

# Übungen zu Systemnahe Programmierung in C (SPiC)

Moritz Strübe, Rainer Müller  
(Lehrstuhl Informatik 4)



Sommersemester 2014



## Inhalt

---

### Prozesse

System-Schnittstelle

Aufgabe 7

Einlesen von der Standard-Eingabe

Stringmanipulation mit strtok(3)

Testprogramme zu Aufgabe 7

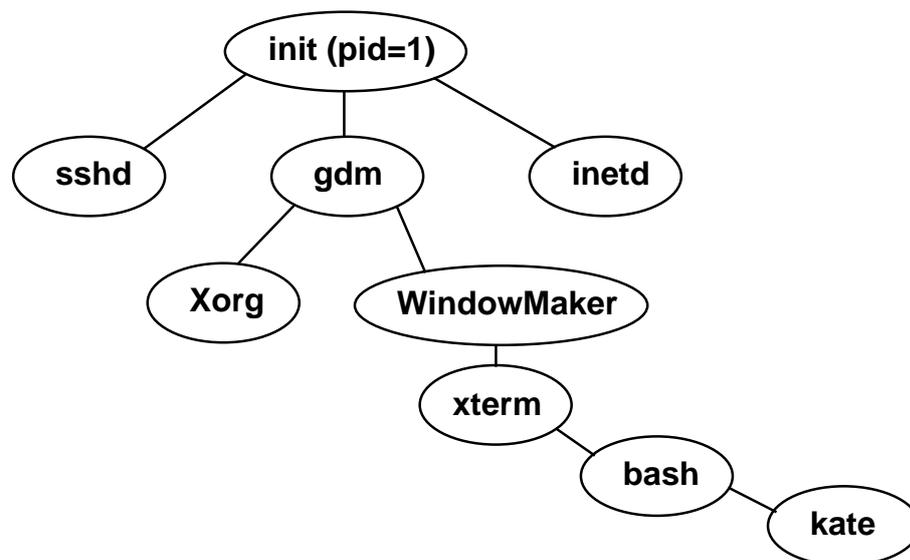


- Prozesse sind eine Ausführungsumgebung für Programme
  - haben eine Prozess-ID (PID, ganzzahlig positiv)
  - führen ein Programm aus
- Mit einem Prozess sind Ressourcen verknüpft, z.B.
  - Speicher
  - Adressraum
  - offene Dateien



## Prozeshierarchie

- Zwischen Prozessen bestehen Vater-Kind-Beziehungen
  - der erste Prozess wird direkt vom Systemkern gestartet (z.B. *init*)
  - es entsteht ein Baum von Prozessen bzw. eine Prozeshierarchie



Beispiel: **kate** ist ein Kind von **bash**, **bash** wiederum ein Kind von **xterm**



# Kindprozess erzeugen – fork(2)

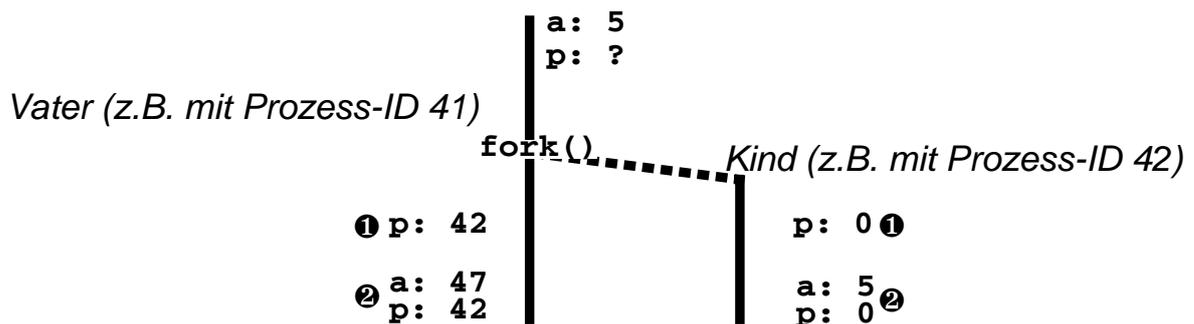
```
1 pid_t fork(void);
```

- Erzeugt einen neuen Kindprozess
- Exakte Kopie des Vaters...
  - Datensegment (neue Kopie, gleiche Daten)
  - Stacksegment (neue Kopie, gleiche Daten)
  - Textsegment (gemeinsam genutzt, da nur lesbar)
  - Filedeskriptoren (geöffnete Dateien)
  - ...mit Ausnahme der Prozess-ID
- Kind startet Ausführung hinter dem `fork()` mit dem geerbten Zustand
  - das ausgeführte Programm muss anhand der PID (Rückgabewert von `fork(2)`) entscheiden, ob es sich um den Vater- oder den Kindprozess handelt



# Kindprozess erzeugen – fork(2)

```
1 int a=5;
2 pid_t p = fork(); // (1)
3 a += p;          // (2)
4 switch(p) {
5     case -1: // Fehler - kein Kind
6         ...
7     case 0: // Kind
8         ...
9     default: // Vater
10         ...
11 }
```



# Programm ausführen – exec(3)

- mit Angabe des vollen Pfads der Programm-Datei in path

```
1 int execl(const char *path, const char *arg0, ... /*, NULL */);  
2 int execv(const char *path, char *const argv[]);
```

- zum Suchen von file wird die Umgebungsvariable PATH verwendet

```
1 int execlp(const char *file, const char *arg0, ... /*, NULL */);  
2 int execvp(const char *file, char *const argv[]);
```

- Lädt Programm zur Ausführung in den aktuellen Prozess

- aktuell ausgeführtes Programm wird ersetzt (Text-, Daten- und Stacksegment)
- erhalten bleiben: Filedeskriptoren (= geöffnete Dateien), Arbeitsverzeichnis, ...

- Aufrufparameter für exec(3)

- Pfad bzw. Dateiname des neuen Programmes
- Argumente für die main-Funktion



## Beispiele zu exec(3)

- Mit absolutem Pfad und einer statischen Liste

```
1 execl("/bin/cp", "/bin/cp", "x.txt", "y.txt", NULL);
```

- Mit Suche in PATH und einer statischen Liste

```
1 execlp("cp", "cp", "x.txt", "y.txt", NULL);
```

- Mit Suche in PATH und einer veränderbar großen Liste

```
1 char *args[4];  
2 args[0] = "cp";  
3 args[1] = "x.txt";  
4 args[2] = "y.txt";  
5 args[3] = NULL;  
6 execvp(args[0], args);
```

- Anmerkungen

- Alle Varianten von exec(3) erwarten als letzten Eintrag in der Argumentenliste einen NULL-Zeiger
- Alle Varianten von exec(3) kehren nur im Fehlerfall zurück



# Prozess beenden – exit(3)

```
1 void exit(int status);
```

- beendet aktuellen Prozess mit angegebenem Exitstatus
- gibt alle Ressourcen frei, die der Prozess belegt hat, z.B.
  - Speicher
  - Filedeskriptoren (schließt alle offenen Dateien)
  - Kerndaten, die für die Prozessverwaltung verwendet wurden
- Prozess geht in den *Zombie*-Zustand über
  - ermöglicht es dem Vater auf den Tod des Kindes zu reagieren
  - Zombie-Prozesse belegen Ressourcen und sollten zeitnah beseitigt werden!
  - ist der Vater schon vor dem Kind terminiert, so wird der Zombie an den Prozess mit PID 1 (z.B. init) weitergereicht, welcher diesen sofort beseitigt



# Auf Kindprozess warten – wait(2)

- Warten auf die Beendigung von Kind-Prozessen (Rückgabe: PID)

```
1 pid_t wait(int *statusbits);
```

- Beispiel

```
1 int main(int argc, char *argv[]) {
2     pid_t pid;
3     pid = fork();
4     if (pid > 0) {                                     /* Vater */
5         int stbits;
6         wait(&stbits); /* Fehlerbehandlung nicht vergessen! */
7         printf("Kindstatus: %x", stbits); /* nackte Status-Bits */
8     } else if (pid == 0) {                             /* Kind */
9         execl("/bin/cp", "/bin/cp", "x.txt", "y.txt", NULL);
10        /* diese Stelle wird nur im Fehlerfall erreicht */
11        perror("exec /bin/cp"); exit(EXIT_FAILURE);
12    } else {
13        /* pid == -1 --> Fehler bei fork */
14    }
15 }
```



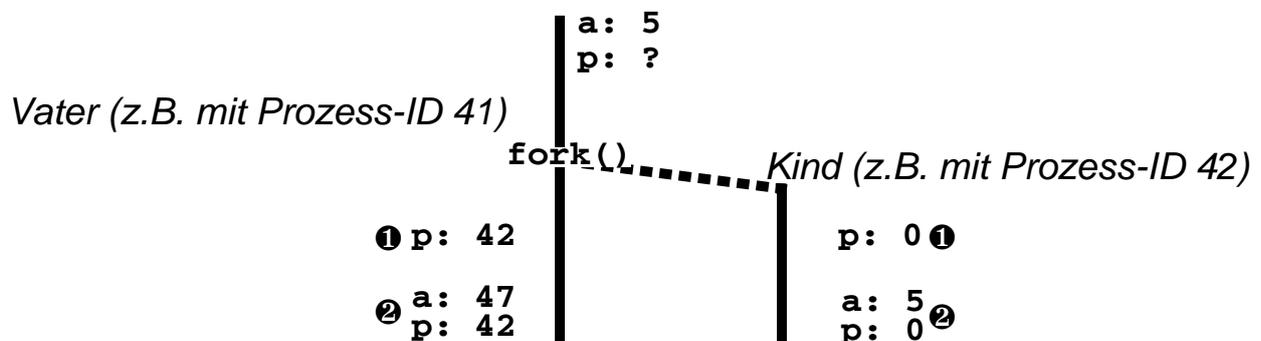
# Auf Kindprozess warten – wait(2)

- wait(2) blockiert, bis ein Kind-Prozess terminiert wird
- PID dieses Kind-Prozesses wird als Rückgabewert geliefert
- als Parameter kann ein Zeiger auf einen `int`-Wert mitgegeben werden, in dem unter anderem der Exitstatus des Kind-Prozesses abgelegt wird
- in den Status-Bits wird eingetragen, „was dem Kind-Prozess zugestoßen ist“, Details können über Makros abgefragt werden:
  - ⇒ Prozess mit `exit(3)` terminiert: `WIFEXITED(stbits)`
    - Exitstatus: `WEXITSTATUS(stbits)`
  - ⇒ Prozess durch Signal abgebrochen: `WIFSIGNALED(stbits)`
    - Nummer des Signals: `WTERMSIG(stbits)`
- weitere siehe `man 2 wait`



# Funktionsweise einer minimalen Shell (Lish)

- Auf Eingaben vom Benutzer warten
- Neuen Prozess erzeugen
- Kind: Startet Programm
- Vater: Wartet auf die Beendigung des Kindes
- Ausgabe der Kindzustands



# Einlesen von der Standard-Eingabe mit fgets(3)

```
1 char *fgets(char *s, int size, FILE *stream);
```

- fgets(3) liest eine Zeile vom übergebenen Eingabe-Kanal und schreibt diese in einen vorher angelegten Speicherbereich
- Es werden maximal `size-1` Zeichen gelesen und mit `'\0'` abgeschlossen
- Das `'\n'` am Ende der Zeile wird auch gespeichert
- Rückgabewert ist der Zeiger auf den übergebenen Speicherbereich; oder `NULL` am Ende der Eingabe oder im Fehlerfall
  - Unterscheidung zwischen End-Of-File und Fehler muss mittels `feof(3)` oder `ferror(3)` erfolgen
- Beispiel

```
1 char buf[23];  
2 while (fgets(buf, 23, stdin) != NULL) { /* Fehlerüberprüfung! */  
3     /* buf enthält die eingelesene Zeile */  
4 }
```



# Stringmanipulation mit strtok(3)

```
1 char *strtok(char *str, const char *delim);
```

- strtok(3) teilt einen String in Tokens auf, die durch bestimmte Trennzeichen getrennt sind
- Wird sukzessive aufgerufen und liefert jeweils einen Zeiger auf das nächste Token (mehrere aufeinanderfolgende Trennzeichen werden hierbei übersprungen)
  - `str` ist im ersten Aufruf ein Zeiger auf den zu teilenden String, in allen Folgeaufrufen `NULL`
  - `delim` ist ein String, der alle Trennzeichen enthält, z.B. `" \t\n"`
- Bei jedem Aufruf wird das einem Token folgende Trennzeichen durch `'\0'` ersetzt
- Ist das Ende des Strings erreicht, gibt strtok(3) `NULL` zurück



## Stringmanipulation mit strtok(3)

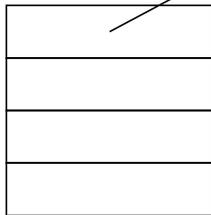
cmdline → ls -l /tmp\0

```
1 a[0] = strtok(cmdline, " ");
2 a[1] = strtok(NULL, " ");
3 a[2] = strtok(NULL, " ");
4 a[3] = strtok(NULL, " ");
```



## Stringmanipulation mit strtok(3)

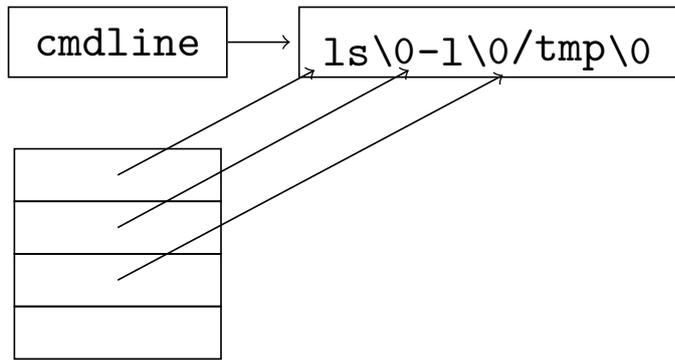
cmdline → ls\0-l /tmp\0



```
1 a[0] = strtok(cmdline, " ");
2 a[1] = strtok(NULL, " ");
3 a[2] = strtok(NULL, " ");
4 a[3] = strtok(NULL, " ");
```



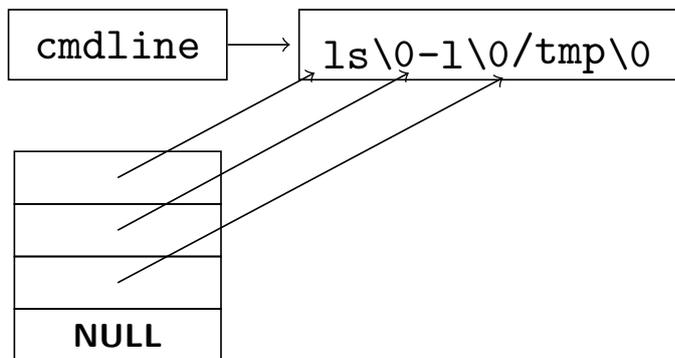
## Stringmanipulation mit strtok(3)



```
1 a[0] = strtok(cmdline, " ");  
2 a[1] = strtok(NULL, " ");  
3 a[2] = strtok(NULL, " ");  
4 a[3] = strtok(NULL, " ");
```



## Stringmanipulation mit strtok(3)



```
1 a[0] = strtok(cmdline, " ");  
2 a[1] = strtok(NULL, " ");  
3 a[2] = strtok(NULL, " ");  
4 a[3] = strtok(NULL, " ");
```



- Unter /proj/i4spic/pub/aufgabe7

- spic-wait

```
1 /proj/i4spic/pub/aufgabe7/spic-wait
2 My PID: 20746
3 Try
4 kill 20746
5     to terminate without core dump (SIGTERM)
6 kill -QUIT 20746
7     to terminate with core dump (SIGQUIT)
```

- spic-exit

```
1 /proj/i4spic/pub/aufgabe7/spic-exit 12
2 Exiting with status 12
```

