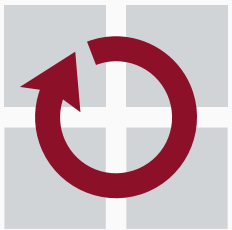
Übungen zu Systemprogrammierung 2

ÜM – Besprechung der Miniklausur

Wintersemester 2025/26

Jürgen Kleinöder, Thomas Preisner, Tobias Häberlein, Ole Wiedemann

Lehrstuhl für Informatik 4
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg



Lehrstuhl für Informatik 4
Systemsoftware

Friedrich-Alexander-Universität
Technische Fakultät

Agenda

M.1 Aufgabe 1

M.2 Aufgabe 2

M.3 Aufgabe 3

Agenda

M.1 Aufgabe 1

M.2 Aufgabe 2

M.3 Aufgabe 3

Aufgabe 1 a): Einfachauswahlfragen

a) Man unterscheidet zwischen Traps und Interrupts. Welche Aussage ist richtig?

2 Punkte

- ○ Traps können nicht durch Speicherzugriffe ausgelöst werden.
- ○ Bei der mehrfachen Ausführung eines unveränderten Programmes mit den selben Eingabedaten treten Interrupts immer an den selben Stellen auf.
- ○ Traps stehen immer in ursächlichem Zusammenhang zu der Ausführung eines Maschinenbefehls.
- ○ Ein Trap wird immer durch das Programm behandelt, welches den Trap ausgelöst hat, Interrupts werden hingegen immer durch das Betriebssystem behandelt.

b) Welche Aussage zu Semaphoren ist richtig?

2 Punkte

- ○ Die Up-Operation eines Semaphors kann ausschließlich von einem Thread aufgerufen werden, der zuvor mindestens eine Down-Operation auf dem selben Semaphor aufgerufen hat.
- ○ Die Down-Operation eines Semaphors erhöht den Wert des Semaphors um 1 und deblockiert gegebenenfalls wartende Prozesse.
- ○ Ein Semaphor kann nur zur Signalisierung von Ereignissen, nicht jedoch zum Erreichen gegenseitigen Ausschlusses verwendet werden.
- ○ Die Up-Operation eines Semaphors erhöht den Wert des Semaphors um 1 und deblockiert gegebenenfalls wartende Prozesse.

Aufgabe 1 a): Lösung

a) Man unterscheidet zwischen Traps und Interrupts. Welche Aussage ist richtig?

2 Punkte

- ○ Traps können nicht durch Speicherzugriffe ausgelöst werden.
- ○ Bei der mehrfachen Ausführung eines unveränderten Programmes mit den selben Eingabedaten treten Interrupts immer an den selben Stellen auf.
- ⊗ Traps stehen immer in ursächlichem Zusammenhang zu der Ausführung eines Maschinenbefehls.
- ○ Ein Trap wird immer durch das Programm behandelt, welches den Trap ausgelöst hat, Interrupts werden hingegen immer durch das Betriebssystem behandelt.

b) Welche Aussage zu Semaphoren ist richtig?

2 Punkte

- ○ Die Up-Operation eines Semaphors kann ausschließlich von einem Thread aufgerufen werden, der zuvor mindestens eine Down-Operation auf dem selben Semaphor aufgerufen hat.
- ○ Die Down-Operation eines Semaphors erhöht den Wert des Semaphors um 1 und deblockiert gegebenenfalls wartende Prozesse.
- ○ Ein Semaphor kann nur zur Signalisierung von Ereignissen, nicht jedoch zum Erreichen gegenseitigen Ausschlusses verwendet werden.
- ⊗ Die Up-Operation eines Semaphors erhöht den Wert des Semaphors um 1 und deblockiert gegebenenfalls wartende Prozesse.

Aufgabe 1 b): Mehrfachauswahlfragen

a) Man unterscheidet die Begriffe Programm und Prozess. Welche der folgenden Aussagen zu diesem Themengebiet ist richtig?

3 Punkte

- ☐ Ein Prozess ist ein Programm in Ausführung - ein Prozess kann während seiner Lebenszeit aber auch mehrere verschiedene Programme ausführen.
- ☐ Der Prozess ist der statische Teil (Rechte, Speicher, etc.), das Programm der aktive Teil (Programmzähler, Register, Stack).
- ☐ Mit Hilfe des Systemaufrufs `execve(2)` (bzw. der Bibliotheksfunktion `exec(3)`) wird das bestehende Programm im aktuell laufenden Prozess ersetzt.
- ☐ Der C-Präprozessor übersetzt mehrere C-Quelldateien in Module die zu einem Programm gebunden werden können.
- ☐ Ein Programm kann durch mehrere Prozesse gleichzeitig ausgeführt werden.
- ☐ Ein Prozess kann mit Hilfe von Threads mehrere Programme gleichzeitig ausführen.

Aufgabe 1 b): Lösung

a) Man unterscheidet die Begriffe Programm und Prozess. Welche der folgenden Aussagen zu diesem Themengebiet ist richtig?

3 Punkte

- ☒ Ein Prozess ist ein Programm in Ausführung - ein Prozess kann während seiner Lebenszeit aber auch mehrere verschiedene Programme ausführen.
- ☐ Der Prozess ist der statische Teil (Rechte, Speicher, etc.), das Programm der aktive Teil (Programmzähler, Register, Stack).
- ☒ Mit Hilfe des Systemaufrufs `execve(2)` (bzw. der Bibliotheksfunktion `exec(3)`) wird das bestehende Programm im aktuell laufenden Prozess ersetzt.
- ☐ Der C-Präprozessor übersetzt mehrere C-Quelldateien in Module die zu einem Programm gebunden werden können.
- ☒ Ein Programm kann durch mehrere Prozesse gleichzeitig ausgeführt werden.
- ☐ Ein Prozess kann mit Hilfe von Threads mehrere Programme gleichzeitig ausführen.

Agenda

M.1 Aufgabe 1

M.2 Aufgabe 2

M.3 Aufgabe 3

Aufgabe 2: `pdfsize`

Zu programmieren war ein Programm `pdfsize`, welches einen Verzeichnispfad als Argument erhält und daraufhin alle `.pdf`-Dateien in dem übergebenen Verzeichnis inklusive deren Dateigröße ausgibt.

Aufgabe 2: `pdfsize`

Zu programmieren war ein Programm `pdfsize`, welches einen Verzeichnispfad als Argument erhält und daraufhin alle `.pdf`-Dateien in dem übergebenen Verzeichnis inklusive deren Dateigröße ausgibt.

Beispielaufruf:

```
$ ./pdfsize klausur/
klausur/man.pdf: 43607
klausur/2025w-SP-MKlausur.pdf: 229590
klausur/2025w-SP-MKlausur_ml.pdf: 240367
Gesamtgroesse: 513564
```

Aufgabe 2: `pdfsize`

Zu programmieren war ein Programm `pdfsize`, welches einen Verzeichnispfad als Argument erhält und daraufhin alle `.pdf`-Dateien in dem übergebenen Verzeichnis inklusive deren Dateigröße ausgibt.

Beispielaufruf:

```
$ ./pdfsize klausur/
klausur/man.pdf: 43607
klausur/2025w-SP-MKlausur.pdf: 229590
klausur/2025w-SP-MKlausur_ml.pdf: 240367
Gesamtgroesse: 513564
```

Funktionen:

```c
int main(int argc, char **argv);
// Filterfunktion für scandir
int filter(const struct dirent *ent);
// Sortierfunktion für scandir
int sizesort(const struct dirent **a, const struct dirent **b);
```

Aufgabe 2: Häufige Fehler mit `scandir(3p)`

- Der Typ von `namelist` in `scandir(3p)`

Aufgabe 2: Häufige Fehler mit `scandir(3p)`

- Der Typ von `namelist` in `scandir(3p)`
  - Ein einzelner Verzeichniseintrag ist ein Pointer zu `struct dirent`
    $\rightarrow$ `struct dirent *`

Aufgabe 2: Häufige Fehler mit `scandir(3p)`

- Der Typ von `namelist` in `scandir(3p)`
  - Ein einzelner Verzeichniseintrag ist ein Pointer zu `struct dirent`
    → `struct dirent *`
  - Ein Array aus Verzeichniseinträgen ist dann vom Typ Pointer auf Pointer
    → `struct dirent **`

Aufgabe 2: Häufige Fehler mit `scandir(3p)`

- Der Typ von `namelist` in `scandir(3p)`
  - Ein einzelner Verzeichniseintrag ist ein Pointer zu `struct dirent`
    → `struct dirent *`
  - Ein Array aus Verzeichniseinträgen ist dann vom Typ Pointer auf Pointer
    → `struct dirent **`
  - Damit `scandir(3p)` das Array befüllen kann, übergeben wir eine **Referenz** auf das Array
    → `struct dirent ***`

```
struct dirent **namelist;
scandir(dir, &namelist, filter, sizesort);
```

Aufgabe 2: Häufige Fehler mit `scandir(3p)`

- Der Typ von `namelist` in `scandir(3p)`
  - Ein einzelner Verzeichniseintrag ist ein Pointer zu `struct dirent`
    → `struct dirent *`
  - Ein Array aus Verzeichniseinträgen ist dann vom Typ Pointer auf Pointer
    → `struct dirent **`
  - Damit `scandir(3p)` das Array befüllen kann, übergeben wir eine **Referenz** auf das Array
    → `struct dirent ***`

```
struct dirent **namelist;
scandir(dir, &namelist, filter, sizesort);
```

- Auf welchen Elementen muss `free(3p)` aufgerufen werden?
  - Auf jedem Element des `namelist`-Arrays
  - Auf dem `namelist`-Array selbst

Aufgabe 2: Häufige Fehler

- Fehlerbehandlung in `filter()`
  - Wenn `lstat(3p)` in `filter` fehlschlägt, sollte das Programm nicht beendet werden (kein `die()`)

Aufgabe 2: Häufige Fehler

- Fehlerbehandlung in `filter()`
  - Wenn `lstat(3p)` in `filter` fehlschlägt, sollte das Programm nicht beendet werden (kein `die()`)
  - Es kann sein, dass `lstat(3p)` aufgrund von fehlenden Berechtigungen auf einer Datei fehlschlägt
  - Deswegen sollte nicht direkt das Programm abbrechen → Fehlermeldung
    Vergleiche mit `find(1p)`

```
$ find /proc/
/proc/3995810/task/3995810/fd
find: '/proc/3995810/task/3995810/fd': Permission denied
/proc/3995810/task/3995810/fdinfo
find: '/proc/3995810/task/3995810/fdinfo': Permission denied
/proc/3995810/task/3995810/ns
[...]
```

Aufgabe 2: Häufige Fehler

- *“Es sollen nur reguläre Dateien berücksichtigt werden, …”*

Aufgabe 2: Häufige Fehler

- *“Es sollen nur reguläre Dateien berücksichtigt werden, …”*
  - Triggerword: **reguläre Datei** → `stat(3p)`/`lstat(3p)` nötig
  - Prüfen, ob es sich um eine reguläre Datei handelt: `S_ISREG(file_stat.st_mode)`

Aufgabe 2: Häufige Fehler

- *“Es sollen nur reguläre Dateien berücksichtigt werden, …”*
  - Triggerword: **reguläre Datei** → `stat(3p)`/`lstat(3p)` nötig
  - Prüfen, ob es sich um eine reguläre Datei handelt: `S_ISREG(file_stat.st_mode)`
- *“… symbolischen Verknüpfungen soll nicht gefolgt werden.”*

Aufgabe 2: Häufige Fehler

- *"Es sollen nur reguläre Dateien berücksichtigt werden, …"*
  - Triggerword: **reguläre Datei** → `stat(3p)`/`lstat(3p)` nötig
  - Prüfen, ob es sich um eine reguläre Datei handelt:
    `S_ISREG(file_stat.st_mode)`
- *"… symbolischen Verknüpfungen soll nicht gefolgt werden."*
  - `stat(3p)` folgt symbolischen Verknüpfungen
  - `lstat(3p)` greift auf die Datei zu, welche die Verknüpfung enthält

Aufgabe 2: Häufige Fehler

- *"Es sollen nur reguläre Dateien berücksichtigt werden, …"*
  - Triggerword: **reguläre Datei** → `stat(3p)`/`lstat(3p)` nötig
  - Prüfen, ob es sich um eine reguläre Datei handelt: `S_ISREG(file_stat.st_mode)`
- *"… symbolischen Verknüpfungen soll nicht gefolgt werden."*
  - `stat(3p)` folgt symbolischen Verknüpfungen
  - `lstat(3p)` greift auf die Datei zu, welche die Verknüpfung enthält
- Pfad für `stat(3p)`/`lstat(3p)` aus Verzeichnis und Dateiname zusammenbauen
  - `namelist[i]->d_name` enthält nur den Dateinamen **ohne** Verzeichnisnamen

Aufgabe 2: Häufige Fehler

- *"Es sollen nur reguläre Dateien berücksichtigt werden, …"*
  - Triggerword: **reguläre Datei** → `stat(3p)`/`lstat(3p)` nötig
  - Prüfen, ob es sich um eine reguläre Datei handelt: `S_ISREG(file_stat.st_mode)`
- *"… symbolischen Verknüpfungen soll nicht gefolgt werden."*
  - `stat(3p)` folgt symbolischen Verknüpfungen
  - `lstat(3p)` greift auf die Datei zu, welche die Verknüpfung enthält
- Pfad für `stat(3p)`/`lstat(3p)` aus Verzeichnis und Dateiname zusammenbauen
  - `namelist[i]->d_name` enthält nur den Dateinamen **ohne** Verzeichnisnamen

```
struct dirent *entry = namelist[i];
char path[strlen(entry->d_name) + 1 + strlen(dir) + 1];
sprintf(path, "%s/%s", entry->d_name, dir);
```

Agenda

M.1 Aufgabe 1

M.2 Aufgabe 2

M.3 Aufgabe 3

Aufgabe 3.1

Folgendes Programm enthält Programmierfehler. Nennen Sie diese und beschreiben Sie die möglichen Auswirkungen.

```c
int main(void) {
  // Reserviere Speicher für 64 Integer
  int *p = malloc(64);
  for (int i = 0; i < 64; i++) {
    p[i] = i;
  }
  free(p);
  return 0;
```

Aufgabe 3.1

Folgendes Programm enthält Programmierfehler. Nennen Sie diese und beschreiben Sie die möglichen Auswirkungen.

```c
int main(void) {
  // Reserviere Speicher für 64 Integer
  int *p = malloc(64);
  for (int i = 0; i < 64; i++) {
    p[i] = i;
  }
  free(p);
  return 0;
```

- **Problem 1:** `malloc(64)` reserviert 64 Byte
  Größe eines `int`s ist implementierungsabhängig (aber **min. 2 Byte**)
  → `sizeof`-Operator verwenden!

Aufgabe 3.1

Folgendes Programm enthält Programmierfehler. Nennen Sie diese und beschreiben Sie die möglichen Auswirkungen.

```c
int main(void) {
  // Reserviere Speicher für 64 Integer
  int *p = malloc(64);
  for (int i = 0; i < 64; i++) {
    p[i] = i;
  }
  free(p);
  return 0;
```

- **Problem 1:** `malloc(64)` reserviert 64 Byte
  Größe eines `int`s ist implementierungsabhängig (aber **min. 2 Byte**)
  → `sizeof`-Operator verwenden!
- **Problem 2:** Fehlende Fehlerbehandlung für `malloc(3p)`
  Falls kein Speicher mehr verfügbar ist, wird `NULL` zurückgegeben

Aufgabe 3.1 korrigierte Version

```c
int main(void) {
  // Reserviere Speicher für 64 Integer
  int *p = malloc(64 * sizeof(int));
  if (p == NULL) {
    perror("malloc");
    return 1;
  }

  for (int i = 0; i < 64; i++) {
    p[i] = i;
  }
  free(p);
  return 0;
}
```

Aufgabe 3.2

Schreiben Sie den vorherigen Programmcode so um, dass nur Speicher auf dem Stack verwendet wird. Wie unterscheidet sich der Parameter eines `malloc`-Aufrufs von der Größendefinition eines Arrays?

Aufgabe 3.2

Schreiben Sie den vorherigen Programmcode so um, dass nur Speicher auf dem Stack verwendet wird. Wie unterscheidet sich der Parameter eines `malloc`-Aufrufs von der Größendefinition eines Arrays?

- Definition eines `int`-Arrays als lokale Variable: `int arr[64];`
  - Reserviert Platz für 64 Ganzzahlen auf dem Stack

Aufgabe 3.2

Schreiben Sie den vorherigen Programmcode so um, dass nur Speicher auf dem Stack verwendet wird. Wie unterscheidet sich der Parameter eines `malloc`-Aufrufs von der Größendefinition eines Arrays?

- Definition eines `int`-Arrays als lokale Variable: `int arr[64];`
  - Reserviert Platz für 64 Ganzzahlen auf dem Stack
  - Umrechnung in Bytes übernimmt der Compiler, anders als bei `malloc(3p)`, automatisch

Aufgabe 3.2

Schreiben Sie den vorherigen Programmcode so um, dass nur Speicher auf dem Stack verwendet wird. Wie unterscheidet sich der Parameter eines `malloc`-Aufrufs von der Größendefinition eines Arrays?

- Definition eines `int`-Arrays als lokale Variable: `int arr[64];`
  - Reserviert Platz für 64 Ganzzahlen auf dem Stack
  - Umrechnung in Bytes übernimmt der Compiler, anders als bei `malloc(3p)`, automatisch
- Falsche Lösungen:
  - `int[64] arr`
    Eckige Klammern gehören nach den Bezeichner

Aufgabe 3.2

Schreiben Sie den vorherigen Programmcode so um, dass nur Speicher auf dem Stack verwendet wird. Wie unterscheidet sich der Parameter eines `malloc`-Aufrufs von der Größendefinition eines Arrays?

- Definition eines `int`-Arrays als lokale Variable: `int arr[64];`
  - Reserviert Platz für 64 Ganzzahlen auf dem Stack
  - Umrechnung in Bytes übernimmt der Compiler, anders als bei `malloc(3p)`, automatisch
- Falsche Lösungen:
  - `int[64] arr`
    Eckige Klammern gehören nach den Bezeichner
  - `int arr = new int[64]`
    In C gibt es das Schlüsselwort `new` nicht!

Aufgabe 3.2

Schreiben Sie den vorherigen Programmcode so um, dass nur Speicher auf dem Stack verwendet wird. Wie unterscheidet sich der Parameter eines `malloc`-Aufrufs von der Größendefinition eines Arrays?

- Definition eines `int`-Arrays als lokale Variable: `int arr[64];`
  - Reserviert Platz für 64 Ganzzahlen auf dem Stack
  - Umrechnung in Bytes übernimmt der Compiler, anders als bei `malloc(3p)`, automatisch
- Falsche Lösungen:
  - `int[64] arr`
    Eckige Klammern gehören nach den Bezeichner
  - `int arr = new int[64]`
    In C gibt es das Schlüsselwort `new` nicht!
  - `int[] arr = int(64)`

Aufgabe 3.3

Nennen Sie den Bereich, in dem der von `malloc` allokierte Speicher verwaltet wird, sowie einen Nachteil im Vergleich zur Nutzung von Stack-Speicher.

Aufgabe 3.3

Nennen Sie den Bereich, in dem der von `malloc` allokierte Speicher verwaltet wird, sowie einen Nachteil im Vergleich zur Nutzung von Stack-Speicher.

- `malloc(3p)` allokiert Speicher auf dem **Heap**

Aufgabe 3.3

Nennen Sie den Bereich, in dem der von `malloc` allokierte Speicher verwaltet wird, sowie einen Nachteil im Vergleich zur Nutzung von Stack-Speicher.

- `malloc(3p)` allokiert Speicher auf dem **Heap**
- Nachteil: die Allokation des Speichers (Ausführungszeit von `malloc(3p)`) dauert länger als auf dem Stack

Aufgabe 3.3

Nennen Sie den Bereich, in dem der von `malloc` allokierte Speicher verwaltet wird, sowie einen Nachteil im Vergleich zur Nutzung von Stack-Speicher.

- `malloc(3p)` allokiert Speicher auf dem **Heap**
- Nachteil: die Allokation des Speichers (Ausführungszeit von `malloc(3p)`) dauert länger als auf dem Stack
- Nicht richtig ist: der **Zugriff** auf Heap-Speicher dauert länger
  - Wurde Speicher auf dem Heap erst einmal zugeteilt, unterscheidet sich der Zugriff darauf nicht vom Zugriff auf Stack-Speicher