehreren der folgenden Werte)
 - ◆ **FNM_PATHNAME**: Ein Slash in **string** wird nur von einem Slash-Zeichen in **pattern** getroffen, nicht von einem Wildcard-Zeichen
 - ◆ **FNM_PERIOD**: Ein führender Punkt in einer Pfadkomponente muss von einem korrespondierenden Punkt in **pattern** getroffen werden
- Rückgabe
 - ◆ 0, wenn Muster den Teststring einschließt, sonst **FNM_NOMATCH**
 - ◆ andere Werte im Fehlerfall