

U8 Verzeichnisse und Sortieren

- Besprechung Aufgabe 6
- Dynamische Speicherverwaltung
- POSIX-Verzeichnis-Systemschnittstelle
- Datei-Attribute in Inodes
- Generisches Sortieren
- Aufgabe 7

U8-1 Dynamische Speicherverwaltung

■ Erzeugen von Feldern der Länge *n*:

◆ mittels: `void *malloc(size_t size)`

```
struct person *personen;  
personen = (struct person *)malloc(sizeof(struct person)*n);  
if(personen == NULL) ...
```

◆ mittels: `void *calloc(size_t nelem, size_t elsize)`

```
struct person *personen;  
personen = (struct person *)calloc(n, sizeof(struct person));  
if(personen == NULL) ...
```

◆ `calloc` initialisiert den Speicher mit 0

◆ `malloc` initialisiert den Speicher nicht

■ Freigeben von Speicher

```
void free(void *ptr);
```

◆ nur Speicher, der mit einer der alloc-Funktionen zuvor angefordert wurde, darf mit `free` freigegeben werden!

U8-1 Dynamische Speicherverwaltung

- Längenänderung von dynamisch allokierten Feldern:

```
void *realloc(void *ptr, size_t size)
```

- Die Position im Speicher kann sich hierbei evtl. ändern
 - An das Feld angrenzender Speicher ist bereits belegt
 - **realloc** sucht einen neuen, ausreichend großen Speicherbereich und kopiert das ursprüngliche Feld an dessen Anfang
 - **realloc** liefert einen Zeiger auf die neue Position zurück

- Beispiel: Erweiterung des allokierten Felds um 10 weitere Strukturen

```
neu = (struct person *)realloc(personen,  
                                (n+10) * sizeof(struct person));  
if(neu == NULL) ...
```

- Wenn **realloc** keinen ausreichend großen Bereich findet, wird `NULL` zurückgegeben und der ursprüngliche Bereich bleibt erhalten.

U8-2 POSIX-Verzeichnis-Systemschnittstelle

- Verzeichnisse öffnen: **opendir(3)**
- Verzeichnisse lesen: **readdir(3)**
- Verzeichnisse schliessen: **closedir(3)**

1 opendir / closedir

■ Funktions-Prototypen:

```
#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)

■ closedir schliesst ein geöffnetes Verzeichnis nach Bearbeitungsende

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 (von **opendir(3)**)

- 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

3 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];  
};
```

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

U8-3 Datei-Attribute ermitteln: stat

- liefern Datei-Attribute aus dem Inode

- Funktions-Prototyp:

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
int stat(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);
```

1 stat: Ergebniserückgabe 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
- der logische Adressraum des Anwendungsprogramms ist nur eine Teilmenge (oder sogar komplett disjunkt) von dem logischen Adressraum des Betriebssystems
 - Betriebssystemspeicher ist für Anwendung nicht sichtbar/zugreifbar
 - Funktionen des Kernels (wie stat) können keine Zeiger auf ihre internen Datenstrukturen an Anwendungen zurückgeben

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. 7-32)
- `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

U8-4 Generisches Sortieren mit qsort

1 Funktion *qsort*(3)

■ Prototyp aus `stdlib.h`:

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

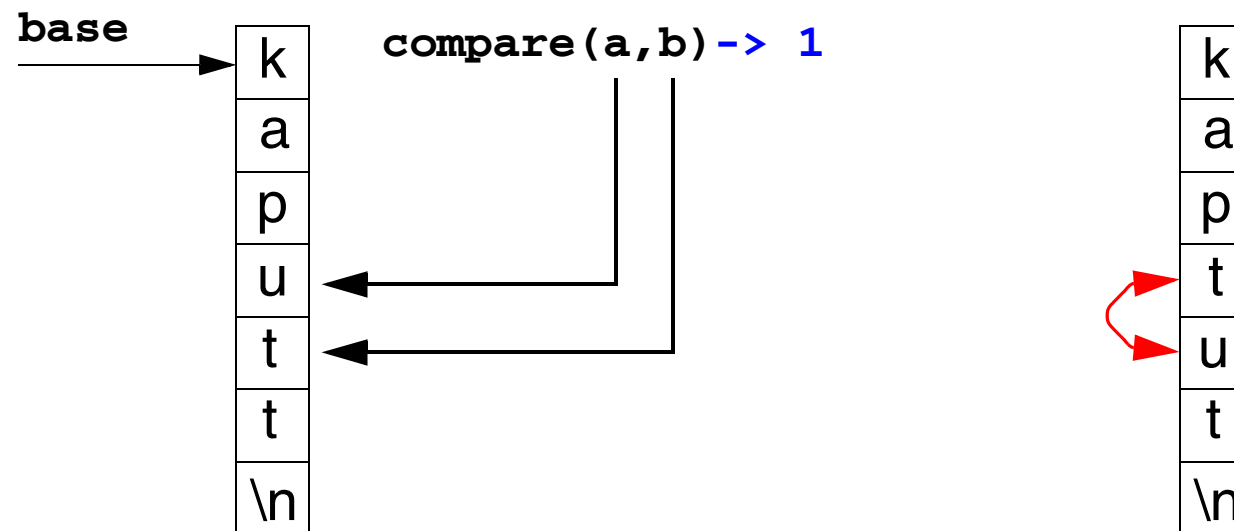
■ Bedeutung der Parameter:

- ◆ **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

■ Sortiert ein Feld von beliebigen Elementen

2 Arbeitsweise von *qsort*(3)

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



3 Vergleichsfunktion

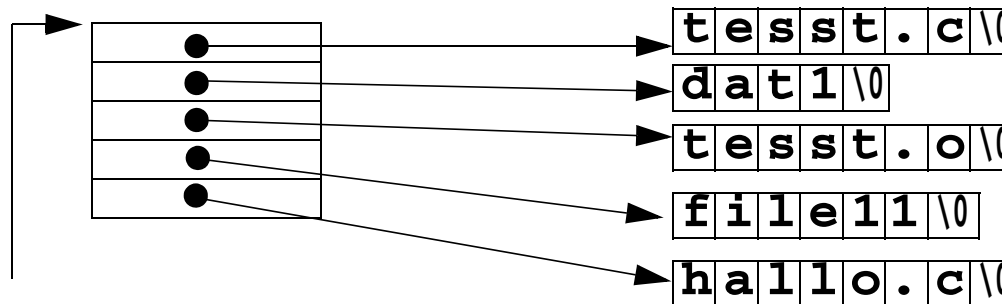
- Die Vergleichsfunktion erhält Zeiger auf Feldelemente, d.h. die übergebenen Zeiger haben denselben Typ wie das Feld
- Die Funktion vergleicht die beiden Elemente und liefert:
 - <0 , falls Element 1 kleiner bewertet wird als Element 2
 - 0 , falls Element 1 und Element 2 gleich gewertet werden
 - >0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

- Beispiel

◆ 'z', 'a'	⇒ 1
◆ 1, 5	⇒ -1
◆ 5,5	⇒ 0
◆ "foo", "bar"	⇒ 1

4 Beispiel: Strings sortieren

- Strings: '\0'-terminierte Zeichenfolgen *beliebiger* (unbekannter) Länge
 - **qsort** sortiert Elemente *fester* Länge
 - direkte Sortierung mit **qsort** daher nicht möglich
- Ein Feld aus Zeigern auf die Strings sortieren
 - die Zeiger haben alle die gleiche *feste* Länge
 - Feldelemente haben den Typ `char *`



```
char **strings = malloc(n * sizeof(char *));
```

4 Sortieren des Zeigerfeldes mit qsort

■ Funktion qsort aufrufen

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

■ Bedeutung der Parameter:

- ◆ **base** : Zeiger auf erstes Element des zu sortierenden Feldes
(*Zeiger auf den Zeiger auf ersten String*)
- ◆ **nel** : Anzahl der Elemente im zu sortierenden Feld (*Zahl der Zeiger/Strings*)
- ◆ **width**: Größe eines Elements (*Größe eines char-Zeigers - sizeof*)
- ◆ **compare**: Zeiger auf Vergleichsfunktion

4 Beispiel: Compare Funktion

■ Lösung für die compare-Funktion:

- **qsort** übergibt der compare-Funktion Zeiger auf Elemente
- **compare** wird also mit Zeigern auf **char *** aufgerufen ➡ **char ****
- **strcmp(3)** wird verwendet, um die Strings zu vergleichen

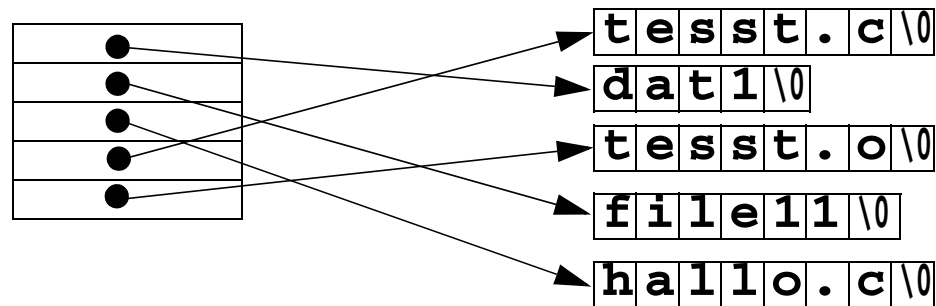
```
int compare(const char **a, const char **b) {
    return strcmp( *a, *b );
}
```

■ Aufruf von qsort (nel=5) im Beispiel

```
qsort(strings, nel, sizeof(char *),
      (int (*)(const void *, const void *)) compare);
```

- Funktionstyp der **compare**-Funktion ist generisch (mit **void ***)
- Typ der **compare**-Funktion muss für den **qsort**-Aufruf gecastet werden

4 Resultat nach dem Aufruf von qsort



- die Strings stehen unverändert, nur die Zeiger im Feld wurden sortiert

U8-5 Aufgabe 7

1 Teilaufgabe a)

- Argumente aus der Kommandozeile ausgeben
- Vorlesung F.36 ff

2 Teilaufgabe b)

- Directory öffnen (**opendir(3)**, Vorlesung J.20)
- Schleife: Einträge lesen (**readdir(3)**, Vorlesung J.21)
- Inode-Information des Eintrags lesen (**stat(2)**)
- Dateinamen und -größe ausgeben (**printf(3)**, `d_name` aus `dirent`-Struktur, `st_size` aus `stat`-Struktur)

3 Teilaufgabe c)

■ Problem

- Rückgabewert von `readdir` nur bis zum nächsten Aufruf von `readdir` gültig
- Daten müssen aus `dirent`-Struktur wegkopiert werden

■ Lösung

- Speicher für Dateinamen mit `malloc(3)` besorgen
- benötigten Speicherplatz mit `strlen(3)` ermitteln
- Platz für abschließendes `'\0'`-Zeichen nicht vergessen!
- Dateiname in neuen Speicher umkopieren (`strcpy(3)`)

3 Teilaufgabe c)

■ Problem 2

- Einträge in einem Directory sind nicht sortiert
- Einträge sollen nach Dateigröße sortiert werden

■ Lösung

- Dateigröße zusammen mit den Namen in einer Struktur speichern
- Feld mit Zeigern auf diese Strukturen mit der Funktion **qsort(3)** sortieren

■ nach dem Sortieren

- ◆ mit `printf("\t%ld\t%s\n", ...)` alle Einträge des Feldes ausgeben
- ◆ dynamisch allokierten Speicher wieder freigeben

4 Teilaufgabe d)

■ beliebige viele Verzeichniseinträge sortieren

- Lösung: Zeigerfeld mit **realloc(3)** nach Bedarf vergrössern