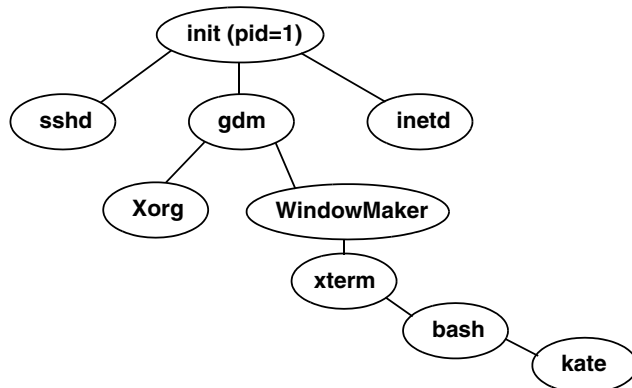


- Prozesse
- POSIX-Prozess-Systemfunktionen
- Aufgabe 7

- Prozesse sind eine Ausführungsumgebung für Programme
 - haben eine Prozess-ID (PID, ganzzahlig positiv)
 - führen ein Programm aus
- Mit einem Prozess sind Ressourcen verknüpft (s. Vorlesung)

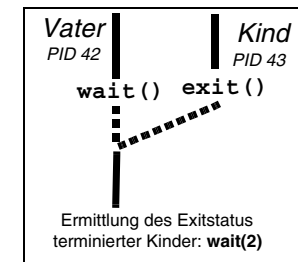
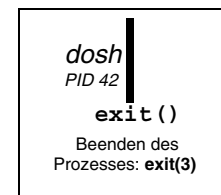
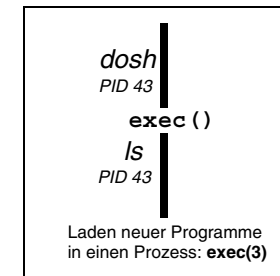
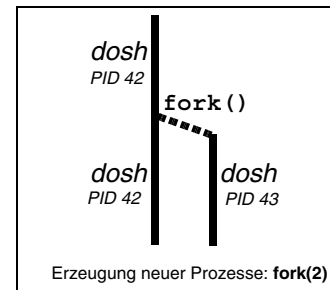
U7-1 UNIX-Prozesshierarchie

- 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 Prozesshierarchie



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

U7-2 POSIX Prozess-Systemfunktionen

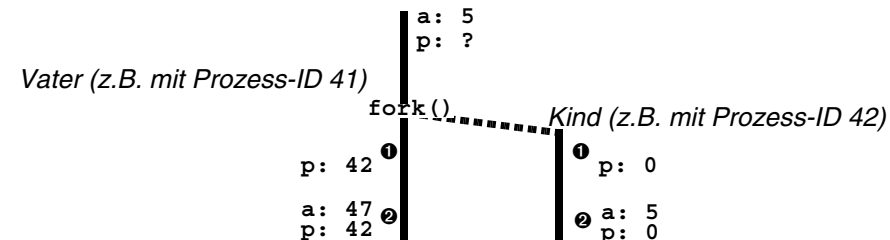


1 fork(2): Erzeugung eines neuen Prozesses

- Erzeugt einen neuen Kindprozess
- Exakte Kopie des Vaters...
 - ◆ Datenssegment (neue Kopie, gleiche Daten)
 - ◆ Stacksegment (neue Kopie, gleiche Daten)
 - ◆ Textsegment (gemeinsam genutzt, da nur lesbar)
 - ◆ Filedesktriptoren (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()**) entscheiden, ob es sich um den Vater- oder den Kindprozess handelt

1 fork(2): Beispiel

```
int a=5; pid_t p = fork(); ❶
a += p; ❷
switch(p) {
    case -1: /* fork-Fehler, es wurde kein Kind erzeugt */
        ...
    case 0: /* Hier befinden wir uns im Kind */
        ...
    default: /* Hier befinden wir uns im Vater */
        ...
}
```



2 exec(3)

- Lädt Programm zur Ausführung in den aktuellen Prozess
- **ersetzt** aktuell ausgeführtes Programm: Text-, Daten- und Stacksegment
- behält: Filedesktriptoren (= geöffnete Dateien), Arbeitsverzeichnis, ...
- Aufrufparameter:
 - ◆ Dateiname des neuen Programmes (z.B. `"/bin/cp"`)
 - ◆ Argumente, die der `main`-Funktion des neuen Programms übergeben werden (z.B. `"/bin/cp"`, `"/etc/passwd"`, `"/tmp/passwd"`)
 - ◆ evtl. Umgebungsvariablen

■ Beispiel

```
execl("/bin/cp", "/bin/cp", "/etc/passwd", "/tmp/passwd", NULL);
```

- `exec` kehrt nur **im Fehlerfall** zurück

2 exec(3) Varianten

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

```
int execl(const char *path, const char *arg0, ...,
          const char *argn, char * /*NULL*/);
```

```
int execlp(const char *path, char *const argv[]);
```

- zum Suchen von `file` wird die Umgebungsvariable `PATH` verwendet

```
int execlp(const char *file, const char *arg0, ..., const char
           *argn, char * /*NULL*/);
```

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

3 exit(3)

- beendet aktuellen Prozess mit einem Status-Byte
 - Konvention: Status 0 bedeutet Erfolg, alles andere eine Fehlernummer
 - Bedeutung der Exitstatus üblicherweise in Manpage dokumentiert
 - Exitstatus `EXIT_FAILURE` und `EXIT_SUCCESS` vordefiniert
- 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 (`wait(2)`)
 - ◆ Zombie-Prozesse belegen Systemressourcen und sollten schnellstmöglich 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

4 wait(2)

- Warten auf Statusinformationen von Kind-Prozessen (Rückgabe: PID)


```
pid_t wait(int *status);
```
- Beispiel:

```
int main(int argc, char *argv[]) {
    pid_t pid;
    pid = fork();
    if (pid > 0) {
        /* Vater */
        int status;
        wait(&status); /* Fehlerbehandlung nicht vergessen! */
        printf("Kindstatus: %x", status); /* nackte Status-Bits ausg. */
    } else if (pid == 0) {
        /* Kind */
        execl("/bin/cp", "/bin/cp", "x.txt", "y.txt", NULL);
        /* diese Stelle wird nur im Fehlerfall erreicht */
        perror("exec /bin/cp"); exit(EXIT_FAILURE);
    } else {
        /* pid == -1 --> Fehler bei fork */
    }
}
```

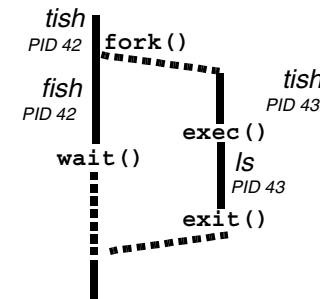
4 wait(2)

- `wait` blockiert den Vater, bis ein Kind terminiert oder gestoppt wird
 - ◆ `pid` dieses Kind-Prozesses wird als Ergebnis geliefert
 - ◆ als Parameter kann ein Zeiger auf einen `int`-Wert mitgegeben werden, in dem der Exitstatus (**16 Bit**) 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()` terminiert: `WIFEXITED(status)`
 - exit-Parameter (unteres Byte): `WEXITSTATUS(status)`
 - Prozess durch Signal abgebrochen: `WIFSIGNALED(status)`
 - Nummer des Signals: `WTERMSIG(status)`
 - weitere siehe `man 2 wait`

U7-3 Aufgabe 7: Einfache Shell im Eigenbau

1 Funktionsweise

- Eingabezeile, aus der der Benutzer Programme starten kann



- Erzeugt einen neuen Prozess und startet in diesem das Programm
- Wartet auf Ende des Prozesses und gibt dann dessen Exitstatus aus

2 Aufteilung der Kommandozeile

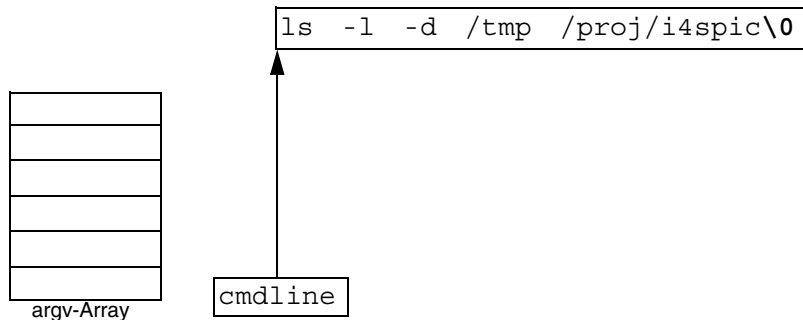
- Anzahl der Kommandoparameter beim Programmieren
 - gibt der Benutzer mit der Eingabe vor
 - können von Kommando zu Kommando unterschiedlich sein
 - die l-Varianten von exec können nicht verwendet werden
- Die v-Varianten von exec erhalten ein Argumentenarray als Parameter
 - dieses kann dynamisch konstruiert werden
 - hierzu muss die Kommandozeile in aufgeteilt werden (Trenner '\t' und ' ')
 - das Argumentenarray ist ein Feld von Zeigern auf die einzelnen Token
 - terminiert mit einem NULL-Zeiger
- Zum Aufteilen der Kommandozeile kann die Funktion **strtok(3)** benutzt werden

2 strtok

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

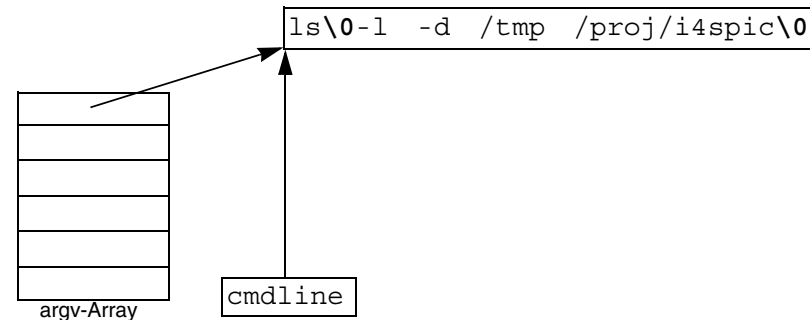

```
char *strtok(char *str, const char *delim);
```
- Wird sukzessive aufgerufen und liefert jeweils einen Zeiger auf das nächste Token (mehrere aufeinanderfolgende Trennzeichen werden hierbei übersprungen)
 - ◆ `str` ist im ersten Aufruf ein Zeiger auf den zu teilenden String, in allen Folgeaufrufen 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** NULL zurück

2 strtok-Beispiel



- Kommandozeile befindet sich als '\0'-terminierter String im Speicher

2 strtok-Beispiel

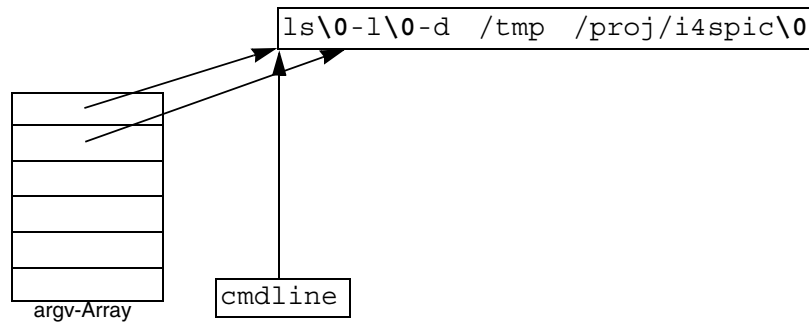


- Erster **strtok**-Aufruf mit dem Zeiger auf diesen Speicherbereich

```
my_argv[0] = strtok(cmdline, " \t\n");
```

- **strtok** liefert Zeiger auf erstes Token `ls` und ersetzt den Folgetrenner mit '\0'

2 strtok-Beispiel

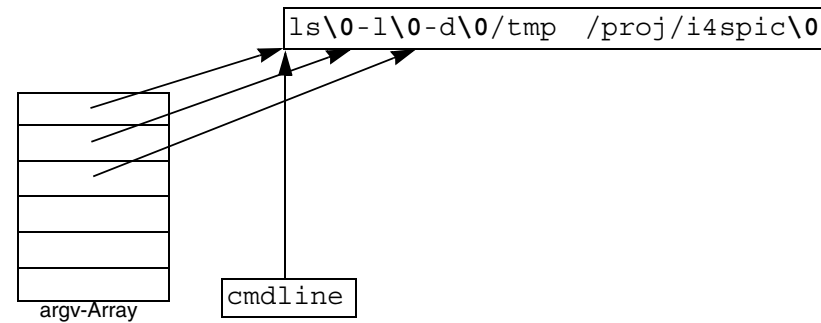


- Weitere Aufrufe von **strtok** nun mit einem NULL-Zeiger

```
while(my_argv[i] != NULL) {
    i++;
    my_argv[i] = strtok(NULL, " \t\n");
}
```

- **strtok** liefert jeweils Zeiger auf das nächste Token

2 strtok-Beispiel

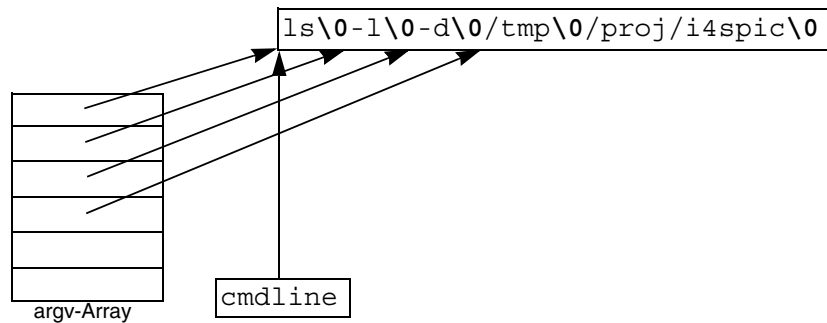


- Weitere Aufrufe von **strtok** nun mit einem NULL-Zeiger

```
while(my_argv[i] != NULL) {
    i++;
    my_argv[i] = strtok(NULL, " \t\n");
}
```

- **strtok** liefert jeweils Zeiger auf das nächste Token

2 strtok-Beispiel

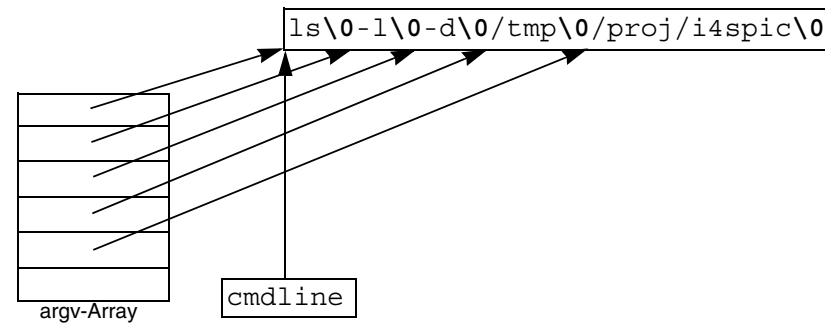


- Weitere Aufrufe von **strtok** nun mit einem NULL-Zeiger

```
while(my_argv[i] != NULL) {
    i++;
    my_argv[i] = strtok(NULL, " \t\n");
}
```

- **strtok** liefert jeweils Zeiger auf das nächste Token

2 strtok-Beispiel

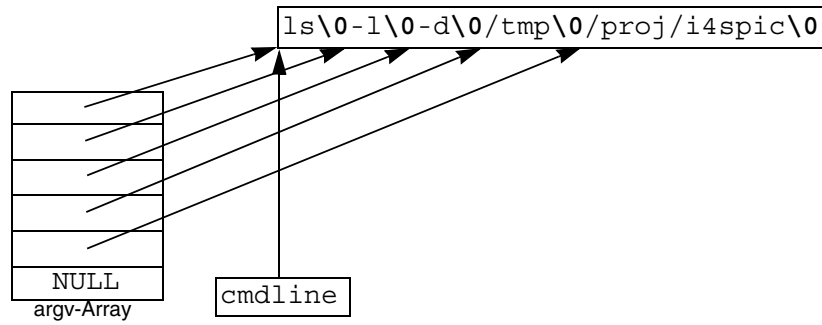


- Weitere Aufrufe von **strtok** nun mit einem NULL-Zeiger

```
while(my_argv[i] != NULL) {
    i++;
    my_argv[i] = strtok(NULL, " \t\n");
}
```

- **strtok** liefert jeweils Zeiger auf das nächste Token

2 strtok-Beispiel



- Weitere Aufrufe von **strtok** nun mit einem `NULL`-Zeiger

```
while(my_argv[i] != NULL) {
    i++;
    my_argv[i] = strtok(NULL, " \t\n");
}
```

- Am Ende liefert **strtok** `NULL` und das `argv-Array` hat die nötige Form