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: Ergebnisrückgabe 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)*

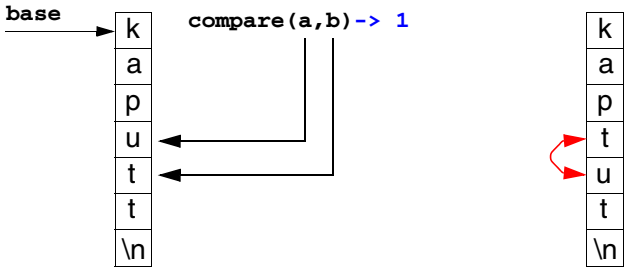
- Prototyp aus **stdlib.h**:

```
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.:

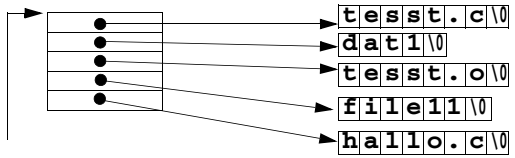


3 Vergleichsfunktion

- 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

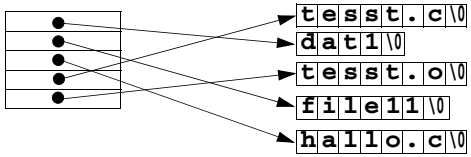
```
int compare(const char **a, const char **b) {
        return strcmp( *a, *b );
}
```

- 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 mir *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