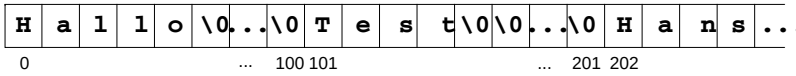
U5 5. Übung

- Aufgabenbesprechung
  - Aufgabe 2: wsort
  - Heap- vs. Stackallokation
- Besprechung der 3. Aufgabe halde
- Prozesse
  - Speicheraufbau
  - Systemschnittstelle: fork(2), exec(3), exit(3), wait(2), waitpid(2)
- Aufgabe 3: clash (Einfache Shell im Eigenbau)
  - Ziele der Aufgabe
  - Funktionsprinzip
  - String-Stückelung mit **strtok(3)**
  - Ermitteln von Systemlimits mit sysconf(3)

U5-1 Aufgabe 2: Sortieren mit qsort

1 wsort - Datenstrukturen (1. Möglichkeit)

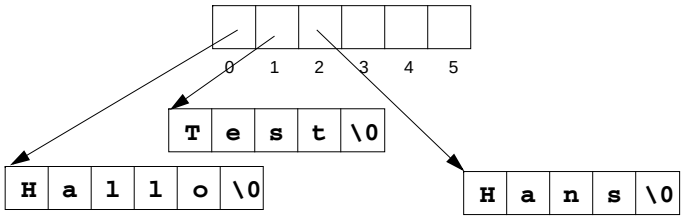
- Array von Zeichenketten (Größe: Anzahl der Wörter * 101 * sizeof(char))



- Vorteile:
  - einfach (z.B. Speicherfreigabe durch Freigeben des Feldes)
- Nachteile:
  - hoher Kopieraufwand (303 Bytes pro Umordnung)
  - maximale Länge der Wörter muss bekannt sein
  - Verschwendung von Speicherplatz
  - Reallokation teuer, da eventuell alle Daten kopiert werden müssen

2 wsort - Datenstrukturen (2. Möglichkeit)

- Array von Zeigern auf Zeichenketten (Größe: Anzahl der Wörter * sizeof(char*))



- Vorteile:
  - schnell, da nur Zeiger vertauscht werden (x86-32: 12 Bytes pro Umordnung)
  - Zeichenketten können beliebig lang sein
  - sparsame Speichernutzung
- Nachteil:
  - Freigabe komplizierter: zuerst Wörter, dann Zeiger-Array freigeben

U5-2 Heap- vs. Stackallokation

- Beispiel mit Heapallokation:

```
char *buffer = (char *) malloc(102 * sizeof(char));
if ( NULL == buffer ) {
    perror("malloc");
    exit(EXIT_FAILURE);
}

while (fgets(buffer, 102, stdin) != NULL) {
    ... strcpy(somewhere_else, buffer); ...
}
free(buffer);
```

- teure Allokations- und Freigabeoperationen (siehe Aufgabe 3)
- erfordert Fehlerbehandlung
- viel Schreibarbeit
  - verschlechtert Code-Lesbarkeit
  - zeitaufwendig (relevant z.B. in der Klausur)

U5-2 Heap- vs. Stackallokation

- Alternative: (dynamische) Stackallokation

```
char buffer[102];

while (fgets(buffer, 102, stdin) != NULL) {
    ... strcpy(somewhere_else, buffer); ...
}
```

- Implizite Freigabe beim Verlassen der Funktion
- Sehr effizient
  - Allokation: Stackpointer -= 102;
  - Freigabe: Stackpointer += 102;
- Keine Fehlerbehandlung durch das Programm
  - Stacküberlauf wird ggf. vom Betriebssystem erkannt (`SIGSEGV`)
- Keine Speicherlecks möglich

U5-3 Speicheraufbau eines Prozesses (UNIX)

- Aufteilung des Hauptspeichers eines Prozesses in Segmente

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

int main( ... ) {
    int g=5;
    static int h=12;
    return(EXIT_SUCCESS);
}
```

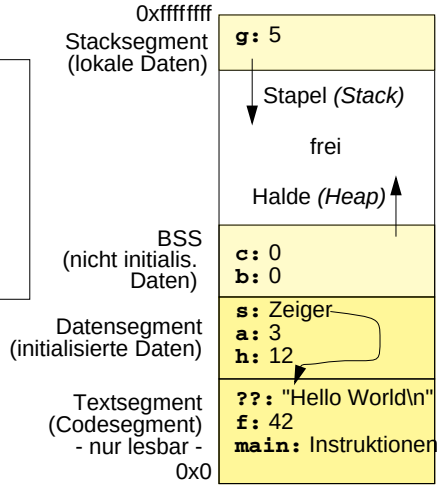
- Vergleiche Vorlesung: *A | V Vom Programm zum Prozess, Seite 7f.*

U5-4 Speicheraufbau eines Prozesses (UNIX)

- Aufteilung des Hauptspeichers eines Prozesses in Segmente

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

int main( ... ) {
    int g=5;
    static int h=12;
    return(EXIT_SUCCESS);
}
```



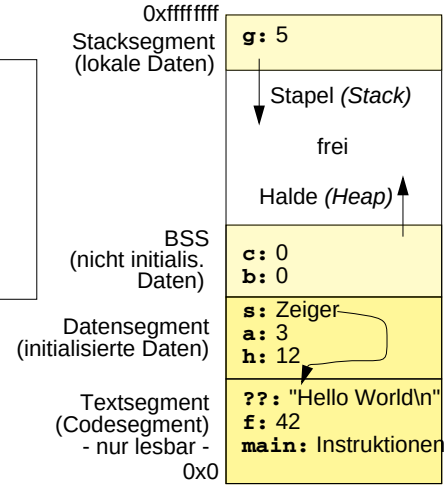
U5-4 Speicheraufbau eines Prozesses (UNIX)

- Aufteilung des Hauptspeichers eines Prozesses in Segmente

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

int main( ... ) {
    int g=5;
    static int h=12;
    return(EXIT_SUCCESS);
}
```

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



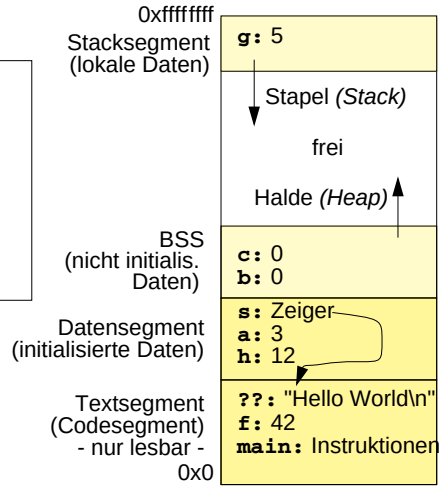
U5-4 Speicheraufbau eines Prozesses (UNIX)

- Aufteilung des Hauptspeichers eines Prozesses in Segmente

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

int main( ... ) {
    int g=5;
    static int h=12;
    return(EXIT_SUCCESS);
}
```

```
s[1]= 'a';   /* cc error */
f= 2;        /* cc error */
```



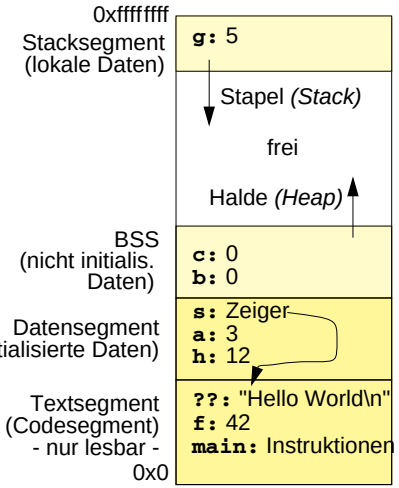
U5-4 Speicheraufbau eines Prozesses (UNIX)

- Aufteilung des Hauptspeichers eines Prozesses in Segmente

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

int main( ... ) {
    int g=5;
    static int h=12;
    return(EXIT_SUCCESS);
}
```

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



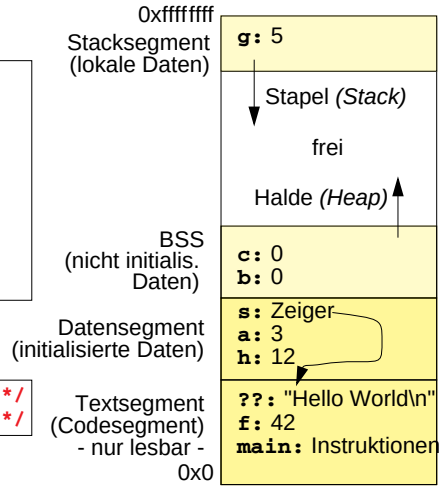
U5-4 Speicheraufbau eines Prozesses (UNIX)

- Aufteilung des Hauptspeichers eines Prozesses in Segmente

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

int main( ... ) {
    int g=5;
    static int h=12;
    return(EXIT_SUCCESS);
}
```

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

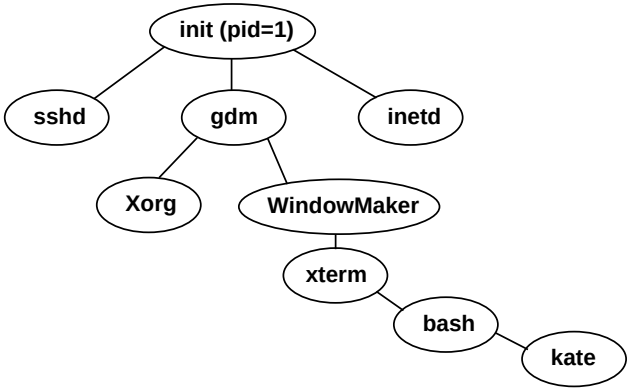


U5-5 Prozesse: Überblick

- Prozesse sind eine Ausführumgebung für Programme (Vorlesung A | III-3)
  - haben eine Prozess-ID (PID, ganzzahlig positiv)
  - führen ein Programm aus
- Mit einem Prozess sind Ressourcen verknüpft, z.B.
  - Speicher
  - Adressraum
  - offene Dateien

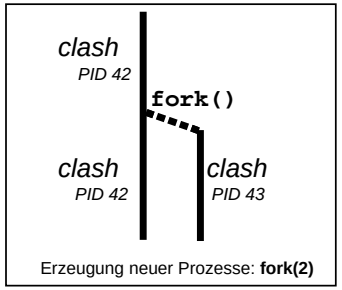
U5-5 UNIX-Prozesshierarchie

- 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

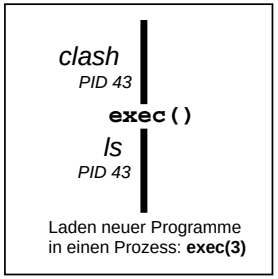


  - Beispiel: **kate** ist ein Kind von **bash**, **bash** wiederum ein Kind von **xterm**

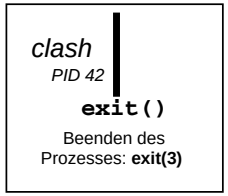
U5-6 POSIX-Prozess-Systemfunktionen



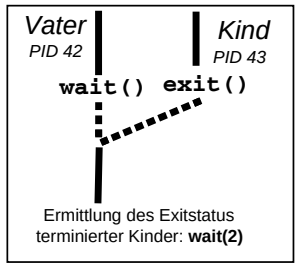
Erzeugung neuer Prozesse: **fork(2)**



Laden neuer Programme in einen Prozess: **exec(3)**



Beenden des Prozesses: **exit(3)**



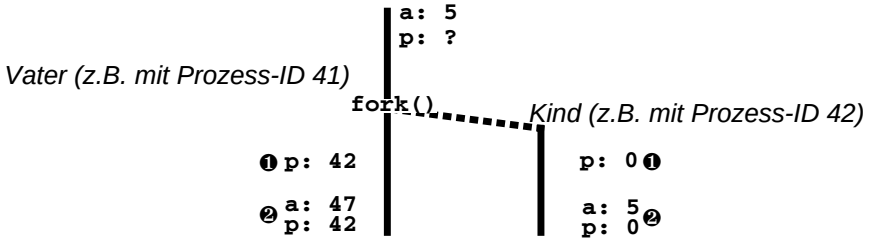
Ermittlung des Exitstatus terminierter Kinder: **wait(2)**

1 fork(2): Erzeugung eines neuen Prozesses

- Erzeugt einen neuen Kindprozess (Vorlesung A | III-5)
- 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()**) 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 (Vorl. A | III-5.3)
- **ersetzt** aktuell ausgeführtes Programm: Text-, Daten- und Stacksegment
- behält: Filedeskriptoren (= 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"`)
- 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, ...
    /*, (char *) NULL */);

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

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

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

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

- Anmerkung: Alle Varianten von `exec(2)` erwarten als letzten Eintrag in der Argumentenliste einen NULL-Zeiger.

3 exit(3)

- beendet aktuellen Prozess mit einem Status-Byte
  - Konvention: Status 0 bedeutet Erfolg, alles andere eine Fehlernummer
    - Exitstatus `EXIT_FAILURE` und `EXIT_SUCCESS` vordefiniert
  - Bedeutung der Exitstatus üblicherweise in Manpage dokumentiert
- 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 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

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;
  if ((pid=fork()) > 0) { // Vater
    int status;
    wait(&status);        // Fehlerbehandlung nicht vergessen
    // Zur Ausgabe des Statuses siehe Makros in wait(2)

  } 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 {                // Fehler bei fork
    ...
  }
}
```

4 wait(2)

- **`wait`** 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() terminiert: **`WIFEXITED(status)`**
      – Exitstatus: **`WEXITSTATUS(status)`**
    - weitere siehe **`wait(2)`**

5 waitpid(2)

- Mächtigere Variante von **`wait(2)`**

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

- Wartet auf Statusänderung eines
  - *bestimmten* Prozesses: **`pid>0`**
  - *beliebigen* Kindprozesses: **`pid==-1`**
- Verhalten mit *Optionen* anpassbar
  - **`WNOHANG`**: **waitpid** kehrt sofort zurück, wenn kein passender Zombie verfügbar ist
    - ➤ eignet sich zum Polling nach Zombieprozessen

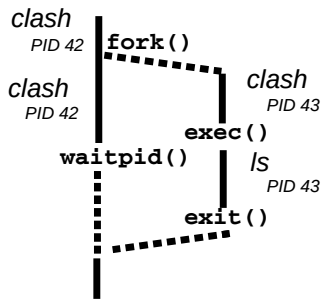
U5-7 Aufgabe 4: Einfache Shell im Eigenbau

1 Ziel der Aufgabe

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

2 Funktionsweise

- Eingabezeile, aus der der Benutzer Programme starten kann



- 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

3 Aufteilung der Kommandozeile

- Anzahl der Kommandoparameter
  - 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 zur Laufzeit konstruiert werden
  - hierzu muss die Kommandozeile 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 **strtok(3)** benutzt werden

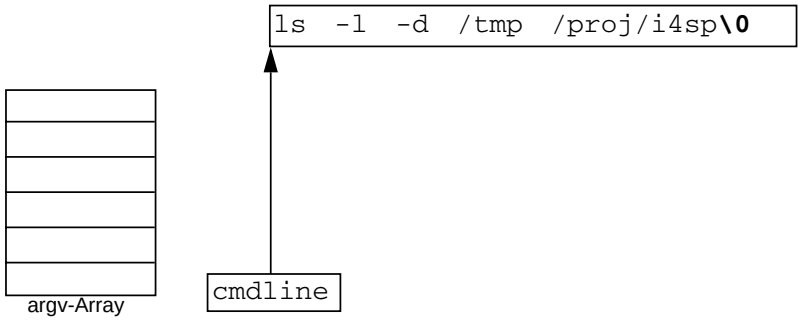
3 strtok

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

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

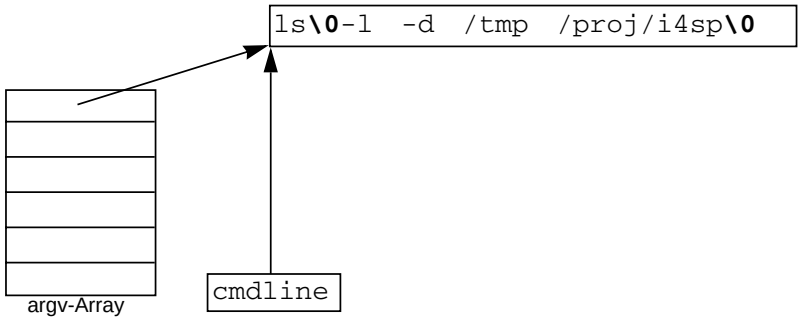
- Wird sukzessive aufgerufen und liefert jeweils einen Zeiger auf das nächste Token (mehrere aufeinanderfolgende Trennzeichen werden hierbei übersprungen)
  - `str` ist im ersten Aufruf ein Zeiger auf den zu teilenden String, in allen Folgeaufrufen `NULL`
  - `delim` ist ein String, der alle Trennzeichen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

3 strtok-Beispiel



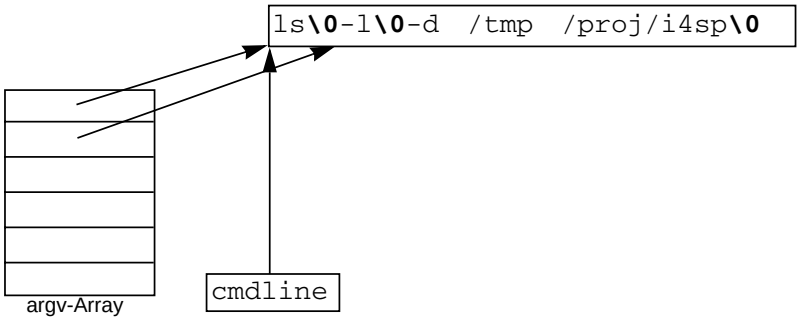
- Kommandozeile befindet sich als `'\0'`-terminierter String im Speicher

3 strtok-Beispiel



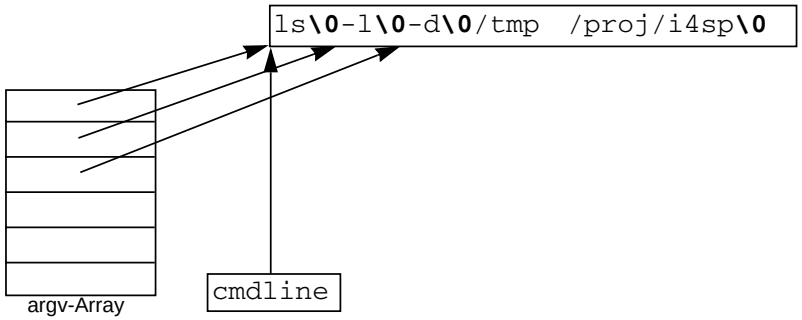
- Erster **strtok**-Aufruf mit dem Zeiger auf diesen Speicherbereich
- **strtok** liefert Zeiger auf erstes Token *ls* und ersetzt den Folgetrenner mit `'\0'`

3 strtok-Beispiel



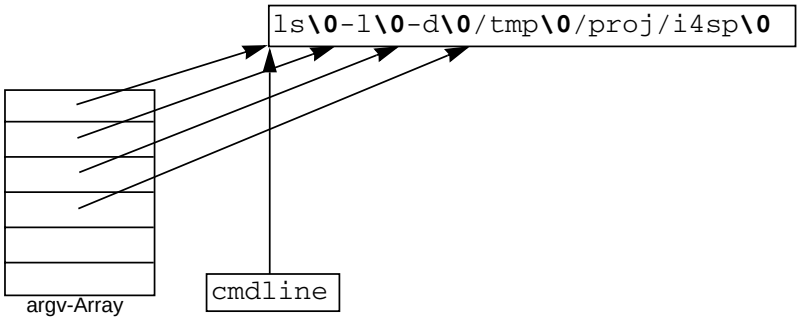
- Weitere Aufrufe von **strtok** nun mit einem `NULL`-Zeiger
- **strtok** liefert jeweils Zeiger auf das nächste Token

3 strtok-Beispiel



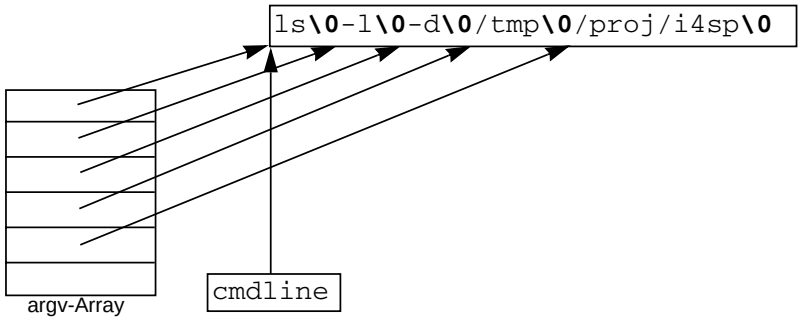
- Weitere Aufrufe von **strtok** nun mit einem `NULL`-Zeiger
- **strtok** liefert jeweils Zeiger auf das nächste Token

3 strtok-Beispiel



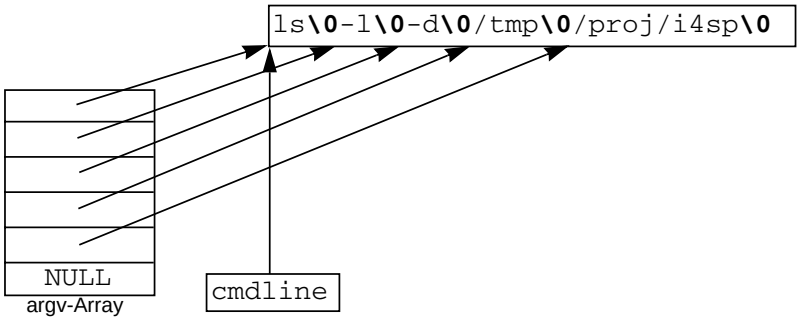
- Weitere Aufrufe von **strtok** nun mit einem `NULL`-Zeiger
- **strtok** liefert jeweils Zeiger auf das nächste Token

3 strtok-Beispiel



- Weitere Aufrufe von **strtok** nun mit einem `NULL`-Zeiger
- **strtok** liefert jeweils Zeiger auf das nächste Token

3 strtok-Beispiel



- Weitere Aufrufe von **strtok** nun mit einem `NULL`-Zeiger
- Am Ende liefert **strtok** `NULL` und das argv-Array hat die nötige Form

4 Ermitteln von Systemlimits

- Funktion **sysconf(3)**

```
long sysconf(int name);
```

- Abfrage von Konfigurationsoptionen des Betriebssystems, z.B.
  - _SC_ARG_MAX: Maximale Länge der Kommandozeile für **exec(3)**
  - _SC_LINE_MAX: Maximale Länge einer Zeichenkette, die auf einmal eingelesen werden kann (**stdin** oder Datei)