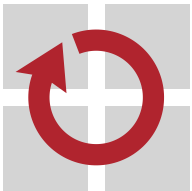
Übungen zu Systemprogrammierung 1

Ü4 – Prozesse

Wintersemester 2019/20

Simon Ruderich, Dustin Nguyen, Christian Eichler, Jürgen Kleinöder

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



Lehrstuhl für Verteilte Systeme
und Betriebssysteme

FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG

TECHNISCHE FAKULTÄT

Agenda

5.1 Adressraumstruktur

5.2 Prozesse

5.3 System-Schnittstelle

5.4 String-Manipulation mit strtok(3)

5.5 Make

5.6 Aufgabe 4: clash

5.7 Gelerntes anwenden

Agenda

Aufteilung des Adressraums

- Aufteilung des Hauptspeichers eines Prozesses in Segmente
  - Vgl. Vorlesung *A-III, Seite 7f.*

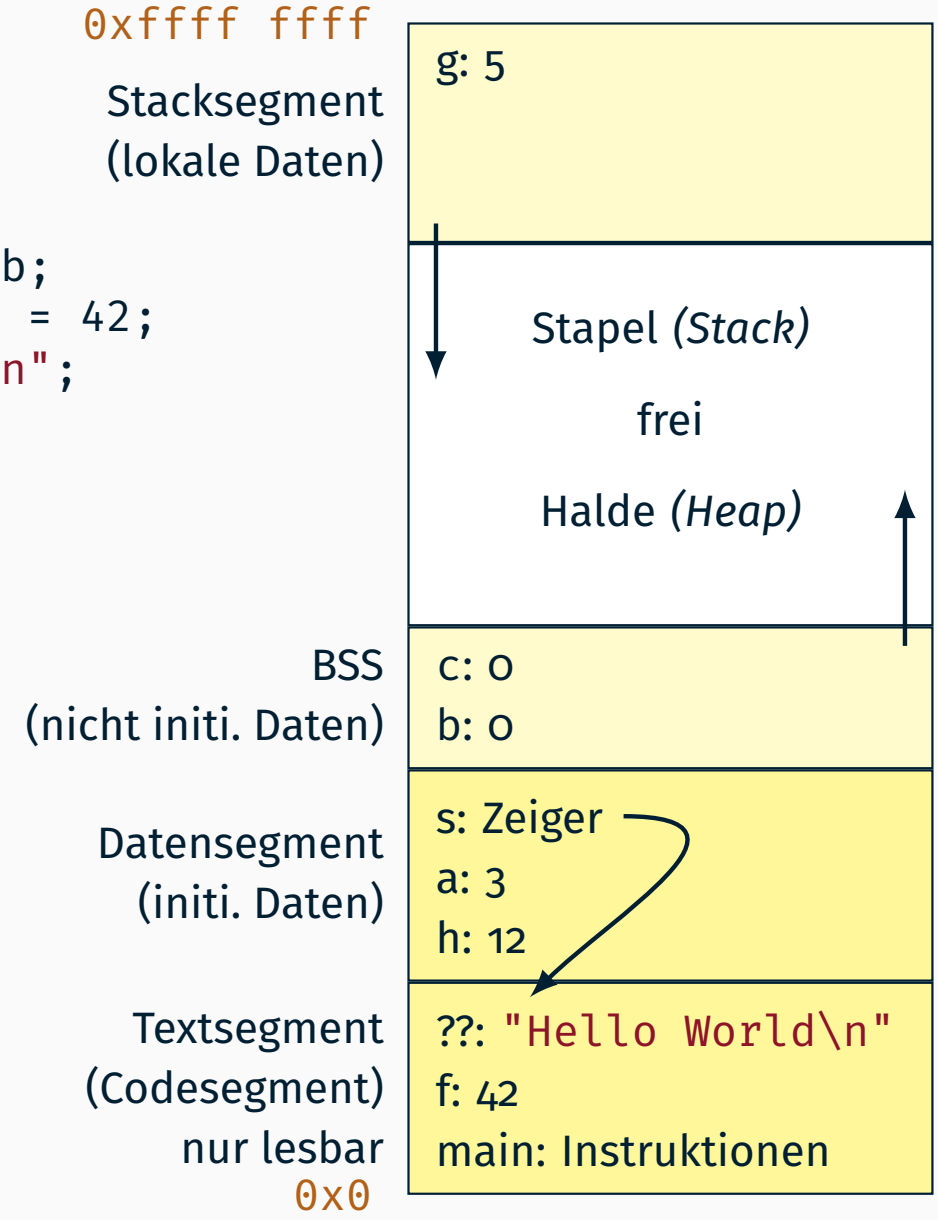
```
static int a = 3; static int b;
static int c = 0; const int f = 42;
const char *s = "Hello World\n";

int main(void) {
    int g = 5;
    static int h = 12;
}
```

- Compiler-Fehler

```
s[1] = 'a';
f = 2;
```

- Segmentation Fault

```
((char *) s)[1] = 'a';
*((int *) &f) = 2;
```



Exkurs: Vernünftige Speicherverwaltung

- Je nach Segment haben Daten unterschiedliche Lebensdauer
  - Stack (lokal nicht-`static`): bis Verlassen des umgebenden Blocks
  - Daten (global / lokal `static`): „unsterblich“ – bis zum Prozessende
  - Heap (dynamisch alloziert mit `malloc(3)`):
    - Bis zur expliziten Freigabe mit `free(3)`
    - Nachträgliche Größenänderung mit `realloc(3)` möglich
- `malloc(3)` ist am flexibelsten – aber nicht immer die beste Lösung!
  - Allokation kostet Zeit
  - Aufwändiger Code, Fehlerbehandlung nötig
  - Freigabe darf nicht vergessen werden
- Oft die bessere Wahl: lokales Array auf dem Stack
  - Voraussetzung 1: beschränkte Lebensdauer okay
  - Voraussetzung 2: keine nachträgliche Größenänderung
    - d. h. obere Schranke für Größe muss vorab ermittelbar sein
  - Voraussetzung 3: Array passt ins Stack-Segment
    (übliche Stack-Größe z. B. 8 MiB, `ulimit -a`)

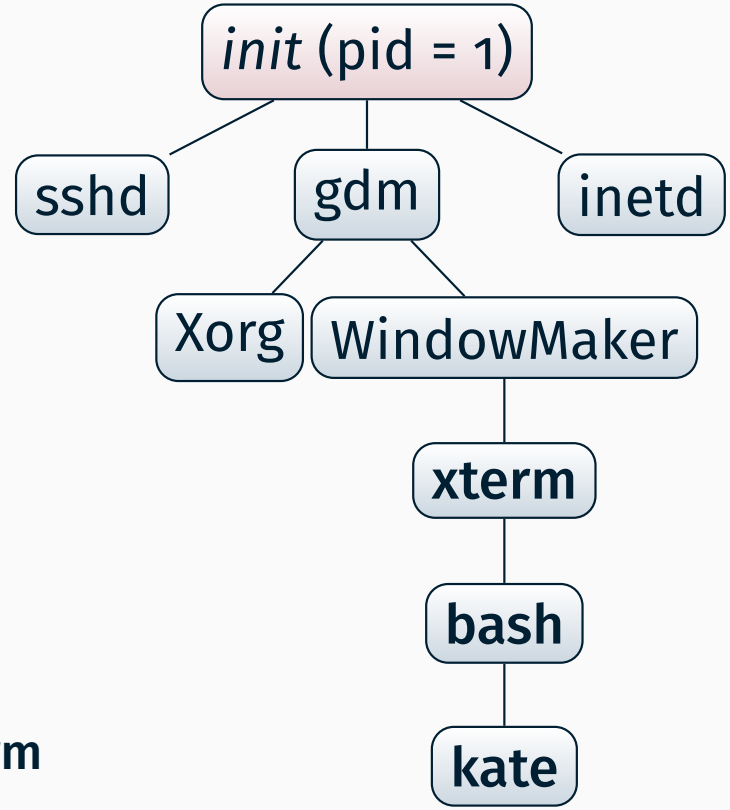
Agenda

Prozesse

- Prozesse sind eine Ausführumgebung für Programme (vgl. Vorlesung A-III, S. 7)
  - haben eine Prozess-ID (PID, ganzzahlig positiv)
  - führen ein Programm aus
- Mit einem Prozess sind Ressourcen verknüpft, z. B.
  - Speicher
  - Adressraum
  - offene Dateien

Prozesshierarchie

- Zwischen Prozessen bestehen Elter-Kind-Beziehungen
  - der erste Prozess wird direkt vom Systemkern gestartet (z. B. *init*)
  - es entsteht ein Baum von Prozessen bzw. eine Prozesshierarchie
  - Beispiel:
    kate ist ein Kind von **bash**,
    bash wiederum ein Kind von **xterm**



Agenda

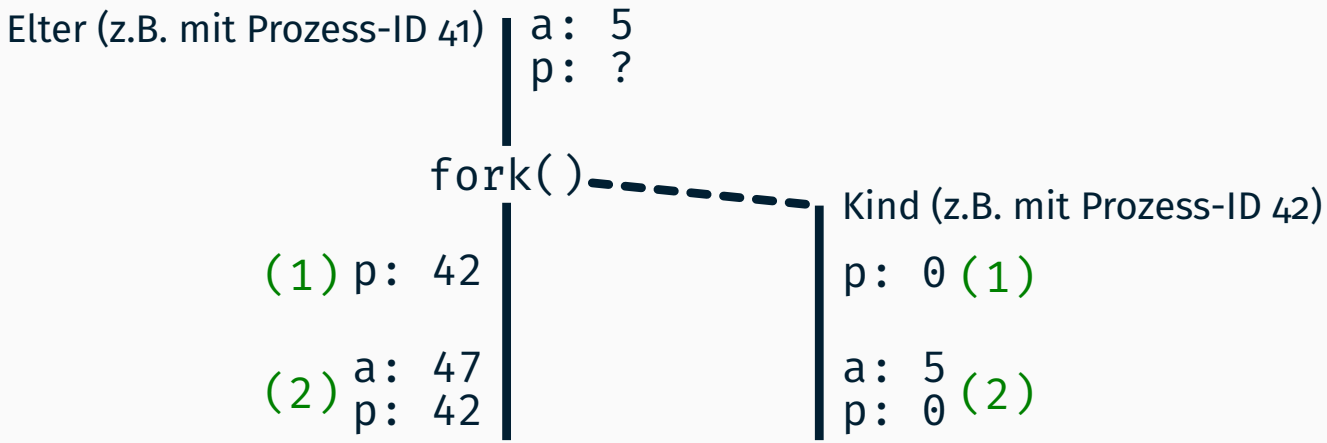
Kindprozess erzeugen – `fork(2)`

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

- Erzeugt einen neuen Kindprozess (Vorlesung A-III, S. 14ff.)
- (Fast) exakte Kopie des Elterprozesses …
  - Datensegment (neue Kopie, gleiche Daten)
  - Stacksegment (neue Kopie, gleiche Daten)
  - Textsegment (gemeinsam genutzt, da nur lesbar)
  - Dateideskriptoren (geöffnete Dateien)
  - Registerinhalte
  - … mit Ausnahme der Prozess-ID
- Kind startet Ausführung hinter dem `fork(2)` mit dem geerbten Zustand
  - das ausgeführte Programm muss anhand der PID (Rückgabewert von `fork(2)`) entscheiden, ob es sich um den Elter- oder den Kindprozess handelt

Kindprozess erzeugen – fork(2)

```c
int a = 5;
pid_t p = fork(); // (1)
a += p; // (2)
if (p == -1) {
  // fork-Fehler, es wurde kein Kind erzeugt
  ...
} else if (p == 0) {
  // Hier befinden wir uns im Kind
  ...
} else {
  // Hier befinden wir uns im Elterprozess
  // p ist die PID des neu erzeugten Kindprozesses
  ...
}
```



Programm ausführen – exec(3)

```
int execlp(const char *file, const char *arg, ...);
int execvp(const char *file, char *const argv[]);
```

- Lädt Programm zur Ausführung in den aktuellen Prozess (vgl. Vorlesung A-III, S. 10f.)
  - aktuell ausgeführtes Programm wird ersetzt (Text-, Daten- und Stacksegment)
  - erhalten bleiben: Dateideskriptoren (= geöffnete Dateien), Arbeitsverzeichnis, ...
- Aufrufparameter für exec(3)
  - Dateiname des neuen Programmes
  - Argumente, die der main-Funktion des neuen Programms übergeben werden
- exec kehrt nur im Fehlerfall zurück

Programm ausführen – exec(3)

- Varianten:

```
// Argumentliste variabler Länge
int execlp(const char *file, const char *arg0, ... /*, NULL */);

// Argumente als Array
int execvp(const char *file, char *const argv[]);
```

- Zum Suchen von `file` wird die Umgebungsvariable PATH verwendet
- Name der Programmdatei muss **doppelt** übergeben werden – als `file` und als `arg0` bzw. `argv[0]`!
- Alle Varianten von `exec(3)` erwarten als letzten Eintrag in der Argumentenliste bzw. im `argv`-Array einen `NULL`-Zeiger

Prozess beenden – `exit(3)`

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

- beendet aktuellen Prozess mit angegebenem Exitstatus
  - `EXIT_SUCCESS = 0`
  - `EXIT_FAILURE != 0`, meist 1
- gibt alle Ressourcen frei, die der Prozess belegt hat, z. B.
  - Speicher
  - Dateideskriptoren (schließt alle offenen Dateien)
  - Kerndaten, die für die Prozessverwaltung verwendet wurden
- Prozess geht in den *Zombie*-Zustand über
  - ermöglicht es dem Elterprozess auf den Tod des Kindes zu reagieren
  - Zombie-Prozesse belegen Ressourcen und sollten zeitnah beseitigt werden (mit `wait(2)` bzw. `waitpid(2)`)!
  - ist der Elterprozess 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)`

```
pid_t wait(int *wstatus);
```

- `wait(2)` liefert Informationen über einen terminierten Kindprozess (*Zombie*):
  - PID dieses Kindprozesses wird als Rückgabewert geliefert
  - als Parameter kann ein Zeiger auf einen `int`-Wert mitgegeben werden, in dem unter anderem der Exitstatus des Kindprozesses abgelegt wird
  - in den Status-Bits wird eingetragen, „was dem Kindprozess zugestoßen ist", Details können über Makros abgefragt werden:
    - Prozess mit `exit(3)` terminiert: `WIFEXITED(wstatus)`
    - Exitstatus: `WEXITSTATUS(wstatus)` = Argument, das an `exit(3)` übergeben wurde
    - weitere siehe `wait(2)`
- Verbleibende Ressourcen des Zombies werden aufgeräumt
- Falls aktuell kein Kindprozess im Zombie-Zustand ist, wartet `wait(2)` bis zum Terminieren des nächsten Kindprozesses und räumt diesen dann ab

Auf speziellen Kindprozess warten – `waitpid(2)`

```
pid_t waitpid(pid_t pid, int *wstatus, int options);
```

- Mächtigere Variante von `wait(2)`
- Wartet auf Statusänderung eines
  - bestimmten Prozesses: `pid > 0`
  - beliebigen Kindprozesses: `pid == -1`
  - weitere siehe `waitpid(2)`
- Verhalten mit Optionen (Parameter `options`) anpassbar
  - `WNOHANG`: `waitpid(2)` kehrt sofort zurück, wenn kein passender Zombie verfügbar ist
    - eignet sich zum periodischen Abfragen (*Polling*) nach Zombieprozessen

Agenda

String-Manipulation mit `strtok(3)`

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

- `strtok(3)` teilt einen String in Tokens auf, die durch bestimmte Trennzeichen getrennt sind

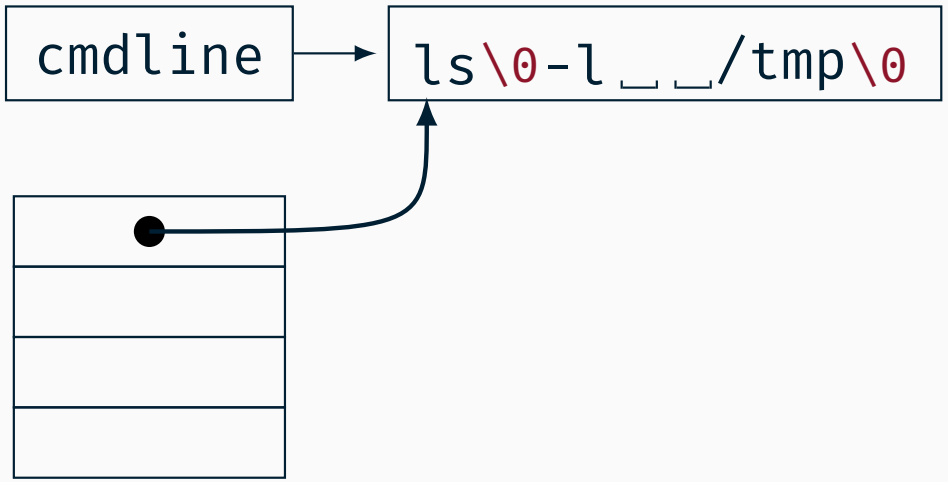

```
cmdline = "ls -l  /tmp";
a[0] = strtok(cmdline, " ");
a[1] = strtok(NULL, " ");
a[2] = strtok(NULL, " ");
a[3] = strtok(NULL, " ");
```

- Kommandozeile liegt als `'\0'`-terminierter String im Speicher

String-Manipulation mit `strtok(3)`

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

- `strtok(3)` teilt einen String in Tokens auf, die durch bestimmte Trennzeichen getrennt sind



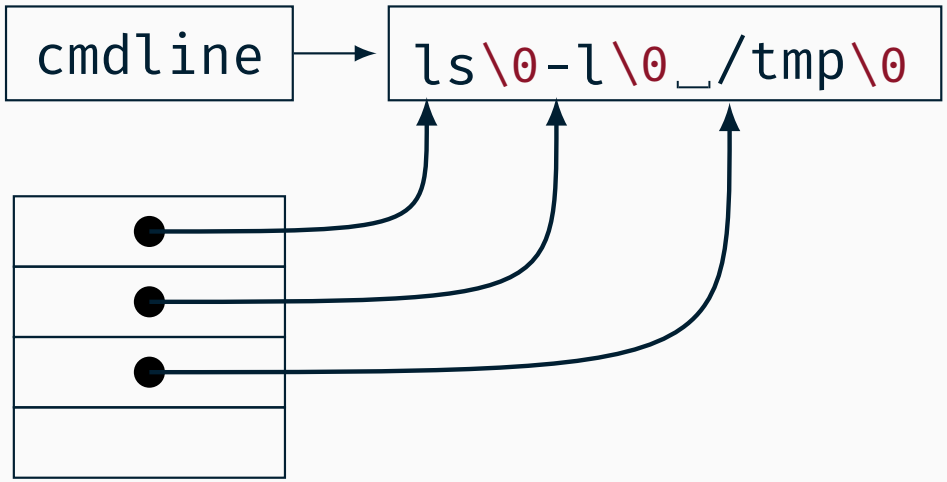

```
cmdline = "ls -l  /tmp";
a[0] = strtok(cmdline, " ");
a[1] = strtok(NULL, " ");
a[2] = strtok(NULL, " ");
a[3] = strtok(NULL, " ");
```

- Kommandozeile liegt als `'\0'`-terminierter String im Speicher
- Erster Aufruf mit dem Zeiger auf diesen Speicherbereich liefert Zeiger auf erstes Token `ls` und ersetzt den Folgetrenner mit `'\0'`

String-Manipulation mit `strtok(3)`

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

- `strtok(3)` teilt einen String in Tokens auf, die durch bestimmte Trennzeichen getrennt sind



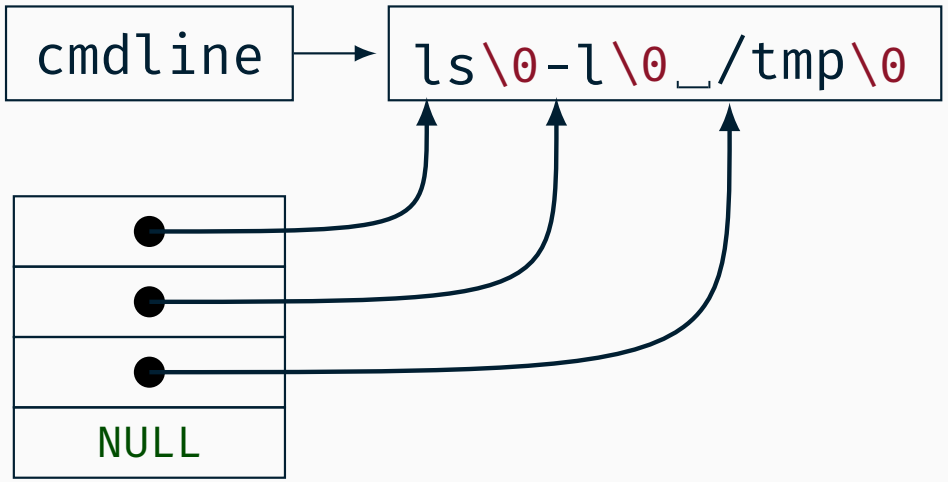

```
cmdline = "ls -l  /tmp";
a[0] = strtok(cmdline, " ");
a[1] = strtok(NULL, " ");
a[2] = strtok(NULL, " ");
a[3] = strtok(NULL, " ");
```

- Kommandozeile liegt als `'\0'`-terminierter String im Speicher
- Erster Aufruf mit dem Zeiger auf diesen Speicherbereich liefert Zeiger auf erstes Token `ls` und ersetzt den Folgetrenner mit `'\0'`
- Weitere Aufrufe von `strtok(3)` nun mit einem `NULL`-Zeiger liefern jeweils Zeiger auf das nächste Token

String-Manipulation mit `strtok(3)`

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

- `strtok(3)` teilt einen String in Tokens auf, die durch bestimmte Trennzeichen getrennt sind




```
cmdline = "ls -l  /tmp";
a[0] = strtok(cmdline, " ");
a[1] = strtok(NULL, " ");
a[2] = strtok(NULL, " ");
a[3] = strtok(NULL, " ");
```

- Kommandozeile liegt als `'\0'`-terminierter String im Speicher
- Erster Aufruf mit dem Zeiger auf diesen Speicherbereich liefert Zeiger auf erstes Token `ls` und ersetzt den Folgetrenner mit `'\0'`
- Weitere Aufrufe von `strtok(3)` nun mit einem `NULL`-Zeiger liefern jeweils Zeiger auf das nächste Token
- Am Ende liefert `strtok(3)` `NULL`

String-Manipulation mit `strtok(3)`

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

- `delim` ist ein String, der alle Trennzeichen enthält, z. B. `" \t\n"`
- `strtok(3)` nutzt jedes *Zeichen* in `delim` als mögliches Trennzeichen
- Mehrere aufeinanderfolgende Trennzeichen werden übersprungen
- Vorsicht: `strtok(3)` gibt bei Strings nur aus Trennzeichen `NULL` zurück, ohne den String zu verändern!

Agenda

Pseudo-Targets

- Dienen nicht der Erzeugung einer gleichnamigen Datei
  - so deklarierte Targets werden immer gebaut
  - Deklaration als Abhängigkeit des Spezial-Targets `.PHONY` nötig
- Beispiel: Erzeugen einer ausführbaren Datei mit `make all`

```
.PHONY: all clean

all: clash

clean:
    rm -f clash

clash: clash.o #...
    # build clash
```

  - Konventionen
    - `all` ist immer erstes Target im Makefile und baut die komplette Anwendung
    - `clean` löscht alle durch `make` erzeugte Dateien
    - **Hinweis:** bei Aufruf von `rm` den Parameter `-f` verwenden
      $\Rightarrow$ kein Abbruch bei nicht existierenden Dateien

Agenda

Ziele der Aufgabe

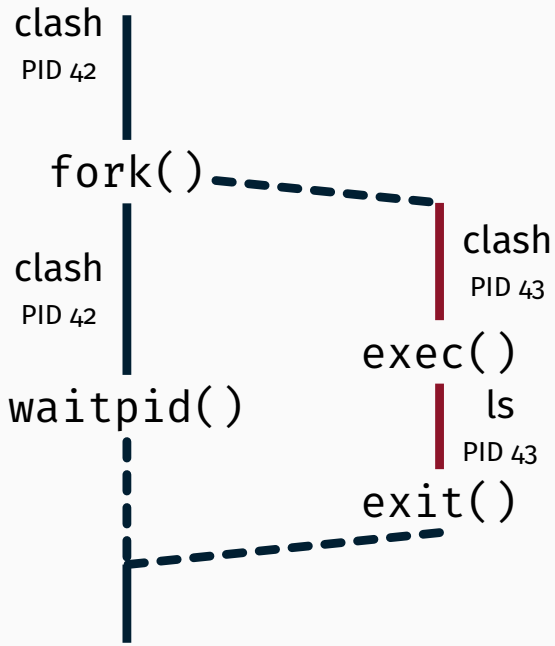
- Arbeiten mit dem UNIX-Prozesskonzept
- Verstehen von Quellcode anderer Personen (`plist.c`)
- Erstellen eines Makefiles mit Pseudo-Targets

- (Verbindliche) Schnittstellendokumentation zu `plist.c` auf der Website (Übung -> Aufgaben)

Funktionsweise der clash

- Eingabezeile, aus der der Benutzer Programme starten kann
  - Länge der Eingabezeile und damit Anzahl der Argumente unbekannt
  - Für die clash (willkürlich) auf 1337 Zeichen beschränkt

- Erzeugt einen neuen Prozess und startet in diesem das Programm
  - Vordergrundprozess: Wartet auf die Beendigung des Prozesses und gibt anschließend dessen Exitstatus aus
  - Hintergrundprozess: Wartet nicht auf Beendigung des Prozesses. Exitstatus wird bei der Anzeige des Promptes ausgegeben



Agenda

Aktive Mitarbeit!

„Aufgabenstellung“

- Programm schreiben, welches ein Kommando mit jedem der übergebenen Parameter einmal ausführt.
  - `./listRun <program> <arguments...>`
  - Beispiel:

```
$ ./listRun echo Das ist ein Test
Das
ist
ein
Test
```

- Optional: `arguments`-Array vor dem Ausführen sortieren